

1. 基本事項

技術番号	TN030013-V0023		
技術名	トンネル覆工の3Dモデル構築と点群差分解析による変形の算出技術		
技術バージョン	Ver.1.0	作成: 2023年 3月	
開発者	有限会社吉川土木コンサルタント/福井コンピュータ株式会社/株式会社IML/東北大学インフラ・マネジメント研究センター		
連絡先等	TEL: 095-862-0101	E-mail : mori@yoshikawa-d.co.jp	営業部・森 達也
現有台数・基地	1	基地	長崎県長崎市光町10番5号吉川ビル2階
技術概要	<p>・当該技術の特徴 3次元レーザースキャナを用いて覆工表面や付属物等の3D点群モデルを作成するとともに、新設時と定期点検時、もしくは前回定期点検時との点群データの差分解析により、覆工の変形状態や付属物の脱落、欠損等の把握に資するものである。</p> <p>・計測の原理やプロセス レーザ光の対象物からの反射到達時間の計測により、対象物の形状(3次元点群データ(点群各点の3次元座標値))を計測する。また、3次元点群処理プログラムを用いて、時期が異なる2状態における3次元点群データの差分を解析することで、構造物の経年による変形などを算出する。</p> <p>・計測結果の活用</p> <div style="text-align: center;"> <p>高精度レーザー計測による3Dモデルの構築 新設時または前回定期点検時 今回定期点検時(現況)</p> <p>3D点群処理システム「TREND-POINT」(福井コンピュータ製)を用いた3Dモデル表示・変状寸法の算出 差分解析 変形のコンター表示(イメージ図)</p> <p>状態の定量的把握 ・覆工の変形状態の把握 ・付属物の脱落等の把握</p> <p>技術の概要と計測結果の活用</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/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/附属物本体・取付部材等	
	検出原理	レーザー	
	検出項目	構造物3次元座標	

計測・モニタリング技術(トンネル) (2/9)

2. 基本諸元

計測機器の構成		計測装置は、3次元レーザースキャナー機能を備えたトータルステーションTrimble SX10((株)ニコン・トリンプル社製)と、3次元点群処理システムTREND-POINT(福井コンピュータ(株)社製)で構成する。	
移動装置	移動原理	人力による	
	運動制御機構	通信	該当しない
		測位	該当しない
		自律機能	該当しない
	外形寸法・重量	該当しない	
	搭載可能容量 (分離構造の場合)	該当しない	
	動力	該当しない	
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	該当しない	
設置方法	単体型で専用整準台と三脚に搭載して設置		
外形寸法・重量 (分離構造の場合)	・最大外形寸法:幅285.6mm×高さ327.8mm×奥行き208.2mm ・最大重量:8.6kg(専用整準台とバッテリー1個を含む)		
センシングデバイス	・3次元レーザースキャナー機能 スキャニング方式:望遠鏡内の回転プリズムを使ったバンドスキャニング スキャンスピード:26,600点/秒 解像度@50m:50mm(フルドームスキャンの場合) ・カメラ機能 解像度:2,592×1,944ピクセル(0.88mm@50m) 焦点距離(35mm判換算):36~3,000mm フォーカス距離:1.7m~無限		
計測原理	レーザー光の対象物からの反射到達時間の計測により、対象物の形状(3次元点群データ(点群各点の3次元座標値))を計測。		
計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)	黒色、鏡面、透明な対象物は、レーザーが反射しにくいいため計測データが欠損する場合がある。		
精度と信頼性に影響を及ぼす要因	トンネル覆工表面に多量の漏水や結露がある場合、また、トンネル内に多量の埃がある場合はレーザー光の乱反射によりデータが欠損する場合がある。		
計測プロセス	①3次元レーザースキャナーを用いて、トンネル内部の覆工や付属物等の表面全体の3次元点群データを計測する。また、付属のカメラ機能を用いて表面画像を撮影して、3次元点群データにRGBデータを付加する。 ②1回の計測におけるトンネル長は10~20mとして、計測機器を人力で移動させながら、3次元点群データを計測する。分割された点群データを一体化するため、各回の計測位置は予め測量して計測機器に設定しておく。 ③計測された点群データをUSBメモリを介してPC上で稼働する3次元点群処理システムに取り込む。 ④新設時と定期点検時、前回点検時と今回点検時など時期の異なる2つの状態について、上記①~③の計測を実施して、3次元点群処理システムの差分解析機能を用いて変位を算出することで、覆工や付属物の変形を可視化する。		
アウトプット	計測された点群データは、汎用の点群データフォーマット(3次元座標値+RGBデータ)や、OBJ形式(点群データ+画像テクスチャマッピング)等のファイルにより3次元点群処理システムへ受け渡す。		
計測頻度	新設時や5年毎の定期点検時、および災害による緊急点検時に計測する。		
耐久性	IP55		
動力	内蔵バッテリーで稼働		
連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	2~3時間(バッテリー1個搭載時)		

計測・モニタリング技術(トンネル) (3/9)

データ収集・通信装置	設置方法	計測機器本体に内蔵
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	計測機器本体と同じ
	データ収集・記録機能	・記録メディア(USBメモリ)に保存 ・3次元点群処理システムが稼働するPCのUSBポートを介して計測データを受け渡すとともに保存する。
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	該当しない
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	該当しない
	動力	該当しない
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	該当しない

計測・モニタリング技術(トンネル) (4/9)

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	R3.5m以上	計測機器の設置スペース、作業スペースを確保するとともに、カメラ機能の最小フォーカス距離1.7m以上を確保する。
適用可能なトンネルの最大寸法	R10m以下	レーザー計測の点群解像度10mm以下となる条件を確保する。
障害物回避	該当しない	-

4. 計測性能

項目		性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件	
計測装置	計測レンジ (測定範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	レーザー計測の点群解像度10mm以下となる条件を確保する。	
		【性能値】 計測距離10m以下 【標準試験値】 未検証			
	校正方法	JSIMA規格に基づく校正		-	
	感度	検出性能	性能確認シートの有無 ※	無	-
			該当しない		-
	検出感度	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		該当しない		-	
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	無	-	
		該当しない		-	
	分解能	性能確認シートの有無 ※	無	計測距離10m以下	
	【性能値】 レーザー計測の点群解像度10mm以下 【標準試験値】 未検証				
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	計測距離10m以下		
	【性能値】 トンネル円周方向、長さ方向の距離(長さ1000mm相当): 点群解像度10mm/長さ1000mm×100=1.0% 覆工の厚さ方向の変位:計測誤差1.5mm 【標準試験値】 距離の計測誤差:1.0%以下(マーカー間距離) 変位の計測誤差: 3.1%×模擬変位(平板平均板厚)4.95mm=0.15mm以下				
計測速度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無	-		
	該当しない		-		
位置精度 (移動しながら計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無	-		
	該当しない		-		
色識別性能 (画像等から計測する場合)	性能確認シートの有無 ※	無	-		
	該当しない		-		

※「有」の場合は付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

計測・モニタリング技術(トンネル) (6/9)

5. 留意事項(その1)

項目		適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
点 検 時 現 場 条 件	作業範囲	路面を含むトンネル全周	-
	安全面への配慮	注意喚起の看板の設置等	-
	無線等使用における混線等対策	該当しない	-
	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	人力による	-
	気温条件	-20°C~50°C	-
	トンネル延長の制約	特になし	長さ10~20mごとに分割して計測
	車線数の制約	特になし	-
	断面形状の制約	R10m以下	-
	その他	黒色、鏡面、透明な対象物は、レーザーが反射しにくいいため計測データが欠損する場合がある。	-

計測・モニタリング技術(トンネル) (7/9)

5. 留意事項(その2)

項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件等)
調査技術者の技量	測量技術者、トンネル点検技術者	-
必要操作人員数	現場責任者1人、点検員1人、点検補助員1人、交通誘導員3人、合計6名	-
操作に必要な資格等の有無	社内講習5時間以上	-
操作場所	不要	-
計測費用	トンネル条件 延長300m、全幅員8.5m 部位・部材[本土工、付属物本体・取付部材等] 検出項目[本土工;変形/はく離/移動、付属物本体・取付部材等;変形/脱落/欠損] 費用 以下の合計金額1,737,000円 トンネル覆工の3次元計測業務:730,000円 データ処理・解析業務:1,007,000円 消費税、旅費交通費は別途	【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・トンネルの対象部位の状態監視に使用 ・前回点検時からの変状の進行状況の把握
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	該当しない	-
渋滞時の計測可否	片側車線の計測時に反対側車線の壁面も計測する。著しい渋滞時に車両により反対側の壁面が見通せない条件では、計測できない場合があり得る。	-
車両から対象部位までの距離条件	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	計測も含めて全て自社による	-

作業条件・運用条件

計測・モニタリング技術(トンネル) (8/9)

作業条件・運用条件	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。	-
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	3次元点群処理システムTREND-POINT(福井コンピュータ(株)社製)	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有	-
	センシングデバイスの点検	計測機器使用時に機器が自動的にセルフチェックを実施	-
	その他	【特許状況】 該当なし 【気象条件】 特になし 【作業条件】 特になし 【適用できない(適用できなかった)条件等】 すす等による汚れで表面が黒色に近い場合。	-

6. 図面

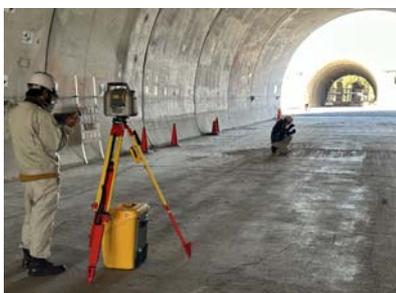


外観



寸法

計測装置(3次元レーザースキャナー機能を備えたトータルステーションTrimble SX10)

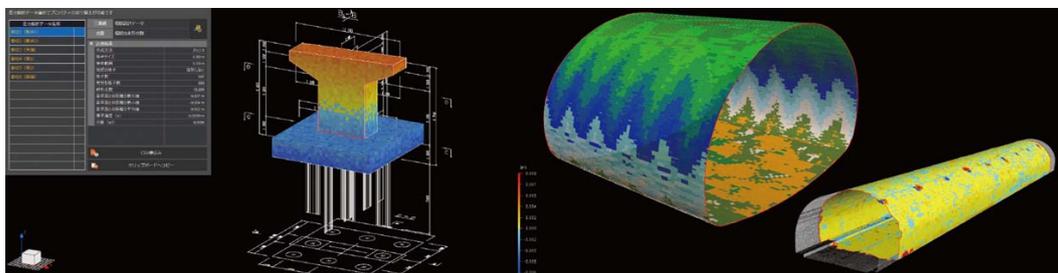


計測機器の設置位置の測量(位置決め)



計測状況の監視

3次元点群データの計測状況



(<https://const.fukuicompu.co.jp/products/trendpoint/index.html> から抜粋)

3次元点群処理システムTREND-POINTの差分析機能