

1. 基本事項

技術番号	TN010022-V0022		
技術名	コンクリート内部調査技術(棒形スキャナ)		
技術バージョン	SS-4	作成:	2022年2月
開発者	株式会社計測リサーチコンサルタント/国立大学法人佐賀大学		
連絡先等	TEL: 082-899-5472	E-mail: oomachi@krcnet.co.jp	事業推進部・大町正和
現有台数・基地	9台	基地	広島県広島市東区福田1-665-1
技術概要	<p>本技術は小孔径を利用し、一般のハンディスキャナと同じ原理を利用して開発した棒形スキャナを用いることにより、コンクリート構造物の内部状況を展開画像として記録し、展開画像から中性化進行状況、ひび割れ深さ、ひび割れ幅などを計測する。得られる展開画像は高倍率で鮮明なカラー画像のため、調査結果を画像として記録・保存することができるとともに、ひび割れ幅、変状位置、変状面積等が高い精度で得ることができる。</p>		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地 覆工の水平打継ぎ目 覆工天端 その他覆工面 坑門	
	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		<ul style="list-style-type: none"> ・棒形スキャナ本体 ・充電電池(単三)4本/ACアダプタ ・計測用PC(画像取得、画像合成アプリケーション(付属品)が搭載) ・SDHCカード 	
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)	棒形スキャナ:最大外形寸法(L785mm×H100mm×W80mm) 重量約1.8kg(充電電池、ACアダプタ含まず)	
	センシングデバイス	カメラ	CISセンサー 出力解像度:300dpi、600dpi、24bitフルカラー スキャン時間:約65秒(カラー、600dpi、188mm長をスキャン) 出力データ:階調(8bitグレースケール) カラー:R・G・B各8bit(24bitフルカラー) 出力ファイル形式:TIFF、BMP、JPEG、PNG 画像処理機能:キャリブレーション(白/黒)
		パン・チルト機構	手動にて回転 読み取り有効サイズ:210mm(穴奥行き方向)×188mm(回転方向) ※約2周分の読み取りが可能
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	-
	耐久性	-	
	動力	充電電池(単三型充電電池)4本またはACアダプタ ※充電電池はPanasonic製 eneloop指定 ACアダプタ(入力:AC100~240V、50/60Hz、1.45A 出力:DC12V、5.0A)	
	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PCの寸法による	
データ収集・記録機能		接続したPCまたはSDHCカード(32GB Class4)	
通信規格(データを伝送し保存する場合)		PCと接続する場合は有線(USBケーブル)	
セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		-	
動力		PC本体のバッテリーまたはAC100V	
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 ※	有		
		標準試験方法(2022) 実施年 2022年 【標準試験結果】 ひび割れを模したプレートの幅と長さを計測した結果 幅の誤差:最大0.09mm(幅0.5~2.0mmの範囲内において) 長さの誤差:最大7.01mm(長さ100~300mmの範囲内において)			・削孔径が深度によって変わらないこと ・孔内が削孔クズ等で汚れていないこと(変状が視認できること)
		-			
	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		【手順】 以下の作業は全て手動で行うものとする ①1つの孔で2枚(2深度分)撮影した場合は、付属するNI.Scanner.App.exe(自社開発アプリケーション)で画像を合成する。 ②取得した画像または合成した画像を一般的な画像処理ソフト(Photshop等)で開き、ひび割れ等の幅や長さを計測する。 【解析作業日数】 【トンネル条件】 特になし 【作業日数】 画像合成 10分程度		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	画像合成:NI.Scanner.App.exe(自社開発アプリケーション)または一般的な画像処理ソフト(Photoshop等) 変状の計測:一般的な画像処理ソフト(Photshop等)		
	検出可能な変状	ひび割れ		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	紙面等を読み取る一般のハンディスキャナと同じ原理を用いており、コンクリート内部の壁面を実寸大でスキャンして展開画像として記録する	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	実寸大で画像を取得するため、一般的な画像処理ソフト上でひび割れ幅及び長さを得ることができる	
		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)	-	
		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	棒形スキャナで取得可能な形式はTIFF、BMP、JPEG、PNG	
		ファイル容量		
		カラー／白黒画像	カラー/グレースケール	
画素分解能		解像度:300dpi、600dpi		
その他留意事項				
出力ファイル形式	-			
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	-	
	無線等使用における混線等対策	-	
	交通規制の要否	調査箇所によっては規制を必要とする	
	交通規制の範囲	調査箇所概ね2m四方の規制が必要	
	現地への運搬方法	人による運搬	
	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)
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 合計2名	
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	作業スペースが2m四方必要	
計測作業日数	現場条件によって異なるが、1日あたり5~10箇所調査が可能	
点検費用	[トンネル条件] [費用] ・新技術活用による費用 調査費用 外業 →約35万円/回(10箇所) 機械費用→約15万円/回(10箇所) 内業 →約48万円/回(10箇所) 合計 約98万円/回(10箇所) 機械販売→約160万円(本体、付属品込み) [費用算定上の条件] ・1日あたり5箇所の調査を想定	
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	-	
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	消灯の必要性なし	
可搬性(寸法・重量)	棒形スキャナ:最大外形寸法 (L785mm×H100mm×W80mm) 重量約1.8kg(充電機、ACアダプタ含まず)	
自動制御の有無	無	
利用形態:リース等の入手性	機器の販売または業務委託	
関係機関への手続きの必要性	交通規制が必要な場合は、施設管理者および管轄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	画像取得と画像合成はNI.Scanner.App.exe(自社開発アプリケーション)が必要	
不具合時のサポート体制の有無及び条件	株式会社計測リサーチコンサルタントが不具合に対応	
センシングデバイスの点検	・日常点検(動作確認、清掃等) ・年1回程度のキャリブレーション(取扱説明書記載)	
その他	【特許状況】 1件取得済 【気象条件】 激しい降雨時の屋外使用は不可 【作業条件】 トンネル上部の計測には高所作業車等が必要である。	

7. 図面

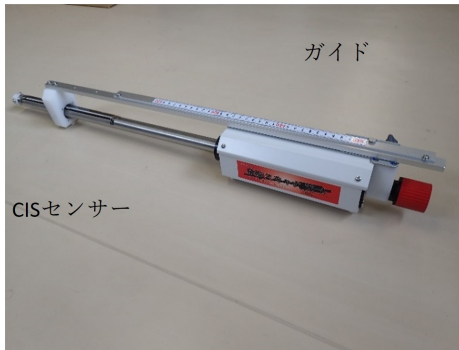


図-1 スキャナ全体

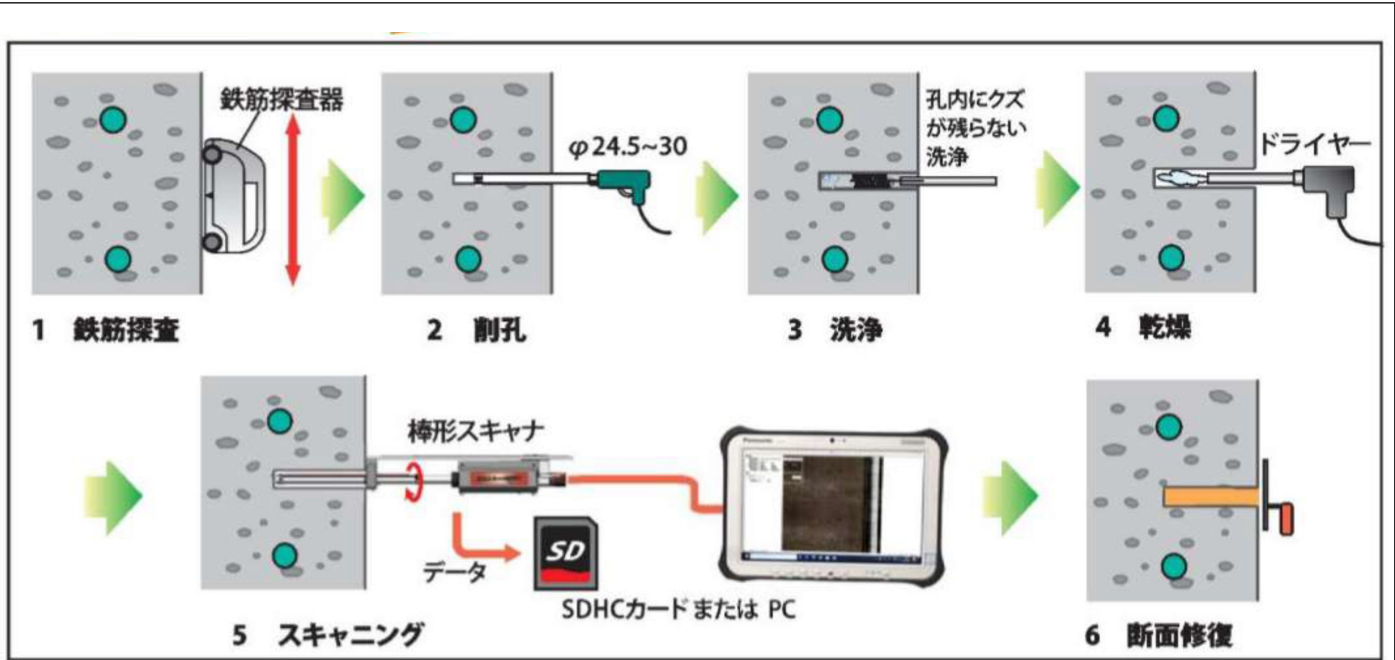
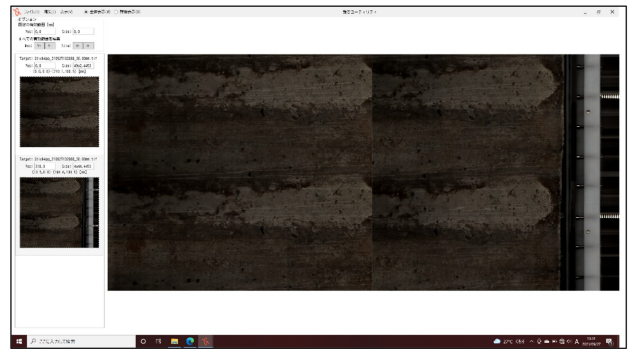


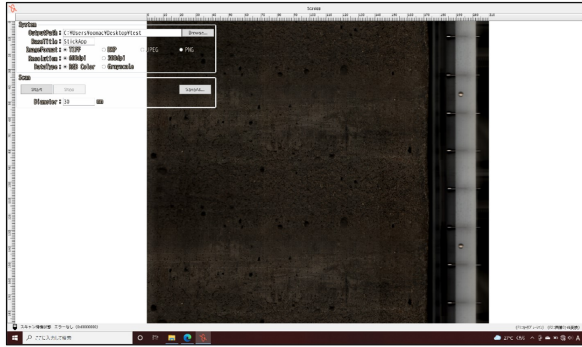
図-2 計測手順



(a) アプリケーション画面



(c) 画像合成



(b) スキャン時

図-3 画像合成アプリケーション

1. 基本事項

技術番号	TN010023-V0125		
技術名	PDD(Photo Deformation Drawing)システム		
技術バージョン	Ver 3.11	作成:	2025年 1月
開発者	株式会社オリエンタルコンサルタンツ 関西支社地下構造部 / 匠エンジニアリング株式会社		
連絡先等	TEL: 072-242-3661	E-mail: ibatatk@tkm-eng.co.jp	技術本部・茨田
現有台数・基地	2台	基地	大阪府 堺市
技術概要	<p>・当該技術の特徴 PDD(Photo Deformation Drawing)システムは、高解像度の一眼カメラと高輝度フラッシュを用いて、主として現地点検時に撮影された画像データである左右の写真をCAD上の変状展開図寸法に合うように変形補正して1スパンの写真として専用プログラムを用いて合成する。</p> <p>・計測の原理やプロセス 主に現地点検作業時において、高解像度の一眼カメラと高輝度フラッシュを用いて、トンネルの1スパンを左右一枚ずつ人力で写真撮影を行う。 トンネルの断面形状(小さい断面)によっては、片側の撮影枚数を2枚以上にして1スパン内で画角の調整をする。</p> <p>・計測結果の活用 現地点検時にこのシステムを活用することにより、手書きスケッチを除外することが可能となり、覆工全面画像の取得と、高精度な変状展開図を作成することができる。 1スパン内で3枚以上の写真から合成することも可能であり、片側を複数枚の写真から合成するとカメラ内のセンサー1画素当たりの画像面積小さくできるため、変形補正された画像の解像度向上が可能。</p>		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地 覆工の水平打継ぎ目 覆工天端 その他覆工面 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	

2. 基本諸元

計測機器の構成		【計測装置の構成】 高解像度一眼カメラ+高輝度フラッシュ(一体型)または 照明機器付き台車+高解像度一眼カメラ(分離型)		
移動装置	移動原理	【人力】 ・歩行にて移動する		
	外形寸法・重量	<照明機器付き台車使用時> ・分離構造(照明機器付き台車) ・最大外形寸法(長さ550mm×400mm×高さ600mm) ・最大重量(250kgf)		
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<照明機器付き台車使用時> ・最大外形寸法(長さ610mm×460mm×高さ1250mm) ・最大重量(42.6kgf)		
	動力	<照明機器付き台車使用時> ・自動車用60クラスバッテリー+1,000Wクラスインバーター(照明機器用電源)		
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<照明機器付き台車作業時> ・90分(外気温18℃, 照明機器付き台車の場合)		
計測装置	設置方法	<照明機器付き台車使用時> ・分離構造 アタッチメントにてカメラのみ設置		
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<手持ち撮影時> ・最大外形寸法(長さ215mm×129mm×高さ240mm) ・最大重量(2.0kgf) <照明機器付き台車使用時(高輝度フラッシュなし)> ・最大外形寸法(長さ215mm×129mm×高さ97mm) ・最大重量(1.52kgf)		
	センシングデバイス	カメラ	ソニー製カメラ α 7R IV(ILCE-7RM4A) センサーサイズ(35.7×23.8mm),ピクセル数(縦6336×横9504pixel(60M)),焦点距離(12~24mm),覆工展開画像形式(RAW+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15MB)	
		パン・チルト機構	・機構なし	
		角度記録・制御機構 機能	・機構なし	
		測位機構	・機構なし	
	耐久性	・IP00(防水・防塵等の保護なし)		
	動力	・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)	・1.5時間(外気温:18℃、1分に2回撮影の場合,フラッシュの照射回数に依存)		
	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		・カメラに付属した記録メディア(SDカード)にデータを保存		
通信規格(データを伝送し保存する場合)		・通信なし		
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。		
データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・カメラに内蔵されたバッテリーから給電によるためカメラの電源に依存する。			

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	・最小所要空間寸法 幅1200mm × 高さ1500mm程度 ・道路幅員1200mm×高さ1500m	断面寸法が変化した場合は、その都度、焦点距離を調整して撮影する。
適用可能なトンネルの最大寸法	・道路幅員30m×高さ30m程度	・道路幅員30m×高さ30m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 ※	無	特になし
		【性能値】 ・1.0km/h 【標準試験値】 未検証		
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	【被写体との距離】 25m以内(検証時:11m) 【補助手段】 横断面方向の距離マーカー, 進行方向のスパン長が必要
		【性能値】 未検証 【標準試験】 標準試験方法(2019) 実施年 2022年 <標準精度> 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 0.81mm (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 <倍精度> 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 0.44mm (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		
		性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 未検証 【標準試験】 標準試験方法(2019) 実施年 2022年 <標準精度> 進行方向 : 0.225% 縦断方向 : 0.344% 全体 : 0.284% <倍精度> 進行方向 : 0.074% 縦断方向 : 0.617% 全体 : 0.346%		
長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	【被写体との距離】 25m以内(検証時:11m) 【補助手段】 横断面方向の距離マーカー, 進行方向のスパン長が必要	
	【性能値】 未検証 【標準試験】 標準試験方法(2019) 実施年 2022年 <標準精度> 進行方向 : 0.328% マーカー間 : 13.925mm 縦断方向 : 4.828% 全体 : 16.242mm <倍精度> 進行方向 : 0.321% マーカー間 : 13.153mm 縦断方向 : 7.414% 全体 : 19.007mm			
位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	【被写体との距離】 25m以内(検証時:11m) 【補助手段】 横断面方向の距離マーカー, 進行方向のスパン長が必要	
	【性能値】 未検証 【標準試験】 標準試験方法(2019) 実施年 2022年 <標準精度> 進行方向 : 0.328% マーカー間 : 13.925mm 縦断方向 : 4.828% 全体 : 16.242mm <倍精度> 進行方向 : 0.321% マーカー間 : 13.153mm 縦断方向 : 7.414% 全体 : 19.007mm			
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(使用するカメラの性能に依存) 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2022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撮影した左右の覆工画像に対してオルソ補正を行う。(手動) オルソ補正は、事前に計測した断面内の型枠線やケーブルラック位置の寸法値を基に行う。 ②左右の覆工面画像を覆工1スパン単位に結合する。 曲線区間で左右のスパン長が異なる場合は、その平均値でスパン内の画像を作成 ③1スパン単位の画像をCAD図の背景に取込む。 ④画像内で判断できる現場作業時のチョーク描画を基に変状を抽出描画する。(手動) ひび割れの自動抽出機能なし。 [トンネル条件] ・延長500m ・2車線断面 ・ひび割れ密度0.3m/m2 ・2回目以降の点検 [作業日数] ・画像合成(①~③) 1.7日(標準精度) 3.2(倍精度) ・変状抽出(④) 0.4日		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・「ChengePhoto Ver 2.22」(自社開発ソフト)		
	検出可能な変状	・変状の自動検出機能なし ・各種変状は手作業にて抽出する		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・ひび割れの自動検出機能なし	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・ひび割れの自動検出機能なし	
		ひびわれ以外	・ひび割れ以外の自動検出機能なし	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひび割れ以外の自動検出機能なし	
		変状の描画方法	・ひび割れ以外の自動検出機能なし	
	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	・使用するPCの性能に依存	
		カラー／白黒画像	・カラー／白黒	
画素分解能		・検出したいひび割れ幅の値に依存する。 幅0.3mmを検出するためには、およそ2.5mm/Pixel以下		
その他留意事項		・特になし		
出力ファイル形式	・画像 JPEG			
調書作成支援の手順		・調書作成支援機能なし		
調書作成支援の適用条件		・調書作成支援機能なし		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名		・調書作成支援機能なし		

6. 留意事項(その1)

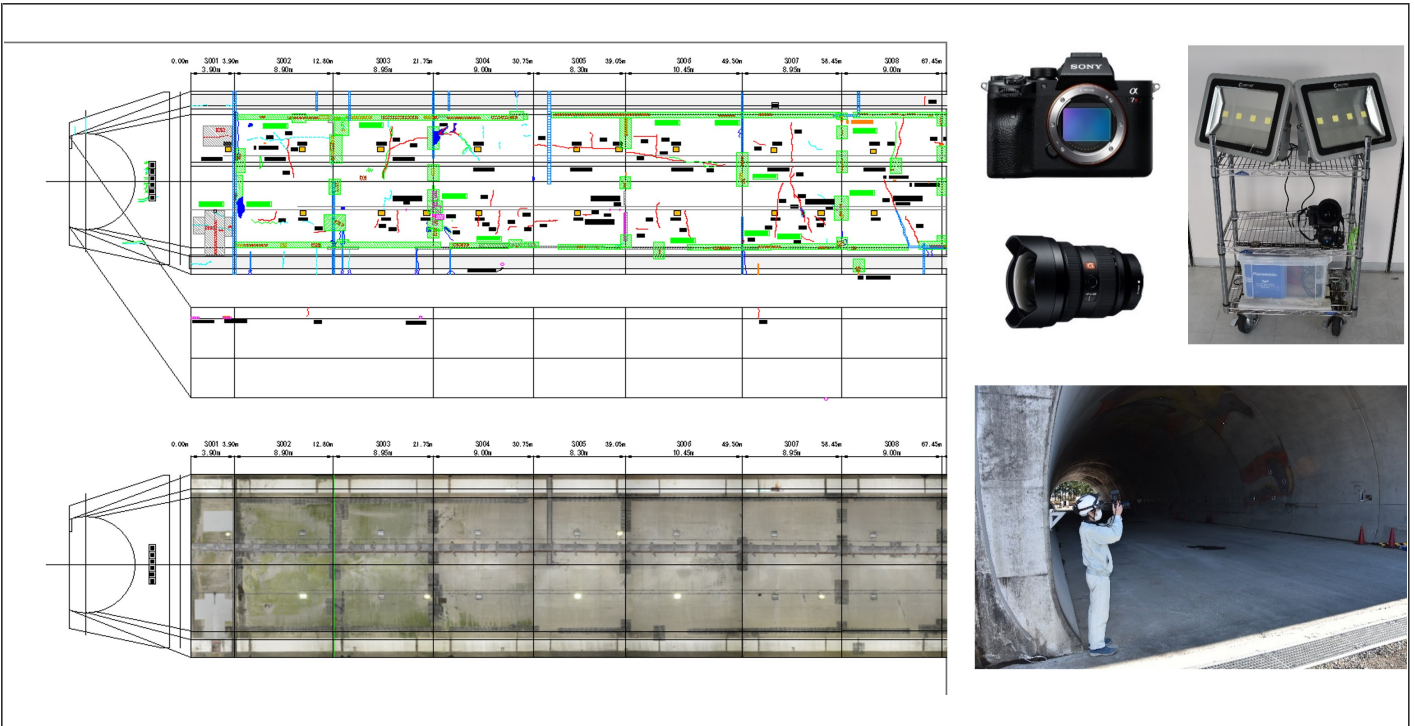
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	・規制を伴わず監視員通路、監査歩廊、路肩を用いた撮影を行う場合には、必要に応じて誘導員の配置を行う。	-
	無線等使用における混線等対策	・特になし	-
	交通規制の要否	・原則、従来点検時の交通規制内で対応	-
	交通規制の範囲	・従来点検の交通規制に準拠 ただし、必要に応じて路肩規制	-
	現地への運搬方法	・人による運搬	-
	トンネル延長の制約	・特になし	-
	車線数の制約	・特になし	-
	断面形状の制約	・特になし	-
	その他	・曲線トンネルにも対応可能 ただし、1スパンの画像は直線に形状を変形補正して出力されるため、変形状の歪みや寸法等が不適當になる場合がある。	-

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)
調査技術者の技量	・初回のみ撮影指導が必要	-
必要構成人員数	・技術員1人 合計1人	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・資格なし ・撮影指導1時間	-
操作場所	・従来点検時の規制内もしくは監視員通路、監査歩廊、路肩、歩道等	-
計測作業日数	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル10本(移動・宿泊等にかかる日数は除く) ・2車線断面 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2回目以降の点検 [作業日数] (外業) ・従来の人力点検による作業日数 8.4日(現地スケッチ) ・新技術活用による作業日数 1.1日(現地撮影:標準精度) 1.7日(現地撮影:倍精度) (内業) ・従来の人力点検による作業日数 4日(変状展開図作成) ・新技術活用による作業日数 17日(変状展開図作成:標準精度) 32日(変状展開図作成:倍精度)	-
点検費用	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル10本(移動・宿泊等にかかる費用は除く) ・2車線断面 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2回目以降の点検 [調査費] (外業) ・従来の人力点検による調査費 576,595円(現地スケッチ) ・新技術活用による調査費 92,430円(現地撮影:標準精度) 142,846円(現地撮影:倍精度) (内業) ・従来の人力点検による調査費 605,947円(変状展開図作成) ・新技術活用による調査費 1,575,223円(変状展開図作成:標準精度) 2,604,862円(変状展開図作成:倍精度) [費用算定上の条件] ・従来点検時のスケッチは技術員が対応する。 ・新技術活用にかかる機器使用料(カメラ等レンタル・解析ソフト使用料)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)] ・点検中の人力によるスケッチ作業の代替 ・次回定期点検に向けた定期点検実施後(はつり、応急措置等実施済み箇所を含む)の覆工全面画像の取得
作業条件・運用条件		
保険の有無、保障範囲、費用	・車両を使わないため、第3者への被害なし	-
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	・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	・特になし	-
トンネル内照明の消灯の必要性	・特になし	-
可搬性(寸法・重量)	・特になし	-
自動制御の有無	・なし	-
利用形態:リース等の入手性	・すべて自社機材でありシステムのリースはしない ・現場撮影の対応を使用者が希望する場合には、撮影用カメラのみレンタル対応を行う。レンタル価格については、その都度協議とする。	-
関係機関への手続きの必要性	・原則無し ・路肩規制を必要とする場合は、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		<ul style="list-style-type: none"> ・解析ソフト: 自社開発ソフト(PDDシステム)を使用 ・必要作業: 担当者による解析作業 ・費用: 132,077円(標準精度:トンネル延長500mの画像作成) 221,311円(倍精度:トンネル延長500mの画像作成) 	
不具合時のサポート体制の有無及び条件		<ul style="list-style-type: none"> ・有(代替機にて対応) (撮影用カメラの故障時の対応はメーカーに準じる) 	
センシングデバイスの点検		<ul style="list-style-type: none"> ・なし 	
その他		<ul style="list-style-type: none"> ・なし 	

7. 図面



1. 基本事項

技術番号	TN010024-V0125		
技術名	トンネル覆工点検システム(eQドクターT)		
技術バージョン	eQドクターT ver.1	作成:	2023年 3月
開発者	西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社		
連絡先等	TEL: 092-771-1436	E-mail: tonerugijutsu@w-e-kyushu.co.jp	舗装・トンネル技術部 トンネル技術課
現有台数・基地	1台	基地	福岡県太宰府市
技術概要	<p>・トンネル覆工表面を撮影する車両と、画像データよりひび割れを自動抽出、1スパン単位でひび割れ展開図を作成するソフトウェアで構成される。</p> <p>・主な計測機器: ラインセンサ赤外線カメラ、近赤外線LED照明。</p> <p>・走行型(撮影走行速度は最大100km/h)</p> <p>・計測タイミング: 定期点検時(新設時の初回、1回/5年)の状態把握。</p> <p>・計測結果の活用: 撮影画像よりひび割れを自動抽出し、ひび割れの位置、幅、長さの計測データよりひび割れ展開図を作成。</p> <div style="text-align: center;">  <p>トンネル覆工表面撮影車 「eQドクターT」</p> <p>コントローラ室 撮影ユニット</p> <p>(幅2.2m 高さ3.7m 長さ6.7m) (撮影時)</p> </div>		
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 天井板 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所	
	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 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		・ラインセンサカメラ(画素数4,096、モノクロ)7台により、トンネル覆工の左側と右側を各々1回撮影して、計14枚の帯状画像を1つの画像に合成し、1スパン単位に編集。	
移動装置	移動原理	【車両型】 3.5t貨物車両をベースとした車両にラインセンサカメラ等の機器を搭載し、交通流にそって走行しながら覆工の撮影を行うもの。	
	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6,690mm×幅2,140mm×高さ3,730mm) ・最大重量(6,330kgf)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	・バッテリーなどの仮設電源は不要 ・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	4Kラインセンサカメラ ピクセル数:4,096pixel
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構 機能	-
		測位機構	2DLiderにて覆工形状を計測。
	耐久性	-	
動力	・電源供給方法:発電機 ・定格容量:100V、5.5kW ・燃料:ガソリン		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・計測装置は、8時間程度(発電機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)		
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	・カメラの撮影データを記録媒体(SSD)にデータを保存する。保存データは、計測用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	・電源供給方法:発電機 ・定格容量:100V、5.5kW ・燃料:ガソリン	
	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	<ul style="list-style-type: none"> ・4tトラック程度の車両が通行可能なトンネル ・トンネル半径4.5m以上 	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追加計測を行う。
適用可能なトンネルの最大寸法	<ul style="list-style-type: none"> ・車載撮影カメラから6m以内。 ※0.2mm以上のひび割れを自動抽出する場合。 	-

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】 ・100km/h以下 【標準試験値】 標準試験方法 (2020) 実施年 2023年 ・検証時80km/hで走行		■環境 【天候】晴天～小雨程度撮影可 外気温5～40℃程度まで撮影可 【日照条件】坑口付近は日照の影響を受ける場合がある。
	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 2023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 0.27mm (全ひび割れを対象とした計測精度) 0.0mm (幅0.1mmのひび割れのみを対象とした計測精度) 覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れの検出可否 標準試験方法 (2022) 実施年 2023年 (ひび割れを画像で視認できる) 幅0.2mm:可 幅0.3mm:可 幅0.4mm:可 幅0.5mm:可 幅0.7mm:可 幅0.8mm:可 ・ひび割れ幅の最小単位 0.1mm ・ひび割れ長さの最小単位 1.0mm ※ひび割れ/パネルのひび割れ幅計測は、パネルと通常の覆工との形状の相違からAIがひび割れの抽出対象外と判断したため、ひび割れ編集ソフトにてデジタルクラックスケールを表示し人力にて0.5mm刻み(例:0.1mm、0.5mm、1.0mm、1.5mm)で計測を実施。		・走行速度:80km/h(検証時) ・トンネル照明:消灯(検証時)
		性能確認シートの有無 ※		有
長さ計測精度(長さの相対誤差)	【性能値】 未検証 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2023年 ・平均相対誤差2.97%		・同上	
位置精度	性能確認シートの有無 ※		有	・同上
色識別性能	性能確認シートの有無 ※		無	—
	【性能値】 ・8bitグレースケール(256階調) ・ダイナミックレンジ 70.7dB 【標準試験値】 未実施			

※「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

<p>変状検出手順</p>	<p>【手順】</p> <p>①撮影した画像を覆工1スパンごとに隣接するスパンとの境界位置を指定する。境界は、トンネル内附属物の位置を参考にし、撮影毎のデータについては共通して映っている特徴を選択する。(手動)</p> <p>②覆工面を複数のカメラで区分けして同時に撮影された画像は、カメラの位置情報から1枚の画像に貼り合わせを行う。(自動)</p> <p>③各カメラにおいてスパン境界位置の指定が適切に行われていることを自動貼り合わせされた画像を目視で確認する。(手動)</p> <p>④張り合わせ画像からトンネル内付属物等、ひび割れの自動抽出対象外の領域をAI自動抽出する。(自動)</p> <p>⑤ひび割れの自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、AI画像処理により、ひび割れ幅0.2mm以上を自動抽出、ひび割れ幅を算出しクラス分けする。(自動)</p> <p>⑥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)</p> <p>⑦貼り合わせ画像上で路面境界の適切な位置を指定する。(手動)</p> <p>⑧抽出したひび割れをDXFに変換し、覆工面画像を画像ファイルに出力する。(自動)</p> <p>⑨覆工面画像からひび割れ以外の変状を抽出する。(手動)</p> <p>【解析作業日数】</p> <p>【トンネル条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・延長500mのトンネル×10本を一括して計測する場合 ・ひび割れ密度0.3m/m² ・2車線断面 ・移動運搬含まず <p>【計測・解析作業日数】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・計測(外業):1日 ・画像合成 16人日 ・変状抽出 62人日
	<p>ソフトウェア名</p> <p>検出可能な変状</p> <p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p> <p>ソフトウェア情報</p> <p>取り扱い可能な画像データ</p>

	出力ファイル形式	撮影データ: 自社独自フォーマット。撮影画像アップロードアプリ、スパン境界設定アプリで閲覧可能。 自動処理管理ソフトウェア 出力データ(トンネル診断システム用):DXF形式(ひび割れ)。JPEG形式(覆工面貼り合わせ画像)
調書作成支援の手順		①「自動処理管理ソフトウェア」上で、トンネルの指定、撮影日時、処理用データの作成日時から対象となるデータを選択 ②対象データのひび割れデータが未承認の状態であれば、承認して出力データを作成する。
調書作成支援の適用条件		・自動処理用のデータ作成時、非常駐車帯を示す記号に注意が必要。
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・Windows10 64bit Pro 【クラウドサービス提供の有無】 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	-
	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	特になし	-
	車線数の制約	1~3車線トンネルにて撮影可	-
	断面形状の制約	・4tトラック程度の車両が通行可能なトンネル ・トンネル半径4.5m以上。 ・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追加計測を行う。	-
	その他	・酷いすす汚れがある場合は、ひび割れの検出精度が低下する。	-

6. 留意事項(その2)

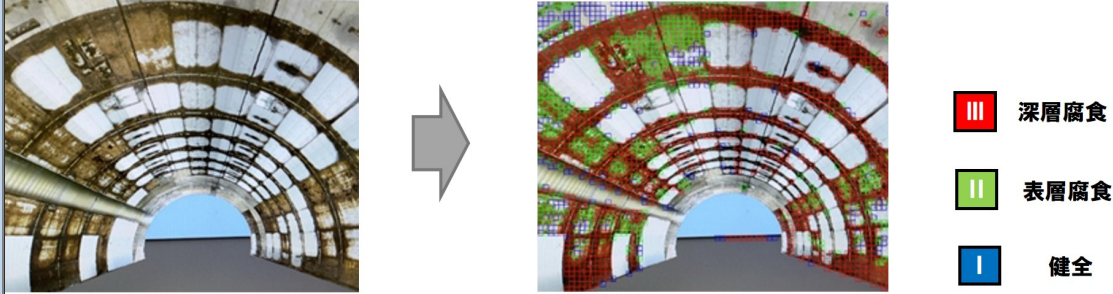
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	計測原理を理解し、機器操作・調整のスキルを取得したもの	-
必要構成人員数	・現場責任者1人、点検員1人、点検補助員1人、車両運転員1人 合計4名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・計測車両の運転 : 中型免許 ・測定・解析システム : 特になし(システム操作の習得)	-
操作場所	・車両内から操作	-
計測作業日数	<p>[トンネル条件] 【延長500mのトンネル10本を一括して計測する場合】 [外業作業日数] ・従来の人力点検による作業日数 36日(作業人員6名) ・新技術活用による作業日数 15日 ▲21日(▲58%) (計測作業1日、計測後の確認点検14日) ※事前計測による近接目視、変状箇所スケッチ、変状箇所写真撮影作業の削減による減</p> <p>[内業作業日数] ・従来の人力点検による作業日数 151人日(職種混合総作業日数) ・新技術活用による作業日数 229人日 +78日(+52%)(職種混合総作業日数) ※人力抽出での内業日数を算出。</p> <p>[トンネル条件] 【延長500mのトンネル1本を計測する場合】 [外業作業日数] ・従来の人力点検による作業日数 4日(作業人員6名) ・新技術活用による作業日数 3日 ▲1日(▲25%) (計測作業1日、計測後の確認点検2日) ※事前計測による近接目視、変状箇所スケッチ、変状箇所写真撮影作業の削減による減</p> <p>[内業作業日数] ・従来の人力点検による作業日数 20人日(職種混合総作業日数) ・新技術活用による作業日数 24人日 +4日(+20%)(職種混合総作業日数)</p>	<p>[トンネル条件] 道路トンネル定期点検業務積算資料(暫定版) 平成31年2月 国土交通省 道路局 により算出</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ密度0.3m/㎡ ・2車線断面, 歩道なし ・2回目以降の点検 ・照明灯具があると回避や計測作業手間等は無し ・定期点検様式作成 ケース2
作業条件・運用条件 点検費用	<p>[トンネル条件] 【延長500mのトンネル10本を一括して計測する場合】 [外業費用] ・従来の人力点検による費用 1,010万円 ・新技術活用による費用 490万円 ▲520万円(▲51%) (計測作業+計測後の確認点検作業) (事前計測による近接目視、変状箇所スケッチ、変状箇所写真撮影作業の削減による減)</p> <p>[内業費用] ・従来の人力点検による費用 550万円 ・新技術活用による作業日数 780万円 +230万円(+41%)</p> <p>[トンネル条件] 【延長500mのトンネル1本を計測する場合】 [外業費用] ・従来の人力点検による費用 120万円 ・新技術活用による費用 130万円 +10万円(+8%) (計測作業+計測後の確認点検作業) ※事前計測による近接目視、変状箇所スケッチ、変状箇所写真撮影作業の削減による減</p> <p>[内業費用] 上記10チューブ費用の1/10程度</p>	<p>[トンネル条件] 道路トンネル定期点検業務積算資料(暫定版) 平成31年2月 国土交通省 道路局 により算出</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ密度0.3m/㎡ ・2車線断面, 歩道なし ・2回目以降の点検 ・補修箇所なし ・照明灯具があると回避や計測作業手間等は無し ・定期点検様式作成 ケース2 ※経費及び運搬・移動費含まず <p>【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・事前計測による近接目視、変状箇所スケッチ、変状箇所写真撮影作業の削減</p>
保険の有無、保障範囲、費用	・自動車保険加入済み 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)	・特になし(夜間作業可)	-
計測時の走行速度条件	・100km/h以下	-
渋滞時の計測可否	・5km/h以上であれば計測可(車両が停止する場合は撮影不可)	-
設備等による死角条件	・ジェットファン、照明・内装板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	・車載撮影カメラから6m以内。 ※0.2mm以上のひび割れを自動抽出する場合。	-
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	・計測も含めて全て自社による	-
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:ひび割れ編集ソフトウェア・トンネル診断システム ・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回機器メンテナンスを行う。	-
その他	【特許状況】 特許登録6328447号 【気象条件】 ・降雨時の計測は不可 【作業条件】 ・未舗装道路の計測は不可	-

7. 図面



1. 基本事項

技術番号		TN010025-V0125		
技術名		腐食判定アプリ「カラー・ジャッジ」		
技術バージョン		1.0	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/	株式会社構研エンジニアリング 防災施設部
現有台数・基地		3台	基地	札幌市中央区
技術概要		<p>カラーコードを用いて本体工や附属物の腐食度 (Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ) を判定するものである。判定は、事前に設定したRGB値をもとに行う。近接目視点検では、スマートフォン等で撮影した写真から判定が可能である。PC上では変状写真や覆工展開画像等から判定が可能である。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) と組み合わせることで、位置情報や履歴(進行度)等の管理が可能。判定の妥当性の向上および見逃し防止が期待できる。</p> 		
技術区分	対象部位	内装板 吸音板 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 坑門		
	損傷の種類	鋼材腐食 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、「静止画を撮影するカメラ」と「画像のRGB値を換算した独自判定装置」が組み込まれた一体型構造(タブレットPC等にインストールして用いる)	
移動装置	移動原理	・【人力】徒歩または高所作業車等で計測箇所近づき、画像データを取得	
	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	・移動装置と一体的な構造	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・一体構造(計測装置) :最大外形寸法(長さ245mm×幅179mm×高さ6mm)、最大重量(460g) ※iPadAir4 :最大外形寸法(長さ145mm×幅72mm×高さ7mm)、最大重量(162g) ※iPhone12 :最大外形寸法(長さ138mm×幅67mm×高さ7mm)、最大重量(148g) ※iPhoneSE2	
	センシングデバイス	カメラ	・内臓カメラ:1200万画素
		パン・チルト機構	—
		角度記録・制御機構 機能	—
		測位機構	—
	耐久性	・iPadAir4:防水防塵性能無し(保護カバー等で対応可能) ・iPhone12:IP68級(深さ6mまで最長30分間)IEC規格60529 ・iPhoneSE2:IP67級(深さ1mまで最長30分間)IEC規格60529	
	動力	・電源供給方法:内蔵バッテリー(リチャージャブルリチウムポリマーバッテリー) ・定格容量:28.6Wh	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・最大10時間(外気温0~35℃の場合)	
	データ収集・通信装置	設置方法	-(一体構造のため計測装置と同じ)
外形寸法・重量(分離構造の場合)		-(一体構造のため計測装置と同じ)	
データ収集・記録機能		・計測デバイス内に保存	
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		・計測デバイス内に保存	
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1m X 高さ1.5程度	・人が入れる大きさ
適用可能なトンネルの最大寸法	・特になし	—

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 ※	有	
		【性能値】 ・当該技術で把握させたい損傷の判定結果(損傷範囲)を確認。設定した判定色に応じて腐食を検出できた。その際の環境照度(単位:ルクス)を示す。 【標準試験値】 未検証		推奨照度: 150 lx 程度以上※ ※労働安全衛生規則 第3編衛生基準 第4章採光及び照明 (照度)第604条 掲載表の作業区分「普通の作業」の基準”150lx以上”を参考に設定

※「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	<p>【手順】</p> <p>①点検範囲、前回点検結果などを把握するとともに、アプリ搭載スマートフォン、タブレットPCの充電を行う</p> <p>②アプリケーションを立ち上げる</p> <p>③判定したい色の閾値を設定する(RGB値をスライダー調整)</p> <p>④判定したい対象物に画角を合わせて撮影する</p> <p>⑤撮影した写真の色合いから判定区分ごとの模様が表示される(塗りつぶし、透過、枠を選択)※1※2</p> <p>※1判定する1マスの大きさを画面上のスライダーで調整可能 ※2事前に設定した判定別RGB値を用いて判定する</p> <p>⑥同時に各判定の面積が表示される</p> <p>(別途PCモニターで覆工展開連続画像での利用も可能)</p> <p>【計測フロー】</p> <p>図</p> <p>【解析作業日数】</p> <p>・即時解析</p>		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	・「カラー・ジャッジver1.0」(自社開発ソフト)	
	検出可能な変状	・鋼材腐食	
	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	【鋼材腐食】 ・撮影した静止画像のRGB値をもとに事前に設定した判定値を自動検出
		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	・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	・撮影画像の設定容量
		カラー／白黒画像	・カラー
画素分解能		・30mm/Pixel程度以下	
その他留意事項		・覆工面がすす等により汚れている場合は、腐食判定が困難	
出力ファイル形式	・JPEG		
調書作成支援の手順	<p>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</p> <p>②現地撮影や覆工展開画像から腐食判定し面積を算出</p> <p>③変状データベースで過年度の点検結果との変化を確認</p>		
調書作成支援の適用条件	<p>・漏水や結露で覆工面等が光っている場合には変状の検出精度が低下する</p> <p>・覆工面等に汚れ、すす等がある場合は検出精度が低下する</p> <p>・ジェットファン、照明、内装板の狭小背面など、近接目視での撮影が困難な位置の計測は不可</p>		
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名	<p>・トンネルマネジメントシステム(自社開発ソフト)</p> <p>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</p> <p>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)</p> <p>ロードスコープ(疑似3D展開画像の表示)</p> <p>点検調書作成アプリ(国交省直轄様式、公表用様式ほか)</p> <p>変状管理アプリ(変状検索、写真帳作成ほか)</p> <p>※クラウドサービスの提供は、無い</p>		

6. 留意事項(その1)

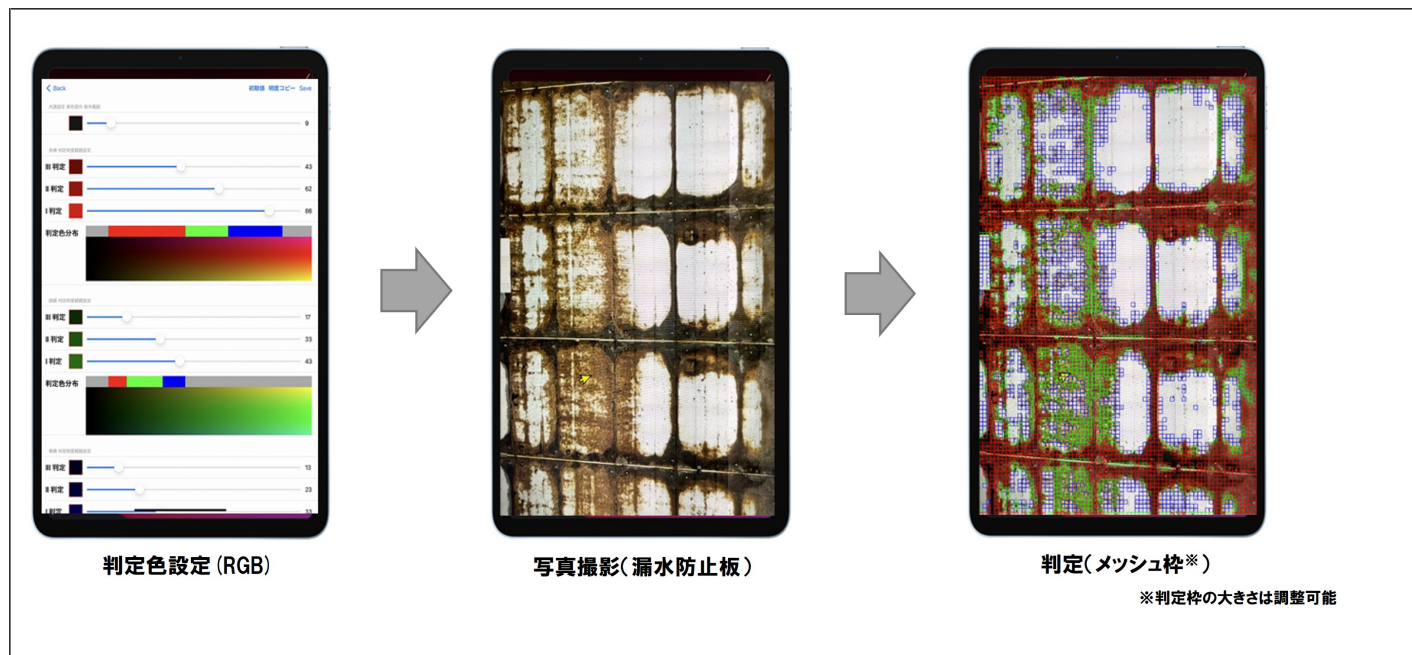
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	・特になし	—
	無線等使用における混線等対策	・特になし	—
	交通規制の要否	・対象物が、歩道や監査路等から撮影できる場合は、不要 ・トンネル照明等の高所作業車が必要な場合は、必要	—
	交通規制の範囲	・基本不要	—
	現地への運搬方法	・人による運搬	—
	トンネル延長の制約	・特になし	—
	車線数の制約	・特になし	—
	断面形状の制約	・特になし	—
	その他	・すす汚れがある場合は、本体の腐食検出精度が低下する(すすの色を判定してしまう)	—

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)
調査技術者の技量	・特になし	-
必要構成人員数	・点検員1人、点検補助員1人、合計2名	※高所作業車を用いる場合や片側交互通行規制を行う場合を除く
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	・特になし	-
計測作業日数	<p>[トンネル条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・延長500mのトンネル照明灯具(2車線、速度50km/h、コンクリート舗装)の標準的な基数を80基(40基×2車線)と仮定 ・片側車線40基を腐食判定アプリを用いて撮影・判定する <p>[作業日数]</p> <p>条件①:延長500mのトンネル1本のみ計測の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・従来の人力点検による作業日数 3日(外業1日、内業2日) ・新技術活用による作業日数 2日(外業1日、内業1日) <p>条件②:延長500mのトンネル10本を一括して計測する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・従来の人力点検による作業日数 12日(外業8日、内業4日) ・新技術活用による作業日数 10日(外業8日、内業2日) 	-
点検費用	<p>[トンネル条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・延長500mのトンネル照明灯具(2車線、速度50km/h、コンクリート舗装)の標準的な基数を80基(40基×2車線)と仮定 ・片側車線40基を腐食判定アプリを用いて撮影・判定する <p>[費用①]延長500mのトンネル1本のみ計測の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・従来の人力点検による費用 850千円(外業:550千円/1日、内業300千円/2日) ・新技術活用による費用 800千円(外業:600千円/1日、内業200千円/1日) <p>※機械の輸送費は、外業(連絡車で運搬)に含む ※旅費・交通費は別途必要</p> <p>[費用②]延長500mのトンネル10本を一括して計測する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・従来の人力点検による費用 5,000千円(外業:4,400千円/8日、内業600千円/4日) ・新技術活用による費用 4,900千円(外業:4,500千円/8日、内業400千円/2日) <p>※機械の輸送費は、外業(連絡車で運搬)に含む ※旅費・交通費は別途必要</p> <p>[費用算定上の条件]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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、日数、費用に含めない 	<p>【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人力による近接目視点検の代替 ・トンネル内の状態監視 ・前回点検時からの変状の進行状況の把握
作業条件・運用条件		
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	・照度の確保が必要(推奨150lx程度以上)
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	・近接出来ない場合は、撮影不可(ジェットファン、照明等の狭小な附属物の背面 等)	-
車両から覆工表面までの距離条件	・特になし	-
トンネル内照明の消灯の必要性	・特になし	・照度の確保が必要(推奨150lx程度以上)
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	・計測も含めてすべて自社による	・高所作業車を使用する場合は、別途リース等で入手
関係機関への手続きの必要性	<ul style="list-style-type: none"> ・基本必要なし ※交通規制を必要とする場合は、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	・特になし	-
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	-

	<p>その他</p>	<p>【特許状況】 ・無し</p> <p>【気象条件】 ・特になし</p> <p>【作業条件】 ・トンネル上部の計測には高所作業車等が必要である。</p> <p>【適用できない(適用できなかった)条件等】 ・坑内照度が著しく低い場合</p>	<p>・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)(TN010012-V0021)と組み合わせることで測定位置の履歴や腐食面積の変化などの管理が可能</p>
--	------------	--	---

7. 図面



1. 基本事項

技術番号	TN010026-V0023		
技術名	トンネルにおける三次元点検技術		
技術バージョン	ver.1.0	作成:	2023年 3月
開発者	株式会社補修技術設計 / 日本振興株式会社		
連絡先等	TEL: 03-3877-4642	E-mail: saitoh@ire-c.com	斉藤 雅信
現有台数・基地	2	基地	東京都江戸川区西葛西6-24-8 尚伸ビル5F
技術概要	本技術は、3Dレーザースキャナーを使用してトンネル内空の点群データを取得し、その後無人航空機(UAV)または一眼レフカメラを使用してトンネル覆工面の画像データ(動画・静止画)を取得する。取得した画像データからSfMソフトを使用して2D・3Dデータの作成を行った後、3D汎用ソフトを使用して点群データと2D・3Dデータを統合した3Dモデル上で点検、記録を行う技術である。		
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	
	損傷の種類	ひび割れ うき はく離	
	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		<p>本計測機器は、画像撮影とレーザー計測の2構成からなり、それぞれの計測装置は以下の通りである。</p> <p>画像撮影 <UAV:Skydio2+> ・UAV前方に機体と一体構造のカメラを有しており、飛行しながら動画撮影を行う。必要に応じ静止画撮影も実施する。 <一眼レフカメラ> ・市販の一眼レフカメラにて静止画の連続撮影を行う。</p> <p>レーザー計測 <3Dレーザー scanner> ・スキャナー本体を三脚にて地上に設置し、トンネル内空のレーザー計測を行う。</p>	
移動装置	移動原理	<p>【飛行型】<UAV:Skydio2+> UAVは操縦者がコントローラーを使用して移動飛行する。UAV機体上下にある計6個の魚眼レンズによる「Visual SLAM」技術を搭載しており、機体の中で3D処理を行って機体周囲の状況を把握し、AIにより障害物を回避しながら飛行する。トンネル内空のような非GPS下においても飛行が可能である。</p> <p>【人力】<一眼レフカメラ> 撮影者が徒歩で移動しながら連続して撮影を行う。</p> <p>【据置】<3Dレーザー scanner> 移動の際は人力により機材を盛替える。機材の移動・設置を繰り返すことで、構造物全体の点群データを取得する。</p>	
	外形寸法・重量	<p><UAV:Skydio2+> ・最大外形寸法:幅274mm×奥行229mm×高さ126mm ・最大重量:800g(バッテリー含む) <一眼レフカメラ:Nikon D7500の場合> ・最大外形寸法:幅135.5mm×奥行72.5mm×高さ104mm) ・最大重量:720g(バッテリー含む) <3Dレーザー scanner:Z+F Imager5010Cの場合> ・最大外形寸法:幅170mm×奥行286mm×高さ395mm(本体のみ) ・最大重量:11.0kg(バッテリー含む)</p>	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	<p><UAV> ・充電式リチウムイオンバッテリー(定格容量11.4V) <一眼レフカメラ> ・充電式リチウムイオンバッテリー(定格容量7.0V) <3Dレーザー scanner> ・充電式バッテリー(定格容量24.0V)</p>	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p><UAV> ・1フライト:最大27分 <一眼レフカメラ> ・1バッテリー:最大950枚撮影 <3Dレーザー scanner> ・1バッテリー:最大約3時間稼働</p>	
計測装置	設置方法	<p><UAV:Skydio2+> ・移動装置と一体的な構造 <3Dレーザー scanner> ・計測装置本体を三脚上部の雲台に装着(直付けネジロック方式)し、三脚と一体にて地上に設置</p>	
	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	<p><UAV> ・SONY製 IMX577 ・センサーサイズ(1/2.3型)、ピクセル数(1233万画素)、焦点距離(20mm ※35mm換算) <一眼レフカメラ> ・センサーサイズ(APS-C)、ピクセル数(2088万画素)</p>
		パン・チルト機構	<p><UAV> ・鉛直-110°~90° <3Dレーザー scanner> ・水平0°~360° ・鉛直0°~320°</p>
		角度記録・制御機構 機能	<p><UAV> ・角度記録あり、ジンバルにて鉛直方向の制御あり</p>
		測位機構	<p><UAV> GPS、GLONASS、Visual-SLAM、IMU、移動制限装置と併用</p>
	耐久性	<p><UAV> ・防水、防塵性能無し(雨天時は飛行不可) <一眼レフカメラ> ・防水、防塵性能無し(雨天時は使用不可) <3Dレーザー scanner> ・IP53規格に準拠した防水、防塵性能を装備</p>	
動力	<p><全計測機器 共通> ・移動装置のバッテリーより供給</p>		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<p><全計測機器 共通> ・移動装置の充電式バッテリーを交換することで1日作業(7~8時間)が可能</p>		

データ収集・通信装置	設置方法	<p><UAV></p> <ul style="list-style-type: none"> ・本体のmicroSDカードスロットに記録メディアを挿入する。 <p><一眼レフカメラ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・本体のSDカードスロットに記録メディアを挿入する。 <p><3Dレーザー scanner></p> <ul style="list-style-type: none"> ・本体内蔵の記憶装置を利用する。または本体付のUSBスロットに記録メディアを挿入する。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	<p><UAV></p> <ul style="list-style-type: none"> ・microSDカードにデータを保存し、これをパソコンに挿入してデータコピーする。 <p><一眼レフカメラ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・SDカードにデータを保存し、これをパソコンに挿入してデータコピーする。 <p><3Dレーザー scanner></p> <ul style="list-style-type: none"> ・本体内蔵の記憶装置に保存したデータを本体付のUSBメモリにコピーし、これをパソコンに挿入してデータコピーする。
	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	<p><全計測機器 共通></p> <p>計測機器のバッテリーより供給</p>
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	—

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	<全計測機器 共通> ・幅3.0m×高さ3.0m程度	・撮影対象との離隔を約1.0～1.5m程度確保できること。 ・UAV飛行の場合、水位や漏水がある場合は不可。 ・照度不足の場合は、照明を利用できる現場であること。 ・交通規制が可能であること。(UAV:全面通行止め、一眼レフ、3Dスキャナー:片側交互通行) ・UAVまたは一眼レフについては、現場条件に応じて撮影方法を選定する。
適用可能なトンネルの最大寸法	<UAV><3Dレーザー scanner> ・幅、高さともに制限なし <一眼レフカメラ> ・幅は制限なし。高さ5m程度	同上

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】 <UAV> ・0.15m/s以下 <一眼レフカメラ> ・0.3m/s程度 <3Dレーザースカナー> ・1.0m/分程度(10m/10分として) 【標準試験値】 未検証		・UAV飛行の場合、約5m/s以上の強風時は不可。
	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 2022年 <UAV> ・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 E=0.206mm(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。ただし表面に濃淡や汚れ等の特徴が無い場合は、SfM処理が困難となるため適用外。 <一眼レフカメラ:撮影速度0.3m/s、撮影離隔2.0m> ・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 E=0.208mm(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。ただし表面に濃淡や汚れ等の特徴が無い場合は、SfM処理が困難となるため適用外。 ・ひび割れ幅の最小単位 0.1mm ・ひび割れ長さの最小単位 1mm		左記試験時の条件 <UAV> ・撮影速度0.15m/s、撮影離隔1.5m程度 <一眼レフカメラ> ・撮影速度0.3m/s、撮影離隔2.0m程度 ※現場での撮影条件等を考慮し、安全率を適用して撮影対象との離隔を決定する。
		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 2022年 <UAV> ・周方向:0.16%(4側線の平均値) ・縦断方向:0.09%(4側線の平均値) <一眼レフカメラ> ・周方向:0.19%(4側線の平均値) ・縦断方向:0.05%(4側線の平均値)		左記試験時の条件 <UAV> ・撮影速度0.15m/s、撮影離隔1.5m程度 <一眼レフカメラ> ・撮影速度0.3m/s、撮影離隔2.0m程度
	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 2022年 <UAV> ・周方向:8.7mm(8側線の平均値) ・縦断方向:5.6mm(8側線の平均値) <一眼レフカメラ> ・周方向:24.3mm(8側線の平均値) ・縦断方向:21.2mm(8側線の平均値)		左記試験時の条件 <UAV> ・撮影速度0.15m/s、撮影離隔1.5m程度 <一眼レフカメラ> ・撮影速度0.3m/s、撮影離隔2.0m程度
位置精度	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 2022年 <UAV、一眼レフカメラ> ・フルカラー識別可能		左記試験時の条件 <UAV> ・撮影速度0.15m/s、撮影離隔1.5m程度 <一眼レフカメラ> ・撮影速度0.3m/s、撮影離隔2.0m程度	
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 2022年 <UAV、一眼レフカメラ> ・フルカラー識別可能		左記試験時の条件 <UAV> ・撮影速度0.15m/s、撮影離隔1.5m程度 <一眼レフカメラ> ・撮影速度0.3m/s、撮影離隔2.0m程度	

※「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		<p>①3Dレーザースキャナーを使用してトンネル内空の計測を行い、トンネル覆工面の点群データを取得する。</p> <p>②UAVまたは一眼レフカメラを使用してトンネル覆工面を近接撮影して画像データ(動画、静止画)を取得する。</p> <p>③点群処理ソフト(SCENE)を使用して点群データの結合処理を行う。</p> <p>④SfM処理ソフト(Context Capture)を使用して、画像データよりテクスチャ付きの高精細な3Dモデル作成を行う。また必要に応じオルソ画像(2D)を作成する。</p> <p>⑤3D汎用ソフト(Arena4D DataStudio-J)を使用して、点群データおよび2D、3Dデータを統合した3Dモデル上で技術者が点検、記録を行う。</p> <p>⑥3D汎用ソフト(Arena4D DataStudio-J)を使用して、損傷状況を示す3D動画やVRデータ、ビューワーを出力する。</p>	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<ul style="list-style-type: none"> 点群処理ソフト: 米国FARO製「SCENE」(市販ソフト) SfM処理ソフト: 米国Bentley Systems製「Context Capture」(市販ソフト) 3D汎用ソフト: 英国Veesus製「Arena4D DataStudio-J」(機能部分開発) コンクリート構造物劣化調査支援ソフト: 「Crack Imager」(自社開発ソフト) 	
	検出可能な変状	ひび割れ/うき・はく離(チョーキングで示されたもの)/漏水・遊離石灰/その他目視でわかる損傷	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	ひび割れの検出は、技術者が3Dモデル上で有無を判定する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<p><長さ計測></p> <ul style="list-style-type: none"> Crack Imagerを使用してオルソ画像上でひび割れ長さを計測する。 Arena4D DataStudio-Jを使用して3Dモデル上で簡易的にひび割れ長さを計測する。 <p><幅計測></p> <ul style="list-style-type: none"> 現場でキャリブレーション用に計測したひび割れ幅や、現場に貼り付けたクラックスケール画像との比較により、技術者が3Dモデルまたはオルソ画像上でひび割れ幅を判断する。 Crack Imagerを使用してオルソ画像上でひび割れ幅を計測する。
		ひびわれ以外	ひび割れ以外の損傷の検出は、技術者が3Dモデル上で有無を判定する。
		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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 点群処理ソフト: ZFS、FLSなど SfM処理ソフト: JPEG、MP4など 3D汎用ソフト: 2D画像データ各種(JPEGなど)、3Dモデルデータ各種(OBJ、LASなど) コンクリート構造物劣化調査支援ソフト: JPEG、BMP、TIFF
		ファイル容量	—
		カラー/白黒画像	<p>点群データ: カラー/白黒</p> <p>写真、動画: カラー</p>
画素分解能		<ul style="list-style-type: none"> ひびわれ幅0.2mmを検出するためには1.0mm/Pixel以下であることが必要。 ただし現場での撮影条件等を考慮し、撮影したいひび割れ幅に応じ、安全率を適用して撮影対象との離隔を決定する。 	
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な場合がある。	
出力ファイル形式	<ul style="list-style-type: none"> 二次元データ: JPEG、DXF(SfM処理ソフト、コンクリート構造物劣化調査支援ソフト) 三次元データ: テクスチャ付きOBJなど(SfM処理ソフト) 動画データ: MP4(3D汎用ソフト) VRデータ: PKG(3D汎用ソフト: ビューワ有) 		
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	<UAV> ・通行止めにて実施し、飛行中は操縦者とは別に安全管理員を立てることで第三者への配慮を行う。またUAVの構造物への接近に問題がないか監視を行う。 <一眼レフカメラ> ・片側交互通行にて実施し、規制帯にて撮影する。 <3Dレーザースキャナー> ・片側交互通行にて実施し、規制帯にて撮影する。 ・計測に使用するレーザーはClass1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	・要	—
	交通規制の範囲	<UAV> ・全面通行止め <3Dレーザースキャナー><一眼レフカメラ> ・片側交互交通規制	—
	現地への運搬方法	・機材は専用ケースに収納し、車両に搭載して運搬	—
	トンネル延長の制約	・なし	—
	車線数の制約	・なし	<一眼レフカメラ> ・1車線ごとに実施する。 <3Dレーザースキャナー> ・必要な車線数にて実施する。複数車線のトンネルでも現場条件によっては1車線のみで完了する場合がある。
	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)
調査技術者の技量	<UAV> UAVの安全飛行について知識が必要であり、業務を実施するために必要な操縦技量の習得者(国交省航空局無人航空機飛行マニュアルに記載)	—
必要構成人員数	・現場責任者(安全管理員)1人 <UAV> ・操縦者1人、補助員1人 <一眼レフカメラ> ・カメラマン1人 <3Dレーザー扫描仪> ・扫描仪操作員1人	<UAV> ・状況に応じ、補助員は操縦者を兼任する。 <3Dレーザー扫描仪><一眼レフカメラ> ・状況に応じ、補助員は扫描仪操作員またはカメラマンを兼任する。
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	<UAV> 「無人航空機の飛行に係る許可・承認書」の「無人航空機を飛行させる者」の登録者	国土交通省の定める「無人航空機飛行マニュアル」に準ずる。
操作場所	<UAV> 飛行中の機体が目視できる範囲	—
計測作業日数	<UAV> ・2000m ² /日程度 <一眼レフカメラ> ・3000m ² /日程度 <3Dレーザー扫描仪> ・500m/日程度	<UAV> ・0.15m/s×60秒×15分/回×15回/日⇒2000m ² /日 ⇒画角高1mとして2000m ² /日 <一眼レフカメラ> ・0.3m/s×60秒×60分×4h/日×0.7(作業効率ロス考慮) ⇒3000m ² /日⇒画角高1mとして3000m ² /日 <3Dレーザー扫描仪> ・10m/回×50回/日⇒500m/日
点検費用	【標準条件】 ・トンネル断面:幅5m×高5m ・トンネル延長:100m ・車線数:1車線 ・調査日数:1日 ・撮影方法:UAV 【作成データ】 ・点群データ ・SfMモデル ・3D動画(主に損傷状況) 【費用】 ・¥1,000,000-(標準条件での直接費用:現場1日の場合)	・トンネル規模や構造に応じ、別途見積もりが必要な場合あり。 ・照明や治具など、現場に特有な条件に対し必要な機材の準備について、別途見積もりが必要な場合あり。 ・2D、3Dデータの形式変換や作成要求事項によっては、別途見積もりが必要な場合あり。 ・交通規制、ガードマンの費用は別途見積もり。
保険の有無、保障範囲、費用	<UAV> 対人・対物・対施設損害賠償保険	—
時間帯(夜間作業の可否)	<UAV、一眼レフカメラ> ・夜間計測不可 <3Dレーザー扫描仪> ・夜間計測可能	<UAV> ・照度100lux以下は離陸不可
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	—	—
トンネル内照明の消灯の必要性	・現場条件に応じ実施	—
可搬性(寸法・重量)	・人力で運搬が可能	—
自動制御の有無	・無	—
利用形態:リース等の入手性	・業務委託(計測を含めて全て自社による)	—
関係機関への手続きの必要性	・交通規制を必要とするため、トンネル管理者及び警察との協議を要する。	・交通規制に関する関係機関との手続きは、元請様にてお願いします。 ・UAV飛行の場合、当社が国土交通省航空局に飛行予定情報を事前に登録する。
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:点群処理ソフト、SfM処理ソフト、3D汎用ソフトを使用 ・必要作業:担当者による解析作業 ・費用:上記計測費を含む	—
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・有 2-2-262	—

作業条件・運用条件

	<p>センシングデバイスの点検</p>	<p><UAV> ・飛行前に必ずフライトチェックを実施 <3Dレーザースカナー> ・校正点検を実施(年1回) <全計測機器 共通> ・日常点検を実施</p>	<p>—</p>
	<p>その他</p>	<p><UAV> ・離着陸やバッテリーの交換、充電作業等を行うため、約2~3m四方の平坦な場所があること。 ・動作温度:-5℃~40℃ ・風速5m/s以下(メーカー仕様の11m/s以下に対し、操作性や安全性を考慮) ・夜間計測不可 ・雨天計測不可 ・照度100lux以下は離陸不可</p>	<p><UAV> ・離着陸ポイントの周辺3mに構造物が無いこと。 ・離陸地点から高度10m以上で飛行する場合は、GPSの捕捉が必要。</p>

7. 図面

現場データの取得

UAV

一眼レフカメラ

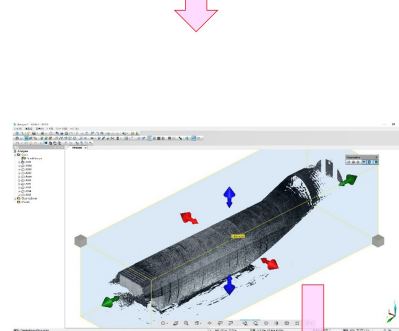
3Dレーザースキャナー



3Dデータ処理

SfM処理

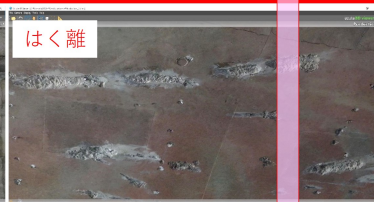
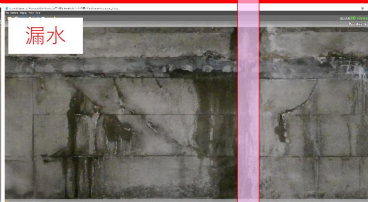
点群処理



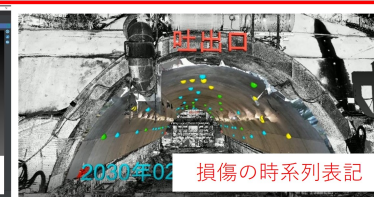
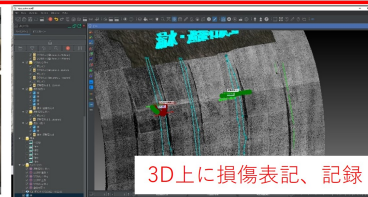
SfM処理ソフト(Context Capture)

点群処理ソフト(SCENE)

3Dモデル上(モニター上)で点検、診断

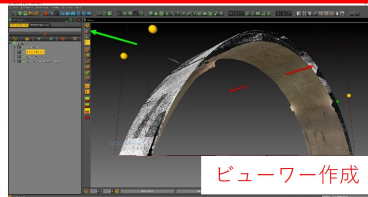


3Dモデル上に2D・3Dデータを統合、損傷の記録



3D汎用ソフト(Arena4D DataStudio-J)

3Dアウトプットの作成



3D汎用ソフト(Arena4D DataStudio-J)

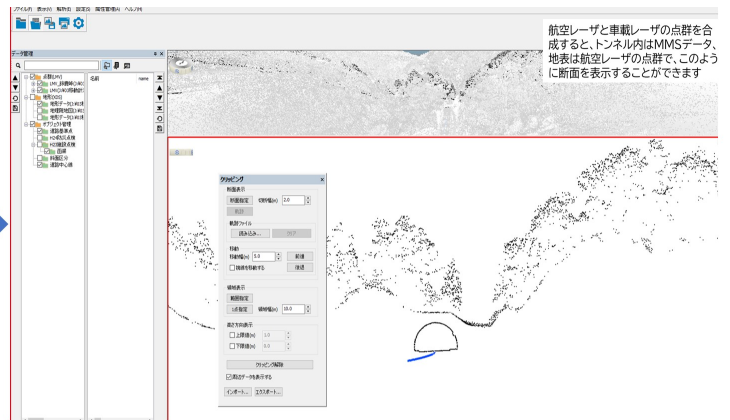
1. 基本事項

技術番号	TN010027-V0023		
技術名	レーザスキャナで取得した点群データおよび画像・点検結果等を3次元管理するツール		
技術バージョン	Ver.1	作成:	2023年3月
開発者	アジア航測株式会社		
連絡先等	TEL: 044-969-7381	E-mail: sin.matsu@ajiko.co.jp	事業戦略部:松井 晋
現有台数・基地	—	基地	—

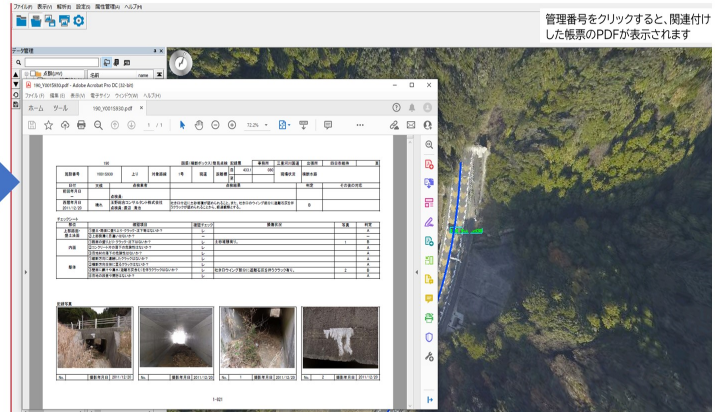
点群データ、画像データ、CADデータ等、集約して管理出来る3次元道路情報管理ソフトウェアである。予め点群を位置補正・合成しておくことで様々な情報との連携が可能となり、3次元データから任意の場所における断面を確認できる。また、距離標などの情報をあらかじめ設定しておくことで該当する距離標位置における断面が確認できる。設計時のCADデータと供用開始数年後の点群データとの比較や点検結果のテキストデータ、PDFデータをオブジェクトに紐づけて管理することが可能である。

技術概要

MMS+道路LPによる
統合データの断面表



道路LP + 航空写真
による統合データ



MMSで取得した3次元点群データを用いた管理イメージ

MMS計測 → 3次元道路管理情報ソフトウェア

トンネル台帳

オブジェクト表示・連携

現地詳細点検調査

横断面表示

結果関連付け

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		—	
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 ※		
		-		-
	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		トンネルや周りの地形など複数のデータがある場合は合成してツールにセットアップすることで1つの構造物として3次元管理できる(例えば上り下りの分離したトンネルのデータが個別に存在する場合、統合することで上下分離したトンネルを1つの構造物として管理することができる) このように第一段階として構造物の全体形状を確定する。その上で図面や過去のデータなどとの比較による変状把握を行う。		
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	α -Estrada		
	検出可能な変状	・3Dデータによる断面形状と設計図面との比較による変状把握 ・2時期の3Dデータとの比較による変状把握(点群データの精度に依存する)		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	本ソフトウェアは、データ管理ツールのためひび割れの検出機能は無い。	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	別ツールによって検出したひび割れが情報として格納された場合、その長さ及び幅の計測が可能である。	
		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)	—	
		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		遮蔽区間の位置情報が正確に取得できていると様々な情報との連携が容易になる。 水で湿っている箇所データは点群データが取得できない可能性があるためデータが欠落する可能性がある。		
出力ファイル形式	—			

<p>調書作成支援の手順</p>	<p>①3次元点群データ(Las、Csv)を3次元道路情報管理ソフトウェア専用フォーマットに変換する。 ②画像や点検調書等の詳細情報は、オブジェクトとリンク付けることで一元管理を行う。 ③記載されているデータフォーマットであれば本ツールへの搭載(変換)は可能。データはローカルのHDDなどに格納。</p> <p>【処理フロー図等】</p> <p>※1: 点群と同期した画像(jpeg)もしくは位置情報が明確な画像(jpeg)があれば点群データの位置と概ね同一位置の</p> <p>※2、※3ともに位置情報が明確であることが前提</p> <p>※2: 各種帳票などの情報を紐づけるためのオブジェクト(点・線・面)の追加</p>
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>遮蔽区間の位置情報が正確に取得できていると様々な情報との連携が容易になる。 水で湿っている箇所データは点群データが取得できない可能性があるためデータが欠落する可能性がある。</p>
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>alpha-Estradaを扱うPCの推奨環境は以下のとおり。 【推奨環境】 CPU: Intel Core i7 以上 OS: Windows10 Pro 64bit版 / Windows11 Pro 64bit版 メモリ: 8Gbyte以上 HDD: 500Gbyte以上 ビデオカード: NVIDIA Geforce搭載 モニター: FullHD (1920x1080)以上</p>

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	執務室内及び現場	ノートPCなどであれば場所はどこでも可(オフラインで作業することを想定)
	計測作業日数	—	—
	点検費用	—	—
	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	ライセンス販売のみ(売り切り) ライセンス料:10万円/ライセンス	
	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	・データ変換ソフト:自社開発のα-Estrada専用データフォーマットへの変換ソフトを使用 ・必要作業:アジア航測社による変換作業 ・MMS点群データ※変換費用::50万円(5Kmまで)、以後1Kmにつき+10万円 ※当社の標準としている全周囲画像であれば併せて変換対応可	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制は「無」	
	センシングデバイスの点検	—	—
その他	【データセットアップ】 ・その他データ(当社基準外の画像、点検および修繕履歴等)の搭載費用:有償(費用は応相談) ・MMSの往復データや航空LP等のデータ合成費用:有償(費用は応相談) (注)3次元データ(トンネル構造物の点群データ)、距離標、点検調書、設備関係等の様々な位置情報が不明瞭であるとの確な場所に設定できない場合がある。		

7. 図面

オブジェクトの検索・表示

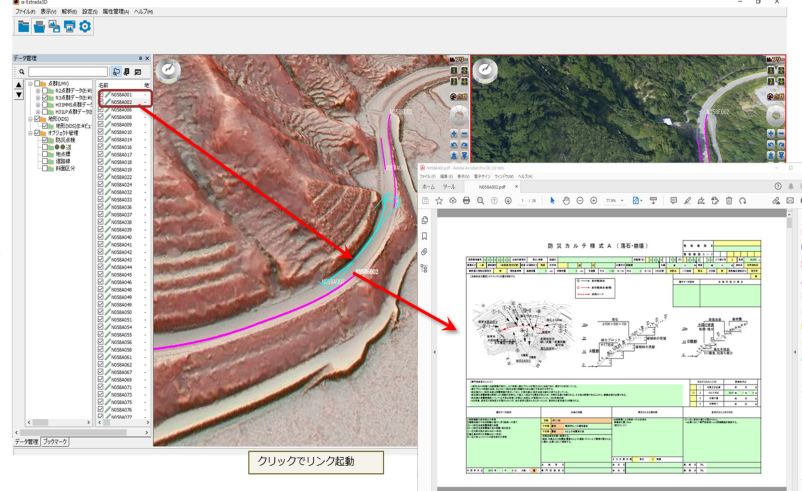
「オブジェクト」として、道路基準点案内システムの距離標、斜面区分（「リスクエリア」）、既存防災点検箇所を表示できます。属性管理>属性検索 画面から検索し、検索されたオブジェクトをクリックすると、その場所に移動できます。



基準となるオブジェクトをあらかじめ設定しておくことで検索などが容易になる

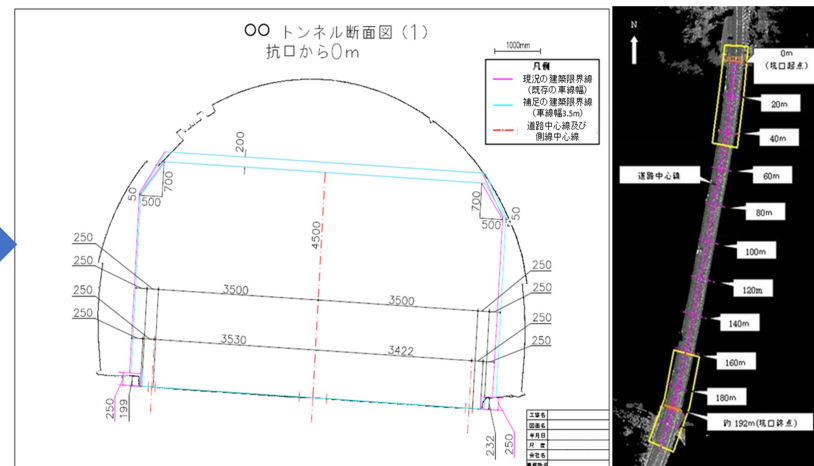
オブジェクトのリンク機能

オブジェクトにファイルやURLをリンクさせ、クリックして表示させることが可能です。例えば、防災点検箇所のラインに「防災カルテ」を関連付けて、PDFを表示させることができます。



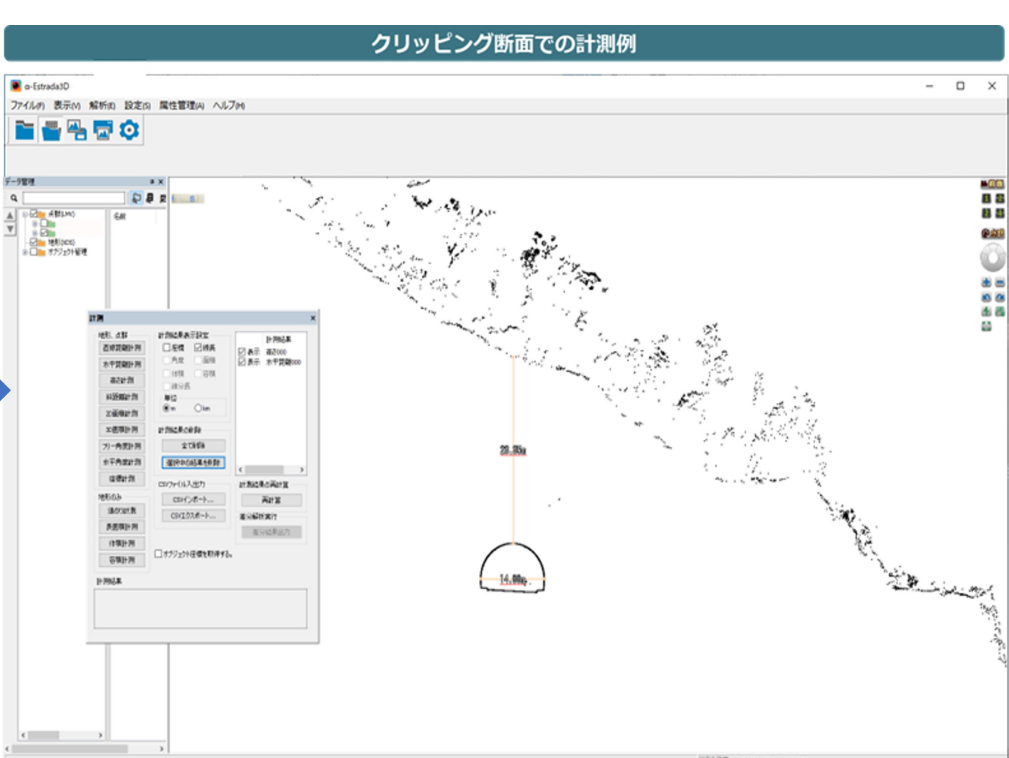
各種道路施設情報を該当箇所に設定することが可能

トンネル断面と建築限界線との突合



特定の位置だけではなく任意の箇所の断面を容易に確認可

クリッピング断面での計測例

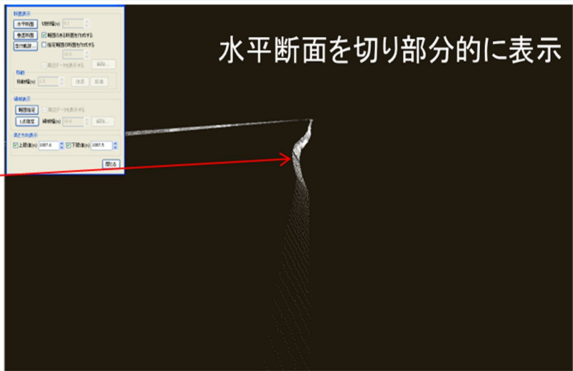


MMSや航空LPのデータを合成することで道路施設に関わる地形全体の状況確認が可能

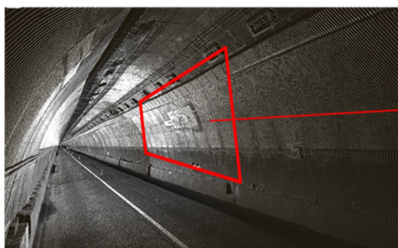
断面形状の確認や変状の把握、断面図の出力 (dwg) が可能

その他クリッピング例

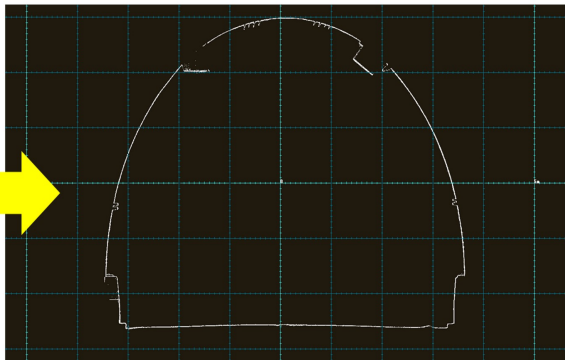
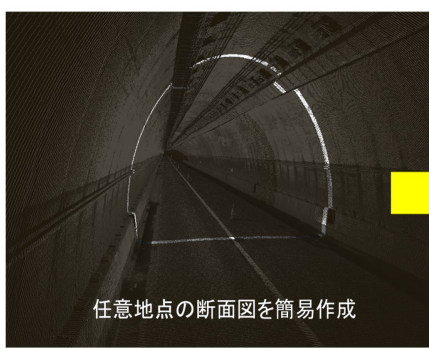
水平断面を切り部分的に表示



特定箇所を切り出し



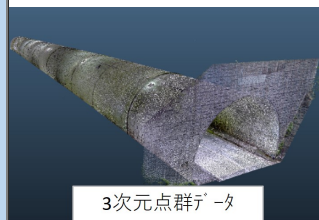
任意地点の断面図を簡易作成



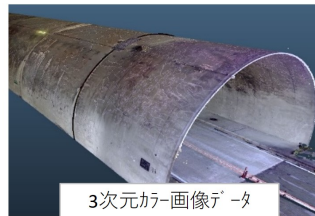
1. 基本事項

技術番号	TN010028-V0023		
技術名	トンネル覆工展開図自動作成システム		
技術バージョン	1	作成:	2023年 3月
開発者	株式会社 伸浩技建		
連絡先等	TEL: 088-855-7029	E-mail: n.komatsu@shinkougiken.jp	調査部
現有台数・基地	1	基地	高知県高知市南ノ丸町15番地2

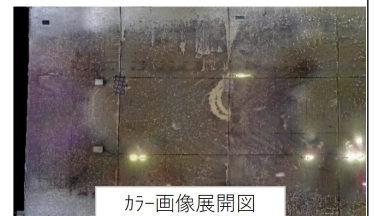
本技術は、3次元レーザースキャナで点検後の覆工コンクリートを撮影し、カラー画像データ等を取得。このデータから変状展開図を自動作成し、現場でのスケッチ作業を代替できるシステムである。
 2車線道路トンネルの場合、2スパン(約20m)を約6~8分で計測し、3次元の点群データと8000万画素のカラー画像が取得可能である。



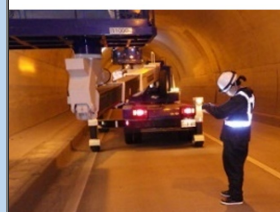
3次元点群データ



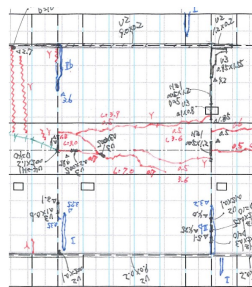
3次元カラー画像データ



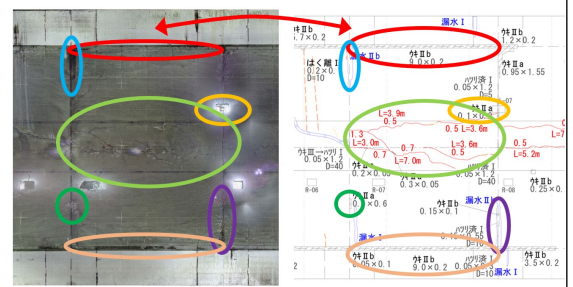
カラー画像展開図



(従来) スケッチ状況

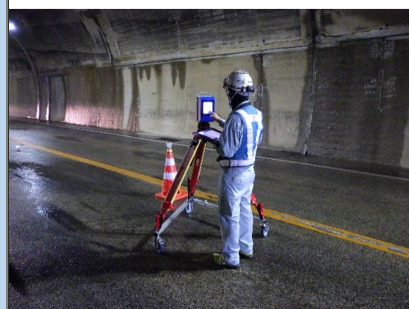


(従来) 手書きスケッチ



カラー画像展開図と自動作成展開図の精度対比

技術概要



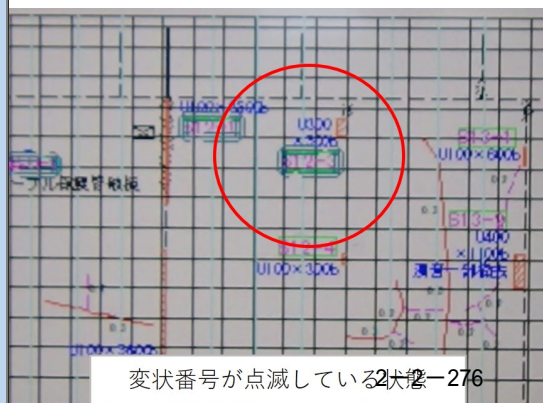
撮影状況



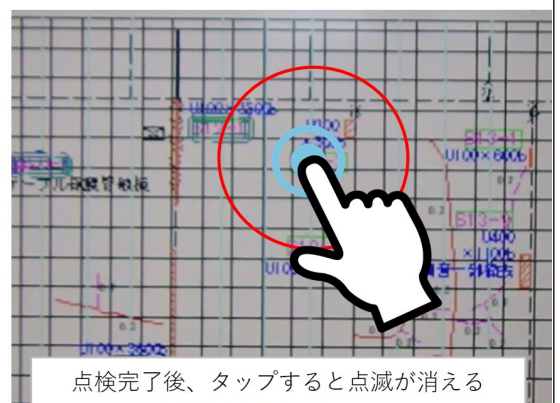
撮影状況



3次元レーザースキャナセッティング状況



変状番号が点滅している状態-276



点検完了後、タップすると点滅が消える

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 坑門
	損傷の種類	ひび割れ うき はく離 変形 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		<p>本技術に使用する計測機器は、移動を容易に行うため、台車に三脚をセットした状態で使用する。三脚に本計測機器を固定した状態で徒歩で移動させ、計測位置ではキャスターをロックした状態でレベルを取って計測を行う、軽量かつコンパクトな構成である。</p> <p>操作は本体および、タブレット端末で行い、タブレットでは、20m程度の遠隔での操作も可能である。計測結果は本体内部ストレージおよび、本体内蔵のWi-Fiでタブレットに記録され、即時に合成処理・カラー化、ノイズ処理が可能である。</p> 	
移動装置	移動原理	オペレーターが計測装置を持ち運び、装置を設置後、情報取得範囲を重複させるように移動して計測するもの	
	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、台車にセットした三脚上に固定し、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1100mm×奥行き1100mm×高さ1560~2200mm)、総重量 約23kg ・計測機器本体：外形寸法(幅328mm×奥行き150mm×高さ258mm)、重量(7.5kg(バッテリー含む)) ・三脚：最大外形寸法(幅1100mm×奥行き1100mm×高さ1100~1730mm)、重量(8.6kg) ・台車：最大外形寸法(幅1100mm×奥行き1100mm×高さ200mm)、重量(6.8kg)
	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(赤外線レーザー) ・照射時の角度情報と反射光の距離計測情報で3次元点群データを構成する ・HDRカメラにより高解像度のカラー情報を取得し、3次元点群データにRGB情報を付加しリアルなカラー化点群を構成する
		パン・チルト機構	・パン:360° ・チルト:320°
		角度記録・制御機構機能	・垂直及び水平回転軸を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 ・傾斜補正:解像度: 0.001°計測精度: +/- 0.5° 精度: < 0.004° ダイナミック補正 on/off 選択可能
	測位機構	GPS、コンパス、ジャイロスコープ、気圧計、加速度センサ	
	耐久性	IP54(埃および水撥ねからの保護)	
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5時間(外気温:-10~45℃、湿度:結露がないこと)		
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		内部128GB SATA、128GBのSDカード
	通信規格(データを伝送し保存する場合)		Wi-Fi(802.11 a/n/g standaed、デュアルバンド、最大伝送速度 240Mbits/s)、Ethernet
	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)		IEEE 802.11a/n/g 規格
	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)		最大伝送速度 240Mbits/s

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0.6m×高さ0.5m 覆工との計測装置との距離が0.3mまで計測可能	狭小なトンネルほど、計測回数が増加する
適用可能なトンネルの最大寸法	計測機器と覆工との距離が100m以上となる場合は不可	・最大寸法を越える場合は、点群密度が低下する ・坑内粉塵等によるノイズの影響が大きくなる

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】 公表無し 【標準試験値】 ・トンネル延長20mあたり約6分		標準的な道路トンネル(幅員10m、高さ7m程度)の場合
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 公表無し 【標準試験値】 標準試験方法(2022) 実施年 2022年 白、黄、ピンクの幅5mm、10mmのマーキングを用いた結果、全て確認可能		—
	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】 1mm+10ppm/m 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2022年 ・マーカージ間距離を計測した場合の計測誤差 延長方向:0.09%(4側線の平均) 周方向:0.14%(4側線の平均)		—
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【性能値】 公表無し 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2022年 延長方向:0.002m(8側線の平均) 周方向:0.003m(8側線の平均)		—
	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】 ・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トンネル覆工面の点検を行い、ひび割れ、漏水、うき等の変状箇所にチョークによるマーキングを行う。 ②本計測器で点検後の覆工を撮影し、点群データ(RGB/反射強度付き)および画像データ(8000万画素)を取得する。 ③展開画像作成ソフトウェアにて、撮影した点群データを「展開画像化」し、点群の隙間などがある場合には自動補完を行う。 ④展開画像作成ソフトウェアにて「チョークによるマーキングの自動検出・CAD描画機能」を使用し、展開画像のCADデータ化を行う。 ⑤次回点検時、当システムで作成した変状展開図を活用し、タブレットPCに表示したCADデータで変状箇所を点滅させる。		
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	3次元データ 展開画像化/チョークによるマーキング自動CAD化 ソフトウェア		
	検出可能な変状	チョークによるマーキングを行った変状		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・点検時にチョークによるマーキングされたひび割れを、展開画像からRGBやIntensity(反射強度)をもとに自動検出 ・検出された点をもとにCAD線に自動変換	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	・幅:チョークによるマーキングを読み取り図面化する(手動) ・長さ:AutoCADソフトウェアにて、自動描画されたCADデータを計測する(手動)	
		ひびわれ以外	【うき・はく離、漏水、豆板、変形、欠損 等】 展開画像のチョークによるマーキングにより、変状箇所を目視で検出(手動)	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	チョークによるマーキング抽出の設定値により変動(検証中)	
		変状の描画方法	チョークによるマーキング・ポリライン/線分	
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	OBJ/PLY/STL/E57/LAS/ZFS/FLS/RSP/CL3/XYZ	
		ファイル容量	約5GB(点群データ・テクスチャモデル)	
		カラー/白黒画像	カラー(RGB)/グレースケール/ミラー(凹凸陰影表示)/距離での段階色彩	
画素分解能		1mm以上		
その他留意事項		・チョークの色を統一する ・3次元レーザースキャナの撮影明度を一定にする ・変状の検出精度は検証中		
出力ファイル形式	DXF/PTC/TIFF/JPG/BMP/PNG/TFW			
調書作成支援の手順		①展開画像作成ソフトウェアにて「チョークによるマーキングの自動検出・CAD描画機能」を使用し、展開画像のCADデータ化を行う。 ②展開画像と自動抽出されたCADデータを、AutoCADソフトウェアに出力する。 ③AutoCADソフトウェアにて、ひび割れの幅や長さ、ひび割れ以外の変状のマークを追記する。 ④点検調書の様式に従い、覆工スパン番号等を入力する。		
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		《市販ソフトウェア》 ・LupoScan Pro 2022.1 ・AutoCAD 2014~2021 ・Pythagoras SV. version 《クラウドサービス》 ・提供無し		

6. 留意事項(その1)

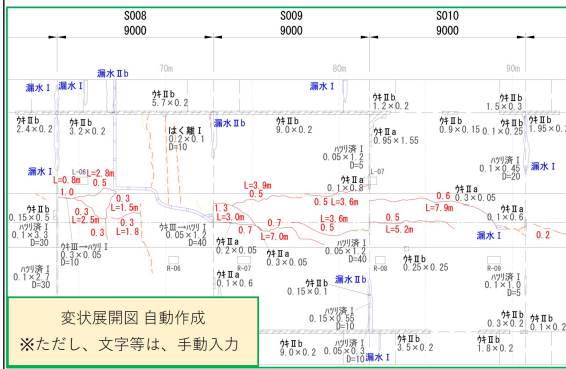
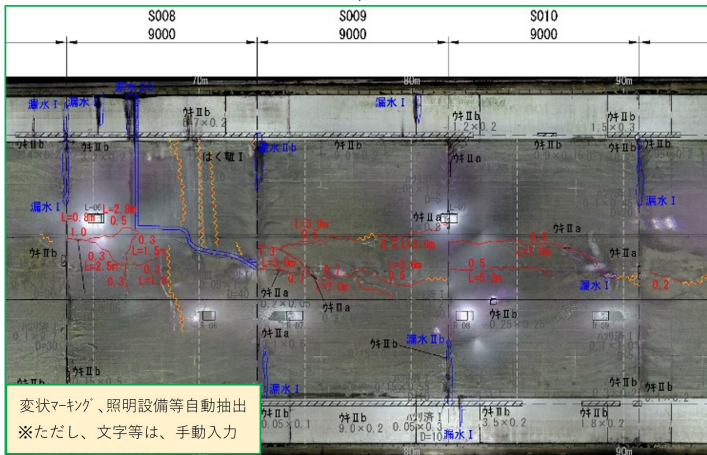
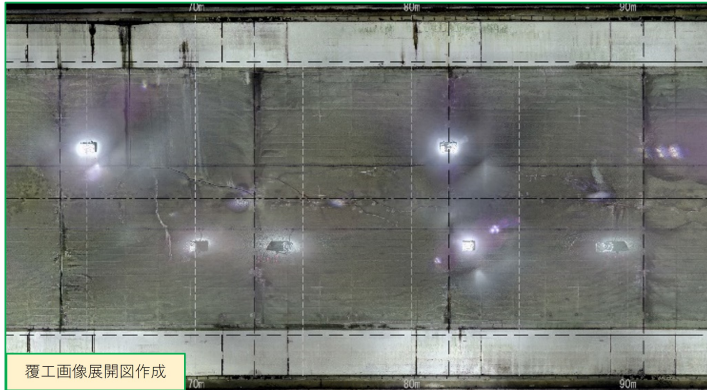
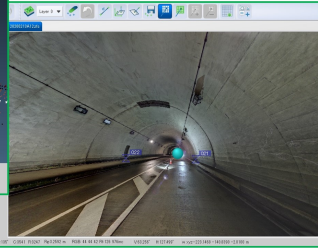
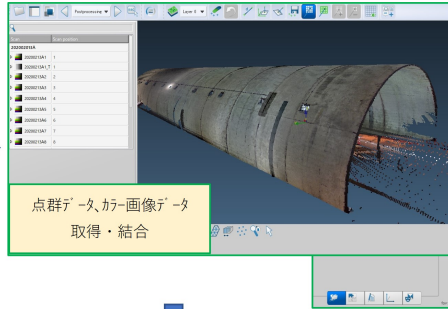
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	なし	レーザー製品の安全性クラス:クラス1 本計測器は、ISO DIN EN 60825-1およびIEC 60825-1:「レーザー機器の安全性(Sicherheit von Laser-Einrichtungen)」に従い、クラス1に区分されたレーザー製品である。 このレーザーは、不可視光線なので、道路利用者(走行車両、歩行者、自転車等)の妨げにはならない。
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	要	点検作業(道路交通規制を伴う)と並行して計測可能
	交通規制の範囲	片側交互通行規制 全面通行止め	—
	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	なし	【参考】バッテリー駆動時間2.5時間(1個あたり)
	車線数の制約	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100m)を越えないこと
	断面形状の制約	・トンネル内空幅0.6m未満または内空高さ0.5m未満は計測不可 ・本計測装置から覆工面までの隔離が100m以上となる断面形状の箇所では、計測不可	—
その他	・苔、煤、汚れ等がある場合でも計測可能 ・計測範囲内に車両等の障害物がある場合は、計測範囲外に移動が必要	汚れ等を遊離石灰として誤検出する可能性がある	

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)
調査技術者の技量	現場計測時の機器設置および操作が行えること	事前に設置および操作手順の習得が必要
必要構成人員数	・3次元レーザースキャナ計測オペレーター: 1名 ・計測補助員: 1名	最小遂行人数: 1名
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	なし	—
操作場所	・トンネル(坑口、坑内) ・カルバート ・シェッド	・作業ヤードの設置不要 ・交通規制中の範囲内のみでの計測
計測作業日数	作業日数 現場計測作業日数: 2日 (解析作業日数: 2日 変状が多いトンネルは別途必要)	【トンネル条件】 ・トンネル延長: 1,000m ・点検対象面積: 20,000㎡ ・施工条件: 一般道の道路トンネル 【計測条件】 ・点検作業に随行し、上り線・下り線ともに点検が完了した状態で計測を行う ・変状箇所はチョークによるマーキングを行うこと
点検費用	【現地計測(外業)】220,000円 【解析等(内業)】150,000円	・現地計測、画像解析費、変状展開図作成の直接人件費のみの金額 ・解析ソフトウェア使用料、点検支援ソフトウェア使用料、機械損料、旅費交通費は含まない 【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により、人為的ミスの懸念がなくなる。ペーパーレス化が可能になる。
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)	なし(昼夜不問で作業可能)	—
計測時の走行速度条件	—	—
渋滞時の計測可否	計測可能	通行車線を走行する車両が写り、計測精度は低下する
設備等による死角条件	照明、ジェットファン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(計測および坑内移動可能な状態) ・最大外形寸法(長さ1100mm×幅1100mm×高さ2200mm) ・最大重量(約23kg)	—
自動制御の有無	—	—
利用形態: リース等の入手性	自社機材	—
関係機関への手続きの必要性	道路交通規制を要する場合は、トンネル管理者及び警察との協議が必要	—
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト: 自社開発ソフトウェア ・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	あり	—
センシングデバイスの点検	・計測直前に、レーザー出射窓およびカメラ表面ガラスの汚れやくもりの有無を確認 ・年1回の校正が望ましい	—
その他	・気象条件: なし ・作業条件: なし ・作業条件: 計測装置本体が結露しないこと、計測対象が濡れていないこと	降雨等でも作業可能 (坑口付近では、吹き込む雨が写りこみ、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



定期点検記録様式 トンネル全体変状展開図 【様式D-2-1】

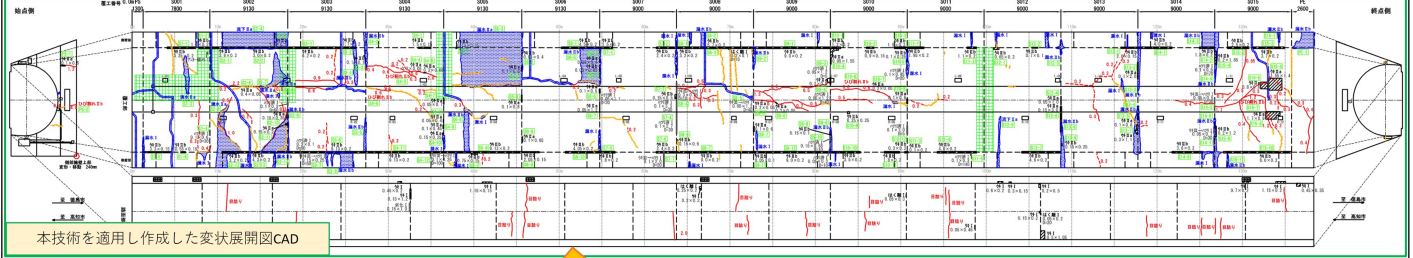
フリガナ	路線名	定期点検番号	定期点検年度	定期点検月日
〇〇〇〇トンネル	〇〇〇〇	〇〇〇〇	〇〇〇〇	〇〇〇〇
名称	管理番号	〇〇〇〇	〇〇〇〇	〇〇〇〇

トンネル全体変状展開図

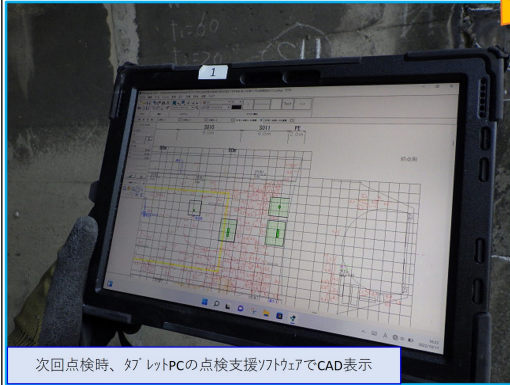
成果品に貼付

注1: 本図は、点検員が現場にて撮影すること。
 注2: 施工入止等は本図に反映しない(本図に反映しない場合は上層アールに付記すること)
 注3: 撮影日時(表状)は本図の撮影日時(本図)に準ずること。
 注4: 1階に近づくにつれて、撮影距離は短くなる。

点検支援ソフトウェア



本技術を適用し作成した変状展開図CAD



次回点検時、タブレットPCの点検支援ソフトウェアでCAD表示

タブレットPCスペック

【仕様】

OS : Windows 11 Home
 CPU : 第 11 世代 Intel(R) Core(TM) i5 - 1135G7
 メインメモリ : 8GB
 グラフィック : Intel(R) Iris(R) Xe グラフィックス
 ストレージ容量 : 128GB
 ディスプレイサイズ : 12.3 インチ PixelSense(TM) Display
 ディスプレイ解像度 : 2736×1824(267PPI)
 バッテリー持続時間 : 最大約15時間(※1急速充電対応 (約1時間で80%)
 無線LAN : Wi-Fi 6 802.11a/b/g/n/ac/ax
 Bluetooth : Bluetooth 5.0

外部接続端子

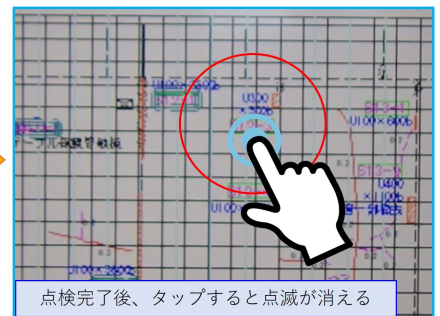
- ・USB - C(R)
- ・フルサイズ USB - A
- ・microSDXC(TM) カード スロット
- ・3.5mm ヘッドセット ジャック
- ・SurfaceConnect(TM) (充電、Surface ドック用端子)
- ・Surface Dial のオフスクリーン操作に対応(※2)
- 生体認証 : Windows Hello (顔認証)
- 前面カメラ画素数 : 5メガピクセル, 1080p対応
- オーディオ
 - ・Dual far-field スタジオマイク内蔵
 - ・Dolby Atmos(R) 搭載 1.6W ステレオスピーカー(※3)
- 製品サイズ : 292×201×8.5mm
- 製品重量 : 770g



点検状況



変状番号が点滅している状態



点検完了後、タップすると点滅が消える

1. 基本事項

技術番号	TN010029-V0023		
技術名	走行型トンネル撮影システム		
技術バージョン	ver.1	作成:	2023年 3月
開発者	株式会社東設土木コンサルタント/有限会社ジーテック		
連絡先等	TEL: 03-6371-4230	E-mail: tcc@touseitu.co.jp	事業推進部
現有台数・基地	1	基地	新潟県新潟市
技術概要	<p>本技術は複数台のデジタルビデオカメラを用いて走行しながらトンネル覆工部を撮影し、画像からひび割れ等の変状を検出するものである。</p> <p>必要に応じて撮影前にトンネル内を3Dレーザー測定し、画像の位置精度を高める。撮影ジグは取り外しや組み合わせが容易であるため、小断面、避難坑、連絡坑にも適用できる。</p> <p>撮影した画像を変状展開図作成支援ソフトウェア「CrackDraw21」に取り込み、ひび割れなどの変状を入力し、ひび割れ数量やひび割れ密度の自動算出、長期間の点検記録、詳細調査データ、補修履歴など各種情報を簡易に一元管理する。</p>		
技術区分	対象部位	内装板 吸音板 天井板 照明 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 うき はく離 腐食	
	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、「複数台のデジタルビデオカメラ」と「照明」および「発電機」、「電圧変換機」、「録画装置」をトラック、台車等に搭載し、走行しながらトンネルを撮影するものである。なお、構造物に合わせた機材配置が可能であり、計測断面によりジグの使い分けを行うことで、馬蹄形、箱型、シールド等の多様なタイプのトンネル撮影が可能である。また、走行しながらキャビン内のモニターで画像確認を行うことが可能である。	
移動装置	移動原理	【車両型】／【人力】 ・移動装置と計測装置は分離構造で、軽自動車や2トントラック等の車両、または手押し台車など適切な機材を選択する。	
	外形寸法・重量	車両の外形寸法・重量による。	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	車両の最大積載量による。	
	動力	・動力源:内燃機関、人力 ・燃料:軽油・ガソリン	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	・移動装置と分離構造 ・移動装置の上部(荷台部)に搭載した専用架台にビデオカメラおよび照明を取り付ける。	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	計測装置:最大外形寸法(長さ1800mm×幅2000mm×高さ2500mm) 最大重量(約500kgf)	
	センシングデバイス	カメラ	[Z CAM製カメラ:E2] ・センサーサイズ(横19.0mm×縦13mm)、ピクセル数(横3840pixel×縦2160pixel)、焦点距離(使用レンズによる) [SONY製カメラ:FDR-AX100] ・センサーサイズ(横13.2mm×縦8.8mm)、ピクセル数(横3840pixel×縦2160pixel)、焦点距離(29mm~348mm)
		パン・チルト機構	・水平0° ・鉛直0°~360°
		角度記録・制御機構 機能	・手動にて任意角度に可動
		測位機構	Z+F社3Dレーザースキャナー:・IMU
	耐久性	防塵・防水規格IP 54	
	動力	【車両型の場合】 ・発電機などの仮設電源が必要 ・動力源:内燃機関 ・燃料:ガソリン 【人力の場合】 ・バッテリーが必要	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・約10時間(外気温:25℃、常時計測の場合)		
データ収集・通信装置	設置方法	・計測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(SDカードまたは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。	
	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	・計測装置内の発電機、またはバッテリーを用いる。	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	・計測装置内の発電機によって発電された電力を用いることで無制限に連続使用が可能。バッテリー使用の場合は約10時間程度。	

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2000mm × 高さ2000mm程度(上記装置及び必要離隔を含んだ数値)	-
適用可能なトンネルの最大寸法	・最大所要空間寸法幅 18000mm × 高さ15000mm程度(上記装置及び必要離隔を含んだ数値)	-

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】 ・4km/h~80km/h 【標準試験値】 ・検証時50km/hで走行		・降雨時の計測は不可(小雨程度なら可) ・すす汚れがある場合は、ひび割れの検出精度が低下する。
	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(0.2mmのひび割れを画像で視認できる) ・ひび割れ幅の最小単位 0.2mm~0.3mm ・ひび割れ長さの最小単位 0.1mm以下(使用ツールの仕様値、精度は長さ計測精度参照) 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2023年 ※本試験ではMMSによる事前計測は未実施 ・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 0.14mm		同上
	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】 ・画像の再現性(ある実トンネル8トンネルでの例) ・進行方向:平均誤差0.18%、最大誤差0.49% ・周方向:平均誤差0.12%、最大誤差0.27% 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2023年 ※本試験ではMMSによる事前計測は未実施 ・進行方向:0.08% ・周方向:0.92%		同上		
位置精度	性能確認シートの有無 ※	有		
	【性能値】 ・画像の再現性(ある実トンネル8トンネルでの例) ・進行方向:平均誤差18mm、最大誤差49mm ・周方向:平均誤差21mm、最大誤差48mm 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2023年 ※本試験ではMMSによる事前計測は未実施 ・進行方向誤差:4mm(12側線の平均) ・周方向誤差:35mm(12側線の平均)		同上	
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:2023年 ・フルカラー識別可能		同上	

※「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		<p>【手順】</p> <p>①撮影した画像をつなぎ合わせ(自動)、1スパンごとに切断する(手動)。事前に3Dレーザー測定を行っている場合は、トンネル内附属物の実測値を参考にする(手動)。</p> <p>②ひび割れの位置、幅、またひび割れ以外の変状を手動でトレース記録する。</p> <p>③抽出した変状記録を「CrackDraw21」により、ひび割れの長さ、その他変状の大きさ・面積を算出する。(自動)</p> <p>【解析作業日数】</p> <p>【トンネル条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・延長:特に制約なし(最長10kmのトンネルでの活用実績あり) ・ひび割れ密度:制約なし ・2車線断面 等:制約なし <p>【作業日数】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・画像合成 3日/18m×1000m ・変状抽出 1日/18m×1000m 	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	<p>【画像処理】独自ソフト(サービス対応)</p> <p>【損傷図作成、調書作成支援】CrackDraw21(サービス対応またはソフト販売)</p>	
	検出可能な変状	<p>【幅および長さ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ <p>【面積および大きさ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・圧ざ／はく落／鉄筋の露出／漏水／遊離石灰／うき(チョーキングがある場合)/附属物の腐食(撮影死角とならない範囲) <p>【その他】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・補修モルタルのはく落や当て板工、導水樋の落下 	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	・CrackDraw21により画像上のひび割れを目視確認およびトレースして変状を検出する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れ幅:CrackDraw21によるキャリブレーション機能を使用する。 ・ひび割れ長さ:CrackDraw21により、自動算出する。
		ひびわれ以外	・CrackDraw21により画像上の各種変状を目視確認およびトレースして変状を検出する。 ・変状の面積、大きさ:CrackDraw21により、自動算出する。
		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	<ul style="list-style-type: none"> ・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	特に制限なし
		カラー／白黒画像	カラー画像使用
画素分解能		・ひび割れ幅0.5mm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		<ul style="list-style-type: none"> ・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 	
出力ファイル形式	<p>【汎用ファイル形式の場合】</p> <p>画像:JPEG、損傷図:/DXF/SXF、損傷データ一覧:csv</p> <p>【専用ファイル形式の場合】</p> <p>cd2(CrackDraw21のオリジナルファイル形式。画像、損傷図、損傷データベース等一式。)、ビューワでの納品も可。</p>		
調書作成支援の手順	-		
調書作成支援の適用条件	・撮影した画像をCrackDraw21の図面上に取り込むこと		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	CrackDraw21 Ver 3.6.1.8(自社開発、販売可)		

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	2車線道路の場合は走行車線、追越車線でそれぞれ撮影を行い、一般車へ照明が当たらない様に配慮する	—
	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	1車線分の作業範囲を要する	—
	断面形状の制約	—	—
	その他	・すす汚れがある場合は、ひび割れの検出精度が低下する	—

6. 留意事項(その2)

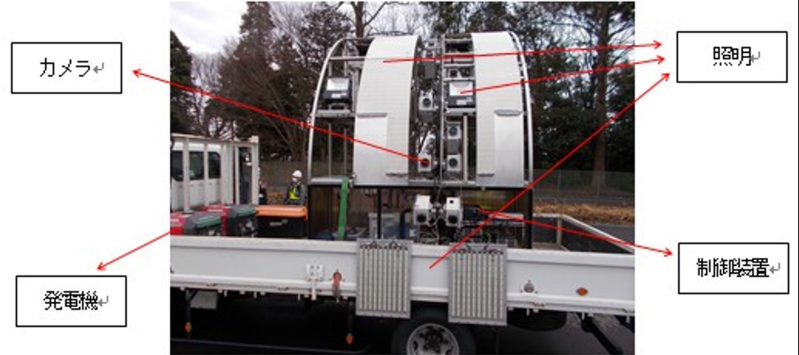
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	カメラ、画像、撮影などに関する知識が必要	-
必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	中型自動車運転免許または普通自動車運転免許	人力的場合は不要
操作場所	-	-
計測作業日数	[トンネル条件] ・延長:特に制約なし(最長10kmのトンネルでの活用実績あり) ・ひび割れ密度:制約なし ・2車線断面 等:制約なし [作業日数] ・画像合成 3日/18m×1000m ・変状抽出 1日/18m×1000m	-
点検費用	トンネル延長1kmあたり1,500,000円程度(トンネル数等によるため参考) ・現場作業(人件費:600,000円 機械器具費など:300,000円 計 900,000円) ・机上作業(人件費:600,000円 計 600,000円)	【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 等
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)	-	-
計測時の走行速度条件	1km/h~80km/h(制限速度内)	-
渋滞時の計測可否	可	速度可変でも問題はないが、等速走行が望ましい
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	・特になし	-
トンネル内照明の消灯の必要性	・特になし	-
可搬性(寸法・重量)	・特になし	-
自動制御の有無	無	-
利用形態:リース等の入手性	・撮影~画像処理~損傷解析~調書作成の請負 ・上記工程の一部の請負も可 ・撮影機材のリースは不可(機材の紹介は可) ・変状図作成支援ソフトCrackDraw21の販売とサポートは可	-
関係機関への手続きの必要性	高速道路で運用する場合は黄バトによる追尾を必要とし、トンネル管理者及び警察との協議を要する場合がある。	-
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	有:CrackDraw21	-
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	-	-
その他	【気象条件】 ・降雨時の計測は不可(小雨程度なら可)	-

7. 図面

走行型トンネル撮影システム



道路トンネル撮影状況



撮影装置の配置例

CrackDraw21

画像取込で効率的に変状展開図作成

調査結果 平成20年3月

調査結果 平成22年12月

- ⑥ ひび割れ0.3mm未満
- ⑥ ひび割れ0.3mm以上0.6mm未満
- ⑥ ひび割れ0.6mm以上1.0mm未満
- ⑥ 浮き
- ⑥ はく離
- ⑥ 鉄筋露出
- ⑥ 骨材露出
- ⑥ 遊離石灰
- ⑥ 漏水
- ⑥ C、J
- ⑥ 錆汁
- ⑥ 剥がれ

容易な年度管理

変状一覧表

番号	調査日	凡例	延長	区切	区切No	始点距離	終点距離
1	2008/03/15	Cひび割れ0.3mm未満	4.91592769	13	X110.769292	X114.02237	
2	2010/04/11	Cひび割れ0.3mm未満	5.81514695	連行(延長)	13	X110.769292	X115.16188
1	2011/05/19	Cひび割れ0.3mm以上0.6mm未満	11.71762466	連行(幅)	13	X110.769292	X115.65551
2	2008/03/15	Cひび割れ0.3mm未満	4.76536368	14	X126.341222	X122.12813	
2	2008/03/15	Cひび割れ0.3mm未満	4.76536368	14	X126.341222	X122.12813	
2	2008/03/15	Cひび割れ0.3mm未満	4.76536368	14	X126.341222	X122.12813	
2	2008/03/15	Cひび割れ0.3mm未満	4.76536368	14	X126.341222	X122.12813	
2	2008/03/15	漏水	10.11148222	13	X111.05842E	X113.94976	
2	2008/03/15	漏水	10.11148222	13	X111.05842E	X113.94976	
4	2008/03/15	C、J	7.36081667	13	X110.314926	X117.46098	
4	2008/03/15	C、J	7.36081667	13	X110.314926	X117.46098	
4	2008/03/15	C、J	7.36081667	13	X110.314926	X117.46098	
4	2008/03/15	C、J	7.36081667	13	X110.314926	X117.46098	
5	2008/03/15	はく離	4.69251656	14	X125.184691	X126.20992	
5	2008/03/15	はく離	4.69251656	14	X125.184691	X126.20992	
5	2008/03/15	はく離	4.69251656	14	X125.184691	X126.20992	
5	2008/03/15	はく離	4.69251656	14	X125.184691	X126.20992	
6	2008/03/15	Cひび割れ0.6mm以上1.0mm未満	6.65927809	15	X135.51090E	X129.19126	
6	2008/03/15	Cひび割れ0.6mm以上1.0mm未満	6.65927809	15	X135.51090E	X129.19126	
印刷上の図形を選択			延長合計	面積合計	件数合計		
			397.44317165	71.7249526	0		

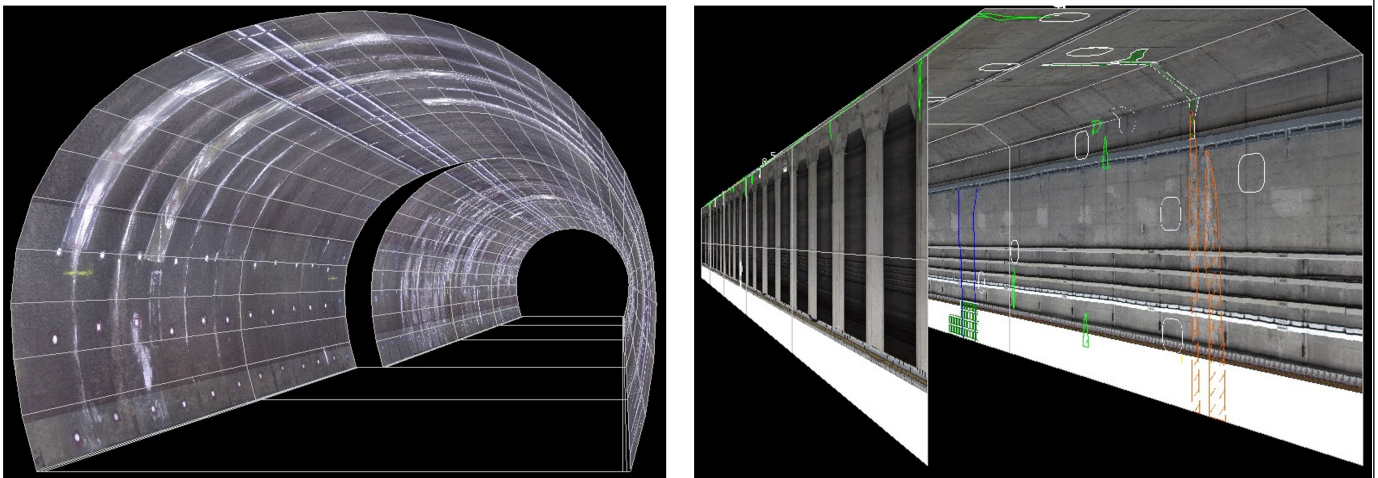
関連ファイル添付

現場写真

PDF、Word、Excel

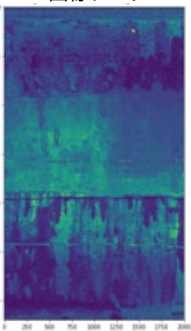
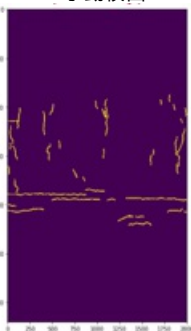
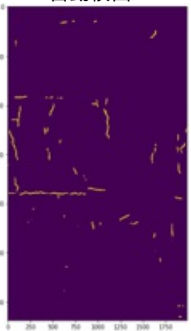
3D表示

CrackDraw21による成果品イメージ



様々な形状の現場に対応可能

1. 基本事項

技術番号	TN010030-V0023		
技術名	クラウド型AIを利用したトンネル覆工表面のクラック検出を半自動で行うシステム		
技術バージョン	アプリケーションバージョンVer.1.0.1920	作成:	2023年3月
開発者	エフティーエス株式会社、Amberg Technologies社		
連絡先等	TEL: 03-6206-2220	E-mail: info@fts-ltd.jp	特機営業部 四塚 勝久
現有台数・基地	1ライセンス	基地	東京都中央区日本橋小舟町8-1ヒューリック小舟町ビル7階
技術概要	<p>当該技術の特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ①.システムは計測機器の種類は問わず、アップロードするデータフォーマットを画像データ(拡張子JPG,PNG,GIF,TIFFのいずれか)としている。 ②.クラウドを利用したシステムにより、ライセンスを所有したユーザーは何処からでもアクセスが可能。 ③.計測データをクラウドにアップロードする事で同時に複数の場所、人が同じデータを共有し討議が可能になる。 ④.システムは、クラウド上で常に最新のソフトウェアバージョンを保っている。 <p>当該技術の構成、対象</p> <ul style="list-style-type: none"> ①.システム構成はマイクロソフトのクラウド上にあるソフトライセンスを所得。アクセス時に取得したライセンスNoとパスワードを入力しソフトにアクセスする構成となっている。使用するPCはグラフィックボードの性能が高いPCを推奨する。 ②.計測対象は覆表面のクラック、湧水が現れている箇所を対象としている。 <p>当該技術の解析タイミング</p> <ul style="list-style-type: none"> ①.新設時、運用中、補修前・後の覆工表面の画像データを確認対象としている。 <p>原理、プロセス</p> <ul style="list-style-type: none"> ①.アップロードされた画像データを画像処理しAIエンジンを使いデータ処理を行い、クラックを半自動で検出する。 ②.処理プロセスは、手持ちデータの拡張子を変換しデータをクラウドにアップロード、データ処理、表示となる。 ③.トンネルTD情報を合わせてアップロードする事でトンネル延長分をファイル上に構成、また時系列表示する。 ③.クラックの検出精度はアップロードされたデータの解像度に依存する。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div> <p>画像データ</p>  </div> <div> <p>手動検出</p>  </div> <div> <p>自動検出</p>  </div> </div>		
技術区分	対象部位	その他覆工面	
	損傷の種類	ひび割れ うき 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	
	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

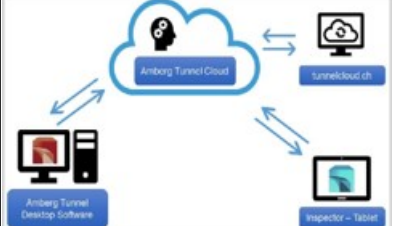
項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	—	—
適用可能なトンネルの最大寸法	—	—

4. 計測性能

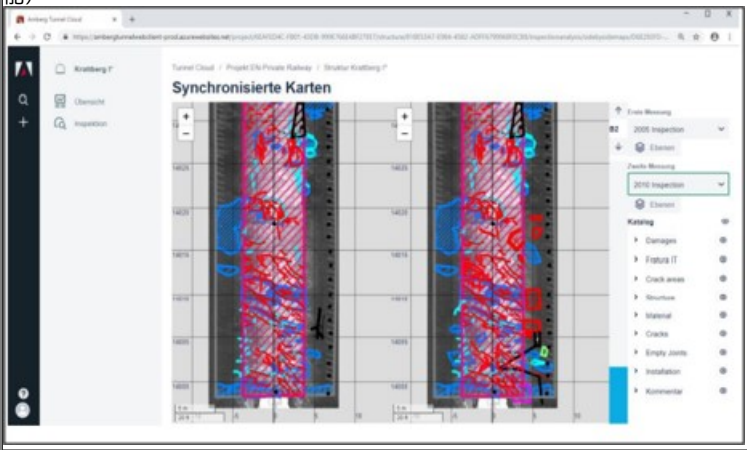
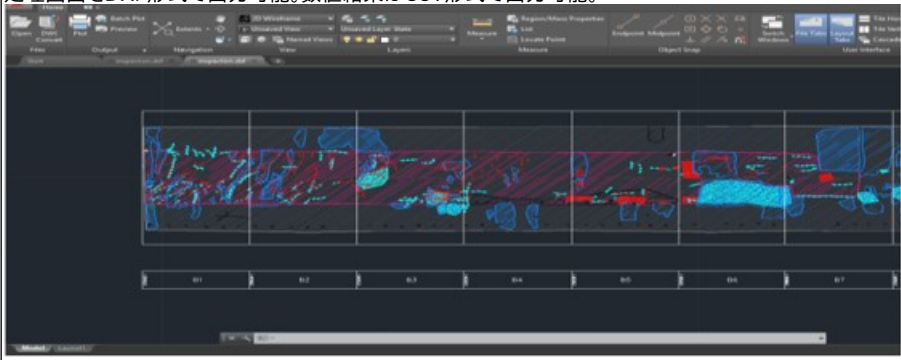
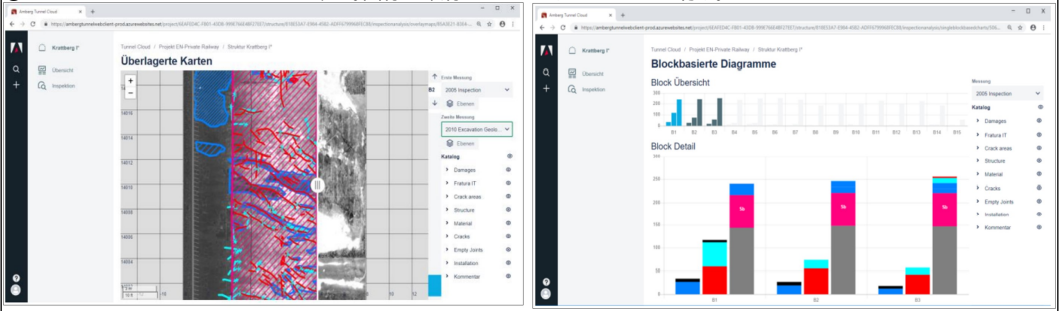
項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	撮影速度	性能確認シートの有無 ※		
		—		—
	計測精度	性能確認シートの有無 ※		
		—		—
	長さ計測精度 (長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※		
		—		—
	位置精度	性能確認シートの有無 ※		
		—		—
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※		
		—		—

※「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	<p>【手順】</p> <ol style="list-style-type: none"> ①. 自社で保存している画像データの拡張子を既存汎用ソフトを使い、JPG、PNG、GIF、TIFFの拡張子画像データに変換する。 ②. トンネル延長分の画像データを連続して接続し表示させる場合は、各画像データにTD等の距離、座標情報を用意する。 ③. クラウドソフトAmberg Cloud Inspectionにアクセスし、ユーザー名、パスワードを入力しアクセスを開始する。 ④. ソフト内にて新規ウィザードを立ち上げ新規プロジェクトを作成する。 ⑤. プロジェクトツリー内にトンネル路線座標 (DXFファイルアップロード可)、トンネル出来形断面の情報を入力する。 ⑥. 検査項目を定義する。検査データアップロード毎に測定ノートを追加し画像、検査図面を取り込む。 ⑦. プロジェクトツリー内の解析ノートにInspection解析を追加する。 ⑧. プロジェクトのエキスポートまたは Amberg Tunnel Cloud との同期を行う。 ⑨. アップロードした画像データは同じく入力した路線情報をもとに自動で繋ぎ合わされる。 ⑩. AI処理にてひびわれを検出する。 ⑪. 解析されてデータにさらに手動でひび割れ箇所、漏水箇所のマーキング、ハッチング等を手動で記載する。 ⑫. 変状展開図が自動で作成されます。過去データとの比較もソフト上で可能。 ⑬. 抽出・入力したひびわれはでグラフ化され時系列の傾向が確認出来る。 ⑭. 抽出・入力したひびわれ描写をDXF変換しCADソフトに展開出来る。データはBIM/CIMにも展開が出来る。 ⑮. ひび割れ以外の変状を抽出する。うき、はく離については、手動により変状種別を判別する。 <p>【解析作業日数】</p> <p>対象となるトンネルデータの画素数により解析準備時間が変わる。また、インターネット通信環境によりデータアップロード/ダウンロード時間が変わる。</p> <p>【トンネル条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・延長500m ・ひび割れ密度0.2m/m² <p>【作業日数】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・画像合成 5日程度 ・変状抽出 5日程度 <p>【留意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート覆工表面に苔、煤などの汚れがある場合、除去、清掃する必要がある。
	

ソフトウェア名	Amberg Cloud Inspection								
検出可能な変状	覆工コンクリート表面における主にひび割れ検出、また、うき、はく離、漏水								
損傷検出の原理・アルゴリズム	<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #ADD8E6;">ひびわれ</td> <td> <ol style="list-style-type: none"> ①. AI (ディープラーニング) による半自動検出 ②. 教示データは15件のトンネル覆工面をレーザースキャナーにて計測したデータを技術者の点検データと共に教示 ③. コンクリート表面の健全部とひび割れ部の画素ごとの輝度差からひび割れを自動検出する。 ④. 教示に使用したレーザースキャナーの仕様 レーザークラス 1 ビーム発散角 < 0.3 mrad ビーム径: 約3.5 mm (距離0.1 mにて) 照射距離 187.3 m (不鮮明間隔) 最短距離 0.3 m 分解能の範囲 0.1 mm データ取得速度 最大1.016万画素/秒 101.6万画素/秒 リニアリティエラー: ≤1 mm レンジノイズ: 0.3 mm rms 偏向ユニット 垂直方向: 完全に密閉された回転ミラー 水平システム: デバイスは垂直軸を中心に回転する 垂直方向の視野 320° 水平方向の視野 360° 垂直方向の分解能 0.0004° 水平方向の解像度 0.0002° 縦の正確さ: 0.007° rms 水平精度: 0.007° rms 回転速度: 最高. 50 rps (3,000 rpm) </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ADD8E6;">ひびわれ幅および長さの計測方法</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・幅: 検出された画素 (pixel) の数を計測し、1 pixelあたりの長さの関係からひび割れ幅を算出する。 ・長さ: <ol style="list-style-type: none"> ①. ソフト使用時: 描写されたひび割れはピクセルの総数を長さに変換する。 ②. CAD使用時: 起終点を選択し直線距離を計測する。 </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ADD8E6;">ひびわれ以外</td> <td>現状は手動入力。AI学習継続中</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ADD8E6;">画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れの検出: スイス国内における5現場 全延長954mの検証継続中 (トンネル覆工表面の汚れ、構造物、凹凸、照度により検出精度は変わる。) </td> </tr> </table>	ひびわれ	<ol style="list-style-type: none"> ①. AI (ディープラーニング) による半自動検出 ②. 教示データは15件のトンネル覆工面をレーザースキャナーにて計測したデータを技術者の点検データと共に教示 ③. コンクリート表面の健全部とひび割れ部の画素ごとの輝度差からひび割れを自動検出する。 ④. 教示に使用したレーザースキャナーの仕様 レーザークラス 1 ビーム発散角 < 0.3 mrad ビーム径: 約3.5 mm (距離0.1 mにて) 照射距離 187.3 m (不鮮明間隔) 最短距離 0.3 m 分解能の範囲 0.1 mm データ取得速度 最大1.016万画素/秒 101.6万画素/秒 リニアリティエラー: ≤1 mm レンジノイズ: 0.3 mm rms 偏向ユニット 垂直方向: 完全に密閉された回転ミラー 水平システム: デバイスは垂直軸を中心に回転する 垂直方向の視野 320° 水平方向の視野 360° 垂直方向の分解能 0.0004° 水平方向の解像度 0.0002° 縦の正確さ: 0.007° rms 水平精度: 0.007° rms 回転速度: 最高. 50 rps (3,000 rpm) 	ひびわれ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> ・幅: 検出された画素 (pixel) の数を計測し、1 pixelあたりの長さの関係からひび割れ幅を算出する。 ・長さ: <ol style="list-style-type: none"> ①. ソフト使用時: 描写されたひび割れはピクセルの総数を長さに変換する。 ②. CAD使用時: 起終点を選択し直線距離を計測する。 	ひびわれ以外	現状は手動入力。AI学習継続中	画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れの検出: スイス国内における5現場 全延長954mの検証継続中 (トンネル覆工表面の汚れ、構造物、凹凸、照度により検出精度は変わる。)
ひびわれ	<ol style="list-style-type: none"> ①. AI (ディープラーニング) による半自動検出 ②. 教示データは15件のトンネル覆工面をレーザースキャナーにて計測したデータを技術者の点検データと共に教示 ③. コンクリート表面の健全部とひび割れ部の画素ごとの輝度差からひび割れを自動検出する。 ④. 教示に使用したレーザースキャナーの仕様 レーザークラス 1 ビーム発散角 < 0.3 mrad ビーム径: 約3.5 mm (距離0.1 mにて) 照射距離 187.3 m (不鮮明間隔) 最短距離 0.3 m 分解能の範囲 0.1 mm データ取得速度 最大1.016万画素/秒 101.6万画素/秒 リニアリティエラー: ≤1 mm レンジノイズ: 0.3 mm rms 偏向ユニット 垂直方向: 完全に密閉された回転ミラー 水平システム: デバイスは垂直軸を中心に回転する 垂直方向の視野 320° 水平方向の視野 360° 垂直方向の分解能 0.0004° 水平方向の解像度 0.0002° 縦の正確さ: 0.007° rms 水平精度: 0.007° rms 回転速度: 最高. 50 rps (3,000 rpm) 								
ひびわれ幅および長さの計測方法	<ul style="list-style-type: none"> ・幅: 検出された画素 (pixel) の数を計測し、1 pixelあたりの長さの関係からひび割れ幅を算出する。 ・長さ: <ol style="list-style-type: none"> ①. ソフト使用時: 描写されたひび割れはピクセルの総数を長さに変換する。 ②. CAD使用時: 起終点を選択し直線距離を計測する。 								
ひびわれ以外	現状は手動入力。AI学習継続中								
画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	<ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れの検出: スイス国内における5現場 全延長954mの検証継続中 (トンネル覆工表面の汚れ、構造物、凹凸、照度により検出精度は変わる。) 								

<p>ソフトウェア情報</p>		<p>変状の描画方法</p>	<p>検出した変状のポリラインにてソフト上に表示される。下図参照(時系列データを並べて表示可能)</p> 
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式 拡張子がJPG,PNG,GIF,TIFFの画像データ</p> <p>ファイル容量 1回のアップロードはトンネル延長10mが目安。プロジェクトの長さは自由に変更可能。最大値に制限無</p> <p>カラー/白黒画像 カラー/白黒画像のいずれも対応</p> <p>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</p> <p>その他留意事項 上記以外の留意事項 ①.画像の縮尺は縦横比が実トンネル周長とスパン長の比率が同じこと ②.貼り合わせるデータは同条件で撮影された画像データであること。 ③.時系列データを重ね合わせる場合は同条件で撮影されたデータである事。 ④.取得したデータ品質に解析結果は左右される。</p>	
	<p>出力ファイル形式</p>	<p>【汎用ファイル形式への出力】 処理図面をDXF形式で出力可能。数値結果はCSV形式で出力可能。</p>	
<p>調書作成支援の手順</p>		<p>①.トンネル名、TD、STAと紐づいたデータをクラウドにアップロードする。 ②.TD、STAに基づき、データが自動で並び変えられる。ソフトは自動的に展開図を作成する。 ③.データよりひびわれはAIを使い抽出、手動で追加する。その他変状は手動で入力を行う。 ④.クラウドからデータをダウンロードする。画像は映像としてスクリーンコピーを行う。</p>	
<p>調書作成支援の適用条件</p>			<p>・アップロードさせるデータは拡張子をそろえる。 ・検出条件が変わるため、画素数の違う画像データを同じ時期のデータとして同期させない様にする。 ・データは全てクラウドにて処理、保存するため、インターネット環境を整える必要がある。</p>
<p>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</p>			<p>・【表示PC仕様】 ・Windows10以降 ・Amberg Cloud Inspection 【クラウドサービス提供の有】 マイクロソフトのクラウド上にあるソフトライセンスを所得。アクセス時に取得したライセンスNoとパスワードを入力しソフトにアクセスする構成となっている。 使用するPCはグラフィックボードの性能が高いPCを推奨する。</p>

6. 留意事項(その1)

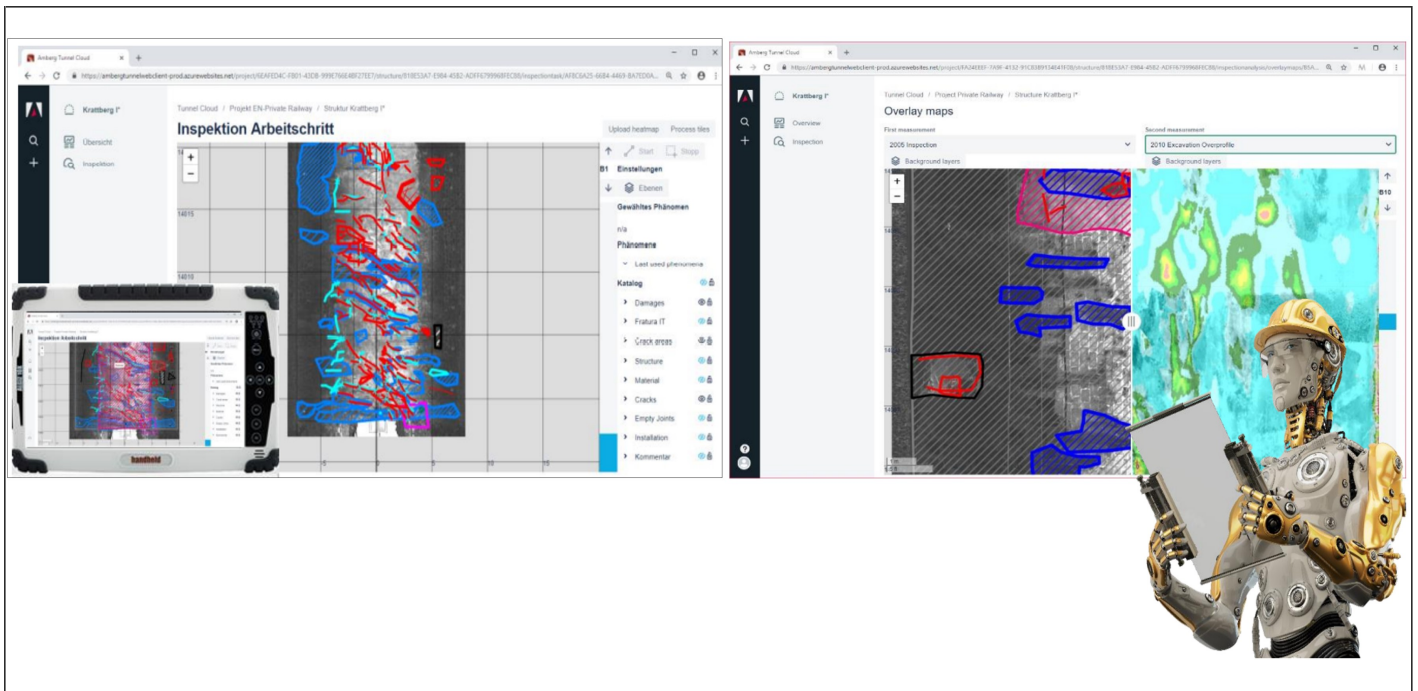
項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
点検時 現場条件	安全面への配慮	—	—
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	—	—
	交通規制の範囲	—	—
	現地への運搬方法	—	—
	トンネル延長の制約	—	—
	車線数の制約	—	—
	断面形状の制約	—	—
	その他	—	—

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)
調査技術者の技量	ライセンス取得時にソフトウェアの取扱い講習会を受講する。	—
必要構成人員数	ライセンス所有者 例) 解析技術者、責任者、施工担当者、施工責任者等 計4名	—
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	ソフトウェアの取扱い講習会受講終了証所有者	—
操作場所	インターネット回線が接続できる場所全般	—
計測作業日数	画像データの人力によるクラック描写作業の代替ソフト	—
点検費用	なし(アップロードされたデータを解析するため)	—
保険の有無、保障範囲、費用	データ解析に関する保証は特に設けていない。	—
時間帯(夜間作業の可否)	特定しない	—
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	—	—
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:Amberg Cloud Inspection(クラウド型) ・年間使用料(ベーシックタイプ) 基本料金:500,000円 使用料:2,400,000円	必要項目により年間使用料は変動する。
不具合時のサポート体制の有無及び条件	ソフトウェア不具合に関しては下記にて対応する。 連絡先: エフティーエス株式会社 東京都中央区日本橋小舟町8-1 電話:03-6206-2220 Email:info@fts-ltd.jp 担当部署:特機営業部	—
センシングデバイスの点検	—	—
その他	【適用できない条件】 ・ネット環境が無い場所 ・紙媒体のデータをスキャン等でデジタル化してデータは処理不可	—

作業条件・運用条件

7. 図面



1. 基本事項

技術番号	TN010031-V0023		
技術名	AIによる画像からの損傷抽出支援システム「MIMM-AI」		
技術バージョン	ver1.0.0	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: kkeigy@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	<p>本技術は、画像からひび割れや変状をAIで自動抽出し、CAD図(DWG形式)に変換する技術である。画像は、MIMMやドローン、デジカメで撮影し、あおり補正後1スパン画像にしたものやオルソ画像にも適用可能である。結果のCAD図は、一般的なビューアにて画像と損傷図をレイヤー階層で重畳して表示でき、CAD編集ソフトがあれば、編集可能である。</p> 		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地 覆工の水平打継ぎ目 覆工天端 その他覆工面 内装板 その他補修箇所 路肩及び路面 監査歩廊	
	損傷の種類	ひび割れ うき はく離	
	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

<p>変状検出手順</p>	<p>【手順】 ①変状データを抽出する為の画像データ(jpg形式、JPEG形式)および対象物の寸法情報を読み込む(手動) ②読み込んだ画像に対して、ひび割れとうき、はく離、漏水・遊離石灰の変状を自動抽出する(自動) 更に補助抽出として、付帯設備も自動抽出する(自動) ③変状図(DWG)の出力を行う(自動)</p> <p>※①にて読み込む画像データについては、MIMMやデジカメ、ドローンで撮影し、あおり補正後結合したものやオルソ画像にも対応可能</p>		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>・「MIMM-AI ver1.0.0」(自社開発ソフト)</p>	
	<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひび割れ(幅および長さ)、うき・はく離(範囲を示すチョーキングがあるものや閉合ひび割れなど)、はく落(変色等目視確認できる異常が見られる場合や範囲を示すチョーキングがあるもの)、豆板部、漏水、遊離石灰</p>	
	<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>・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、トンネルの覆工展開画像30km分を用いて、ひび割れの変状領域入力したデータを学習させている ・撮影条件、仕様等 1) デジタルカメラ、ビデオカメラ 2) 画像フォーマット(カラー:jpg形式、JPEG形式) 3) 正対した画像であること</p>
		<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>・幅:ひび割れの抽出された範囲の画像の領域情報より算出。 ・長さ:自動抽出した画像をベクター情報に変換する。長さはそのベクター情報より算出。</p>
		<p>ひびわれ以外</p>	<p>・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による自動抽出。 ・AI教師データは、トンネルの覆工展開画像30km分を用いて、ひび割れ以外の変状領域入力したデータを学習させている。</p>
		<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>・ひび割れの検出:検出したひび割れの再現率85%以上(学習に用いていない教師データを用いて評価) 再現率(%)=(AIが検出した正解のひびわれ/正解のひびわれ)*100</p>
		<p>変状の描画方法</p>	<p>・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン</p>
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>jpg形式、JPEG形式</p>
		<p>ファイル容量</p>	<p>画像1枚あたり、最大20000×20000pixelまで</p>
		<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー画像</p>
<p>画素分解能</p>		<p>・ひび割れ幅0.3mmを検出するためには、2mm/pixel以下であることが必要</p>	
<p>その他留意事項</p>		<p>・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、幅計測の精度が低下する可能性がある ・画像上、損傷の識別が難しいもの(汚れや、低解像度画像)は検出精度が低下する可能性がある</p>	
<p>出力ファイル形式</p>	<p>DWG形式</p>		
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>①「MIMM-AI ver1.0.0」(自社開発ソフト)クラウドサービスにログイン ②適用条件に則った画像(jpg形式、JPEG形式)のアップロード、対象物の寸法情報や出力形式を設定 ③AI処理実行 ④損傷抽出結果(DWG)をダウンロード</p> <p>※②の画像データおよび情報を当社に送って頂き、AI処理する場合は要相談</p>		
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>・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した画像、もしくは、あおり補正後に1スパン画像に合成したものやオルソ画像 2) ひび割れ幅0.3mmを検出するためには、2mm/pixel以下であることが必要 ・データのアップロード、AI処理の際、インターネット環境が必要</p>		
<p>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</p>	<p>「MIMM-AI ver1.0.0」(自社開発ソフト) ※クラウドサービスの提供有り</p>		

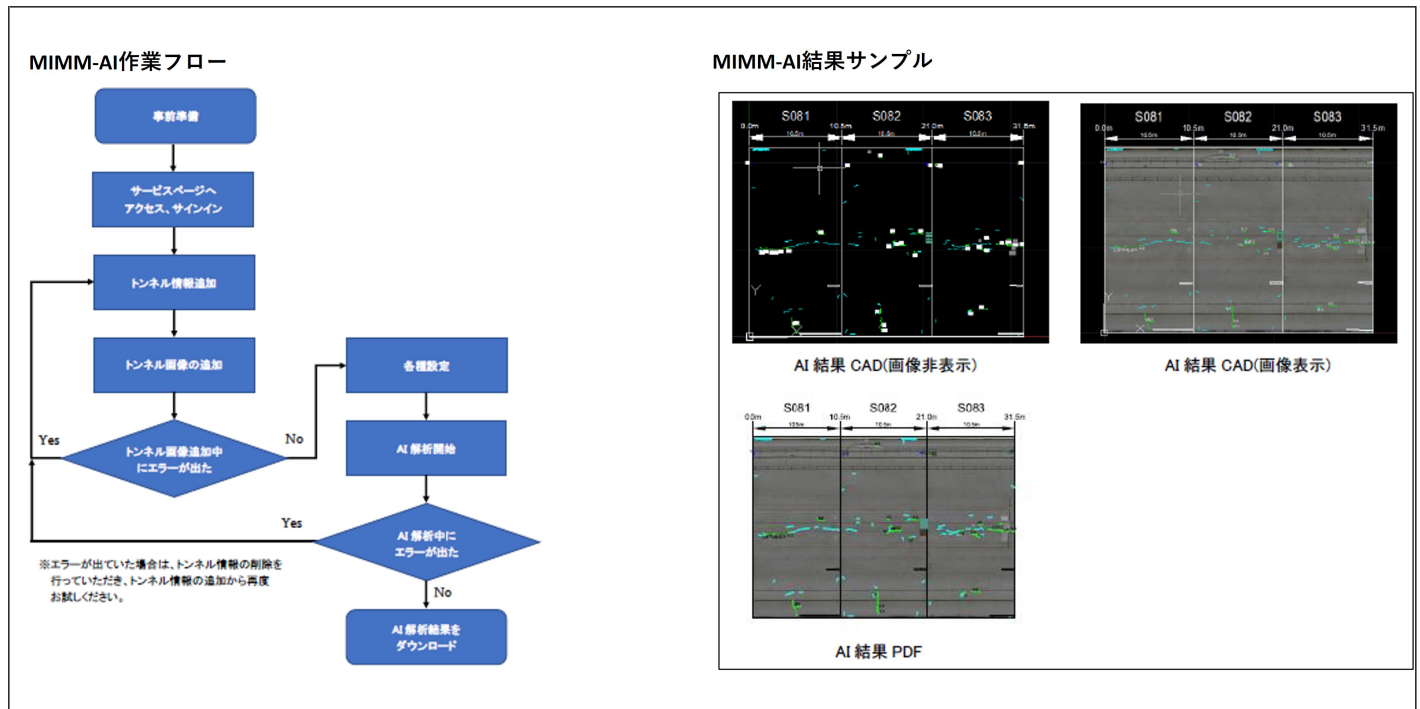
6. 留意事項(その1)

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	-	-
	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	-	-
	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	「MIMM-AI ver1.0.0」(自社開発ソフト)クラウドサービスの利用料金	解析条件ごとに、都度見積
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート体制あり 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



1. 基本事項

技術番号	TN010032-V0023		
技術名	トンネル検査システム TM-270		
技術バージョン	1.00	作成:	2023年 3月
開発者	株式会社保全工学研究所		
連絡先等	TEL: 03-5283-8111	E-mail: kikakueng@hozeneng.co.jp	代表取締役 天野 勲
現有台数・基地	1	基地	東京都千代田区
技術概要	<p>本技術は、車両に搭載した最大7台のラインカメラとLED照明を用いて走行し、覆工表面の可視画像を撮影し、撮影した画像から机上で展開画像を作成し、画像から変状を展開図化する技術である。</p> <p>検出する変状は、ひび割れは自動検出。遊離石灰・はく落・漏水等の変状は作業者が画像から判読し、記入する。</p> <p>検査作業の高速化、省力化のための使用を想定。</p> <p>経年変化の把握のための使用を想定。</p>		
技術区分	対象部位	その他覆工面 その他附属物 その他補修箇所	
	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 緩み 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		<p>本計測器は以下の5点で構成される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラインカメラ ・LED照明 ・エンコーダ ・計測用PC ・光源ボックス 	
移動装置	移動原理	<p>【車両型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動車にて移動する。 <p>【人力】</p> <p>手押し台車など人力での移動も可能。</p>	
	外形寸法・重量	<ul style="list-style-type: none"> ・分離構造 <p>※計測装置が積載可能であれば、軽自動車から2トントラックまで適用可能。 また、直進可能な手押し台車に載せての使用も可能。 技術検証時に使用した軽トラックの数値を参考に記載する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法(長さ3395mm×幅1475mm×高さ1890mm) ・最大重量(920kgf) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	後述する計測装置の寸法・重量が積載できれば車両を限定しない。	
	動力	・動力源:エンジン・モーター(車両搭載時)、人力(台車搭載時)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	-	
計測装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置と分離構造 <p>車両の荷台や台車に専用のユニットを積み重ねて計測機器を設置し、ラッシングベルトなどで締結・固定する。 ユニットは車両・人力で移動可能。</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・計測装置:最小外形寸法(長さ1400mm×幅840mm×高さ1990mm)、最大外形寸法(長さ1400mm×幅840mm×高さ2300mm) ・重量(最小110・最大140kgf) 	
	センシングデバイス	カメラ	<p>高精度カラーラインカメラ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ピクセル数(縦4096pixel×横1pixel)、焦点距離(検出したいひび割れ幅・トンネル形状により、使用レンズが異なる) ・覆工展開画像1スパンあたりのデータ容量(約250MB×使用カメラ台数)
		パン・チルト機構	-
		角度記録・制御機構機能	5°ピッチで取付け、手動で記録する。
		測位機構	進行の位置は車載した速度計、断面の位置はレーザー距離計にて計測。
	耐久性	・IP00(防水・防塵等の保護なし)	
	動力	車載している専用バッテリー・発電機などの電源が必要。	
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	<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置と分離構造 <p>車内にデータ収集・通信用のPCを設置する。</p>	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・データ収集通信装置(スリムタワーPC) <p>寸法:長さ427mm×幅488mm×高さ132mm、重量:約10kg</p>	
	データ収集・記録機能	計測データはデータ収集・通信用PC内のSSDに保存される。保存データは有線接続された計測用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	車載している専用バッテリー・発電機などの電源が必要。	
	データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)	-	

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	高さ3.00m以上であり、装置を積載した台車もしくは自動車が侵入可能であること。	-
適用可能なトンネルの最大寸法	高さ12.5mまで(撮影実績有)	-

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】45km/h		【走行速度】50km/h以下(検証時:45km/h、ひび割れ幅0.1mmを検出する場合のみ25km/hにて走行) 【照度】車載の照明により10000ルクス以上を確保(検証時:約10000ルクス)
	計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		[1] 通常ひび割れ(2019) 【性能値】 未検証 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2023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) ・0.1mmのひび割れを対象とした計測精度 0.081mm ・0.3mm以下のひび割れを対象とした計測精度 0.079mm ・1.0mm未満のひび割れを対象とした計測精度 0.144mm ・1.0mm以上のひび割れを対象とした計測精度 0.418mm ・全てのひび割れを対象とした計測精度 0.298mm ・ひび割れ幅の最小単位:0.01mm単位で表示可能 ・ひび割れ長さの最小単位:0.01mm単位で表示可能 [2] 覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ(2022) 【性能値】 未検証 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2023年 覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れの検出可否 幅0.3mm:可 幅0.4mm:可 幅0.5mm:可 幅1.0mm:可 幅1.5mm: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90以上 直線の幅0.5mm:輝度70以上 直線の幅1.0mm:輝度50以上		【走行速度】50km/h以下(検証時:45km/h、ひび割れ幅0.1mmを検出する場合のみ25km/hにて走行) 【照度】車載の照明により10000ルクス以上を確保(検証時:約10000ルクス)
	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:2023年 ・進行方向 :0.82% ・周方向 :7.31%		【走行速度】50km/h以下(検証時:45km/h、ひび割れ幅0.1mmを検出する場合のみ25km/hにて走行) 【照度】車載の照明により10000ルクス以上を確保(検証時:約10000ルクス)
	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:2023年 ・周方向:62mm ・進行方向:88mm		【走行速度】50km/h以下(検証時:45km/h、ひび割れ幅0.1mmを検出する場合のみ25km/hにて走行) 【照度】車載の照明により10000ルクス以上を確保(検証時:約10000ルクス)
	色識別性能	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:2022年 ・フルカラー識別可能 ・グレースケール識別可能		【走行速度】50km/h以下(検証時:45km/h、ひび割れ幅0.1mmを検出する場合のみ25km/hにて走行) 【照度】車載の照明により10000ルクス以上を確保(検証時:約10000ルクス)

※「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

<p>変状検出手順</p>	<p>【手順】 ①移動装置(自動車・台車)に積載したラインカメラにて画像を撮影する。(手動) ②覆工画像作成ソフトを使用し、覆工画像を作成する。 ③自動抽出機能(下記アルゴリズム参照)により、ひびわれ・ひび割れ幅・ひび割れ長さを抽出する。(自動) ④抽出したひびわれを目視で確認し、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) ⑤ひび割れ以外の変状を目視で確認し、マーキングする(手動) ⑥抽出したひび割れをDXFに変換する。(手動) 【解析作業日数】 【トンネル条件】 ・延長500m・周径20m=10000㎡ ・ひび割れ密度0.3m/m2 ・2車線断面 トンネル1本の場合 [展開画像作成](画像出力・画像接合):3日 [変状部抽出](CAD化・数量算出)15日 合計18日 トンネル1本の場合 [展開画像作成](画像出力・画像接合):30日 [変状部抽出](CAD化・数量算出)150日 合計180日</p>	
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>・「ひび割れ統合編集ツール Version 2.3.21.0」(自社開発ソフト) ・「覆工画像作成ソフトウェア V 5.0.18」(自社開発ソフト)</p>
<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひび割れ幅および長さ(自動検出)、遊離石灰・剥落・漏水などひび割れ以外の変状(画像を目視して検出し、手動で描画)</p>	
<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>ひびわれと健全部とのグレースケールの色調の違いから1画素ごとにひびわれの有無を検知する。</p>
<p>計測方法</p>	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>縮尺が設定されているので、新たに設定する必要はない。 ひびわれ幅は、1画素のグレースケールの色調の違い(256階調)・画像の縮尺から決定する。 ひびわれ長さは、ひび割れ画素が5~15pix以上連続する場合に、ひびわれとして線画を表示し、画像の縮尺から長さを決定する。</p>
<p>検出可能な変状</p>	<p>ひびわれ以外</p>	<p>計測画像から目視で確認し、ソフトウェア上で描画を行う。</p>
<p>精度評価</p>	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>-</p>
<p>描画方法</p>	<p>変状の描画方法</p>	<p>・ひび割れ:ポリライン ・ひび割れ以外:ポリゴン</p>
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>撮影画像データ:krb形式(専用ファイル拡張子)</p>
<p>ファイル容量</p>	<p>制限なし</p>	
<p>カラー／白黒画像</p>	<p>カラー画像(RGB/8bit)</p>	
<p>画素分解能</p>	<p>・検出するひび割れ幅の5倍以下の撮影解像度(mm/pixel)で画像を撮影すること 例:ひび割れ幅0.1mmを検出するためには0.5mm/pixel以下であることが必要</p>	
<p>その他留意事項</p>	<p>-</p>	
<p>出力ファイル形式</p>	<p>画像データ: bmp/jpg/tiff CADデータ: dxf ひびわれ長さ・幅データ: csv</p>	
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>①上記「変状検出手順」に従い、変状検出を実施する。 ②変状検出結果をDXF・CSV形式などで出力する。 ③任意のCADソフト、表計算ソフト等で、出力したデータを読み込み、点検調書(損傷図)の所定の項目に貼り付ける。</p>	
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>-</p>	
<p>調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名</p>	<p>・点検調書データのダウンロード: OS Windows8.1以降、ブラウザ Chrome ・「覆工画像作成ソフトウェア V 5.0.18」(自社開発ソフト) 【クラウドサービス提供の有無】 無</p>	

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	-	-
	現地への運搬方法	・人による運搬。車載したままの移動も可能。	-
	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	-	-
	その他	・汚れや煤がある場合は、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)
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	特に資格は必要なし	-
操作場所	・操作はすべて車両内で行うので作業ヤードは必要ないが現場でフレーム等を組み立てる場合はその分のスペースが必要	-
計測作業日数	【計測作業日数】 [トンネル条件] ・延長500m・周径20m=10000㎡ ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面 [作業日数] トンネル1本の場合 [準備工] [現地踏査及び撮影計画] [撮影装置の搬入・組み立て] [撮影装置による現地撮影] 合計2日 [作業日数] トンネル10本の場合 [準備工]・[現地踏査及び撮影計画]14日 [撮影装置の搬入・組み立て][撮影装置による現地撮影]4日 合計18日	-
点検費用	[トンネル条件] ・延長500mのトンネル1本・10本計測それぞれの場合 ・ひび割れ密度0.3m/m ² ・2車線断面 トンネル1本の場合 [費用] 外業:220,000円 内業:660,000円 合計:880,000円 トンネル10本 外業:1,260,000円 内業:6,650,000円 合計:7,910,000円	-
作業条件・運用条件		
保険の有無、保障範囲、費用	-	-
時間帯(夜間作業の可否)	特に制限なし	-
計測時の走行速度条件	・50km/h以下	-
渋滞時の計測可否	計測可	-
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	・特になし	-
トンネル内照明の消灯の必要性	・特になし	-
可搬性(寸法・重量)	車載して移動可能。 手持ちでも運搬可能。	-
自動制御の有無	・自動制御:無	-
利用形態:リース等の入手性	・計測も含めてすべて自社による	-
関係機関への手続きの必要性	特に必要なし ※交通規制を必要とする場合は、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(覆工画像作成ソフトウェアV5.0.18)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	-
センシングデバイスの点検	保守点検については、別途に保守契約を結ぶこととする。 また、塵埃が多い現場で使用した場合はシステム筐体の清掃が必要。	-
その他	【適用できない(適用できなかった)条件等】-318 覆工表面が濡れている場合は計測不可	-

7. 図面



1. 基本事項

技術番号	TN010033-V0024		
技術名	隧道SfM/MVS技術 (Structure from Motion/Multi View Stereo)		
技術バージョン	Ver. 1.0	作成:	2024年3月
開発者	株式会社メンテナンス・ネットワーク		
連絡先等	TEL: 011-816-7888	E-mail: h.sugamata@mtnet.co.jp	技術部
現有台数・基地	1台	基地	北海道札幌市白石区東札幌2条5丁目1-25

本技術は車両走行型の画像計測技術である。交通規制下で、民生用デジタルカメラ等機材を車両に架装してトンネル覆工面を5 km/h程度の低速走行しながら静止画撮影する。撮影した画像は画像処理ソフトウェアを用いて、写真測量の原理で高画質の3Dモデルを作成して、覆工展開画像を抽出するシステムである。
 そこから得られた覆工展開画像から、劣化損傷自動検出技術C2finder (点検支援技術性能カタログ:BR010047-V0022)を活用することにより、覆工面に生じた変状等の自動検出を行うことも可能である。

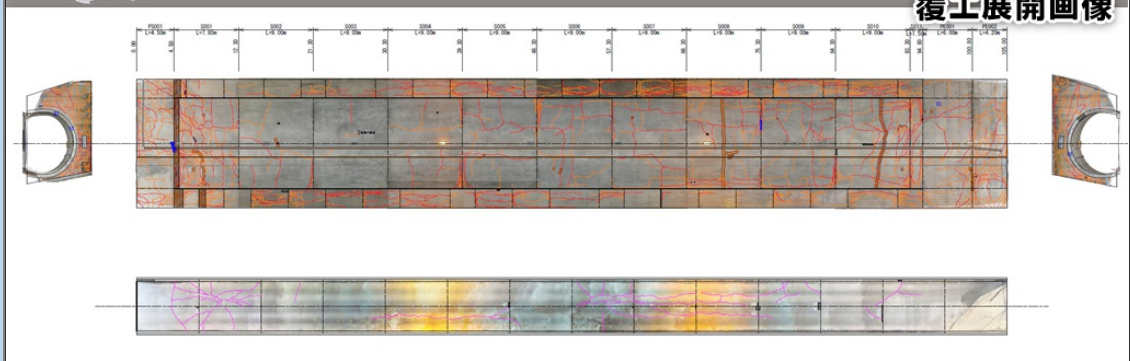
技術概要



撮影機材の車載



トンネル3Dメッシュモデル



覆工展開画像

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 坑門
	損傷の種類	本体工における圧ざ ひび割れ 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 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		<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置:トヨタ製 ハイエース ・計測装置:SONY製 RX0 II (DSC-RX0M2)、LED投光器 (200~500W相当) ・データ収集・通信装置:Windows搭載PC 	
移動装置	移動原理	<p>【車両型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・公道上や車が走行できる空間では、内燃機関車両のルーフ上に計測装置を搭載して移動する ・歩道や排水路トンネルなどの狭隘空間では、手押し台車に計測装置を搭載して移動可能 	
	外形寸法・重量	<p>【車両】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・分離構造 (移動装置、計測時に組立て) ・最大外形寸法 (長さ4690mm×幅1690mm×高さ1980mm) ・最大重量 (3215kg) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法 (長さ5100mm×幅1690mm×高さ3800mm) ・最大重量 (850kg) 	
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・動力源:内燃機関 ・燃料:軽油 ・総排気量:2.75L (最高出力:111kW) 	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・内燃機関のため対象外 	
	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・計測時に車両ルーフ上に組立てた単管パイプへ雲台を使ってカメラ、単クランプを使ってLED投光器を固定して、車内のWindows搭載PCに有線LAN接続して使用する 	
計測装置	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・最大外形寸法 (長さ5100mm×幅1690mm×高さ3800mm) ・最大重量 (850kg) 	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・SONY製カメラ RX0 II (DSC-RX0M2) ・センサーサイズ (縦8.8mm×横13.2mm)、ピクセル数 (縦3200pixel×横4800pixel)、焦点距離 (24mm) ・GOODGOODS製LED投光器 LD-580T ・本体サイズ (幅585mm×高さ513mm×奥行き72mm)、消費電力 (480W)、明るさ (76800Lumen)
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・水平:0°~360° ・鉛直:-90°~180°
		角度記録・制御機構 機能	<ul style="list-style-type: none"> ・水平および鉛直方向とも人力によりカメラ本体およびLED投光器を回転させる
測位機構	—	2-2-322	



	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・【カメラ】IP68相当 ・【LED投光器】IP66相当
	動力	<ul style="list-style-type: none"> ・【カメラ】【LED投光器】 ・動力源:内燃機関 ・燃料:無鉛レギュラーガソリン ・定格出力:1.6kVA
	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	・車両の後部座席テーブルに据置き
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	—
	データ収集・記録機能	・Windows搭載PCに内蔵するストレージに保存
	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	・Windows搭載PCに内蔵するバッテリーに依存
	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	車両搭載の場合 ・最小所要空間寸法 幅3000mm × 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	・覆工面が結露等で濡れて照明光が乱反射しないこと ・変状が全く生じておらず、コンクリート表面に特徴点が見い出せない覆工面でないこと
適用可能なトンネルの最大寸法	・車両と覆工面との離隔距離が側方5m以上または上方5m以上となる場合は不可 ・トンネル断面が大きい場合は、車両をハイエースからトンネル点検車に替えることで対応可	・覆工面が結露等で濡れて照明光が乱反射しないこと ・変状が全く生じておらず、コンクリート表面に特徴点が見い出せない覆工面でないこと

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	
		SONY製 RX0 II (DSC-RX0M2) ・5~10km/h		・路面が未舗装などで車体が揺れる場合は撮影速度5km/h未満で走行
	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】 ・標準試験方法(2019) ・実施年 2024年 ・最小ひび割れ幅0.3mm (0.3mmのひび割れを画像で確認できる) ・計測精度0.75mm (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		【走行速度】 ・5km/h以下(検証時) 【照度】 ・4200lux(検証時) 【覆工面の状況】 ・乾燥状態(検証時) 【被写体との距離】 ・2.0mおよび3.0m(検証時)
	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】 ・標準試験方法(2019) ・実施年 2024年 ・0.56%		【走行速度】 ・5km/h以下(検証時) 【照度】 ・4200lux(検証時) 【覆工面の状況】 ・乾燥状態(検証時) 【被写体との距離】 ・2.0mおよび3.0m(検証時) 【補助手段】 ・トンネル延長方向に距離マーカーまたはスパン長が必要 ・距離マーカー6.0mを設置(検証時)
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】 ・標準試験方法(2019) ・実施年 2024年 ・延長方向:8mm(12側線の平均値) ・周方向:12mm(12側線の平均値)		【走行速度】 ・5km/h以下(検証時) 【照度】 ・4200lux(検証時) 【覆工面の状況】 ・乾燥状態(検証時) 【被写体との距離】 ・2.0mおよび3.0m(検証時) 【補助手段】 ・トンネル延長方向に距離マーカーまたはスパン長が必要 ・距離マーカー6.0mを設置(検証時)	
色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有		
	【性能値】 ・未検証 【標準試験】 ・標準試験方法(2019) ・実施年 2024年 ・カラー画像:フルカラー識別可能		【走行速度】 ・5km/h以下(検証時) 【照度】 ・4200lux(検証時) 【覆工面の状況】 ・乾燥状態(検証時) 【被写体との距離】 ・2.0mおよび3.0m(検証時)	

※「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		①5台のカメラによりトンネル覆工面を往復撮影し、Windows搭載PCに画像を保存する。(手動) ②画像による3次元モデル作成ソフトiTwinCapture Modelerを使用して、3Dメッシュモデルを復元する。(自動) ③展開画像自動抽出ソフトウェアLupoScanを使用して、トンネル3Dメッシュモデルから2次元オルソ画像を抽出する。(自動) ④C2finderを使用して、撮影した画像からひび割れを自動検出する。(自動) ⑤生成された検出結果を必要なデータ形式でダウンロードする。(手動) ⑥ひび割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抽出する。(手動)	
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	【ソフトウェア1】 Bentley Systems社製「iTwinCapture Modeler」(市販ソフト) 【ソフトウェア2】 Lupos3D社製「LupoScan」(市販ソフト) 【ソフトウェア3】 テクノハイウェイ社製「C2finder ver.1.1」(市販ソフト)	
	検出可能な変状	・ひび割れ(幅および長さ)、遊離石灰、段差	
	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の教師データは、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: 車両ルーフ上または手押し車に搭載したデジタルカメラ 2) 撮影設定: プログラムオート、シャッター速度優先、マニュアル 3) ISO感度: ISO-1600以下 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	・ひび割れ境界を特定し、ひび割れ幅および長さを算出する。 ・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 ・段差やその他変状は、人が画像を確認して、変状を人力でトレース ・AIの教師データは、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。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひび割れの検出結果を、あらかじめ技術者が作成した正解データとの一致度について、Mean Average Precision法により計算した検出精度が95%であった。 ・性能評価には、当社が保有する画像データのうち、評価用に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: ポリライン、指定したひびわれ幅ごとに指定色で描画 ・遊離石灰: ポリゴン、指定色で塗りつぶし
	取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	・JPEG形式
		ファイル容量	・特に制限はないが、使用する情報端末の性能による。
		カラー／白黒画像	・カラー
画素分解能		・ひび割れ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/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、ひび割れが埋まっている状態は検出が困難	
出力ファイル形式	・元画像と検出結果の重畳画像: JPG ・CAD用の形状および数値情報: DXF/SXF/SVG ・ひび割れ幅ごとの総長: CSV		
調書作成支援の手順		①適応条件に記載の条件により画像データを取得を行う。 ②Webブラウザ等を利用して、画像データを検出サービスにアップロードする。 ③生成された検出結果を必要なデータ形式でダウンロードする。 ④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		・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することが望ましいが、10%の精度低下が供用される場合は±25度以内とする。 2) 画像の解像度は0.6mm/pix以下となるよう撮影 3) 走行しながらの撮影となり、シャッター速度やISO感度にひび割れ検出精度が制約を受けるため、被写体の照度を500lux以上とする。	
調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名		・現地での入力: Windows搭載PC ・点検調書データのダウンロード: OS Windows8.1以降、ブラウザ Chrome, Edge, Firefox ・Bentley Systems社製「iTwinCapture Modeler」 ・Lupos3D社製「LupoScan」 ・テクノハイウェイ社製「C2finder」	

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	<ul style="list-style-type: none"> ・対抗車線側の覆工面も撮影するため、撮影車両には交通誘導警備員が同乗して、一般車両を適宜誘導する ・撮影時に一般車両への視界を妨げないよう照明に配慮する 	
	無線等使用における混線等対策	・無線の使用なし	—
	交通規制の要否	・交通規制あり	—
	交通規制の範囲	・計測を実施するトンネル区間について片側交互通行規制	—
	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	・特に制限なし	—
	車線数の制約	<ul style="list-style-type: none"> ・特に制限なし ・1車線ごとの画像計測を要する 	—
	断面形状の制約	<ul style="list-style-type: none"> ・特に制限なし ・断面形状に変化があっても対応可能 	—
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・覆工面に著しい結露が生じている場合、適用不可 ・覆工面が一様に仕上げられ特徴点のない塗装面は適用不可 	・覆工面に結露がない乾燥状態での撮影が望ましい

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)
調査技術者の技量	・撮影知識および技術を有する者	・シャッター速度、絞り、ISO感度を適切に設定できる知識が必要
必要構成人員数	・現場責任者(点検員)1名、撮影者1名(点検補助員)、運転手1名、交通誘導警備員3名 ・合計6名	・トンネル延長や交通量に応じて、撮影車両に交通誘導警備員が同乗する ・交通規制が不要の場合、必要構成人員数は3名
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・普通自動車運転免許 ・社内実技研修(撮影補助として20h以上従事)	—
操作場所	・撮影車両が駐車できるスペース	・撮影に必要なルーフ上架台やカメラおよび照明機材等を組立解体できる場所が必要
計測作業日数	【作業日数】 トンネル10本当たり、トンネル延長500m未満 ・画像計測: 5日 ・画像解析: 40日(ひびわれ解析含む)	・対象トンネル間の移動を除く
点検費用	・ 650千円(1トンネル当たり、延長500m、歩道なし2車線) ・4,900千円(10トンネル当たり、延長500m未満、歩道なし2車線)	・点検費用には以下の直接人件費が含まれています ・画像計測(外業) ・画像解析(内業) ・ひびわれ解析(内業) ・ただし、移動滞在費、その他原価、一般管理費は除く
保険の有無、保障範囲、費用	・施設賠償責任保険の加入 ・保険対象:点検等に関わる業務 ・対人:2億円/1名、4億円/1事故 対物:2億円/1事故	・業務外については自動車保険で対応
時間帯(夜間作業の可否)	・特に制限なし(夜間作業可)	—
計測時の走行速度条件	・5~10km/hの速度域を基本	—
渋滞時の計測可否	・渋滞時等の発進~停車を繰返す場合でも適用可 ・速度変化に制限を受けない	—
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原則撮影不可	・車両型撮影では原則的に設備等の死角撮影は不可であるが、別途、手持ちカメラ等の撮影を行った場合はこの限りではない
車両から覆工表面までの距離条件	・5m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)	・単管パイプによる架台組立方式のため、対象に合わせて架台寸法の変更可	—
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	・使用する資機材はすべて民生用製品 ・機材貸出しは不可 ・機材販売していませんが、販売業者等の紹介可 ・業務委託による画像計測可	・ソフトウェアについては業務用製品(購入または従量課金制)
関係機関への手続きの必要性	・道路使用許可の申請(所管する警察署)	—
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・画像による3次元モデル作成ソフト Bentley Systems社製「iTwinCapture Modeler」(市販ソフト) ・展開画像自動抽出ソフト Lupos3D社製「LupoScan」(市販ソフト) ・ひびわれ解析ソフト テクノハイウェイ社製「C2finder ver.1.1」(市販ソフト) ・費用:	—
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制有り	・年間保守契約が必要
センシングデバイスの点検	・必要なし	—
その他	・特許権:特になし ・気象条件:雨天時撮影可、濃霧およびホワイトアウト時は撮影不可 ・作業条件:路面が未舗装でも路盤が入っていれば撮影可、覆工面に著しい結露が生じている場合は撮影不可	—

7. 図面

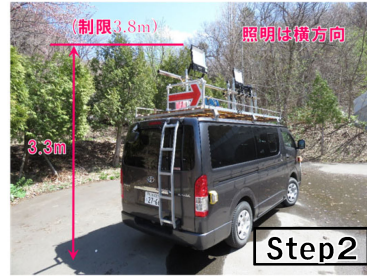
別紙資料1. ⑨検証方法・実施手順

3Dモデル及び展開画像の作成フロー

Step1. トンネル区間の交通規制開始



Step2. トンネル撮影車の撮影機材セッティング



Step3. トンネル覆工面の撮影 (片側通行規制)



Step4. 写真測量による3Dモデル化画像処理 [ソフトウェア名:iTwin Capture]

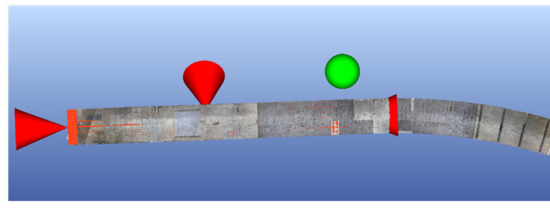
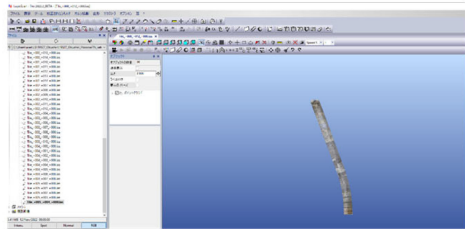


Step5. トンネル3Dモデルから展開画像作成 [ソフトウェア名:LupoScan]

① 点群,OBJデータからデータ読込 ※Context Captureにてモデル作成済みが前提

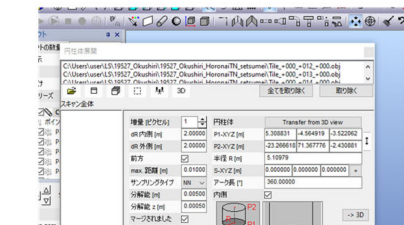
② 展開範囲を選択

Step5

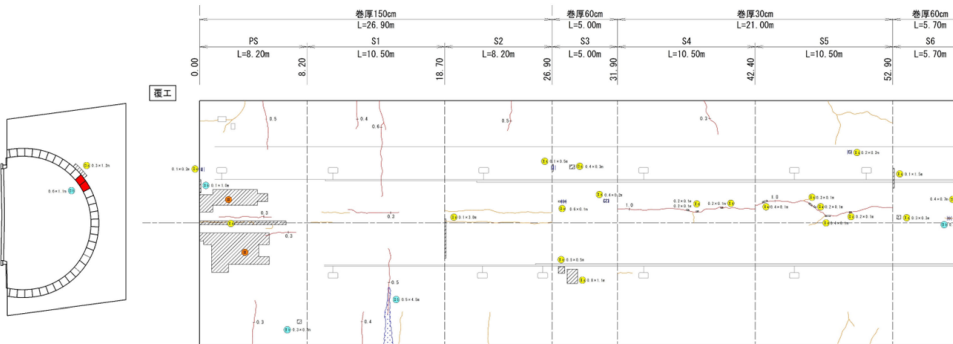


③ 展開して出力される画像の精度設定

④ 展開画像完成



撮影・計測状況および作成した3Dモデルと覆工展開画像



【技術紹介動画】 空中写真測量を使ったトンネルの3Dモデル化「隧道SfM/MVS技術」
(Structure from Motion/Multi View Stereo)

<https://youtu.be/SR5rWU6HkHQ?si=qtdpEoeKt5BPtd7o>

<https://www.mntnet.co.jp/business.html#3d>

1. 基本事項

技術番号	TN010034-V0024		
技術名	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム		
技術バージョン	—	作成:	2024年3月
開発者	株式会社中部EEN		
連絡先等	TEL: 052-848-9371	E-mail: ceen.kobayashi@gmail.com	株式会社中部EEN
現有台数・基地	8台	基地	愛知県名古屋市瑞穂区洲山町
技術概要	<p>・トンネル壁面の損傷を画像から計測し、劣化状況を図化、数量化する技術。</p> <p>・ひび割れ(幅、長さ)、鉄筋露出、遊離石灰、漏水等(面積)を計測でき、計測データから損傷図、数量表、CADデータを出力することができる。</p>		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地 覆工の水平打継ぎ目 覆工天端 その他覆工面 内装板 天井板 路肩及び路面 坑門	
	損傷の種類	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 腐食 欠損	
	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

計測機器の構成		デジタルカメラ等の撮影機器とシステム(PC、ソフトウェア)からなる。	
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	以下の条件を満たす一眼レフカメラ推奨。 ・解放F値2.8以下のレンズ ・撮像素子フルサイズ ・画素数4800×3200ピクセル以上
		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	撮影画像を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	—	
	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 ※	有	
		【性能値】 未検証		被写体距離:3m ・一眼レフカメラにて撮影 ・三脚を使用
		【標準試験方法】 実施年:2024年		
		通常のひび割れ(2019) ・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 0.01mm (0.1mm~5.0mmのひび割れを対象とした検出精度)		
		覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ(2022) ・幅0.2mm 計測精度:0.00mm ・幅0.3mm 計測精度:0.10mm ・幅0.4mm 計測精度:0.00mm ・幅0.5mm 計測精度:0.00mm ・幅0.7mm 計測精度:0.00mm ・幅0.8mm 計測精度:0.00mm ・吹付コンクリート面での計測も可		
		煤で埋まったひび割れ(2022) ・幅0.1mm 計測精度:0.00mm ・幅0.3mm 計測精度:0.10mm ・幅0.4mm 計測精度:0.20mm ・吹付コンクリート面での計測も可		
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		被写体距離:8m ・一眼レフカメラにて撮影 ・三脚を使用	
【標準試験方法】(2019) 実施年:2024年				
		長さ計測精度(相対誤差) ・横断方向:0.45% ・進行方向:0.15%		
位置精度	性能確認シートの有無 ※	有		
	【性能値】 未検証		被写体距離:8m ・一眼レフカメラにて撮影 ・三脚を使用	
【標準試験方法】(2019) 実施年:2024年				
		位置計測(絶対誤差) ・横断方向:30.4mm ・進行方向:9.5mm		
色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有		
	【性能値】 未検証		被写体距離:3m ・一眼レフカメラにて撮影 ・三脚を使用	
【標準試験方法】(2019) 実施年:2024年				
		・フルカラー識別可能 ・グレースケール識別可能		

※「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		【現場での作業】 ①画像撮影 【事務所での作業:システムを使用】 ②撮影画像と図面データに座標情報を登録 ③座標情報に合わせて画像をオルソ化 ④オルソ化した画像を確認し、損傷をトレース ⑤損傷図、CADデータ、数量表の出力	
ソフトウェア情報	ソフトウェア名	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム	
	検出可能な変状	ひび割れ、腐食、遊離石灰、鉄筋露出、漏水、はく離、はく落、変形・欠損、うき ※画像から損傷を検出する技術であるため、画像で損傷が判別できる場合に限る。 ※うきに関しては赤外線画像で温度異常が確認できる場合に限る。	
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	人が画像を確認し、手動で損傷をトレースする。ピクセル情報から、トレースした範囲のひび割れ幅や長さを算出する。
		ひびわれ幅および長さの計測方法	幅:ひび割れの任意の箇所を指定し、指定した範囲の輝度情報とピクセル情報から算出する。 長さ:手動でトレースした範囲をピクセル情報から算出する。
		ひびわれ以外	腐食、遊離石灰、鉄筋露出、漏水、はく離、はく落、変形・欠損、うき ・面積:人が画像を確認し、手動でトレースした範囲をピクセル情報から算出する。
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	AIによる機械学習を行わない。
		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	JPEG
		ファイル容量	30MB程度/1画像あたり
		カラー/白黒画像	カラー
画素分解能		・ひび割れ幅0.2mmを判別する場合、凡そ0.5mm/1画素以下。	
その他留意事項		・濡れている箇所のひび割れ幅については精度が低くなることもある。 ・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出ができない場合がある。 ・汚れ等が生じている場合はひび割れが検出できない場合がある。 ・画像の撮影角度は撮影対象物に対して45度以内推奨。 ・一眼レフカメラに限らず、ドローンやロボット等で撮影した画像でも対応可能。 ・広範囲の構造物(ダム等)でも対応が可能。	
出力ファイル形式	画像:JPEG 数量表:xlsx CAD: dxf,sfc		
調書作成支援の手順	上記『変状検出手順』を参照。		
調書作成支援の適用条件	適用可能な撮影条件、画像は上記『ソフトウェア情報』を参照。		
調書作成支援に活用する機器・ソフトウェア名	デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム		

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	道路上での作業がある場合や、撮影機器(ドローン、車両、ロボット等)に応じて規制が必要な場合がある。	—
	交通規制の範囲	道路上での作業がある場合や、撮影機器(ドローン、車両、ロボット等)に応じて規制が必要な場合がある。	—
	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)
調査技術者の技量	要求された画像解析要件(ひび割れ幅0.2mm以上等)に適した画像を取得できる撮影方法を有すること。	—
必要構成人員数	撮影者:2名、補助員:2名(現場状況・解析範囲により変動) 画像解析者:1名(解析範囲により変動)	—
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	画像解析者は、橋梁点検士等の有資格者にて作業を行う。	—
操作場所	現場、事務所	—
計測作業日数	トンネル延長500mの場合の概算 現場作業:2日程度 解析作業:7日程度	※調査対象構造物の現場状況や損傷状況等により変動。
点検費用	トンネル延長500mの場合の概算 外業 170,000円 内業 320,000円 機械経費 110,000円 合計 600,000円 (R5年10月時点)	※交通費、安全経費、諸経費、消費税等は含まず。 ※人の手で撮影する場合。 ※撮影画像1枚につき、ひび割れを2本程度解析する場合。 ※調査対象構造物の現場状況や損傷状況等により変動。
保険の有無、保障範囲、費用	—	—
時間帯(夜間作業の可否)	必要に応じて対応可能。	—
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	設備等、撮影時に回避できない箇所は撮影不可・画像解析不可範囲が発生する場合がある。	—
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	業務委託	—
関係機関への手続きの必要性	現場状況に応じて必要な場合がある。	—
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	解析ソフト:「デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム」を使用する。 費用:上記『点検費用』を参照。	—
不具合時のサポート体制の有無及び条件	自社にて対応。	—
センシングデバイスの点検	—	—
その他	—	—

7. 図面

現場での作業

画像撮影



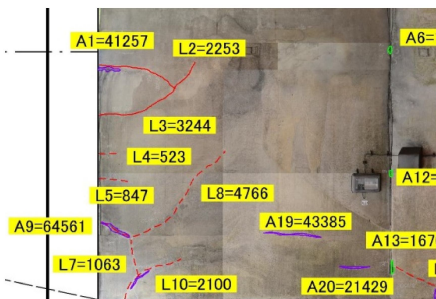
事務所での作業(システムでの作業)

PC に撮影画像と図面データを取込む

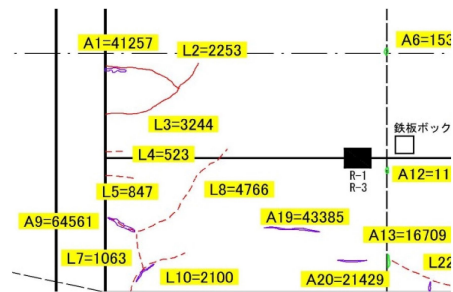
画像をオルソ化

損傷をトレース

損傷図、数量表、CAD データ出力



診断画像



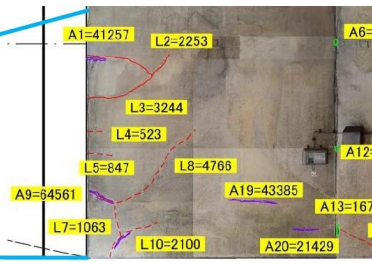
損傷図

トンネル壁面

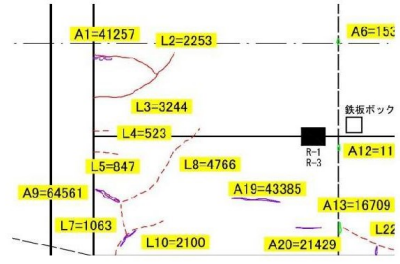
Central Earth Environment Network



正射影画像



診断画像



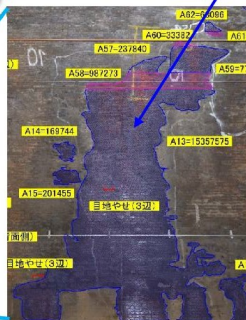
損傷図

煉瓦トンネル壁面

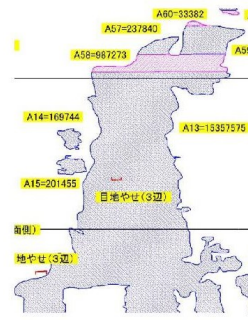
漏水



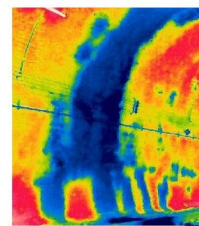
正射影画像



診断画像



損傷図

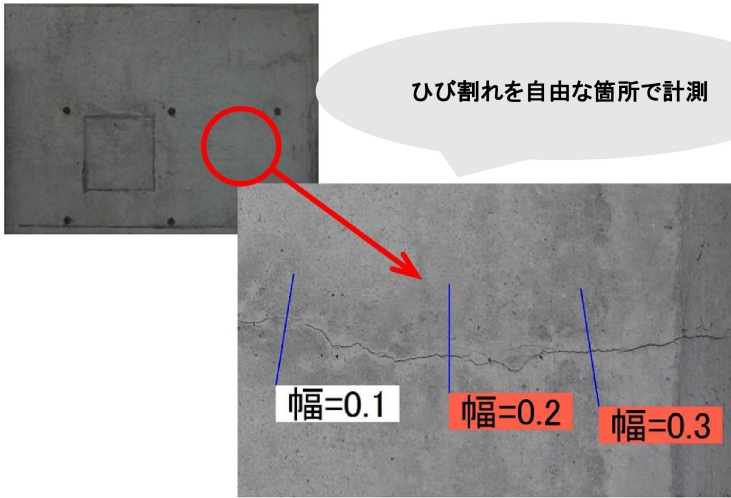


赤外線画像と合わせて活用することで、漏水等も診断可能。



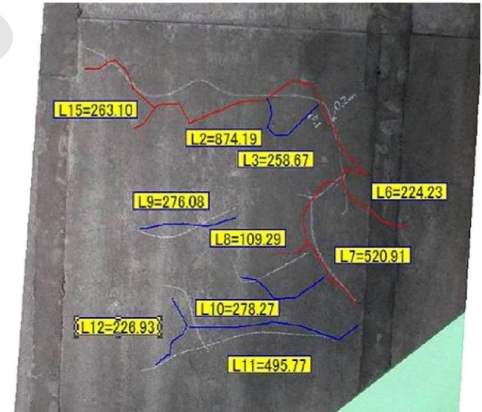
赤外線画像

ひび割れ幅測定

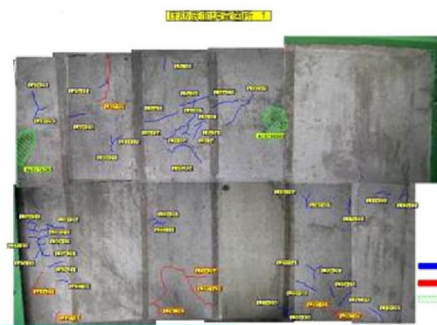


ひび割れを自由な箇所です計測

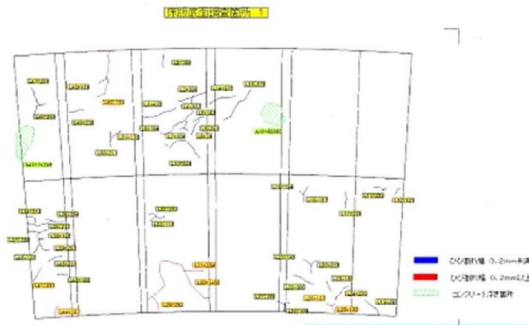
損傷トレース



成果物



診断画像



損傷図

数量表

区画番号	区画名称	区画長さ	区画幅	区画面積
1	ひび割れ幅 0.2mm未満	1.20	0.20	0.24
2	ひび割れ幅 0.2mm以上	0.28	0.18	0.05
3	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.56	0.20	0.11
4	ひび割れ幅 0.2mm以上	3.81	0.20	0.76
5	ひび割れ幅 0.2mm未満	7.14	0.20	1.43
6	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.40	0.20	0.08
7	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.27	0.20	0.05
8	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.25	0.20	0.05
9	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.28	0.20	0.06
10	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.54	0.20	0.11
11	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.23	0.20	0.05
12	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.81	0.20	0.16
13	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.78	0.20	0.16
14	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.75	0.20	0.15
15	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.14	0.20	0.03
16	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.16	0.20	0.03
17	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.07	0.20	0.01
18	ひび割れ幅 0.2mm未満	0.28	0.20	0.06
19	ひび割れ幅 0.2mm未満	4.78	0.20	0.96
20	ひび割れ幅 0.2mm未満	11.92	0.20	2.38
合計				

1. 基本事項

技術番号	TN010035-V0024		
技術名	三菱多次元施設・設備管理システム (MDMD)		
技術バージョン	Ver 1.0	作成:	2024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	ファシリティインフラシステム事業部 社会システム第二部
現有台数・基地	—	基地	—

本技術は計測車両で取得した点群データや高精細画像データを活用することで、デジタルツインとして仮想空間内に道路インフラの現況を再現するシステムです。主に以下3つの機能を有します。本システムはクラウド、オンプレミスのどちらのサーバー構成にも対応し、ユーザーは端末のブラウザからサーバにアクセスして利用します。

(1) 走行画像・点群 表示機能

計測車両等で取得した点群や高精細画像等のデジタルデータをデータベースに保持し、地図上から指定して閲覧したい箇所の三次元データをブラウザ上に表示することが可能である。また、これらのデータは三次元の座標情報を持っており、座標情報をキーに画像と三次元点群をブラウザ上で相互に切替え表示が可能である。この機能により点検者は事前に現場の状況を把握することが可能となるので点検箇所に近づけて効率的に移動することが可能となる。

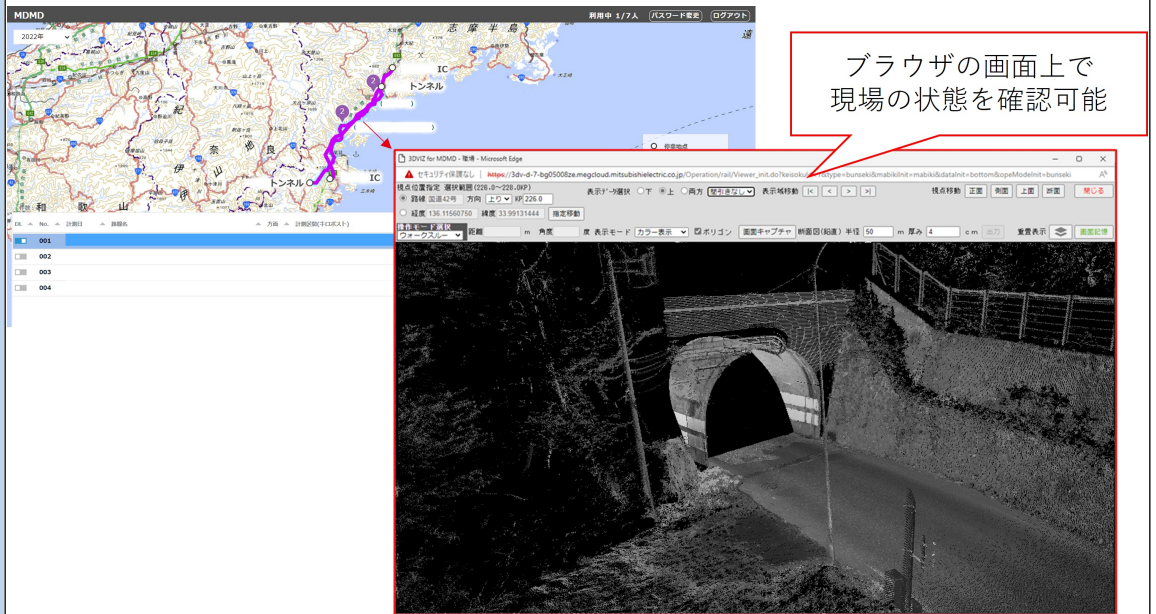


図1： 3次元点群のブラウザ表示イメージ

(2) 多次元情報管理機能

地図や路線図から得られる二次元の座標位置に対応した三次元データを表示する機能を持つことに加えて、構造物・設備の諸元情報やひび割れなどの変状、関連する点検・補修情報を画像として三次元データ上に重畳することが可能である。これにより、構造物の維持管理情報と周辺形状を関連付けることで変状や補修対象などの可視化が可能となる。本システムのデータベースに記録することで大量の写真や変状データをトンネル別、スパン別、時間別など効率的に整理することで、連続的な三次元形状の写真(画像・点群データ)を記録、閲覧することも可能となる。

技術概要

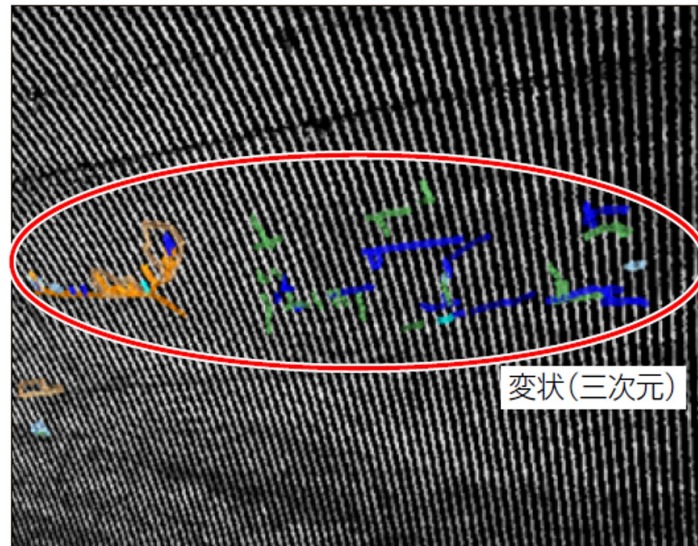


図2. トンネル壁面(白)と変状(青、緑等)の重畳表示

3) データ連携機能

道路インフラの維持管理に利用される様々なシステムのデータと三次元データを連携する機能。年度別の診断判定結果や変状情報、xROAD(※1)等に登録されている道路インフラの諸元データ等を取得し、本システムで管理する点群データと紐づけて表示・提供する。これにより、道路管理者は補修設計や補修工事の発注作業に関して、仮想空間上で現地の状況と諸元情報・点検情報をあわせて確認でき、これまで現地調査や点検調書、CAD図面等で時間をかけて確認していた情報を短時間で確認できるようになる。また、過年度点検結果との比較、補修箇所の伝達の効率化が期待できる。

※1 全国道路施設点検データベース(国土交通省道路局提供)

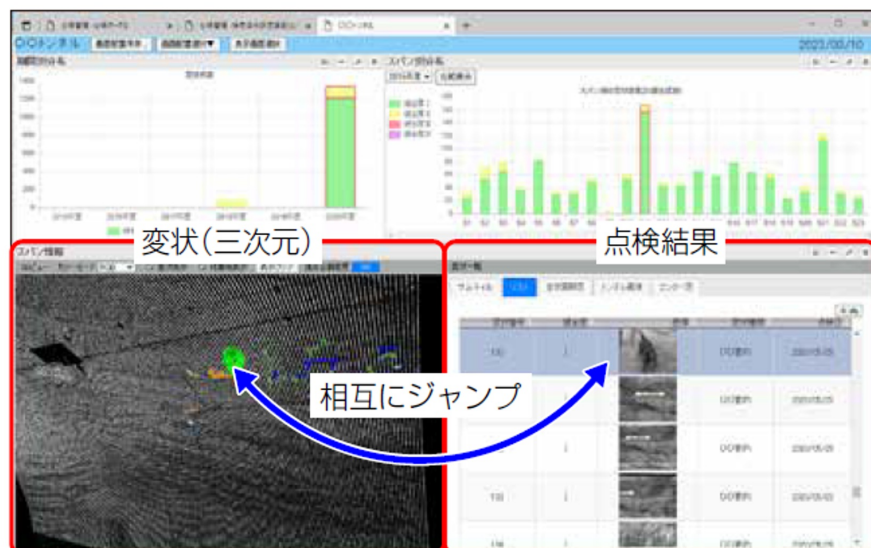


図3. 3次元点群データと点検情報を関連付けた表示

本技術を使用することで以下の効果が見込まれます。

- (1) 高精細画像等を端末のブラウザで確認することにより、従来は現地で交通規制を行いながら実施していた目視確認の代替が可能となり、現地調査の回数を削減でき、外業の効率化につながる。
- (2) 座標をキーにすることで仮想空間上に変状情報等、点検結果を重畳することが可能となり、現場と同じような目線で現況を確認することで外業の効率化につながる。
- (3) 本庁と現場事務所、あるいは設計者と施工者など、関係者間で現況の把握、施工方法、手順の協議を行う際、対象箇所の現況が3次元情報として立体的にイメージの共有が可能となるため、図面等の2次元媒体を使った現況確認よりも解り易く、かつ効率的な情報の共有・伝達が期待でき外業・内業の効率化につながる。
- (4) 本システムのデータベースに大量の写真や変状データ、点検記録を取り込み、時期や場所ごとに整理して表示することで、点検記録作成の効率化が見込まれる。

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		—	
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 ※	-	
		-	-	-
	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		—		
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		—		
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	—	—

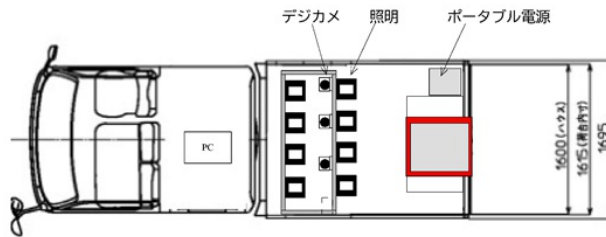
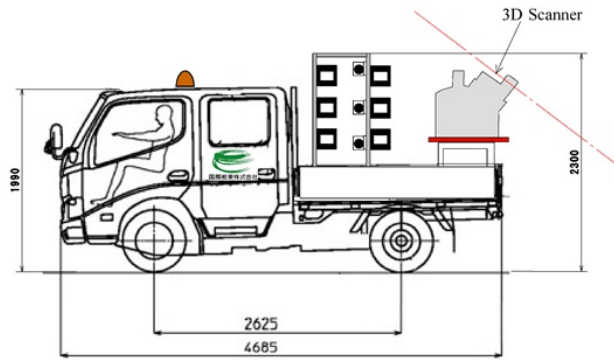
6. 留意事項(その2)

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	—
	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	三菱電機 神戸製作所内にてデータの登録作業を行います。
	計測作業日数	—
	点検費用	—
	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	—
	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	—
	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	—
その他	【システム構成】本システムは自社開発ソフトを使用します。クラウド、オンプレミスのどちらのサーバ構成にも対応可能です。 【運用費用】各種条件により変動するため、個別設定となります。	

1. 基本事項

技術番号	TN010036-V0024		
技術名	走行型可視光線撮影によるSfM三次元画像解析システム		
技術バージョン	1	作成:	2024年3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

可視光線カメラとインターバルキャプチャーを用いて交通規制なしでトンネルの覆工面撮影を行い、得られた撮影画像をキャプチャリング等で劣化させずにSfM(Structure from Motion)手法で高密度・高解像度の三次元画像モデルを取得、そのモデルを二次元展開画像システムで二次元展開画像に変換し、ひび割れやその他の変状を検出して変状展開図を作成する技術である。



	仕様
カメラ	デジタルカメラ(ミラーレス) ・解像度 8,256 × 5,504 Pixel ・台数 5~7台
照明	・方式 高輝度LED、バルーンライト併用 ・台数 5~7台
制御	PCより遠隔操作
データ記録	Cfexpressカード(512GB)
点群取得	3D Scanner
車両	1.25t Wキャブ

技術概要

- ・走行型(30km/h以内)
- ・計測タイミング(新設後の状態把握、定期点検時、補修後の確認時など)
- ・計測結果の活用(ひび割れやその他の変状の抽出)
- ・車両後部にレーザースキャナーを搭載可能

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
	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、「ミラーレスカメラと可視光線LED照明」と「各カメラの制御装置(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4680mm×幅1690mm×高さ2300mm) ・最大重量 3390kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	—	
	動力	・1.25tトラック ・動力源:内燃機関 ・燃料:ガソリン	
	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	【デジタルカメラ(ミラーレス)】 ・ピクセル数:8,256pixel×5,504pixel ・台数:5~7台 【照明】 ・方式:高輝度LED ・台数:5~7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	
	耐久性	・計測機器の防水・防塵等級は無し	
	動力	・移動装置に搭載した発電機の動力を用いる ・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PCより制御し、データはカメラ内蔵のメモリーカードに保存する	
	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	・移動装置に搭載した発電機の動力を用いる ・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

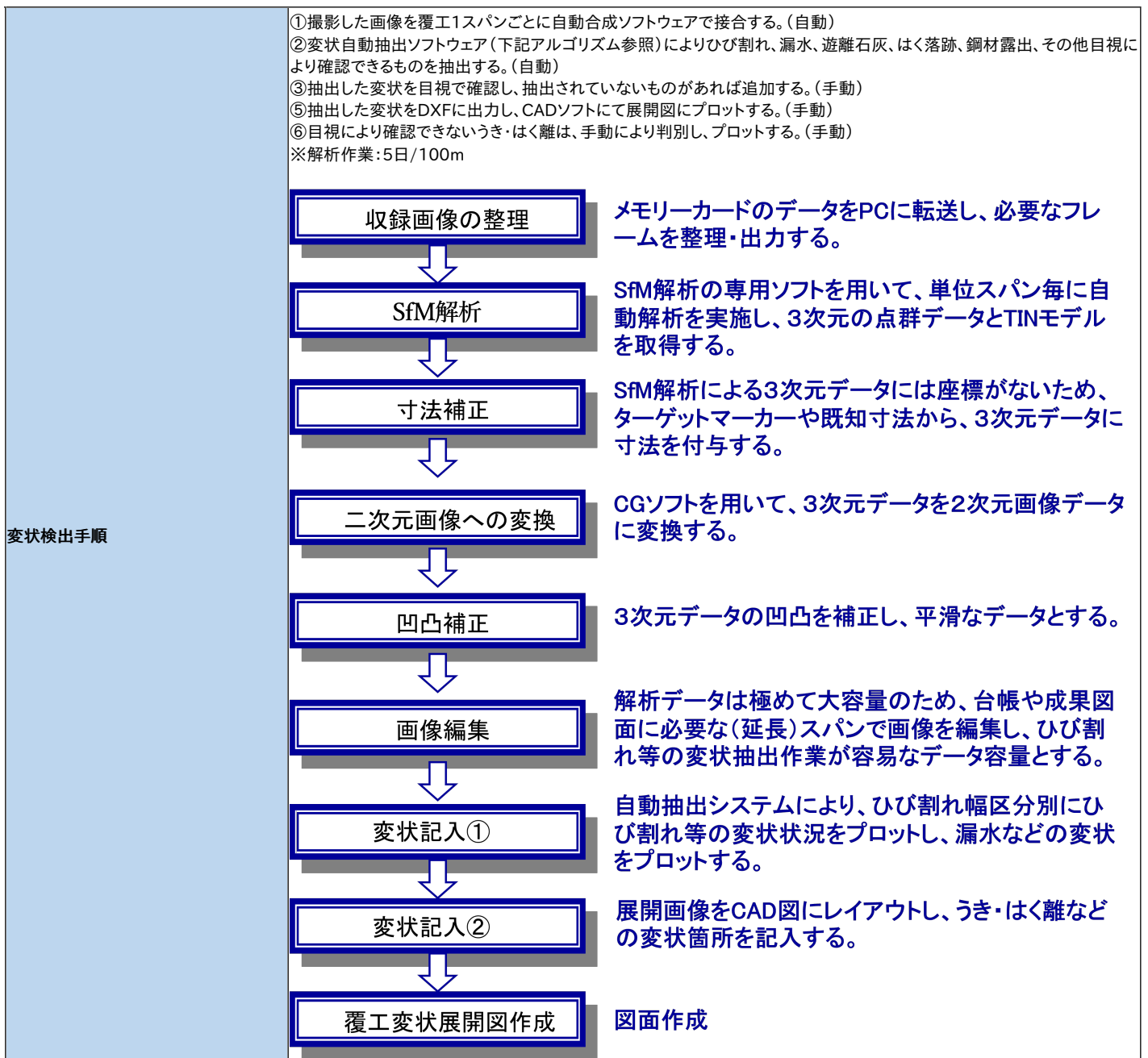
項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	・最小所要空間寸法 幅1.7m×高さ2.3mの計測車両が通過できるトンネル	
適用可能なトンネルの最大寸法	・トンネル内空高さ8m程度 (照明との離隔が側方、上下ともに5m以上となる場合は不可)	

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】 ・30km/h 【標準試験値】 ・20km/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のひび割れを画像で確認できる) 【標準試験値】 標準試験法(2019) 実施年 2024年 ・最小ひび割れ幅:0.2mm ・計測精度:0.13mm ・ひび割れ幅の最小単位:0.1mm			【走行速度】10km/h~30km/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 【走行回数】複数回走行可能なこと 【天候】荒天時現場条件により判断が必要
		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 2024年 ・全体精度 0.69% ・進行方向 0.59% ・周方向 0.79%			【走行速度】10km/h~30km/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 【走行回数】複数回走行可能なこと 【天候】荒天時現場条件により判断が必要
	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 2024年 ・進行方向 50.0mm ・周方向 19.3mm			【走行速度】10km/h~30km/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 【走行回数】複数回走行可能なこと 【天候】荒天時現場条件により判断が必要
	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 2024年 ・フルカラー識別可能			【走行速度】10km/h~30km/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 【走行回数】複数回走行可能なこと 【天候】荒天時現場条件により判断が必要

※「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



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) 【変状抽出】 ・ニコンシステム社製「SwallowAI」(市販ソフト)		
	検出可能な変状	ひび割れ(幅・長さ)、漏水、遊離石灰、はく落跡、鋼材露出、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) 変状自動抽出ソフトウェアを使用し、ひび割れを抽出する。 ・手法2)ひび割れ(幅・長さ) 画像を目視でトレースする。	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	画像分解能を算出し(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	・手法1)ひび割れ(幅・長さ) 変状自動抽出ソフトウェアを使用し、漏水、遊離石灰、はく落跡、鋼材露出、その他目視により確認できるものを抽出する。 ・手法2)ひび割れ(幅・長さ) 手動でトレースする機能があり、漏水、遊離石灰、はく落跡、鋼材露出、その他目視により確認できるものを目視でトレースする。	
変状の描画方法	ひび割れ:線・塗りつぶし	ひび割れ以外:ポリゴン		
画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	—			

取り扱い可能な画像データ	ファイル形式	BMP、JPEG、PNG、TIFF
	ファイル容量	1スパン約300MB程度
	カラー／白黒画像	カラー画像
	画素分解能	・1mm/pixel以下でひび割れ幅0.3mmを検出可能 ・0.7mm/pixel以下でひび割れ幅0.2mmを検出可能
	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/PNG/TIFF/DXF/XLSX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	—	

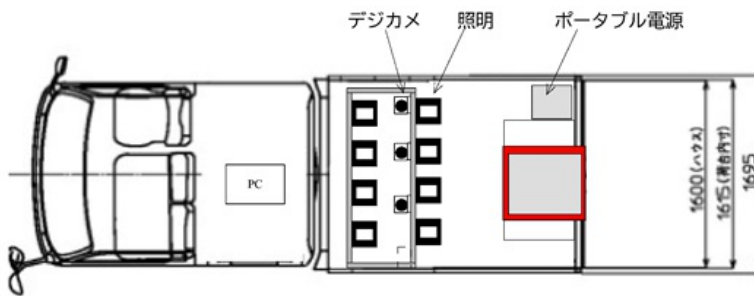
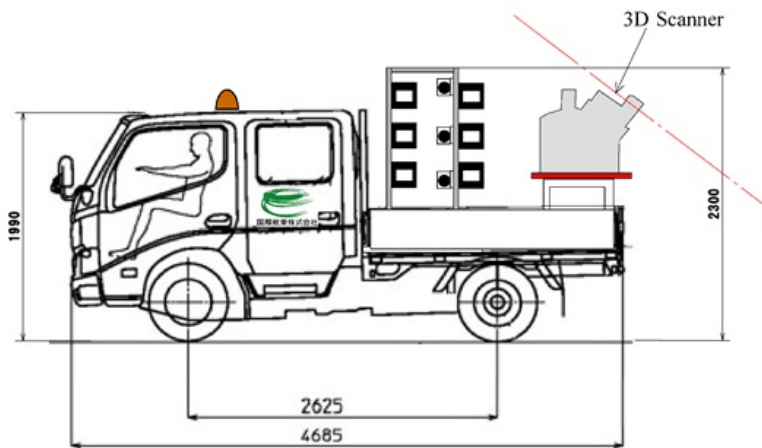
6. 留意事項(その1)

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	・雨天時は、トンネル内で撮影機材の設置を行なう。
	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	・特になし	
	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	【汚れ、すす等がある場合の作業可否】 ・すすが固着して非透過の場合は撮影不可 ・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】 ・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は画像計測不可

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)
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名: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	・トンネル入口付近に準備用の作業ヤードが必要(2.0m×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のトンネル計測の場合 【費用】 ・外業(撮影計画、画像撮影、機器の輸送費) 80万円 ・内業(3次元モデル、画像展開図、変状抽出) 170万円	
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	・30km/h程度以下	
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」 ・撮影面との離隔を可能な限り(左右30cm以内)一定に保つ	
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	・すべて自社機材	
関係機関への手続きの必要性	・必要無し	
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:Metashape Pro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	・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	・気象条件:特になし ・作業条件:特になし	

7. 図面



	仕様
カメラ	デジタルカメラ(ミラーレス) ・解像度 8,256 × 5,504 Pixel ・台数 5~7台
照明	・方式 高輝度LED、バルーンライト併用 ・台数 5~7台
制御	PCより遠隔操作
データ記録	Cfexpressカード(512GB)
点群取得	3D Scanner
車両	1.25t Wキャブ

1. 基本事項

技術番号	TN010037-V0024		
技術名	あいあい～軽量垂直ポールカメラ～		
技術バージョン	ver.1.0	作成:	2024年3月
開発者	首都高技術(株)		
連絡先等	TEL: 03-3578-5757	E-mail: info@shutoko-eng.jp	企画部技術営業課 得能 智昭
現有台数・基地	8台	基地	東京都港区虎ノ門3-10-11虎ノ門PFビル
技術概要	<p>高所作業車の設置困難箇所や狭隘部などの点検困難な現場においての、近接目視の代替手法となりうる技術である。長手ポールの先端に、チルト機能を有したカメラを設置し、手元のタブレット型PCと有線接続することで、構造物の状況確認や損傷写真の撮影を行うことが可能である。また、C2finder(テクノハイウェイ社製)と組み合わせ、損傷写真からひび割れの自動抽出を行うことで、ひび割れの定量評価を可能としている。</p>		
技術区分	対象部位	覆工の横断目地 覆工の水平打継ぎ目 覆工天端 その他覆工面 内装板 吸音板 天井板 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 排水施設 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 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 腐食 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		<ul style="list-style-type: none"> ・移動装置:雲台、長手ポール Bi Rod 6C-7500 ・計測装置:2種類のカメラを選択することが可能 カメラ1:SONY製 RX0 II (DSC-RX0M2) カメラ2:Microsoft製 LifeCam Studio Q2F-00021 ・データ収集:Windows搭載PC、延長ケーブル 	
移動装置	移動原理	<p>【人力型】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本機器は、Bi Rodの先端に雲台を設置(1/4インチねじ規格)し、雲台に設置したカメラをWindows搭載のタブレットPCと有線接続することで使用するものである。Bi rodの伸縮により高さ調節を、PCのバッテリー駆動により雲台の上下首振りを行うことにより、撮影の画角を調整することが可能である。左右首振りは、ポールを手動で左右に振ることにより調整する。 	
	外形寸法・重量	<p>【長手ポール】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・寸法 最長約7.5m、収納時約1.55m、ロッド外形最大38mm ・重量 約1.6kg <p>【雲台】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・寸法 【カメラ1】および【カメラ2】の雲台 縦110mm×横170mm×幅50mm ・重量 【カメラ1】230g 【カメラ2】280g(雲台とカメラが一体構造) 	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	<p>【長手ポール】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大耐荷重 700g以下 	
	動力	<p>【長手ポール】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・操作は人力による <p>【雲台】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・Windows搭載PCの内蔵バッテリーによる 	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・Windows搭載PCに内蔵のバッテリーによる 	
計測装置	設置方法	<p>【カメラ1】【カメラ2】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・雲台下面に取り付けたねじ穴(1/4-20UNC)に、長手ポール先端のねじを回し入れる。 ・雲台・カメラとWindows搭載PCを、延長ケーブルにて有線接続(USB)する。 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>【カメラ1】(雲台とカメラが分離構造)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・SONY製 RX0 II (DSC-RX0M2) ・寸法 縦40.5mm×横59mm×幅35mm 重量 125g <p>【カメラ2】(雲台とカメラは一体構造)</p> <p>【延長ケーブル】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・寸法 縦120mm×横120mm×幅70mm 重量 470g 	
	センシングデバイス	カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・【カメラ1】:SONY製カメラ 型番 RX-0 II (DSC-RX0M2) センサーサイズ(縦8.8mm×横13.2mm)、ピクセル数(縦3200pixel×横4800pixel)、焦点距離(24mm) ・【カメラ2】:Microsoft製カメラ 型番 LifeCam Studio Q2F-00021 ピクセル数(縦1080pixel×横1920pixel)、焦点距離(28mm)
		パン・チルト機構	<ul style="list-style-type: none"> ・パン 0°~360° ・チルト -60°~60°(12°ピッチ)
		角度記録・制御機構機能	<ul style="list-style-type: none"> ・水平方向は、人力により長手ポールを回転させることによる。 ・鉛直方向は、サーボモーターによりカメラを回転させる。この制御はWindows搭載PCの自社開発ソフトによる。
	測位機構	-	
	耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ・IP5X 	
動力	<ul style="list-style-type: none"> ・【カメラ1】:SONY製カメラ 型番 RX-0 II (DSC-RX0M2) 内蔵のバッテリー、および有線接続するWindows搭載PCのバッテリーを動力とする。 ・【カメラ2】:Microsoft製カメラ 型番 LifeCam Studio Q2F-00021 Windows搭載PCと有線接続し、そのバッテリーを動力とする。 		
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	<ul style="list-style-type: none"> ・Windows搭載PCに内蔵のバッテリーによる 		
データ収集・通信装置	設置方法	<ul style="list-style-type: none"> ・手持ち 	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	-	
	データ収集・記録機能	<ul style="list-style-type: none"> ・Windows搭載PCに内蔵のストレージに保存する。 	
	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	<ul style="list-style-type: none"> ・Windows搭載PCに内蔵のバッテリーによる 	
	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	・あいあい(寸法:縦110mm×横170mm×幅50mm)が差し込み可能であれば適用可能	-
適用可能なトンネルの最大寸法	・適用可能高さは8.0m以内	-

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 ※	有	
		【性能値】 ・未検証		・撮影距離を下記の通りとすること。 【カメラ1】 2.0m以内 【カメラ2】 0.5m以内 ・被写体に対して正対して撮影することが望ましいが、10%の精度低下が供用される場合は±25度以内とすること。
		【標準試験】 ・標準試験方法(2019) ・実施年 2024年		
		～カメラ1～ ・最小ひび割れ幅 0.1mm ・計測精度 0.085mm (0.2mm未満を対象とした検出性能) 0.076mm (0.2mm以上0.3mm未満を対象とした検出性能) 0.081mm (0.3mm以上0.5mm未満を対象とした検出性能) 0.133mm (0.5mm以上0.7mm未満を対象とした検出性能) 0.171mm (0.7mm以上1.0mm未満を対象とした検出性能) 0.562mm (1.0mm以上を対象とした検出性能)		
		～カメラ2～ ・最小ひび割れ幅 0.1mm ・計測精度 0.061mm (0.2mm未満を対象とした検出性能) 0.211mm (0.2mm以上0.3mm未満を対象とした検出性能) 0.189mm (0.3mm以上0.5mm未満を対象とした検出性能) 0.245mm (0.5mm以上0.7mm未満を対象とした検出性能) 0.345mm (0.7mm以上1.0mm未満を対象とした検出性能) 0.412mm (1.0mm以上を対象とした検出性能)		
		長さ計測精度 (長さの相対誤差)		
	位置精度			
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
【性能値】 ・未検証		暗所での撮影時は、十分な照度を確保すること。		
【標準試験】 ・標準試験方法(2019) ・実施年 2024年 ・カメラ1、2ともに、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カメラにより撮影し、Windows搭載PCに画像を保存する。(手動) ②C2finderを使用して、撮影した画像からひびわれを自動検出する。(自動) ③生成された検出結果を必要なデータ形式でダウンロードする。(手動) ④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抽出する。(手動)		
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	・テクノハイウェイ社製「C2finder ver.1.1」(市販ソフト)		
	検出可能な変状	・ひびわれ(幅および長さ)、遊離石灰		
	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の教師データは、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われ、床版ひびわれに関する写真と、技術者によるひびわれ、床版ひびわ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:ポール先端部電動雲台に搭載したデジタルカメラ 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:コンパクトデジタルカメラはISO400以下、その他はISO1600以下 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	・ひびわれ境界を特定し、ひびわれ幅および長さを算出する。 ・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 ・その他は、人が画像を確認して、変状を人力でトレース ・AIの教師データは、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。	
		画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)	・ひびわれの検出結果を、あらかじめ技術者が作成した正解データとの一緻度について、Mean Average Precision法により計算した検出精度が95%であった。 ・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	・ひびわれ:ポリライン、指定したひびわれ幅ごとに指定色で描画 ・遊離石灰:ポリゴン、指定色で塗りつぶし	
	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	・特に制限はないが、使用する情報端末の性能による。	
		カラー／白黒画像	・カラー	
画素分解能		・ひびわれ幅0.1mmを検出するためには0.3mm/Pixel以下であることが必要。		
その他留意事項		・ひびわれにチョークが重なっている場合、ひびわれが埋まっている状態は検出が困難		
出力ファイル形式	・元画像と検出結果の重畳画像:JPG ・CAD用の形状および数値情報:DXF/SXF/SVG ・ひびわれ幅ごとの総長:CSV			
調書作成支援の手順		①適応条件に記載の条件により画像データを取得を行う。 ②Webブラウザ等を利用して、画像データを検出サービスにアップロードする。 ③生成された検出結果を必要なデータ形式でダウンロードする。 ④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		・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することが望ましいが、10%の精度低下が供用される場合は±25度以内とする。 2) 画像の解像度は0.6mm/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		・現地での入力:Windows搭載PC ・点検調書データのダウンロード:OS Windows8.1以降、ブラウザ Chrome、Edge、Firefox ・テクノハイウェイ社製「C2finder」		

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	・足元や周囲の安全確認のために、2人以上での作業とすること。 ・風速5m/s以上の環境下では使用不可	-
	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	・専用ケースに収納して、手持ちにて運搬する。	専用ケースを運搬可能な移動経路を確保すること。 ・計測装置専用ハードケース: 460mm×350mm×17mm、3kg ・長手ポール専用ハードケース: 80mm×80mm×1600mm、1kg
	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	・暗所での使用時は、照明設備を併用すること	-

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)
調査技術者の技量	・使用方法の講習を1時間程度	-
必要構成人員数	・2人(ポール操作1人、解析1人)	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	-
操作場所	・作業範囲 1㎡ ・障害物がある場合は、十分な離隔をとる。特に電線が近接する場合は、留意が必要である。 ・足場が軟弱であったり突起物があったりと不安定な場合は、使用が困難である。	-
計測作業日数	-	-
点検費用	【カメラ1】 ・105,379円(計測面積が500㎡の場合・経費は除く) 【カメラ2】 ・121,134円(計測面積が500㎡の場合・経費は除く)	-
保険の有無、保障範囲、費用	-	-
時間帯(夜間作業の可否)	・照明等により明かりが確保できれば、夜間作業可能	-
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	・あいあいの進入が不可な空間については、死角となる。	-
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)	・専用ケースに収納して、手持ちにて運搬する。 ・計測装置専用ハードケース:460mm×350mm×17mm、3kg ・長手ポール専用ハードケース:80mm×80mm×1600mm、1kg	-
自動制御の有無	-	-
利用形態:リース等の入手性	販売および業務受注	販売費用 【カメラ1】 販売無し 【カメラ2】 270,000円(2024年3月時点)
関係機関への手続きの必要性	・通常の近接目視点検と同等	-
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:C2finder(テクノハイウェイ社製、TN010019-V0123) ・必要作業 :HPへの画像アップロード	-
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制あり	-
センシングデバイスの点検	-	-
その他	・撮影対象とカメラの距離は、下記の通りとすること。 【カメラ1】カメラ1: 2.0m以下 【カメラ2】カメラ2: 0.5m以下 ・上を見ながらの作業となるため、足場の不安定な現場では使用困難	-

7. 図面

あいあい機器構成

【あいあい カメラ1】



【あいあい カメラ2】



【長手ポール】



【延長ケーブル】



【Windows搭載PC】



【設置状況写真】



【使用状況写真】



1. 基本事項

技術番号	TN010038-V0024		
技術名	走行型赤外線撮影システム		
技術バージョン	ver1.0	作成:	2024年3月
開発者	株式会社保全工学研究所		
連絡先等	TEL: 03-5283-8111	E-mail: kikakueigy@hozeneng.co.jp	企画部企画営業課
現有台数・基地	-	基地	東京都千代田区
技術概要	<p>「HIVIDAS(ヒビダス)」とは、トンネルや橋梁等のコンクリート構造物に対して調査対象より離れた位置から、高解像度の赤外線熱画像(パッシブ法)と可視画像を撮影範囲に合わせて連うき/はく離/漏水等同時に同時撮影し画像処理により「うき・はく離」や「ひび割れ」等を抽出し変状展開図を作成する画像診断技術である。</p>		
技術区分	対象部位	覆工天端 その他覆工面 内装板 天井板 その他附属物 坑門	
	損傷の種類	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 欠損	
	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

計測機器の構成		<p>本技術は、現場で可動式の回転雲台に固定した赤外線カメラとデジタルカメラを同じ画角で連続的に同時撮影し、対象構造物全体の画像を取得します。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・移動式架台 ・赤外線サーモグラフィカメラ ・デジタルカメラ 	
移動装置	移動原理	【人力】：台車などに機器を積載し、移動する。/【車両型】/内燃機関を搭載した車両にて移動する。	
	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	-	
	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	<p>【デジタルカメラ】一眼レフ又はミラーレス一眼デジタルカメラを推奨。 下記に推奨するデジタルカメラの仕様を示す。 センサーサイズ:縦15.6mm×横23.5mm(APS-C以上) 焦点距離:16mm～800mm 画素数:4,000画素×3,000画素以上 ダイナミックレンジ:8bit以上</p>
		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			
		50km/hを上限とする。		-		
	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】 ○ひび割れ ・標準試験方法(2019) ・実施年 2024年 ・最小ひび割れ幅0.1mm(0.1mmのひび割れを検出可能) ・計測精度 ひび割れ幅0.1mmの場合 計測精度:0.026mm ひび割れ幅0.2mmの場合 計測精度:0.036mm ひび割れ幅0.3mmの場合 計測精度:0.112mm ひび割れ幅0.5mmの場合 計測精度:0.117mm ひび割れ幅0.7mmの場合 計測精度:0.124mm ひび割れ幅1.0mmの場合 計測精度:0.137mm ・ひび割れ幅の最小単位:0.01mm ・ひび割れ長さの最小単位:0.01mm ○劣化、表面近くの空洞 ・標準試験方法(2020) ・実施年 2024年 ・空洞厚1cm、被り1~5cm、サイズ5cm×5cm~50cm×50cm検出可		・ひび割れ ①抽出したいひび割れ幅に応じた解像度で撮影すること。 (1画素の大きさの20~200%の範囲のひび割れ幅が精度よく抽出可能 ex:0.2mmのひび割れを抽出したい場合は1.0mm/1画素で撮影) ②ひび割れが画像上で視認できる程度に明るく撮影すること。 ③ひび割れに対してきちんとピントが合うように撮影すること。 ・劣化/表面近くの空洞 日較差を確保できる温度条件で撮影すること。		
		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		<p>【ひび割れ/はく落/鉄筋露出/遊離石灰/変形/腐食/鋼材腐食】</p> <p>①撮影した可視画像を専用ソフトウェア「Kuraves-Ultimate」でレンズひずみ補正を行い、読み込む</p> <p>②撮影した可視画像を四点接合機能を用いて、特徴点を目視で確認し、画像処理で接合する。</p> <p>③撮影時に設置した既知点や対象物の寸法を基準に縮尺を設定し、あおり補正等を行い、画像を正対画像として処理する。(自動)</p> <p>④任意の範囲を指定し、その範囲内のひび割れの長さや幅を自動抽出する(変状検出アルゴリズム参照)</p> <p>⑤抽出したひび割れは5~15pix単位で線画として表示する。</p> <p>⑥抽出したひび割れを目視で確認し、誤抽出の削除、隣接ひび割れの接合を行う。(手動)</p> <p>⑦ひび割れ以外の変状は、目視にて撮影画像を確認しながらマーキングする。(手動)</p>		
ソフトウェア 情報	ソフトウェア名	Kuraves-Ultimate(ver4.4.46)		
	検出可能な変状	ひび割れ/うき/はく離/はく落/鉄筋露出/漏水/遊離石灰/変形/腐食/鋼材腐食		
	損傷検出の原理・アルゴリズム	ひびわれ	<p>ひび割れと健全部とのグレースケールの色調の違いから1画素ごとにひびわれの有無を検知する。</p> <p>・撮影条件・仕様等</p> <p>1) カメラ:デジタル一眼レフ</p> <p>2) ラップ率:30%以上</p> <p>3) ISO感度:ISO200以下(可能な限り小さく)</p> <p>4) 撮影角度:30℃以下</p> <p>5) 画質:最高(ファイン)</p> <p>6) 画質フォーマット:jpeg/tiff/bmp</p> <p>7) 注意事項: 撮影箇所の表面が濡れていないこと。 デジタルズーム機能は使用しないこと。 手振れ補正機能(ソフトウェア)は使用しないこと。</p>	
		ひびわれ幅および長さの計測方法	<p>接合画像に存在する既知点(構造物の寸法など)から縮尺を設定する。</p> <p>ひび割れ幅は、1画素のグレースケールの色調の違い(256階調)・画像の縮尺から決定する。</p> <p>ひび割れ長さは、ひび割れ画素が5~15pix以上連続する場合に、ひび割れとして線画を表示し、画像の縮尺から長さを決定する。</p>	
		ひびわれ以外	人が可視画像から変状(遊離石灰・はく落・漏水・鉄筋露出など)を目視判読し、画像上にトレースする。	
		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	jpeg/tiff/bmp
	ファイル容量		制限なし	
	カラー/白黒画像		カラー画像(RGB/8bit)	
画素分解能	<p>検出したいひび割れ幅の5倍以上の画像分解能が必要</p> <p>ひび割れ幅0.1mmを検出・幅計測するためには、0.5mm/pixel以下の画像分解能が必要</p> <p>ひび割れ幅0.2mmを検出・幅計測するためには、1.0mm/pixel以下の画像分解能が必要</p>			
その他留意事項	<p>・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難</p> <p>・ひび割れと蜘蛛の巣の見分けが困難</p>			
出力ファイル形式	<p>画像データ: bmp/jpg/tiff</p> <p>CADデータ: dxf</p> <p>ひび割れ長さ・幅データ: csv</p>			
調書作成支援の手順	<p>①上記「変状検出手順」に従い、変状検出を実施する。</p> <p>②変状検出結果をDXF・CSV形式などで出力する。</p> <p>③任意のCADソフト、表計算ソフト等で、出力したデータを読み込み、点検調書(損傷図)の所定の項目に貼り付ける。</p>			
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	<p>*現地での撮影: デジタルカメラ/サーモグラフィカメラ</p> <p>・点検調書データのダウンロード: OS Windows8.1以降、ブラウザ Chrome</p> <p>・「Kuraves-Ultimate (クラブスーアルティメイト) Ver4.4.46」(自社開発ソフト)</p>			

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	-	-
	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	特に必要なし。 一眼レフカメラ・赤外線カメラでの撮影に、ある程度の知識が必要。 初回サポート時に、操作説明を行っている。 解析はマニュアルに従い操作すると可能。 初回サポート時に操作説明を標準で行っている。	-
	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	-	トンネル延長1000m 周径20m 抽出ひび割れ幅0.2mmの場合 調査費用 外業:700,000円 内業:4,300,000円 機械経費:300,000円 合計:5,300,000円 上記に諸経費は含まない。
	保険の有無、保障範囲、費用	-	-
	時間帯(夜間作業の可否)	夜間作業可	-
	計測時の走行速度条件	50km/hを上限とする。	-
	渋滞時の計測可否	計測可能	-
	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	-	-
	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:Kuraves-Ultimate(Ver4.4.46)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	ソフトウェア利用に関する問い合わせは当社にて対応致します。	-
	センシングデバイスの点検	-	-
その他	-	-	

7. 図面

1. 基本事項

技術番号	TN010039-V0025		
技術名	デジタル画像とAIを用いたトンネル点検サポートシステム		
技術バージョン	Ver.1.2.0	作成:	2025年3月
開発者	株式会社 ニコン・トリンプル		
連絡先等	TEL: (03)3737-9411	E-mail: gs-info@nikon-trimble.co.jp	ジオスペーシャル事業部マーケティング部マーケティング課
現有台数・基地	無制限(ソフトウェア)	基地	—

本技術は、トンネル覆工等コンクリート構造物を撮影したデジタル画像を用い、AIと画像処理技術によりひび割れ、はく落・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の変状を自動で検出するものである。
ひび割れの幅と長さ、はく落・鉄筋露出、漏水・遊離石灰の面積を自動で計測することができ、これらの変状情報を画像データ、DXFデータ、Excelデータとして出力できる技術である。

高精度な解析結果を得るためにはデジタル一眼カメラの使用を推奨するが、ひび割れが検出可能な画素分解能が得られ、画像にブレ・ボケが無いなどの条件を満たせば、ドローンや車載カメラで撮影されたデジタル画像を解析に使用することも可能。

画素分解能については、例えばひび割れ幅0.2[mm]を解析したい場合は、0.5[mm/Pixel]前後の画素分解能で撮影を行う。横方向4000画素のカメラを使用する場合は2[m]幅、横方向8000画素のカメラを使用する場合は4[m]幅を撮影されていることが目安となる。

また、高ISO感度で撮影すると、微細なひび割れが識別可能な画像として残らなくなってしまう可能性があるため、ブレ抑止のために高速シャッターを使用することと引き換えに、ISO感度を際限なく上げることは良くない。
検出対象とするひび割れ幅を想定し、使用予定機材に必要な画素分解能を得ることの他に、許容可能なISO感度の上限を事前検証で把握しておくことを推奨する(当社実験条件下では、Nikon Z7 を使用した場合、ISO感度の許容上限は1000とした)。



技術区分	対象部位	その他(コンクリート覆工面)
	損傷の種類	ひび割れ その他(はく落・鉄筋露出、漏水・遊離石灰)
	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デジタル画像から、AIと画像処理技術を使用して、コンクリート表面に発生するひび割れ、漏水・遊離石灰、はく落・鉄筋露出の変状の自動検出と計測を行う解析支援ソフトウェアであるため、計測機器は持たない。	
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	下記仕様を満たすデジタル一眼カメラを推奨 ・センサーサイズ:APS-C以上 ・焦点距離:24mm~300mm 例 ・ニコン製デジタルカメラ:Z 7 II (センサーサイズ:35.9×23.9mm、画素数:8256×5504ピクセル) ・ニコン製レンズ:NIKKOR Z 24-120mm f/4 S, NIKKOR Z 70-200mm f/2.8 VR S など ひび割れ解析に必要な画素分解能を確保できれば、ドローン搭載カメラなどの適用も可能。
		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

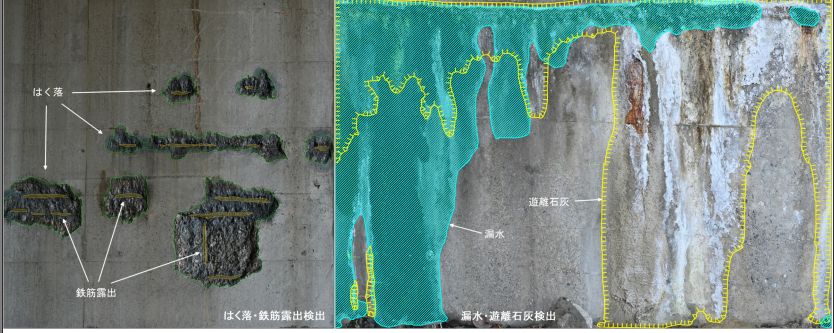
項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	—	—
適用可能なトンネルの最大寸法	—	—

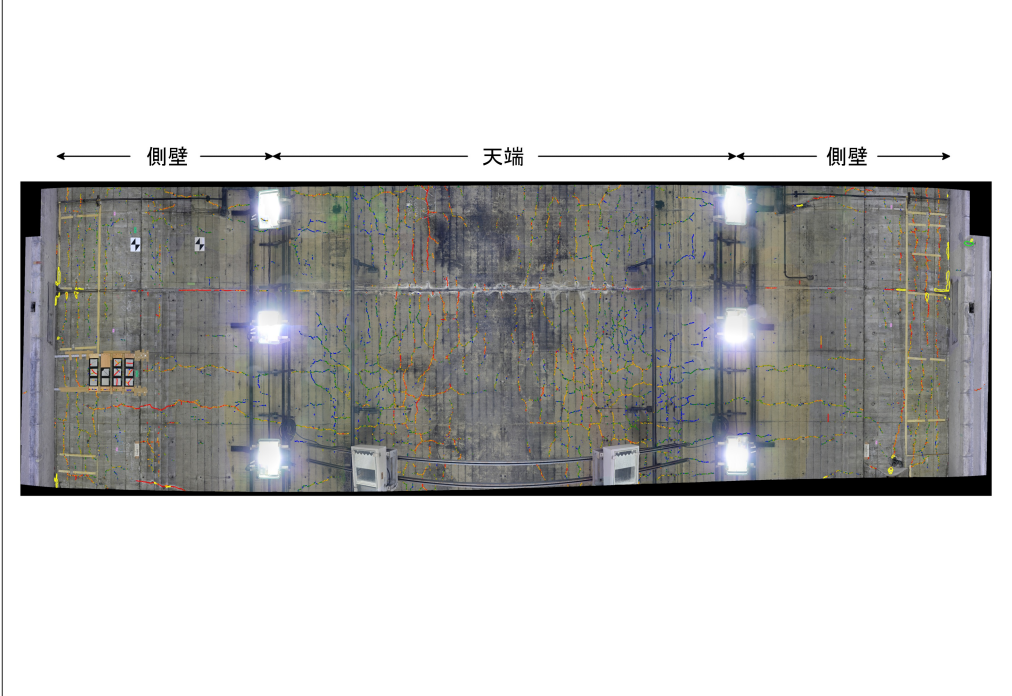
4. 計測性能

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 ※	有																								
		【性能値】 最小計測ひび割れ幅(画素分解能 0.25[mm/pixel]で撮影したとき): 0.05[mm] ひび割れ幅計測精度(ひび割れ幅 0.05~1.1[mm]のときの誤差の3σ):0.112[mm]		・ひび割れ計測に必要な画素分解能で撮影された画像であること 例: 0.2[mm]のひび割れを検出対象とするとき、0.5[mm/pixel]の画素分解能で撮影されていること ・撮影画像にブレ/ボケがないこと ・極力正対して撮影されていること(あおり角30度以内) ・白とび、黒つぶれによりひび割れの詳細形状が失われていないこと ・高ISO感度撮影によりひび割れの詳細形状が失われていないこと ・LED照明下で撮影されていること(Na灯下では検出性能がLEDに対して劣る可能性がある)																							
		【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2025年																									
		最小計測ひび割れ幅(画素分解能 0.5[mm/pixel]で撮影したとき): 0.1[mm] ひび割れ幅計測精度E(ひび割れ幅 0.1~1.0[mm]のとき):0.096[mm] ひび割れ幅計測精度E(ひび割れ幅 1.0~4.0[mm]のとき):0.174[mm]																									
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】 なし		・計測面に対して極力正対して撮影されていること(あおり角30度以内) ・画像結合が行えるよう、画像間の重なり(ラップ率)が50%以上で撮影されていること																								
	【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2025年																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>指標</th> <th>AB</th> <th>CD</th> <th>AC</th> <th>BD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>距離[m]</td> <td>真値 1.368</td> <td>1.379</td> <td>8.770</td> <td>8.751</td> </tr> <tr> <td></td> <td>計測値 1.365</td> <td>1.373</td> <td>8.743</td> <td>8.722</td> </tr> <tr> <td>誤差[m]</td> <td>0.003</td> <td>0.006</td> <td>0.027</td> <td>0.029</td> </tr> <tr> <td>誤差[%]</td> <td>0.22%</td> <td>0.44%</td> <td>0.31%</td> <td>0.33%</td> </tr> </tbody> </table> 進行方向平均誤差(AC, BD):0.32% 周方向平均誤差(AB, CD):0.33%			指標	AB	CD	AC	BD	距離[m]	真値 1.368	1.379	8.770	8.751		計測値 1.365	1.373	8.743	8.722	誤差[m]	0.003	0.006	0.027	0.029	誤差[%]	0.22%	0.44%	0.31%
指標	AB	CD		AC	BD																						
距離[m]	真値 1.368	1.379	8.770	8.751																							
	計測値 1.365	1.373	8.743	8.722																							
誤差[m]	0.003	0.006	0.027	0.029																							
誤差[%]	0.22%	0.44%	0.31%	0.33%																							
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																									
	【性能値】 フルカラー識別可能		・カラー撮影が行われていること ・適正露出で撮影されていること																								
【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2025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

<p>変状検出手順</p>		<p>①撮影画像をアプリケーションへ取り込み、画像を自動結合する ※外部アプリケーションで結合された、結合済みの1枚画像を取り込んで解析することも可能 ②結合画像及び変状トレース画像を貼付する為の図面データを読み込む ③結合画像に対してひび割れと漏水・遊離石灰、はく落・鉄筋露出の変状を自動検出し、手順②の画像に重ね描きする ④自動検出結果の手直し(結合、変形、追加、削除)、及び上記以外の変状を手動で追加する ⑤変状図、DXFデータ、変状の数量表の出力を行う</p>
	<p>ソフトウェア名</p>	<p>SightFusion for Desktop</p>
	<p>検出可能な変状</p>	<p>・ひび割れ ・漏水 ・遊離石灰 ・はく落 ・鉄筋露出</p>
<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による変状検出モデルを作成し、変状箇所を撮影したデジタル画像を入力すると、変状箇所に反応した解析結果画像が出力される ・変状解析は入力画像の1画素ごとに行われ、画素ごとの信頼値(所望の変状を検出したことの確からしさ)を基に最終的な変状形状を確定する ・AI教師データは、トンネル、ボックスカルバート、橋梁等のコンクリート構造物表面の変状に対して正解データを付与し、学習している</p>
	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>ひび割れ幅、長さ計測の基準は、UIによりユーザーが入力する画素分解能に依存する(解析画像上の既知の2点をクリックし、その長さを入力することで画素分解能[m/pixel]が計算される)。 【幅の計測】AIが検出したひび割れ箇所を基に、解析画像の輝度情報を参照してひび割れ幅を計算する 【長さの計測】ひび割れを構成する画素に、画素分解能を乗ずることで計算する</p>
	<p>ひびわれ以外</p>	<p>・AI(畳み込みニューラルネットワーク)による変状検出モデルを作成し、変状箇所を撮影したデジタル画像を入力すると、変状箇所に反応した解析結果画像が出力される ・変状解析は入力画像の1画素ごとに行われ、画素ごとの信頼値(所望の変状を検出したことの確からしさ)を基に最終的な変状形状を確定する ・AI教師データは、トンネル、ボックスカルバート、橋梁等のコンクリート構造物表面の変状に対して正解データを付与し、学習している</p>
	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>【ひび割れ】再現率92%、適合率91%、ダイスコア91% 【はく落】 再現率85%、適合率84%、ダイスコア85% 【鉄筋露出】再現率85%、適合率85%、ダイスコア85% 【漏水】 再現率96%、適合率92%、ダイスコア94% 【遊離石灰】再現率94%、適合率93%、ダイスコア93% 再現率=正しく検出した変状の個数/真の変状の個数 適合率=正しく検出した変状の個数/検出した変状の個数 ダイスコア=再現率と適合率の調和平均 何れも、学習に使用していない画像を使い、当社が作成した正解データに基づき評価した結果</p>
	<p>変状の描画方法</p>	<p>【ひび割れ】ポリライン 【ひび割れ以外】ポリゴン</p> 
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>【画像結合をアプリケーション内で行って解析する場合】 JPG(画像結合時に参照するため、Exif情報が残っていること) 【外部アプリケーションで結合した画像を解析する場合】 JPG、PNG、TIFF(TIFFはマルチページTIFFや、ラージTIFFなどの拡張フォーマットは除く)</p>
	<p>ファイル容量</p>	<p>結合済み1枚画像を解析する場合、10GPixel以下</p>
	<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー</p>
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ひび割れ幅0.2[mm]を解析したい場合、0.5[mm/Pixel]で撮影が行われていること。 (高ISO感度の場合、画素分解能が確保されていても微細なひび割れ形状が消失する場合がありますため、予め使用機材の特性を調べておくことを推奨)</p> <p>画素分解能</p>

		<p>その他留意事項</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ひび割れにチョークが重なっている場合、ひび割れの検出性能、幅計測の精度が劣化する可能性がある ・入力画像を人が見た時に、変状の識別が難しいもの(汚れ、ブレ、ボケ、低解像度画像)は検出精度が劣化する可能性がある ・撮影した画像間に重なり領域が不足する場合、画像結合が行えない可能性がある ・トンネル内照明がNa灯(3000K以下)である場合、LED灯に比べて変状検出性能が劣る可能性がある ・AI解析にNVIDIA社製GPUボードが必要
<p>出力ファイル形式</p>	<p>【変状図】JPG、PNG 【解析画像】JPG、PNG 【CAD】DXF 【数量表】xlsx</p>	
<p>調書作成支援の手順</p>	<p>・適用可能な画像および撮影条件は、上記『ソフトウェア情報』の『変状検出の原理・アルゴリズム』を参照 ・アプリケーションのライセンス認証のために、インターネット接続が必要</p>	
<p>調書作成支援の適用条件</p>	<p>・適用可能な画像および撮影条件は、上記『ソフトウェア情報』の『変状検出の原理・アルゴリズム』を参照</p>	
<p>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</p>	<p>・SightFusion for Desktop Ver1.2.0 ・Windows10 / 11 (Corei7、メモリ32GB以上を推奨) ・NVIDIA製GPUボード (RTX2070, 3070, 4070 相当以上、メモリ8GB以上が必要)、CUDA 11.3</p>	

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	—	・トンネル内壁を撮影する場合、撮影枚数が相当数になることが予想され、解析に長く時間を要したりメモリ不足に起因してアプリケーションが応答しなくなることが懸念されるため、撮影枚数は1000枚程度を上限にプロジェクトを分けて解析することを推奨する ・トンネルがカーブしている場合、適切な画像結合が実行できない可能性があるため、直線と見なせる短いスパンごとに区切って解析を行うか、外部アプリケーションにより生成されたオルソ画像を取り込んで解析することを推奨する
	車線数の制約	—	—
	断面形状の制約	—	・一様な円筒(トンネル断面の中心から、トンネル壁面までの距離が一定)であること 楕円形状や、部分的に平面であるなど、曲率が異なる複数の面で内壁が構成されている場合、適切な結合画像が得られない可能性がある
その他	—	・トンネル内照明がNa灯(3000K以下)である場合、LED灯に比べて損傷の検出性能が劣る可能性がある	

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	—	・所望の画素分解能で、ブレなくボケなく適正露出で、必要なラップ率を保持しながら撮影を行うために、デジタル一眼カメラを扱える技量が必要 (入力画像次第で解析結果が変わる)
	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	—	—
	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	—	—
	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	【解析ソフトウェア】SightFusion for Desktop Ver.1.2.0 【費用】ソフトウェア サブスクリプションライセンス費用(税別): 1か月:150,000円 3か月:390,000円 6か月:540,000円 12か月:960,000円	—
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	当社営業時間内、およびサブスクリプション契約期間内での問い合わせ対応とサポート	—
センシングデバイスの点検	—	—	
その他	【気象条件】トンネル入り口付近では、カメラとトンネル壁面との間に雨や雪が写り込まないこと(雨雪がトンネル壁面の結像を不明瞭にしまうため) 【作業条件】なし	—	

7. 図面

1. 基本事項

技術番号	TN010040-V0025		
技術名	ドローンを活用したトンネルの状態把握と点検調書作成の支援技術(ドローンエーモン)		
技術バージョン	Ver.01	作成:	2025年3月
開発者	ディプロ・テック株式会社, 有限会社伊藤建設, 株式会社CSC, 株式会社シアスタ		
連絡先等	TEL: 022-349-8232 0854-52-1689 082-208-3500 095-861-2668	E-mail: info@deplo-tech.co.jp ik-creative.power@deluxe.ocn.ne.jp newtech@csc-pa.co.jp contact@c-aster.co.jp	ディプロ・テック(株) 伊藤建設(株) CSC(株) シアスタ(株)
現有台数・基地	3台	基地	宮城県仙台市 島根県奥出雲町 広島県広島市

本技術は、ドローンと搭載カメラで記録した画像データを利用して、トンネル坑門や内空の写真と変状展開図等を作成することで、点検作業を支援する。
坑門工は全景とブロックで撮影し、トンネル内は車両等にドローンを積載して3次元画像計測を行う。データ処理後、オルソ画像、3Dモデルを作成し、AIによるひび割れ抽出結果と併せて、状態把握に活用する。うきなども赤外線カメラで把握が可能である。

覆工アーチ部 計測状況

左側断面



M300RTK+ZenmuseP1



右側断面





一眼レフカメラ
【ひび割れ計測】



赤外線カメラ
【うき・はく離計測】



補完：動画カメラ
【路面状況】

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 はく落防止対策工 漏水対策工 その他補修箇所 路肩及び路面 監査歩廊 坑門
	損傷の種類	ひび割れ うき はく離 その他(漏水等による変状, 補修・補強材の変形)
	物理原理	技術が採用する 画像 技術が採用する 動画 技術が採用する 赤外線

2. 基本諸元

計測機器の構成		・ドローン:Matrice300RTK(810×670×430), 搭載用カメラ:ZenmuseP1・ZenmuseH20T, 補完撮影用の広角カメラ:Insta360 Ace Pro(71.9×52.1×38.5)	
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:トンネル内空 【人力】 ・作業者によるカメラ撮影: 監査路・路肩・路面 【飛行型】 ・ドローンによる自律航行:トンネル坑口	
	外形寸法・重量	・分離構造 軽トラック:最大外形寸法(3400×1400×2000 mm), 重量(350 kg)	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	・分離構造 ①機器用台座:最大外形寸法(798×798×1190※ mm), 重量(43.5 kg)※高さ:最低時 ②計測機器 :②ドローン:最大外形寸法(810×670×430 mm), 重量(6.3 kg) ③搭載カメラ:最大外形寸法(198×166×129 mm), 重量(800 g)	
	動力	・車両型:軽トラック(内燃機関式, ガソリン, 660cc)※トンネル寸法・条件で普通トラック等に変更 ・飛行型:Matrice300RTK(電気式, 蓄電池, 5935 mAh), 蓄電池の充電用電源が必要	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・飛行型:55分(外気温:22~30℃の場合)	
計測装置	設置方法	【分離構造】 ・車両型:軽トラックの荷台に設置した台座に計測装置(装置本体:ドローン・搭載カメラ)を固定, カメラは装置本体上部にアタッチメントで取付 ・飛行型:移動装置(ドローン)の下部又は上部にアタッチメントでカメラを取付	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	【分離構造】 計測装置:(1)装置本体 <Matrice300RTK> (2)搭載カメラ <ZenmuseP1・ZenmuseH20T> (1)装置本体 :Matrice300RTK(810×670×430), 最大重量(6.3 kg) (2)搭載カメラ:①ZenmuseP1 <最大外形寸法(198×166×129 mm), 最大重量(800g)> ②Zenmuse H20T <最大外形寸法(167×135×161 mm), 最大重量(829g)>	
	センシングデバイス	カメラ	①Zenmuse P1 <35.9×24 mm, 有効画素数:45 MP, 絞り範囲:F2.8~F16, 焦点距離35 mm ※24・50mmに換装可> ②Zenmuse H20T ⑦ズーム <7.5×5.7mm・有効画素数:20 MP, 絞り範囲:F2.8~F11, 焦点距離:6.83~119.94 mm> ④広角 <6.2×4.6mm・有効画素数:12 MP, 絞り範囲:F2.8, 焦点距離:4.5mm> ⑤赤外線 <非冷却VOxマイクロボロメータ, 絞り範囲:F1.0, 焦点距離:5 m~∞, 画素ピッチ:12 μm>
		パン・チルト機構	①Zenmuse P1 <パン:±320°, チルト:-130~+40°, ロール:-55~+55°,> ②Zenmuse H20T <パン:±330°, チルト:-132.5~+42.5°, ロール:-90~+60°>
		角度記録・制御機構 機能	・有
		測位機構	・GPS・RTK ※トンネル坑内では使用しない
	耐久性	①Zenmuse P1:IP4X ②Zenmuse H20T:IP44	
	動力	・装置本体搭載蓄電池から供給	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・55分(移動装置と連動)		
データ収集・通信装置	設置方法	・カメラのカードスロットにSDカード(①Zenmuse P1), microSDカード(②ZenmuseH20T)等を挿入	
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	①Zenmuse P1用:SDカード <W24×H32×D2.1> ②ZenmuseH20T用:microSDカード <W15×H11×D1>	
	データ収集・記録機能	①Zenmuse P1:SDカード ②ZenmuseH20T:microSDカード	
	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	・蓄電池(移動装置と連動)	
	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	・内空幅3.0m程度	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラと撮影対象との離隔を約2.0m～3.4m確保可能なこと。 ・トンネル規模などに応じて計測装置の移動手段を軽トラックから手押し台車等に変更する。
適用可能なトンネルの最大寸法	・内空高10m程度	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラと撮影対象との離隔を3.4m以下とすること。 ・内空高が6mを上回る場合は、移動手段を軽トラックから普通トラック(2トン車)等への変更を検討。 ・トンネル区間内で内空幅が拡大する等の場合は、形状の変化に合わせて追加計測が必要となる。

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 ※ -	-
	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 0.1mm >計測精度 ひび割れ幅(mm) 計測精度(mm) 0.1 0.1 0.2 0.1 0.3 0.1 2.0 0.5 ・検出率 82% , ヒット率 83% 【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年 2025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 ・計測精度 E= 0.26 [ひび割れ幅:0.1~1.0mm] 【ひび割れ幅別の計測精度(mm)】 ひび割れ幅 計測精度 0.1 0.12 0.2 0.09 0.3 0.23 0.5 0.20 0.7 0.06 1.0 0.56 > ひび割れの検出手順 ・「5画像処理・調書作成新/画像性能」の”変状検出手順”による	□ 試験時の条件 【走行速度】 ・停止 【撮影条件】 ・使用カメラ:ZemuseP1 <35mm, オートフォーカス, フルサイズセンサー> ・気温:6.0~7.9℃ ・被写体距離:2.27~2.71m ・照度:64.1~67.9 lx ・露出時間:1/5000秒
	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 2025年 > 測定部位 ① O-A :真値2.821m, 測定値2.834m : 相対誤差0.46% ② O-B :真値2.844m, 測定値2.855m : 相対誤差0.39% ③ A-B :真値1.516m, 測定値1.533m : 相対誤差1.12% ・長さ計測精度(%) 全平均 0.66 (進行方向0.43, 周方向1.12)	□ 試験時の条件 【走行速度】 ・停止 【撮影条件】 ・使用カメラ:ZemuseP1 <35mm, オートフォーカス, フルサイズセンサー> ・気温:6.0~7.9℃ ・被写体距離:2.27~2.71m ・照度:64.1~67.9 lx ・露出時間:1/5000秒
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 2025年 > 測定部位 ・計測結果 [進行方向(x)] ①O-A:真値2.731m, 測定値2.740m : 相対誤差0.33% ②O-B:真値2.736m, 測定値2.738m : 相対誤差0.07% [周方向(y)] ①O-A:真値0.707m, 測定値0.725m : 相対誤差2.55% ②O-B:真値0.775m, 測定値0.808m : 相対誤差4.26% ・位置精度 誤差率 1.80%, 精度<進行方向13.5mm, 周方向17.5mm>	□ 試験時の条件 【走行速度】 ・停止 【撮影条件】 ・使用カメラ:ZemuseP1 <35mm, オートフォーカス, フルサイズセンサー> ・気温:6.0~7.9℃ ・被写体距離:2.27~2.71m ・照度:64.1~67.9 lx ・露出時間:1/5000秒	

色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
	【性能値】 ・使用カメラ:ZenmuseP1, ZenmuseH20T ・フルカラーチャート識別可能 【標準試験値】 標準試験方法 (2019) 実施年 2025年 ・使用カメラ:ZenmuseP1, ZenmuseH20T ・フルカラーチャート識別可能		<input type="checkbox"/> 試験時の条件 【走行速度】停止 【照度】536.6lx 【覆工面の状況】良好【天候】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

<p>変状検出手順</p>	<p>I 手順</p> <p>1) 取得画像の処理</p> <ul style="list-style-type: none"> 覆工アーチ部の画像データをsfm処理し、三次元点群画像と平面展開したオルソ画像を生成。 坑門部の画像データを専用ソフトで処理し、グリッド画像を生成。 赤外線カメラにより画像データを専用ソフトで処理し、赤外線画像を生成。 路面の画像データについて、処理ソフトを使用して路面の平面展開図を生成。 重点確認箇所(経過観察中の箇所、確認が必要な箇所、対策済み箇所・周辺部、打継ぎ目など)は、変状に応じて箇所毎に画像処理を実施。 <p>2) 変状の検出</p> <p>【ひび割れ】</p> <ol style="list-style-type: none"> 上記1)の処理画像を、システムからサーバへアップロード(手動)。 ①の画像について、ひび割れ自動検出(自動)。 ひび割れを検出した画像を自動合成機能で合成(自動)。 <自動合成できなかった場合> ひび割れ検出画像を手動で並べて合成(手動)。 合成した画像からひび割れ幅・長さを自動計測(自動)。 検出されたひび割れ結果を確認し、必要に応じて、⑦途切れて検出されたひび割れの端点同士を接続(手動)、⑧誤検出しているひび割れを削除(手動)、⑨ひび割れ以外のその他変状の記入(手動)、⑩ひび割れ長さに応じたフィルタリング(自動)を実施。 生成したひび割れ検出データから損傷数量一覧表(csvファイル)、損傷図(dxfファイル)を出力(自動)。 <p>【うき・はく離】</p> <ol style="list-style-type: none"> 上記1)の赤外線画像を目視で確認し、うき・はく離の発生の有無、範囲などを特定(手動)。 <p>II 解析作業日数</p> <p>【トンネル条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> 延長260m ひび割れ密度 0.3m/m² 2車線断面 <p>【作業日数】</p> <ul style="list-style-type: none"> 画像作成(画像出力・画像接合):3日 変状部抽出(CAD化・数量算出, 赤外線):2日 			
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>【ひび割れ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ひび割れ診断支援システム「ひび探」 <p>【うき・はく離】</p> <ul style="list-style-type: none"> 赤外線画像分析: DJI Thermal Analysis Tool 		
	<p>検出可能な変状</p>	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れ うき, はく離 		
	<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<ul style="list-style-type: none"> 多層の畳み込みニューラルネットワークによる教師あり学習 教師データは、コンクリート橋梁(RC床版橋, RCT桁橋の下部構造(橋脚, 橋台), 上部構造(主桁, 床版))におけるひび割れを含む写真に対し、ひび割れに該当する画素に正解情報を付与したデータを使用(約180橋)。 撮影条件・仕様等 <ol style="list-style-type: none"> カメラ: デジタル一眼レフ 撮影設定: 絞り優先設定 ISO感度: ISO100~3200 ラップ率: オーバーラップ70%・サイドラップ 70%以上 画質: 最高(ファイン) 画質フォーマット: JPEG 注意事項: デジタルズーム機能は使用しないこと コンクリート部分とひび割れ部の画素ごとの輝度の違いからひび割れを特定することで自動検出(ひび割れのみ, その他は手動検出) 	
	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> 幅: 畳み込みニューラルネットワークによって学習されたAIによる自動検出。 長さ: 検出されたひび割れの起終点をソフトで自動検出し、ひび割れの起点-終点間の直線距離もしくは曲線距離(ソフトで選択可能)を計測する。 距離は撮影解像度の 0.3mm/pixelとして算出する。 	
	<p>ひびわれ以外</p>	<p>【うき・はく離】</p>	<ul style="list-style-type: none"> 赤外線カメラで撮影した変状箇所の画像について、健全部と変状の生じている部分の表面温度の違いを技術者が確認し、うき・はく離等の有無・範囲などを判断。 	
	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れの検出: 検出したひび割れの総延長の再現率85%以上※(当社取得の学習に用いていない教師データを用いて評価) ※ 総延長の再現率=正しく検出したひび割れの総延長/真のひび割れの総延長 	
	<p>変状の描画方法</p>	<p>変状の描画方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れ: ポリライン はく離, 鉄筋露出, 遊離石灰, 漏水, 腐食: ポリゴン 	
<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<ul style="list-style-type: none"> JPEG形式 		
<p>ファイル容量</p>	<p>ファイル容量</p>	<ul style="list-style-type: none"> 150MB/枚 		
<p>カラー/白黒画像</p>	<p>カラー/白黒画像</p>	<ul style="list-style-type: none"> カラー 		
<p>画素分解能</p>	<p>画素分解能</p>	<p>【ひび割れ】</p> <ul style="list-style-type: none"> ひび割れ幅0.1mm以上の検出と幅計測の為に、0.3mm/pixelの解像度であることが必要。 検出可能なひび割れ幅の最小値は0.1mm。 		
<p>その他留意事項</p>	<p>その他留意事項</p>	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難。 0.3mm/pixel以外の解像度では幅計測が困難。 写真を目視してひび割れが視認出来ないひび割れは検出不可。 		

	出力ファイル形式	<ul style="list-style-type: none"> ・画像:JPEG, PNG ・CAD:DXF ・ひび割れ数量積算表:CSV
調書作成支援の手順		<ol style="list-style-type: none"> ① 対象施設における取得データについて、実施日、対象部位、種類などの属性毎に整理・分類。 ② ①のうち、覆工アーチの画像データから2次元展開画像(オルソ画像)を作成。並行して、AIによるひび割れ検出と赤外線画像によるうき・はく離の把握、路面状態の確認と展開図作成、坑門の状態と変状確認など、点検部位毎の現況情報について、取得・整理の作業を実施。 ③ ②で作成した2次元展開画像上に部位毎の情報(位置、変状の状態)を旗揚げして登録。 ④ ③を基にして、調書作成に必要な前段階の「変状写真台帳用ラベリング、登録情報のリスト化」を実施。 ⑤ ③・④を利用し、様式に沿って、変状展開図や写真などの変状発生状況を取りまとめるなどし、調書を作成。
調書作成支援の適用条件		<ul style="list-style-type: none"> ・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		<p>【使用PC】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Windows10以降 Excelベースで作成の様式、写真等データ処理システム(自社開発) <p>【クラウドサービス提供の有無】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・交通規制に必要な伴うバリケードと「注意喚起の看板」を設置 ・交通整理員を配置し、作業者の安全と円滑な交通を確保 <p style="text-align: center;">計測作業時の交通規制（片側交互通行）</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>	
	無線等使用における混線等対策	・電波状態を確認し、影響がある場合は周波数を変更して対応	—
	交通規制の要否	・要	—
	交通規制の範囲	・片側車線	—
	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	・内空高6m程度	—
その他	<p>【汚れ、すす等がある場合の作業の可否】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・すす汚れがある場合は、ひび割れ検出精度が低下 <p>【坑口部の作業環境】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート壁面に苔や草木類があると、ひび割れの検出精度が低下 ・飛行に支障となる樹木等は、刈払や伐木等が必要 	—	

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)
調査技術者の技量	・ドローン空撮経験者, 映像デバイスに関連する業務経験者, パソコン(ハード/ソフト)の情報処理能力, 土木作業経験者	—
必要構成人員数	・ドローン操縦者1名, 撮影者1名, 現場管理者1名, 補助者(照明装置移動, 補完撮影)2名	—
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・ドローン操縦技能 ①二等無人航空機操縦士 ②JUIDA操縦技能証明書保有:フライト時間1000時間以上	・ 第三者賠償責任保険
操作場所	<飛行を伴う点検: 坑口部等> ・ 飛行する機体と撮影対象物の目視確認が可能な場所 ・ 片側車線の交通規制が必要 <トンネル坑内> ・ 交通規制区間内	—
計測作業日数	・ 延長260m:3日(業務実績)	—
点検費用	【参考:トンネル点検実績】 ① 点検条件:2車線在来工法トンネル, 延長260m(歩道無, 検査路両側有), 全面交通止め作業 ② 点検日数:3日, 点検者人数4名 ③ 受注額:3,200千円 <内訳> 外業(現地踏査, 定期点検, 機材損料, 交通整理) 1,800千円 内業(AI解析整理, オルソモザイク画像作成, 損傷図, 報告書) 1,400千円	・トンネル毎に点検内容や成果品に応じた費用見積を実施 ・事前の現地確認
保険の有無、保障範囲、費用	・ 保険有り	—
時間帯(夜間作業の可否)	・ 制限なし:作業時は照明設備を持ち込むため夜間でも可	—
計測時の走行速度条件	・ 特になし	—
渋滞時の計測可否	・ 可:交通規制区間内での実施のため, 渋滞に関係しない	—
設備等による死角条件	・ ジェットファン, 照明等の附属物背面は撮影不可	—
車両から覆工表面までの距離条件	・ 車両の荷台等に設置した計測装置から3.4m以内	—
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)	・ 有:(点検対象の規模により②~③は変更する場合がある) ① 計測装置(810×670×430, 最大重量 6.3 kg) ② 設置用台座(天板:745×435, 本体:798×798 ×1190~3780 <高さ調整可能>, 重量43.5kg) ③ 移動・運搬:軽トラック等	—
自動制御の有無	・ 有:坑口部等外部の使用環境下で自律飛行が可能な場合	—
利用形態:リース等の入手性	・ なし	—
関係機関への手続きの必要性	・ 交通規制を伴うため, 道路管理者・公安委員会と要協議 ・ 飛行を伴う場合は, 航空局へ許可・承認手続きが必要	—
解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・ ひび割れ: 診断支援システム「ひび探」, 費用は対象写真の枚数で変化 ・ フォトグラメトリ, サーモグラフィ: 所有汎用ソフトで対応	—
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	・ 計測前には試験撮影を行い, センサーとカメラ, 取得データの状況を確認 ・ 飛行を伴う場合は必ず機体等のフライトチェックを実施	—
その他	> 坑口部点検時 【気象条件】 ・ 風速10m以上の強風, 降雨, 荒天, 夜間時 【作業条件】 ・ 飛行・撮影に影響する草木等は刈払いが必要	—

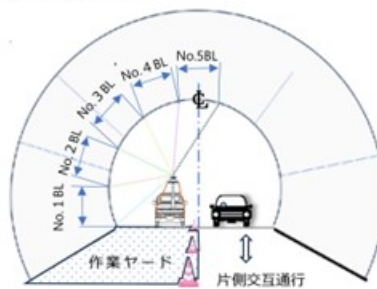
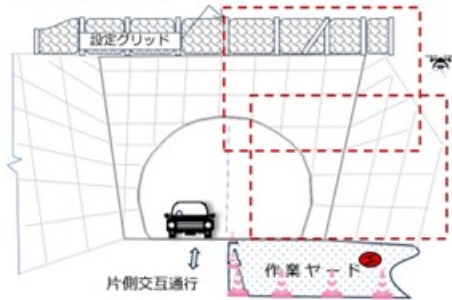
7. 図面

1 技術概要

現場作業イメージ

坑門：飛行型

覆工：車両型



計測機器設置・作業状況事例

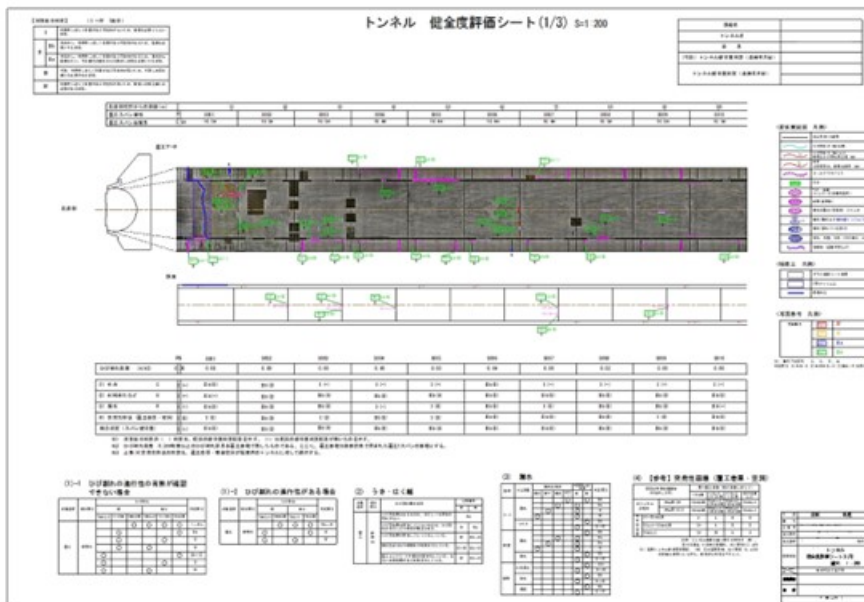
手段	使用機材	撮影方法
坑門 飛行	M300RTK+ZenmuseH20T	写真/グリッド撮影
覆工 積載 (固定)	M300RTK+Zenmuse P 1	写真
	M300RTK+ZenmuseH20T	赤外線
付属物	M300RTK+Zenmuse P 1	写真・動画

UAV	搭載カメラ
Matrice300RTK	Zenmuse P1 レンズ交換式フルサイズセンサー
	Zenmuse H20T ズーム・広角・サーマル



2 実施事例

1) オルソ画像を活用したトンネル全体変状展開図



2) 変状写真台帳への活用

□ AIによるひび割れ抽出結果

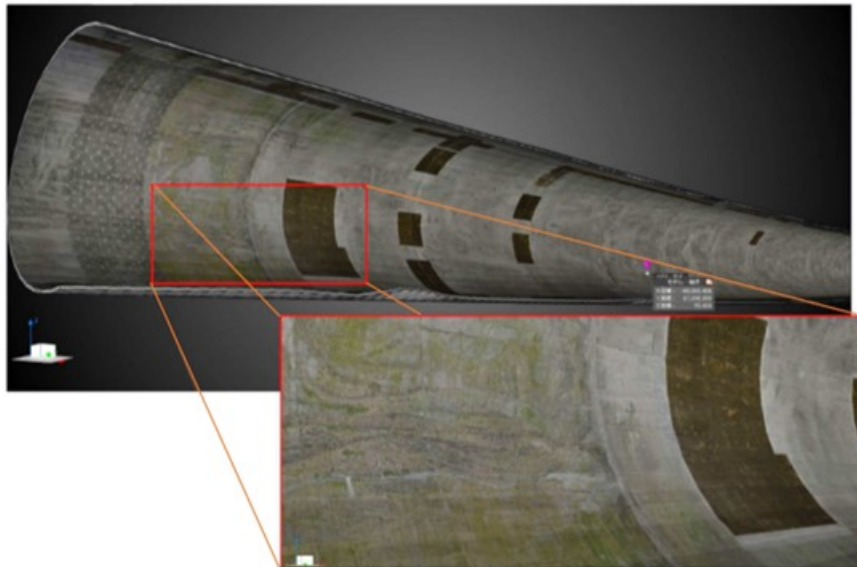
■点検結果調査 変状写真台帳【様式D-1】

フリガナ	路線名	区	点検業者・点検番号	点検年月日
名称	管理番号		調査番号・調査許可番号	
写真番号	S24		S24	
変状番号	5		6	
対象箇所	舗装		舗装	
部位	左アーク		左アーク	
区分	併力		併力	
変状種類	Dひ割れ		Dひ割れ	
種別	点検・調査後	並b	点検・調査後	並b
種別	種別	種別	種別	種別
変状の発生範囲の幅	W0.3mm L2.3m	起によるひび割れ種別	変状の発生範囲の幅	W0.3mm L2.0m
変状の発生範囲の長さ	W0.3mm L2.3m		変状の発生範囲の長さ	W0.3mm L2.5m
調査(方針)	なし	調査(方針)	なし	調査(方針)
調査(方針)	なし	調査(方針)	なし	調査(方針)
備考	併力方向のDひ割れW0.3mm L2.3m 進行側。		備考	併力方向のDひ割れW0.3mm L2.0m 進行側。
備考			備考	
写真番号	S24		S24	
変状番号	7		8	
対象箇所	踏面		踏面	
部位	併力		併力	
区分	併力		併力	
変状種類	Dひ割れ		Dひ割れ	
種別	点検・調査後	並1	点検・調査後	並1
種別	種別	種別	種別	種別
変状の発生範囲の幅	W0.4mm L0.3m		変状の発生範囲の幅	W0.4mm L0.3m
変状の発生範囲の長さ	W0.4mm L0.3m		変状の発生範囲の長さ	W0.4mm L0.3m
調査(方針)	なし	調査(方針)	なし	調査(方針)
調査(方針)	なし	調査(方針)	なし	調査(方針)
備考	緑石部のDひ割れW0.4mm L0.3m		備考	緑石部のDひ割れW0.4mm L0.3m
備考			備考	

※ いたる箇所、確認しを撮影した場合は、実測図の写真を添付すること。
 ※ 附属物の取付状態に関する写真写真は別途、任意の形式で添付すること。
 ※ 必要写真を撮影した場合は、その実測図及び分かる写真を添付すること。
 ※ 変状の発生範囲の幅または、距離(進行)に参考となる変状の長さや距離は、

3) トンネル3Dオルソモザイク画像作成

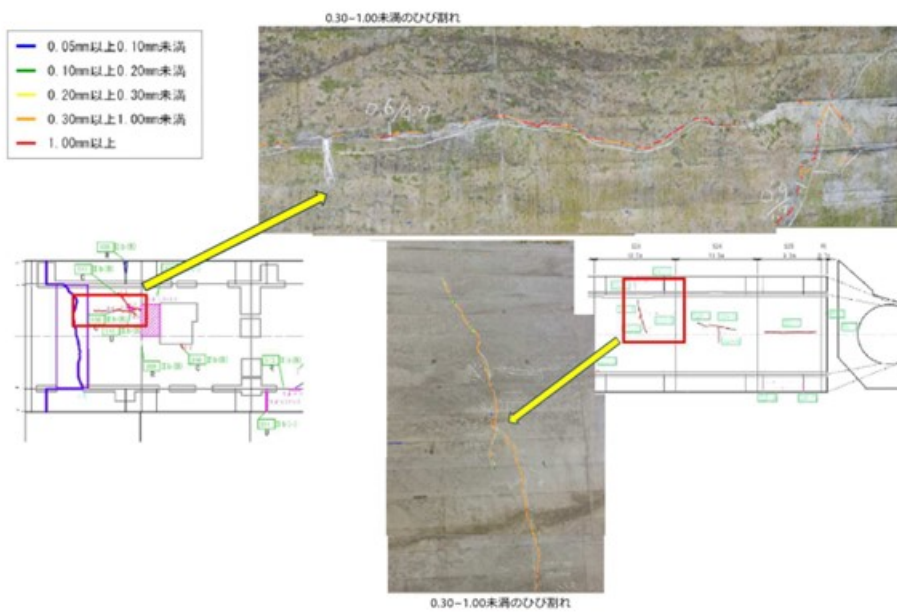
起点側坑口 → 延長260m



4) アーチクラウン部, 側壁打ち継ぎ部 3Dオルソモザイク画像



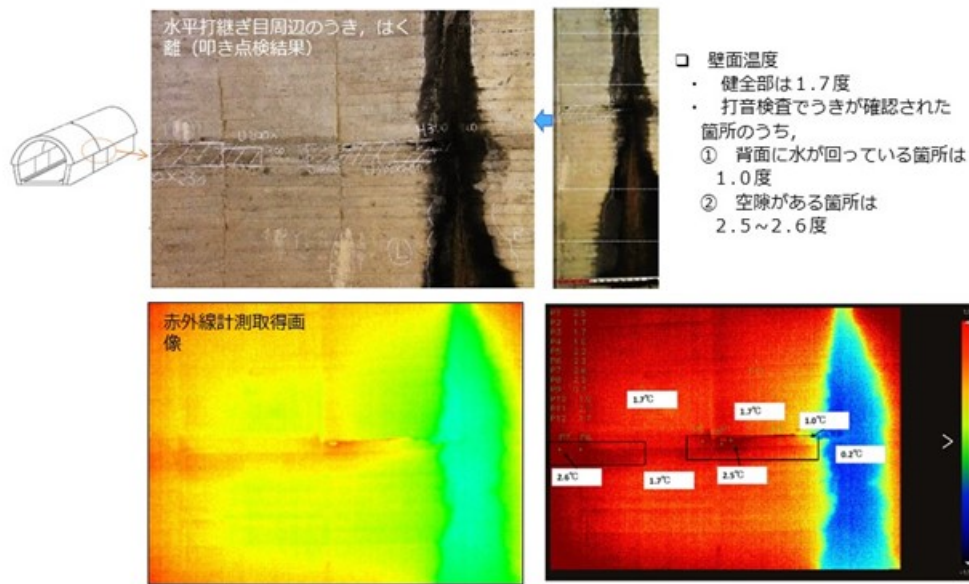
5) AIによるひび割れ抽出の状況



6) 坑門グリッド撮影



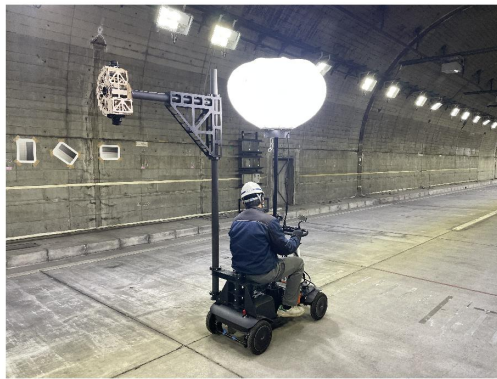
7) 赤外線計測用搭載カメラによる覆工壁面の温度計測



1. 基本事項

技術番号	TN010041-V0025		
技術名	電動カート撮影による変状展開画像作成システム		
技術バージョン	1	作成:	2025年3月
開発者	株式会社 第一コンサルタンツ		
連絡先等	TEL: 088-821-7062	E-mail: k-osaki@daiichi-c.co.jp	調査部
現有台数・基地	1台	基地	高知県

技術概要	<p>【スケッチ作業をカメラ撮影により代替】 これまで変状展開図は点検後の変状(チョーキング)を点検員等がスケッチして作成していたが、電動カートに設置した複数のカメラで撮影し変状展開画像を作成する手法に代替する。 撮影は路面も含めたトンネル全周を対象とする。 ※時速1km/hで撮影し変状展開画像を作成する。(点検後の撮影画像から作成するため、スケッチ作業のようなヒューマンエラーを排除できる。)</p>
	<p>【変状写真を上記撮影画像より作成】 変状写真台帳の写真は上記で撮影した画像から抽出し、作成することにより、現場での個別の変状撮影を代替する。</p>



技術区分	対象部位	覆工の横断目地 覆工の水平打継ぎ目 覆工天端 その他覆工面 内装板 警報表示板 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	その他(チョーキングによる各種損傷)
	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		<p>本計測機器はカメラ5台とLED照明を電動カートに固定した構成である。</p> 	
移動装置	移動原理	電動カート(歩道を走れるスクーター)	
	外形寸法・重量	電動カーに計測機器の乗せたサイズ 全長 2.1m × 全幅 1.0m × 全高 2.3m 重量 90kg	
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-	
	動力	バッテリー(24V×2個)	
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	満充電で33km走行可能	
計測装置	設置方法	組立式	
	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	SONYミラーレスカメラ×5台 撮影素子:APS-Cサイズ(23.5 x 15.6 mm)、Exmor CMOSセンサー カメラ有効画素数:約2420万画素 総画素数:約2500万画素 撮影素子アスペクト比:3:2 カラーフィルター:RGB原色フィルター
		パン・チルト機構	縦断方向・横断方向の角度変更可能
		角度記録・制御機構 機能	SFM処理後に算出可能
		測位機構	-
	耐久性	防塵・防水機能なし	
	動力	バッテリー(交換可)	
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	約125分(連続動画撮影時)		
データ収集・通信装置	設置方法	カメラ内蔵(SDカード)	
	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(SDカード)にデータを保存する。	
	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	-	
	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	上半単心円の最小半径1.25m程度を想定(画素分解能0.27mm/pix)	上半単心円を対象としている。上半三心円では位置精度が低下する。
適用可能なトンネルの最大寸法	上半単心円の最大半径5.5m程度を想定(画素分解能1.31mm/pix)	上半単心円を対象としている。上半三心円では位置精度が低下する。

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	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	
		【標準試験値】 標準試験方法(2022) 実施年:2025年 コンクリート試験体 5mm幅、10mm幅共に検出可能 (マーキング色:白、黄、ピンク マーキングの向き:水平、垂直、45°) グレースケールシート 5mm幅、10mm幅共に検出可能 (マーキング色:白、黄、ピンク マーキングの向き:水平、垂直、45°)		-
	長さ計測精度(長さの相対誤差)	性能確認シートの有無 ※	有	
		【標準試験値】 標準試験方法(2022) 実施年:2025年 進行方向:0.11%(2測線の平均値) 周方向:0.94%(2測線の平均値)		-
	位置精度	性能確認シートの有無 ※	有	
		【標準試験値】 標準試験方法(2019) 実施年:2025年進行方向:14.3mm(4測線の平均値) 周方向:10.8mm(4測線の平均値)		-
	色識別性能	性能確認シートの有無 ※	有	
		【標準試験値】 標準試験方法(2019) 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

<p>変状検出手順</p>		<p>撮影した画像からSFMにより3次元モデル化する。3次元モデルから画像座標・角度などを解析し、プログラムにより展開画像を作成する。展開画像を変状展開図の背景とし、CAD上で人力によりチョーキングを読み取る。</p> 		
<p>ソフトウェア情報</p>	<p>ソフトウェア名</p>	<p>開発システム</p>		
	<p>検出可能な変状</p>	<p>チョーキングにより表現した変状を検出可能</p>		
	<p>損傷検出の原理・アルゴリズム</p>	<p>ひびわれ</p>	<p>チョーキングを画像から読み取る。</p>	
		<p>ひびわれ幅および長さの計測方法</p>	<p>ひび割れ幅はチョーキングの各数値を読み取る。CAD上でチョーキングの長さを算出する。</p>	
		<p>ひびわれ以外</p>	<p>チョーキングを人力により読み取る。必要に応じてライン、エリア、文字をCAD化する。</p>	
		<p>画像処理の精度(学習結果に対する性能評価)</p>	<p>—</p>	
		<p>変状の描画方法</p>	<p>CAD上で人力によりチョーキングをトレースする。文字のテキスト化を行う。</p> 	
	<p>取り扱い可能な画像データ</p>	<p>ファイル形式</p>	<p>JPG(画像)とJGW(位置座標)のセット</p>	
		<p>ファイル容量</p>	<p>1ファイル = 1MB程度</p>	
		<p>カラー／白黒画像</p>	<p>カラー</p>	
<p>画素分解能</p>		<p>1.17mm/pix(半径5mトンネルの場合)</p>		
<p>その他留意事項</p>		<p>—</p>		
<p>出力ファイル形式</p>	<p>JPGとJGWのセット ※位置座標が必要なければ、その他のフォーマットも出力可能</p>			
<p>調書作成支援の手順</p>		<p>①変状展開画像から変状(チョーキング)を確認する。 ②変状展開画像を背景画像としてCAD上で新規変状等をトレースし変状展開図を作成。 ③変状展開画像から個別の変状画像を切り出し、変状写真台帳、異常写真台帳用の画像を作成する。</p>		
<p>調書作成支援の適用条件</p>		<p>①変状展開画像は画像(JPG)と位置座標(JGW)により、CAD・GIS上で自動で連続配置できる。 ②過年度業務が人力によるスケッチから変状展開図を作成している場合は新規変状とのすり合わせが必要となる。 ③個別の変状写真は写真台帳の枠サイズに合わせてアスペクト比16:9を基本とする。サイズ、解像度ともに変更可能</p>		
<p>調書作成支援に活用する 機器・ソフトウェア名</p>		<p>開発システム</p>		

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	交通規制区域内での走行・撮影	片側交互通行・全面通行止め(時間止め)
	無線等使用における混線等対策	—	—
	交通規制の要否	要:車道 否:人道	人道:誘導員配置
	交通規制の範囲	片側交互通行・全面通行止め(時間止め) 従来のトンネル点検で計画した規制内で実施する。	トンル中心と道路中央線が異なっている場合はトンネル中心側の規制範囲内で実施する。
	現地への運搬方法	普通自動車に積載し運搬する。	軽自動車でも運搬が可能である。
	トンネル延長の制約	制約なし。(1km/h程度の速度で撮影)	3km/日程度を想定(準備1h+後片付け1h+撮影6h 「3h×2回(トンネル半周180°/回)」)
	車線数の制約	道路トンネルの1車線~2車線を対象とする。	最大半径10m程度まではチョーキングの確認ができる予想である。
	断面形状の制約	上半単心円を基本とする。	上半3心円では位置精度が低下する。
	その他	BOXカルバートへの適用も可能。	システムにより撮影画像を4面オルソ化する。

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	1km/s程度のスピードで、トンネル中心と平行に走行できる運転技術があること	自社認定者
	必要構成人員数	電動カート操作1人 補助員1人	補助員は必要ない場合もある。(人道トンネルなど)
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	自社認定者	—
	操作場所	電動カートに乗車。	—
	計測作業日数	3km/日程度を想定(準備1h+後片付け1h+撮影6h「3h×2回(トンネル半周180°/回)」)	—
	点検費用	外業+内業(変状展開画像) トンネル延長 ~ 250m 22万(税抜き)経費込み トンネル延長 250m~ 500m 34万(税抜き)経費込み トンネル延長 500m~ 750m 46万(税抜き)経費込み トンネル延長 750m~1000m 58万(税抜き)経費込み 内業 変状展開図作成、変状写真台帳、異常写真台帳作成は別途見積もりにより対応	※1 委託による現場作業+変状展開画像作成の費用。 ※2 交通費は別途。 ※3 夜間点検は割り増しあり。
	保険の有無、保障範囲、費用	無	—
	時間帯(夜間作業の可否)	可	—
	計測時の走行速度条件	1km/hを基本とする。	上り下りの勾配の影響によりスピードが増減する。
	渋滞時の計測可否	可	トンネル点検が実施されれば撮影は可能
	設備等による死角条件	可	トンネル中心からの撮影で死角となる部分はチョーキングをずらして記入する。また、点検班による撮影で対応する。
	車両から覆工表面までの距離条件	10m程度までチョーキングは判断可能。(画素分解能2.42mm/pix)	距離が5m以上となる場合は照度等の現場条件により、変状(チョーキング)の判断ができない場合があるため、事前テストの必要がある。
	トンネル内照明の消灯の必要性	否	照明付近は白飛びの可能性があるので、可能であれば消灯がのぞましい。
	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	無	従来のトンネル点検の規制範囲内での実施する。
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	有	委託による自社解析のみ(点検費用に含む)
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	—	—
	センシングデバイスの点検	自社点検	—
その他	気象条件:無 作業条件:片側交互規制が必要で、トンネル中心と道路中央線が異なっている場合はトンネル中心側の規制範囲内で撮影を実施するため、トンネル中心側でない点検を先行する必要がある。 適用できない条件:未舗装道路などで路面の凹凸の要因により撮影画像にブレが生じるほど平坦性が悪い場合は事前テストが必要	—	

7. 図面

CADソフト上で、作成した変状展開画像を背景とし、人力により変状展開図を作成するイメージ
トンネル覆工面

