

1. 基本事項

技術番号		TN020020-V0124			
技術名		マルチチャンネルレーダによるトンネル覆工背面の空洞・支保工探索システム			
技術バージョン		IDS Stream T		作成:	2023年3月
開発者		エフティーエス株式会社/IDS Geo Radare			
連絡先等		TEL:	03-6206-2220	E-mail:	yotsu@fts-ltd.jp 担当部署・四塚
現有台数・基地		1台		基地	栃木県那須塩原市高林字下川原林701ー8(高林産業団地内)
技術概要		・当該技術の特徴 マルチチャンネルレーダを搭載した車載型トンネル覆工探索システム。2種類のアンテナ構成により、1回のスキャンで表層部と深層部の探索を同時に行う事ができ覆工変状等を画像で捉えることができ、目視・打音では困難な覆工背面状況を可視化させることができる。 また、トンネル覆工面に接触させることが必要ないので電線等の突起物の障害物を無視することができ効率が良い探索ができる。専用車両一体型では、探索幅960mmで最大速度60kmにて探索が可能であり、データ解析では、縦断面図,横断面図,トモグラフィ図,3D図の表示ができトンネル背面からの変状箇所を簡単に抽出することができる。 抽出結果をCAD図に反映させ変状箇所をマーキングすることで毎年監視することができる。			
技術区分	対象部位	覆工天端 その他覆工面			
	損傷の種類				
	物理原理	電磁波			
	検出項目	電磁波の反射強度			

2. 基本諸元

計測機器の構成		本計測器は、電磁波を送受信するアンテナ部とデータを処理し保存する演算部で構成された計測装置。・背面空洞探査用レーダが一体化された計測システム。・専用車両にレーダ装置を搭載しトンネル横断方向に移動可能な計測システム。
移動装置	移動原理	1)専用車両一体型／非接触型・トンネル覆工面に対してレーダ装置が垂直になるように設置し、覆工面との一定距離(最大20cm)を保持した状態で移動(時速最大60km)しながらデータ取得する。
	外形寸法・重量	専用車両一体型最大外形寸法(長さ4690mm×幅1695mm×高さ3950mm～5950mm)最大重量(3650kg)中型車(レーダ装置搭載時)
	搭載可能容量(分離構造の場合)	-
	動力	専用車両一体型 ・専用車両の動力を使用する。 ・動力源は、内燃式。 ・容量は、3.0L ・アンテナ供給電源は、仮設電源DC12v
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	・5時間(外気温20℃の場合)
計測装置	設置方法	専用車両一体型 ・移動装置と一体的な構造。 ・計測装置については、交換可能な構造である。
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	・アンテナ部(計測装置):最大外形(700×1120×385mm/35kg)
	センシングデバイス	【専用車両一体型】／【非接触型】 ・トンネル覆工面に対してレーダ装置が垂直になるように設置し、覆工面との一定距離(最大20cm)を保持した状態で移動(時速最大60km)しながらデータ取得する。 ・マルチチャンネルシステムは、17chのアンテナが装備されており、アンテナから得られる情報を解析し表示させる。1回当たりの計測幅960mm/計測長さ620mm
	計測原理	・電磁波レーダ法による非破壊検査。 ・専用車両に距離計を設置し、移動距離が正しいことをメジャ等で確認し動作確認をする。 ・計測装置(レーダ装置)は、移動量に応じてPC上に記録される。
	計測の適用条件(計測原理に照らした適用条件)	・計測装置(レーダ装置)をトンネル壁面に垂直になるように一定距離を保ち移動させることでデータを取得するため、トンネル壁面に計測装置(レーダ装置)を走行させるスペースがない場合計測不可。 ・電磁波レーダ法は、導電体の背面の計測不可。
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因	・覆工背面空洞の位置精度を検出する場合、コンクリートの状態により比誘電率を設定する必要がある。 ・コンクリート壁面に結露、漏水がある場合、検査性能が低下する。 ・覆工壁面と計測装置(レーダ装置)の距離が離れ過ぎの場合、検査精度が低下する。
	計測プロセス	自動処理 Transmitter → Receiver → A/D → Processing → Visualization Antenna TX, Antenna RX, Surface of investigated medium, Target 手動処理 トモグラフィー処理を行い画像データにて変状箇所を特定する。
	アウトプット	・JPG画像 ・線画マーキング箇所をDXFファイルに出力
	耐久性	・IP65
	動力	【専用車両一体型レーダ装置】 ・動力源:内燃機 ・電源供給方法:外部バッテリーDC12v
	連続稼働時間(バッテリー給電の場合)	【専用車両一体型レーダ装置】 ・計測部連続使用:約5時間
データ収集・通信装置	設置方法	【専用車両一体型】 ・専用車両と一体構造
	外形寸法・重量(分離構造の場合)	一体型のため対象外
	データ収集・記録機能	【専用車両一体型】 ・計測中は、PCハードディスクに自動保存
	通信規格(データを伝送し保存する場合)	【専用車両一体型】 ・100BASE-T規格 ・転送する場合、USB等に保存

	セキュリティ(データを伝送し保存する場合)	-
	動力	【専用車両一体型】 ・電源供給:内部バッテリー／15vおよび外部バッテリー／12v
	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	【専用車両一体型】 ・最小断面:道幅2500mm／高さ3000mm程度必要。	・車両通行可能であること。
適用可能なトンネルの最大寸法	【専用車両一体型】 ・トンネル壁面との距離が1000mm以下かつ天端6000mm以下。	・覆工面と計測装置の距離が遠くなるほど性能低下。
障害物回避	【専用車両一体型】 ・オペレータ操作により、計測装置(レーダ装置)を制御し、トンネル内付属物(ジェットファン、照明灯具、看板等)の回避をする。	・回避した覆工背面の測定不可。

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
計測精度	性能確認シートの有無 ※	有	
	【性能値】 ・計測可能な背面空洞深さ (周波数900MHZ)1000mm(周波数200MHZ)2000mm 【標準試験】 標準試験方法 2020年 実施年 2022年 [1]覆工内部のうき・空洞探査 模擬トンネルの模擬うきテストピース面の空洞(ジャンカ(劣化)を含む)を検出した。 [2]覆工内部有筋部のうき・空洞探査 模擬トンネルの鉄筋部空洞の検出 ・かぶり30mm空洞厚10mm、サイズ20×20mm検出可 ・かぶり30mm空洞厚10mm、サイズ10×10mm検出可 ・かぶり30mm空洞厚10mm、サイズ5×5mm検出不可 [3]覆工内部無筋部の支保工位置・空洞の検出 模擬トンネルの無筋部空洞の検出 ・かぶり30mm空洞厚10mm、サイズ50×50mm検出可 ・かぶり30mm空洞厚10mm、サイズ30×30mm検出可 ・かぶり30mm空洞厚10mm、サイズ20×20mm検出可 ・かぶり30mm空洞厚10mm、サイズ10×10mm検出可 ・かぶり30mm空洞厚10mm、サイズ5×5mm検出不可 ・支保工の位置確認可 [4]覆工コンクリートの巻厚不足 ・模擬トンネルの巻厚不足:厚400mm～200mm検出可 [5]かぶり10～50mm変化/空洞厚30mm検出可 [6]かぶり50mm/空洞厚30mm検出可		
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 ※	有	
	【性能値】 ・最大計測速度:60km/h (専用車両一体型/探査幅960mm搭載) 【標準試験】 標準試験方法 2020年 実施年 2022年 ・計測速度:10km/h		
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 ※	有	
	【性能値】 ・計測方向 2mm 【標準試験】 標準試験方法 2020年 実施年 2022年 ・計測方向平均誤差:19mm		

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

5. 留意事項(その1)

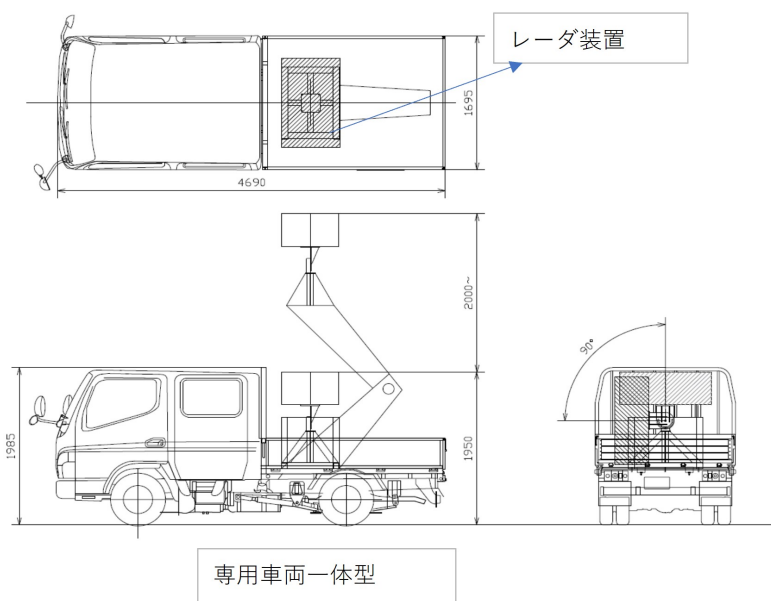
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	作業範囲	【専用車両一体型】 SLラインから天端まで	-
	安全面への配慮	【専用車両一体型】 特になし	-
	無線等使用における混線等対策	【専用車両一体型】 特になし	-
	交通規制の可否	【専用車両一体型】 不要	-
	交通規制の範囲	【専用車両一体型】 不要	-
	現地への運搬方法	【専用車両一体型】 車両に搭載し運搬	-
	気温条件	【専用車両一体型】 特になし	-
	トンネル延長の制約	【専用車両一体型】 特になし	-
	車線数の制約	【専用車両一体型】 特になし	-
	断面形状の制約	【専用車両一体型】 ・道路幅2000mm以上、高さ2000mm以上必要 ・矩形断面では、コーナ部計測の精度が著しく低下する ・非常駐車帯等により断面寸法の変化がある区画では側壁に車両を寄せることが必要になる	-
	その他	【汚れ、すす等がある場合の作業の可否】 ・汚れ等がある場合の計測の可否:計測可能 ・漏水箇所、結露箇所:計測精度低下	-

5. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	特になし	-
	必要構成人員数	【専用車両一体型】 ・車両運転者1名、システムオペレータ1名、装置オペレータ1名、合計3名。	-
	操作に必要な資格等の有無	特になし	-
	操作場所	【専用車両一体型】 ・車両内で操作するが、トンネル覆工背面測定箇所をターゲットに計測部を移動させる作業が必要になる。	-
	計測費用	1) 覆工背面空洞探査 トンネル条件 ・2車線断面、歩道なし／補修無し ・計測範囲:トンネル天頂部3m範囲 (計測幅960mm/1回×3側線) 『新技術活用による費用』 参考:条件1)トンネル1本のみ ・延長1000m以下のトンネル1本 ・1側線:120万(外業作業) ・結果報告書:50万(内業作業) 条件2)トンネル10本連続計測の場合 ・延長1000m以下のトンネル10本 ・10側線:100万(外業作業) ・結果報告書:50万(内業作業) [費用算定上の条件] ・現地1日(8h)を想定 ・旅費交通費、移動経費は別途計上 ・解析は、空洞分布(有無および位置)までとする ・トンネル間の移動時間は含まない	【費用算出において想定している活用方法(ユースケース)】 ・接触レーダシステムおよび打音検査の代替システム
	計測作業日数	1) 覆工背面空洞探査 トンネル条件 ・2車線断面、歩道なし／補修無し ・計測範囲:トンネル天頂部3m範囲 (計測幅960mm/1回×3側線) 『作業日数』 参考:条件1)トンネル1本のみ ・延長1000mm以下のトンネル1本 ・1側線:1日 ・結果報告書:最短3日 条件2)トンネル10本連続計測 ・延長1000mm以下のトンネル10本 ・10側線:10日 ・結果報告書:最短20日 [計測作業日数定上の条件] ・計測範囲内に障害物がなく円滑に計測できること ・トンネル間の移動時間は含まない	-
	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／時間制約なし	-
	計測時の走行速度条件	車両一体型レーダ ・60km/h	-
	渋滞時の計測可否	特になし	-
	車両から覆工表面までの距離条件	特になし	-
	トンネル内照明の消灯の必要性	特になし	-
	可搬性(寸法・重量)	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	・交通規制は、必要としないが、トンネル管理者との協議を要する。	-
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析ソフト:自社開発ソフトを使用 ・必要作業:専任者による解析作業	-
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	装置の故障時の対応:自社設備にて整備	-

	センシングデバイスの点検	・レーダ装置については、自社基準による点検が必要。 年1回	-
	その他	【特許状況】無し 【気象条件】特になし 【作業条件】 ・計測部設置する一時待機場所が必要である。 【適用できない(適用できなかった)条件等】 ・導電体が施工されている箇所 ・覆工面に漏水、結露がある場合、精度が低下する	-

6. 図面

IDS
GeoRadar

Stream-T トンネル背面探査レーダー

最高品質と生産性が融合された非接触型アレイアンテナ



特長

- 最大60Km/sで探査が可能
- 高密度アレイアンテナにより詳細データの取得が可能
- 異なる2つの周波数により表層部と深層部を一度に探査

fIS エフティーエス株式会社