

# 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"> <li>・延長:特に制約なし(最長10kmのトンネルでの活用実績あり)</li> <li>・ひび割れ密度:制約なし</li> <li>・2車線断面 等:制約なし</li> </ul> <p>【作業日数】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・画像合成 3日/18m×1000m</li> <li>・変状抽出 1日/18m×1000m</li> </ul>	
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"> <li>・ひび割れ</li> </ul> <p>【面積および大きさ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・圧さ/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)</li> </ul> <p>【その他】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・補修モルタルのはく落や当て板工、導水樋の落下</li> </ul>	
	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"> <li>・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。</li> <li>・ひび割れ長さ:CrackDraw21により、自動算出する。</li> </ul>
		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"> <li>・ひび割れ:ポリライン</li> <li>・ひび割れ以外:ポリゴン</li> </ul>
	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"> <li>・覆工面に正対した画像であること</li> <li>・ひび割れにチョークが重なっている場合は検出が困難</li> <li>・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</li> </ul>	
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)

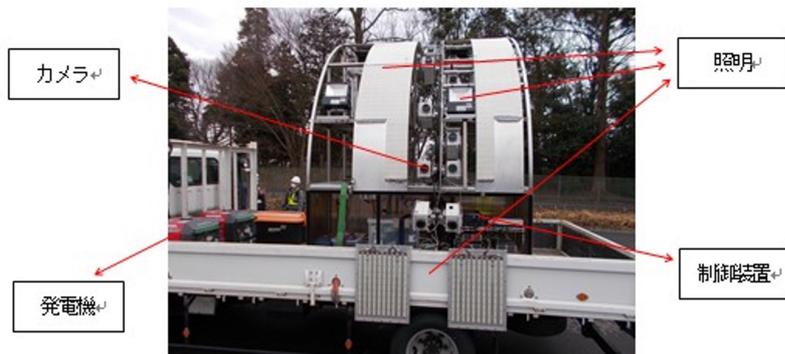
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)
調査技術者の技量	カメラ、画像、撮影などに関する知識が必要	-
必要構成人員数	現場責任者1人、操作1人、補助員1人 合計3名	-
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	中型自動車運転免許または普通自動車運転免許	人力の場合は不要
操作場所	-	-
計測作業日数	[トンネル条件] ・延長:特に制約なし(最長10kmのトンネルでの活用実績あり) ・ひび割れ密度:制約なし ・2車線断面 等:制約なし [作業日数] ・画像合成 3日/18m×1000m ・変状抽出 1日/18m×1000m	-
点検費用	トンネル延長1kmあたり1,500,000円程度(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

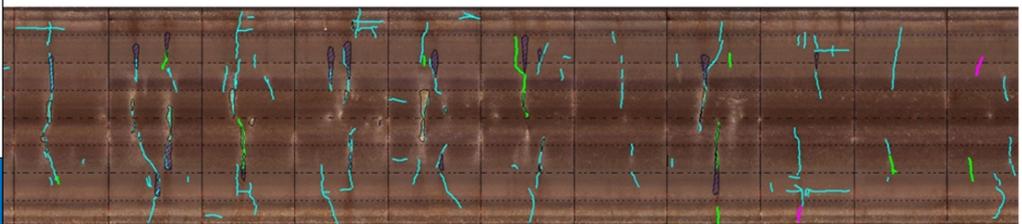
画像取込で効率的に変状展開図作成

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10.3mm未満
- ⑥ ひび割れ10.3mm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

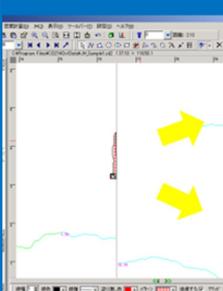
容易な年度管理



### 変状一覧表

番号	調査日	凡例	延長	3D点	区切No	始点距離	終点距離
1	2008/03/15	Cひび割れ10.3mm未満	4.91592769		13	X110.769292	X114.02237
2	2010/04/11	Cひび割れ10.3mm未満	5.81514695	運行保証	13	X110.769292	X115.16188
1	2011/05/19	Cひび割れ10.3mm以上1.0mm未満	11.71762466	運行保証	13	X110.769292	X115.65551
2	2008/03/15	Cひび割れ10.3mm未満	4.76536368		14	X126.341222	X122.12813
2	2008/03/15	Cひび割れ10.3mm未満	4.76536368		14	X126.341222	X122.12813
2	2008/03/15	Cひび割れ10.3mm未満	4.76536368		14	X126.341222	X122.12813
2	2008/03/15	Cひび割れ10.3mm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	X117.46066
4	2008/03/15	C、J	7.36081667		13	X110.314926	X117.46066
4	2008/03/15	C、J	7.36081667		13	X110.314926	X117.46066
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10.6mm以上1.0mm未満	6.65927809		15	X135.51090E	X129.19126
6	2008/03/15	Cひび割れ10.6mm以上1.0mm未満	6.65927809		15	X135.51090E	X129.19126

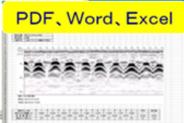
### 関連ファイル添付



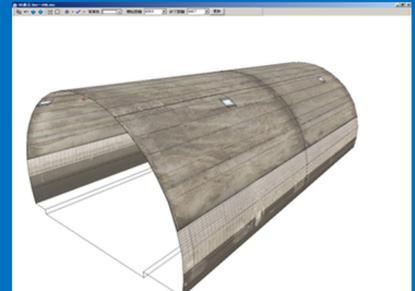
現場写真



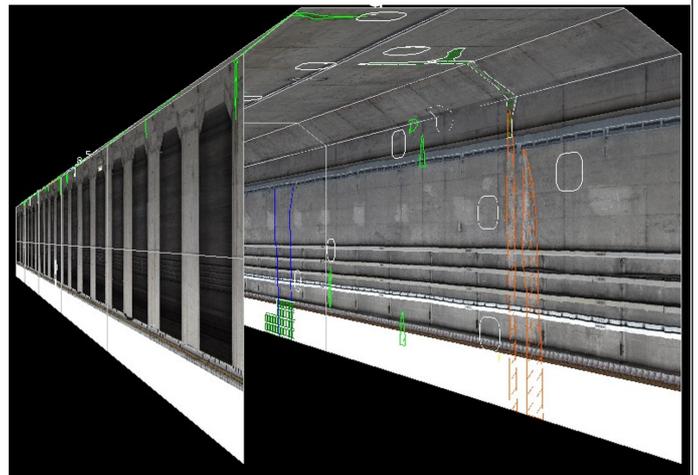
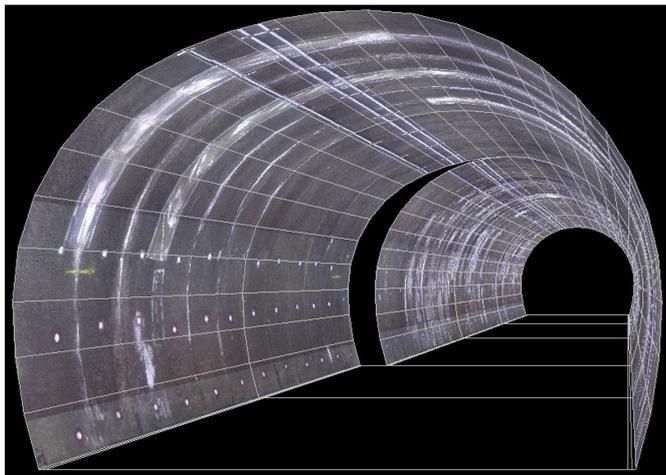
PDF、Word、Excel



### 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