

点検支援技術 性能カタログ (案)

本性能カタログ（案）は、これまでに国でNETIS（新技術活用システム）テーマ設定型等により技術公募され、国管理施設等の定期点検業務で仕様確認が行われた技術を対象に、国が定めた標準項目に対する性能値を開発者に求め、開発者から提出されたものをカタログ形式でとりまとめたものです。

平成31年2月時点

国土交通省

はじめに

本性能カタログ（案）に掲載する点検支援技術は橋梁等及びトンネルを対象とし、以下に整理する損傷等の状態の把握を目的とする。本性能カタログ（案）は、これまでに国で NETIS（新技術活用システム）テーマ設定型等により技術公募し、国管理施設等の定期点検業務で仕様確認が行われた技術を対象に、国が定めた標準項目に対する性能値を開発者に求め、開発者から提出されたものをカタログ形式でとりまとめたものである。また、今後の技術開発の進展に応じ、本性能カタログ（案）に掲載した技術は適宜見直しを行う予定である。

定期点検業務で点検支援技術の活用を検討する場合、本性能カタログ（案）に掲載された技術を参考にすることが考えられるが、本性能カタログ（案）に記載のない技術についても、標準項目の性能値を受注者に求め、目的に適合するかを確認することで活用できるものと考えられる。

なお、点検支援技術を活用する場合、損傷写真など大量のデータを管理する必要があることから、成果の適切な活用のため、必要に応じてデータベース等を活用するとよい。

○ 橋梁等を対象

変状の種類		点検支援新技術（2019年2月時点）	
		近接	その他
コンクリート	ひびわれ	7	-
	床版ひびわれ	7	-
	その他	4（うき）	1（うき）
鋼	腐食	-	-
	亀裂	-	-
	破断	-	-
	その他	-	-

○ トンネルを対象

変状の種類		点検支援新技術（2019年2月時点）	
		近接	その他
トンネル本体工	圧ざ、ひび割れ	4	-
	うき、はく離	4（チョーキング前提）	-
	変形、移動、沈下	-	-
	鋼材腐食	-	-
	巻厚不足	-	-
	漏水	4	-
付属物	破断	-	-
	緩み、脱落	-	-
	亀裂	-	-
	腐食	-	-
	変形、欠損	-	-
	がたつき	-	-

性能カタログ（案）

掲載技術【16技術】 2019年 2月時点

◇ 橋梁等（画像計測技術）【 7技術】

構造物点検ロボットシステム「SPIDER」	1
非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術	8
マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測	15
マルチコプタを利用した橋梁点検システム（マルコ™）	22
「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術	29
橋梁等構造物の点検ロボットカメラ	36
橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」	43

◇ 橋梁等（非破壊検査技術）【 5技術】

赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム	50
ポール打検機	57
橋梁点検支援ロボット	64
近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	71
コンクリート構造物変形部検知システム「BLUE DOCTOR」	78

◇ トンネル（覆工画像計測技術）【 4技術】

走行型高速3Dトンネル点検システム MIMMER（ミーム・アール）	85
走行型高精細画像計測システム（トンネルトレーサー）	90
道路性状測定車両イーグル（L&Lシステム）橋梁点検支援ロボット	95
トンネル覆工コンクリート内部・表面調査システム	100

《参考》

NETIS テーマ設定型等による技術の仕様確認結果

橋梁等（画像計測技術）	105
橋梁等（非破壊検査技術）	108
トンネル（覆工画像計測技術）	110

性能カタログ（案）
【橋梁等（画像計測技術）】

2019年 2月時点

橋梁等(画像計測技術)

ー 構造物点検ロボットシステム「SPIDER」

技術名		構造物点検ロボットシステム「SPIDER」		
	技術バージョン	第2次		作成：2019年 2月
開発者		ルーチェサーチ株式会社 株式会社建設技術研究所		
連絡先等		TEL：082-209-0230	E-mail：etsurou_n@luce-s.jp	担当：事業企画調整部 名取
現有台数・基地		3 台	基地	広島県東広島市河内町
技術概要		飛行型ロボット(橋梁点検専用ドローン)に搭載したカメラで構造物表面を近接撮影する。撮影した画像は高精細であり、0.1mmのひび割れも検出可能。 飛行型ロボットは、橋梁関連調査を46業務、145橋(平成30年11月現在、デモ等除く)の実績を元に設計・製作したもので、風速10m/sまで飛行可能であり、安全に安定して撮影することができるようになっている。撮影自体も高品質なものが計測できるようにカメラを機体上部に取り付け可能で任意の角度で対象物を撮影することもできるようになっている。 ロボットで撮影された画像は数千枚に及ぶため、数千枚の画像全てを確認するという煩雑な作業を極力軽減する必要が発生する。そのため、撮影された画像を用いて合成画像(オルソ画像)を作成を行っており、数千枚の画像を全てチェックしなくても損傷箇所の位置と全体損傷状況を明確に把握できる。合成画像からひび割れや遊離石灰といった表面損傷を抽出でき、CADにもインポートが可能になっている。また、撮影画像からは高精細3Dデータを生成可能で、構造物の3次元管理にもつなげることができる。 画像処理によって得られた詳細な合成画像(オルソ画像)及び3D画像から損傷を抽出し、損傷図や点検調書の作成を支援する。		
技術区分	部位	上部構造(床版)／下部構造(橋脚・橋台)		
	変状の種類	ひびわれ		
	物理原理	画像・動画		

橋梁等(画像計測技術)

ー 構造物点検ロボットシステム「SPIDER」

1. 基本諸元

移動原理		飛行型
外形寸法		950mm×950mm×500mm(縦×横×高さ(mm))
運動制御機構	通信	無線通信、2.4GHz帯、0.5W
	測位	測位方式:GNSS単独測位
	自律機能	自律機能有 ・入力ソース:GNSS、IMU
	衝突回避機能 *飛行型のみ	プロペラガード(水平方向)
センシング原理		パッシブ方式(画像)
センシングデバイス	カメラ	SONY α 7R ・センサーサイズ(縦 35.9mm×横 24.0 mm) ・焦点距離(0～55mm) ・画像形式:JPEG, RAW
	パン・チルト機構	・水平0° ～360° ・鉛直0° ～±90°
	角度記録・制御機構	ジンバル水平方向、上下方向制御可能、機体上部もしくは下部方向どちらでも装着可能
	測位機構	・IMU、運動制御機構と共用 ・マーカを特に必要としない
	ソフトウェア名	Pix4Dmapper、Photoscan、Acute3D、自社開発ソフト

橋梁等(画像計測技術)

ー 構造物点検ロボットシステム「SPIDER」

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	50 cm	オペレーターが手動で飛行制御時	【風速の条件】瞬間風速5m/s以内の自然風
狭小進入可能性能	2000mm×2000mm×2000mm (縦×横×高さ)	オペレーターが手動で飛行制御時	【風速の条件】 10m/sec 以内 【天候】 雨天・降雨時は作業不可。 【外気温】 0℃以上 40℃以下
最大可動範囲	【飛行型】バッテリー給電、最大可動範囲は、電波通信電距離の1000mで規定される	橋脚高50m、桁長200mまで実績あり	
連続稼働時間	バッテリー給電、1フライト最大25分	冬季は20分程度となる	
運動位置精度	水平方向、鉛直方向とも±200mm	オペレーターが手動で飛行制御	

橋梁等(画像計測技術)

ー 構造物点検ロボットシステム「SPIDER」

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	1m以下／s	例えば、 【画素分解能】 0.4mm/Pixel 【垂直方向の視野】 2m 【移動方向ラップ率】 90%	
最小ひびわれ幅・ 計測精度	最小ひびわれ幅 0.1mm	撮影速度：1m/s以下 被写体との距離：3m	
検出精度 (長さの相対誤差)	—	—	
位置精度	水平方向：150mm(絶対誤差) 鉛直方向：150mm(絶対誤差) 検証方法： オルソ合成画像をCAD上に貼り付けて、損傷部 をトレースする手法のため、損傷図面の全幅に対 する相対誤差としている。	撮影速度：1m/s以下 被写体との距離：3m	
色識別性能	—	—	

橋梁等(画像計測技術)

ー 構造物点検ロボットシステム「SPIDER」

4. 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	道路幅員条件	制約無し	
	桁下条件	桁下高さ2m以上	
	周辺条件	・周辺に5m以内に樹木や架線等が無いこと ・強い電波、電気を発信している施設がないこと	
	作業範囲 (進入可能範囲)	・撮影時機体を確認可能であること ・離着陸エリアとして、3mx3m	
	安全面への配慮	構造物に近接する樹木、架線の事前現場調査	
	無線等使用における 混線等対策	他の無線利用者との混乱を防ぐため、使用する周波数を、時間の経過とともに自動的に変動させている	
	道路規制条件	走行中のドライバーの視界に入らない位置で飛行させるので規制不要であるが、脚に近接してその他道路がある場合は交通規制が必要。	
	交通規制の範囲	脚から5mの範囲は規制が必要	
	現地への運搬方法	車輸送(乗用車で運搬可能なサイズ)	
	適用可能風速	風速10m/s	
	その他	なし	

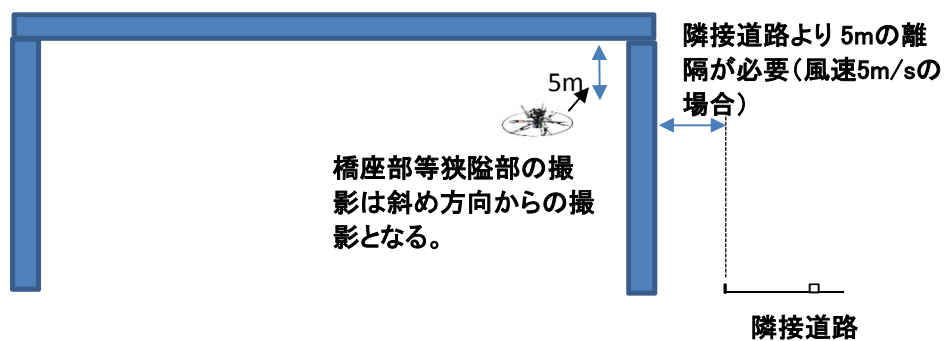
橋梁等(画像計測技術)

ー 構造物点検ロボットシステム「SPIDER」

4. 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)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	3人(機体操作、撮影、安全管理)	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	航空局への申請書に記載した操縦者	
	操作場所	飛行中の機体を確認できる場所で操作	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	高さ 40mの脚について4面を1日で点検	
	点検費用	—	飛行ロボットによって山岳部の橋脚を点検する場合など、現地の状況・条件などが異なるため一概には費用が提示出来ず
	保険の有無、保障範囲、費用	対物保険加入(物損、作業員、第三者対象)	
	夜間作業の可否	不可	
	可搬性(寸法・重量)	950mm×950mm×500mm(縦×横×高さ(mm))、3kg	
	自動制御の有無	GPSを活用した自律航行、橋梁などでは手動	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	晴天または曇り、風速10m/s以下の気象、交通量少ないことが理想	
	利用形態：リース等の入手性	現場点検の請負、点検システムの一式販売のいずれか。リースは想定していない。	
	関係機関への手続きの必要性	航空局への年間飛行申請し、許可受領	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	合成画像の作成には、市販の解析ソフトと手動の併用	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	点検システムへの購入先には、技術指導とサポート	
	その他()		

5. 図面



橋梁等(画像計測技術)

ー 非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術

技術名		非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術		
	技術バージョン		作成：2019年 2月	
開発者		三信建材工業株式会社 株式会社自律制御システム研究所		
連絡先等		TEL：0532-34-6066	E-mail：info@sanshin-g.co.jp	担当：開発室
現有台数・基地		2 台	基地	愛知県豊橋市神野新田町
技術概要		・非GPS環境対応型ドローンに高解像度カメラを搭載し、構造物を撮影。 ・ドローンはGPS衛星に頼らない自己位置推定機能と衝突回避機能を備えており、完全自動飛行にて近接撮影を行うことが可能。 ・撮影画像はCAD図面と合成し、解析ソフトウェアを用いて写真上で異常個所をトレースすることにより損傷個所と損傷程度を把握 ・それらの情報を基に、点検調書に記録		
技術区分	部位	上部構造（主桁・横桁・縦桁・床版）／下部構造（橋脚・橋台）		
	変状の種類	腐食／ひびわれ／床版ひびわれ		
	物理原理	画像・動画		

橋梁等(画像計測技術)

ー 非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術

1. 基本諸元

移動原理		飛行型
外形寸法		1,100mm × 1,300mm × 580mm(縦 × 横 × 高さ(mm))
運動制御機構	通信	無線通信 【操縦装置／機体間】 2.4GHz帯、20W 【基地局／機体間】 920MHz帯、 【搭載カメラ／地上モニタ間】 5.7GHz帯、1W(※) (※)変更可能
	測位	SLAM(カメラによる方式) SLAM(レーザーレンジファインダーによる方式) ※適用箇所(現場)により、SLAMの方式(カメラ、レーザー)が違う機体を使い分ける 尚、GNSSによる測位も可能。
	自律機能	GNSSに頼らない自律機能有 ・入力ソース: SLAM(カメラによるVisual SLAM方式) SLAM(レーザーレンジファインダーによる方式) ※適用箇所(現場)により、SLAMの方式(カメラ、レーザー)が違う機体を使い分ける
	衝突回避機能 *飛行型のみ	プロペラガード(水平方向) SLAM(カメラによるVisual SLAM方式) SLAM(レーザーレンジファインダーによる方式) ※適用箇所(現場)により、SLAMの方式(カメラ、レーザー)が違う機体を使い分ける
センシング原理		パッシブ方式(画像、動画)
センシングデバイス	カメラ	・センサーサイズ(縦24mm × 横35.9mm) ・ピクセル数(縦5,304Pixel × 横7,952Pixel) ・焦点距離(35mm) ・画像形式: RAW画像、JPEG画像、オルソ画像 もしくは、 ・センサーサイズ(縦15.6mm × 横23.5mm) ・ピクセル数(縦4,000Pixel × 横6,000Pixel) ・焦点距離(16～210mm) ・画像形式: RAW画像、JPEG画像、オルソ画像
	パン・チルト機構	・ロール : 機体正面に対し、-30° ～ 30° ・ピッチ : 機体鉛直に対し、180° ・ヨー : 360° ・何れも角度無段階設定可能
	角度記録・制御機構	ジンバルにてロール・ピッチ・ヨー方向の制御可能
	測位機構	・撮影画像を解析ソフトウェア上で図面と合成し、座標を付与。 ・位置補正用のマーカーを部材毎に添付し、測量を行うことも可能
	ソフトウェア名	

橋梁等(画像計測技術)

ー 非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	外乱収束距離(機体視点) 前後: ±0.12m 左右: ±0.49m 高度: ±0.10m	SLAMによる自律制御 が有効な場合	【風速の条件】 地上平均風速2m/s程 度の自然風 ※実験時、機体右斜め 後方からの風
狭小進入可能性能	5000mm × 5000mm × 5000mm (縦 × 横 × 高さ)	SLAMによる自律制御 が有効な場合	【風速の条件】 地上平均0m～5m/sec 【天候】 雨天実施不可。
最大可動範囲	300m(バッテリー駆動)		【外気温】 0℃～40℃
連続稼動時間	バッテリー:10分	外気温15℃の場合	【日照条件】 1.4klx以上
運動位置精度	水平方向: ±0.5m 鉛直方向: ±0.5m	SLAMによる自律制御 が有効な場合	【風速の条件】 地上平均風速2m/s程 度の自然風

橋梁等(画像計測技術)

ー 非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	0.5m/s ~ 1.0m/sec	【画素分解能】 0.3mm/Pixel 【移動方向に垂直な方向の視野】3.5m 【移動方向ラップ率】 約70% で撮影	
最小ひびわれ幅・計測精度	最小ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.029mm ※1 最小ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.003mm ※1 最小ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.029mm ※2 最小ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.000mm ※2	【撮影速度】0.5m/s 【被写体距離】3.5m ※望遠レンズを使用した場合 は上記の限りではない ※1 日向 6500~22000 lx ※2 日陰 1400~2000 lx	
検出精度 (長さの相対誤差)	0.04% (相対誤差)	【撮影速度】0.5m/s 【被写体距離】3.5m ※望遠レンズを使用した場合 は上記の限りではない ※解析方法の関係上、 図面と実構造物の整合 性に依存	
位置精度	水平方向: 3mm(絶対誤差) 鉛直方向: 426mm(絶対誤差)	【撮影速度】0.5m/s 【被写体距離】3.5m ・撮影(解析)画像を図 面と合成し、位置を測 定するため、図面と実 構造物の精度差に依 存。 ・図面情報の乏しい場 合は、合成のためにあ らかじめ型枠線などの 間隔を測定しておく必 要がある ※解析方法の関係上、 図面と実構造物の整合 性に依存	
色識別性能	日射を受けているケース及び日射と日陰が混在しているケースについて色調識別が可能である	【被写体距離】3.5m	【日照条件】 日射あり 67klx 日射・日影混在2パターン (1: 日射51.8klx、日影 9.5klx 2: 日射13.9klx、日影 7.6klx)

橋梁等(画像計測技術)

ー 非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術

4. 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	道路幅員条件	制約無し	
	桁下条件	・桁下高さ3m以上 ・河川上の点検が可能(レーザーSLAMによる)	
	周辺条件	・周辺約4m以内に樹木や架線等がないこと ・周辺50～70m以内に強い電波を発信している施設がないこと(放送局、電波発信基地、電波塔、変電所など)	・撮影範囲が見通せること
	作業範囲 (進入可能範囲)	・業務用バン程度の自動車で搬入可能。 ・一般的に徒歩で進入可能であれば、搬入可能。 ・機体整備等の作業範囲は、離着陸エリアを含めて約5m×5m。 ・橋脚高さ約30m以下	
	安全面への配慮	・機体にはプロペラガードを装着。 ・SLAM制御により、構造物との距離は一定距離を制御	
	無線等使用における混線等対策	万一、混信や電波途絶が発生した場合、離陸地点へ自動帰還するフェールセーフ機能を搭載。	主にトラック等で使用されている無線の周波数帯(430MHz等)とは違う周波数帯(2.4GHz)を中心に使用。
	道路規制条件	・点検対象橋梁の交通規制は必要ない。 ・点検対象となる橋脚や桁周辺に供用中の道路があり、作業に危険と判断した場合は交通規制が必要となる。	
	交通規制の範囲	・点検対象橋梁の交通規制は必要ない。 ・周辺道路の交通規制が必要となる場合は、現場環境に応じて規模を検討する必要がある。	
	現地への運搬方法	・業務用バンにて搬入	
	適用可能風速	・地上平均風速 約5m/sec以下	
	その他		

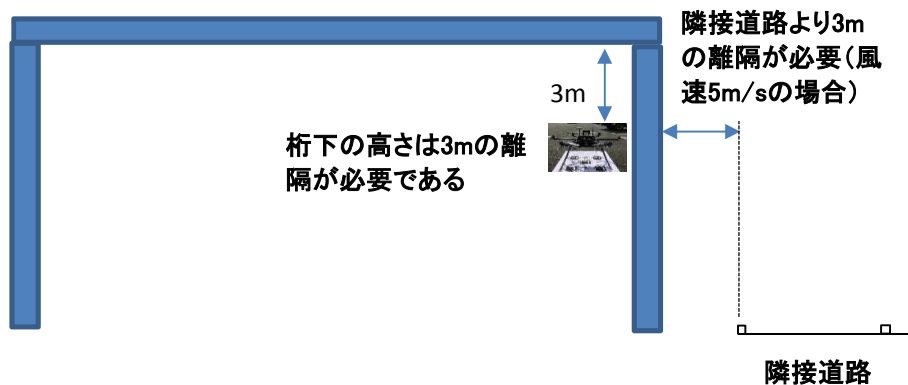
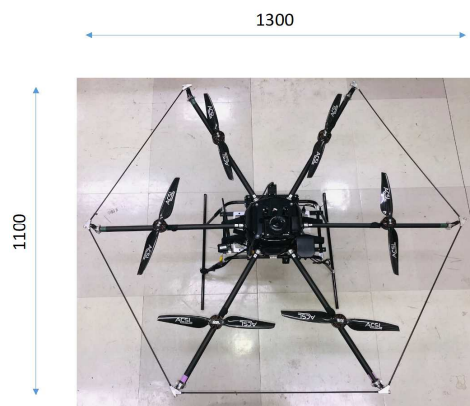
橋梁等(画像計測技術)

ー 非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術

4. 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)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	3人 (操縦者、基地局管理者、画像モニタリング者)	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	・国土交通省航空局への飛行許可・承認申請において、登録した操縦者が従事すること ・操縦者は、SLAMや基地局ソフトウェアの使用方法等の説明を受けること(実施含め1日を想定)	・映像伝送に5.7GHz帯の無線を使用する場合は、第三級陸上特殊無線技士の資格と、開局手続きが必要
	操作場所	桁下での操作。桁側面の点検等、場合によっては、橋上の歩道から操作することも可能。	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	①900m ² ②324m ²	①支間長18m×5径間、幅員10m(片側)のコンクリート床版橋を対象に算出 ②高さ27m、柱部幅・厚さ3mのコンクリート橋脚1基を対象に算出
	点検費用	①811,300円 ②321,000円	
	保険の有無、保障範囲、費用	業務委託費に含む	
	夜間作業の可否	不可	
	可搬性(寸法・重量)	ワゴンやバンで運搬可能。 【ドローン格納時寸法】縦1,250mm×横1,250mm×高800mm(約8kg) 【その他機材】パソコン、バッテリー、作業台、モニター類等。	
	自動制御の有無	有り。 GNSSの受信できない環境においても、SLAMによる自動飛行と衝突回避飛行及び撮影が可能。ただし、水上での運用を行う場合は、半自動(衝突回避機能のみ)の運用となる。	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	晴天または曇天の、日中	
	利用形態：リース等の入手性	・現場作業から解析作業までの業務委託。 ・今後は機材のリースを検討。	・解析作業を自社で行う場合は、現場作業だけを請け負うことも可能。
	関係機関への手続きの必要性	・国土交通省航空局への飛行申請手続き並びに、無線の開局手続きが必要	・河川上を飛行させる場合は河川事務所への届出が必要となる
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・解析作業を自社で行う場合、それぞれのソフトウェアが必要となる。例えば、画像合成ソフト、損傷抽出ソフト、等。	・委託業務に解析業を含むため、通常のCADソフト以外は特にソフトを必要としない。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	場合によって、現場再点検作業。 機体本体については、現在は機材リースではなく、点検業務委託展開のため、なし	
	その他()		

5. 図面



橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測

技術名		マルチコプターによる外観目視支援技術		
	技術バージョン	Ver.0.2		作成：2019年 2月
開発者		夢想科学株式会社		
連絡先等		TEL：097-574-5428	E-mail：izumi@anaheim-laboratory.com	代表取締役 泉保則
現有台数・基地		3 台	基地	大分市明野高尾
技術概要		外観目視点検を高画質カメラを上部に搭載したドローン(UAV)にて撮影。3Dモデルやオルソ画像を高密度で構築することにより、点検対象の全体の記録をエビデンスとして提出できる。また、現場工数や規制などの負荷低減が可能となり、点検作業の効率化、コスト削減が期待できる。		
技術区分	部位	上部構造(床版)／下部構造(橋脚) ※主にコンクリート構造物が対象		
	変状の種類	床版ひびわれ／ひびわれ		
	物理原理	画像・動画		

橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測

1. 基本諸元

移動原理		飛行型 ただし、安全のためロープで地上と係留される。
外形寸法		1300mm×1300mm×750mm(縦×横×高さ(mm)) プロペラガード装着時
運動制御機構	通信	無線通信、2.4GHz帯、100mW
	測位	GPS/GNSS、RTK-GNSS
	自律機能	自律機能有(制御機構への入力:GPS-GNSS、RTK-GNSS、IMU)
	衝突回避機能 *飛行型のみ	過度の近接時はLED発光にて知らせる。(強制離脱機能は有してません)
センシング原理		パッシブ方式(画像、動画)
センシングデバイス	カメラ	・センサーサイズ(縦16.7mm×横23.4mm) ・ピクセル数(縦4000Pixel×横6000Pixel) ・焦点距離(16～50mm@APS-C) ・ダイナミックレンジ(切、Dレンジオプティマイザー(オート/レベル設定 <Lv1-5>))、 ・オートHDR(露出差オート/露出差レベル設定 <1.0-6.0EVの間で1.0EVごと6段階>)) ・画像形式:オルソ画像 ・測光補助用LED(30W*2)搭載 ・外部フラッシュ搭載
	パン・チルト機構	・PAN:0°～360° ・TILT:0°～仰角90°(角度無段階設定可能)
	角度記録・制御機構	それぞれの画像に角度記録等の情報は有してません。 撮影位置、方向は合成ソフト(Photoscan)上に表示が可能(数値としては表示できません)
	測位機構	ー
	ソフトウェア名	・Photoscan ・Photoshop ・映像計測システム(夢想科学) ・ダンシャリ君(ダットジャパン)

橋梁等(画像計測技術)

－ マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	—	—	【風速の条件】 瞬間最大6m/s以下 【天候】 雨天時は不可。 また、レンズに結露が発生する状況でも不可
狭小進入可能性能	— ※桁間等への侵入は現状の技術では考慮しない。		【外気温】 5℃～40℃ (フライト条件) 【日照条件】 基本的に昼間 ※夕方等1000ルクス以下での環境下でも、LEDやフラッシュを使用することにより画質の劣化を最小限に抑えることが可能
最大可動範囲	可動範囲:400m ロープ係留の場合50m	直接機体を見通せる環境限定	
連続稼動時間	バッテリー:10分	外気温15℃以上の場合	
運動位置精度	水平およそ±400mm(目測) 鉛直およそ±400mm(目測)	手動操縦で風速2～3m/sの時	

橋梁等(画像計測技術)

－ マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	基本的に静止して撮影する。	【画素分解能】 ・0.38mm/Pixel(焦点距離45mm) ・0.22mm/Pixel(焦点距離75mm) 【移動方向に垂直な方向の視野】 +3m 【移動方向ラップ率】 80% で撮影	【風速の条件】 風速3m/s以下での撮影の場合 それを超えると画質の品質低下(検出精度低下)の恐れあり 照度不足により画質低下が懸念される場合は、LED、フラッシュ等を使用して画質劣化を防止します。
最小ひびわれ幅・計測精度	日照部 最小ひびわれ幅 0.2mm 計測精度 0.000mm 日陰部 最小ひびわれ幅 0.2mm 計測精度 0.000mm 暗室 最小ひびわれ幅 0.3mm 計測精度 0.029mm	【撮影速度】 0m/s (停止して撮影) 【被写体との距離】 3m 【風速】 1.0m/s 【照度】 ・日照 93000 lx ・日陰 1000 lx ・暗室 0 lx	
検出精度 (長さの相対誤差)	0.4%程度(相対誤差)		
位置精度	水平方向: 10mm(絶対誤差) 鉛直方向: 21mm(絶対誤差)		
色識別性能	LEDとフラッシュを使用することで、曇天時や日陰部分の識別もある程度可能。ゼロlux環境下でも、LEDとフラッシュを使用することで、精度は劣るが識別が可能。	30WLEDを2基搭載 フラッシュ発光 ※照度条件により使い分け	

橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測

4. 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	道路幅員条件	制約なし	
	桁下条件	・桁下高さ5m以上 ・河川上の点検が可能(ただし、陸上からの離発着が可能で、直接機体を目視でき、係留ロープに干渉がない場合)	
	周辺条件	・周辺約5m以内に樹木や架線がないこと ・周辺約100m以内に強い電波を発信している施設がないこと(放送局、電波発信基地、電波塔、変電所等) ・撮影範囲が見通せること	
	作業範囲 (進入可能範囲)	・組立て及び離発着スペース約3m×3mが必要 ・橋脚高さ約50m以下	
	安全面への配慮	プロペラガード、衝突回避センサー、ロープ係留	
	無線等使用における 混線等対策	現場にて電波帯の混信度合い(使用する電波帯密度)をアプリ上でチェックする。	
	道路規制条件	道路を跨いだり、隣接する場合は必要	
	交通規制の範囲	ロープ係留範囲+10m程度内は規制範囲とする	
	現地への運搬方法	自動車(ワゴンタイプ)	
	適用可能風速	瞬間最大6m/s以下	
	その他		

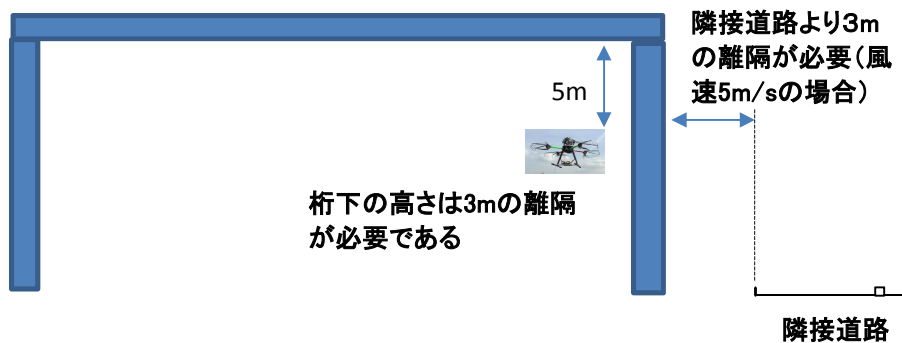
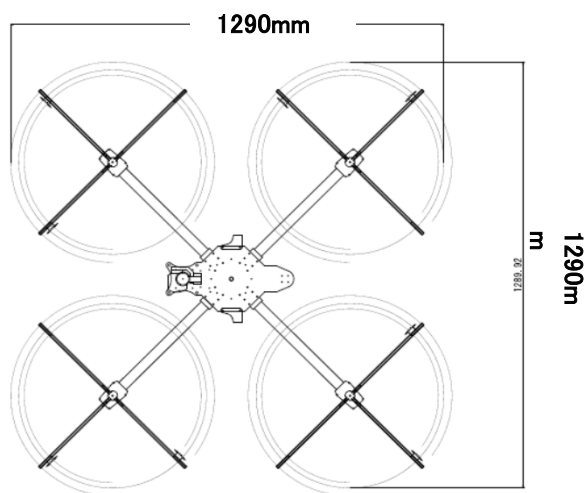
橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測

4. 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)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	3名 (ドローンオペレータ、カメラオペレータ、ロープ担当)	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	自社が認めたスキルを持つパイロット	
	操作場所	機体を直接見通せる場所(可能な限り機体の近く)	
	日当たり平均点検量 (準備等含む作業時間)	1日最大飛行時間:5時間程度	
	点検費用	ー	
	保険の有無、保障範囲、費用	対人・対物5億円	
	夜間作業の可否	十分な照明がある場合に限り可能	
	可搬性 (寸法・重量)	800*800*700箱他 総重量30kg程度	
	自動制御の有無	×	
	推奨環境条件 (日照・交通量等)	晴天、曇り 交通量少ない	
	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	飛行許可申請必要	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	要 (費用未定)	画像選別前処理ソフト、2次元画像計測ソフト、3Dモデル作成ソフト、画像処理ソフト
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	○	
	その他()		

5. 図面



橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™)

技術名		マルチコプタ点検システム「マルコ」		
	技術バージョン	AXM1010-K1010-0101-C01		作成：2019年 2月
開発者		川田テクノロジーズ株式会社 大日本コンサルタント株式会社		
連絡先等		TEL: 028-687-2217 ※. 機体本体 TEL: 048-615-2223 ※. 運用	E-mail : atsushi.hayashi@kawada.co.jp ※. 機体本体 kobayashi_dai@ne-con.co.jp ※. 運用	担当(機体): 川田テクノロジーズ株式会社 林 篤史 担当(運用): 大日本コンサルタント株式会社 小林 大
現有台数・基地		2 台	基地	栃木県芳賀郡芳賀町芳賀台122-1
技術概要		・当該技術は、3次元空間を自由に移動することが可能なUAV(4枚プロペラ型ドローン)にデジタルカメラを搭載することにより、従来、人間が容易に近接できない位置の部材表面の点検写真を撮影する技術である。 ・点検写真は、その目的から一定の精細さ、言い換えると機体(カメラ)と部材の間隔を一定に保つ必要があるが、操縦者と機体が離れると操縦が困難になる。これに対し本技術は、機体(カメラ)と部材の間隔を自動で一定に保つ飛行制御機能(※1)を備えており、操縦者から機体が離れても操縦が容易である。 ・またカメラは水平維持機能を有するスタビライザーに搭載されており、機体に揺動があっても常に安定した姿勢で画像を取得できる。 ・以上の特徴より、高橋脚など人間が容易に近接できず、また、操縦者と機体が離れてしまうケースに適性がある。 ※1. 機能作動には一定の条件がありますので「機体本体に関する連絡先」問い合わせください。		
技術区分	部位	・下部構造(橋脚)(※1) ※1. 現状、実績のある部位。下部構造(橋脚)と条件が類似する部位や部材への適用については、「運用に関する連絡先」までお問い合わせください		
	変状の種類	ひびわれ		
	物理原理	・静止画像(※1) ※1. デジタル		

橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™)

1. 基本諸元

移動原理		・飛行型
外形寸法		・運用時: 900mm × 900mm × 460mm (縦 × 横 × 高さ(mm)) ・収納時: 500mm × 500mm × 400mm (縦 × 横 × 高さ(mm))
運動制御機構	通信	・通信種別: 無線 ・周波数帯: 2.4GHz帯 ・出力: 100mW以下
	測位	・超音波距離計(※1) ※1. 前方および上方に対して機体(カメラ)と部材表面との間隔を計測する。
	自律機能	・機体(カメラ)前方および上方に対し、超音波距離計により計測された機体(カメラ)と部材表面との相対距離をソースとして、機体(カメラ)と部材表面の間隔を自動で一定に保持する自律機能を有する(※1)。 ※1. 機能作動には一定の条件がありますので「機体本体に関する連絡先」問い合わせください。
	衝突回避機能 *飛行型のみ	・機体前方および上方に対する自律衝突回避機能。自律機能側で設定した機体(カメラ)と部材表面の間隔が衝突回避間隔となる。 ・プロペラガード(水平方向)
センシング原理		・パッシブ方式(静止画像(※1)) ※1. デジタル
センシングデバイス	カメラ	・センサーサイズ: APS-Cサイズ、23.5 × 15.6mm ・ピクセル数: 縦6000Pixel × 横3376Pixel ・焦点距離: 標準は35mm換算30mm(※1) ・ダイナミクスレンジ: NA ※1. ひびわれ幅0.2mm検出仕様。焦点距離を変えたり機体(カメラ)と部材表面の間隔を変えたりすることにより検出ひびわれ幅は任意。
	パン・チルト機構	・ヨー±30° (※1) ・ピッチ-(下向き)30° ~+(上向き)120° (※1) ※1. 無段階に角度を変更可能。
	角度記録・制御機構	・角度記録は非対応 ・ヨー、ピッチともに遠隔制御可能で設定値に対してスタビライズされる
	測位機構	・なし
	ソフトウェア名	・「マルコ」は点検写真の撮影までを領域として画像処理ソフトを指定しないが、国土交通省がH30年度に実施した新技術を活用したフィールド試行業務では、日立システムズ株式会社が保有する「3次元管理台帳システム」を使用した。

橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™)

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	ー		
狭小進入可能性	4500mm(縦) × 4000mm(横) × 4500mm(高さ)	自動離隔一定機能(衝突回避機能)において前方向、上方向にそれぞれ2mの距離を設定した場合の数値	【風速の条件】 平均風速5m/s以内 【天候】 雨天、降雪時不可(画像に映りこむため)
最大可動範囲	・ー(※1)	※1. 操縦者と機体の間に障害物がなく操縦者から機体を十分に目視可能な範囲では運用可能。なお、これまでの運用実績から操縦者と機体の間隔が120mを超える場合は現場条件を考慮した試験が必要	【外気温】 10℃以上30℃以下 【日照条件】 ・640 lx以上(機体に搭載した照明機能を使用しない場合) ・480 lx以上(機体に搭載した照明機能を使用する場合) ・夜間飛行不可
連続稼動時間	7分(外気温11℃の場合)	高度2mで連続してホバリングしバッテリーが完全放電するまでの時間	
運動位置精度	ー 測位による自律飛行制御機能を持たないため記載しない。		

橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™)

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	撮影速度は0.3m/s (最大でも0.3m/sとする。)	【画素分解能】 0.4mm/Pixel(※1) 【移動方向に垂直な方向の視野】 1.4m(※1) 【移動方向ラップ率】 90%の場合 画像処理ソフトの性能による。 ※1. 検出限界ひびわれ幅＝0.2mmとして、35mm換算レンズ焦点距離＝30mm、機体(カメラ)と部材表面の間隔＝2.0mの場合。	
最小ひびわれ幅・計測精度	最小ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.050mm	【撮影速度】 0.3m/s 【被写体との距離】 2m 性能評価試験方法に定められた方法による値。実際の精度は条件により異なることがある。	
検出精度 (長さの相対誤差)	1 %以下(相対誤差)	【撮影速度】 0.3m/s 【被写体との距離】 2m 日立システムズ株式会社が保有する「3次元管理台帳システム」を使用した。	
位置精度	水平方向: 3mm(絶対誤差) 鉛直方向: 41mm(絶対誤差)	日立システムズ株式会社が保有する「3次元管理台帳システム」を使用した。	
色識別性能	24色認識可能	【照度】 10klx以上	

橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™)

4. 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	道路幅員条件	制約なし	
	桁下条件	桁下高さ(飛行空間高さ)として4.5m以上	
	周辺条件	飛行空間において安全ロープ(※1)の運用含め飛行の支障となる草木の繁茂などがいないこと	※1. 安全ロープに関しては「安全面への配慮」の項を参照してください。
	作業範囲 (進入可能範囲)	- 機体の無線操縦に影響する強い電波を発信する施設(放送局、電波発信基地、電波塔、変電所など)がない、あるいは無線操縦への影響が確認されないこと - 撮影範囲が見通せること - 組立て及び離発着スペース約3m×3mが必要 - 目視範囲内かつ見張員の連携範囲内として、1辺50m(※1)の立方体空間	※1. 見張員が機体を見渡せる範囲は橋脚の大きさによって異なる。この数字は橋脚高さが50m程度の場合の参考寸法である。
	安全面への配慮	- 飛行範囲内から機体が逸脱しないように安全ロープを用いた機体の係留を基本とする。安全ロープには原則として次の2種類があり、状況に応じて使い分ける(※1)。 ①縦方向に下ろした主索と、機体につながり主索に対してスライドして移動できる連結索からなる2本タイプ ②ロープの一端を機体に固定しもう一端を運用者が把持する1本タイプ ・人間や構造物に機体が接触したときに傷付けないように、ロータガードを必ず装備して飛行させる。 ・万が一の機体の接触に対して人体を保護するように、現場従事者は長袖長ズボン作業服、保護帽、保護メガネ、手袋を必ず着用する。ただし、操縦者については、操縦に支障が生じる場合は手袋を着用しない場合がある。 ・飛行範囲内に対する第三者の立ち入りが予見される場合は警備員を配置して立ち入りを抑止する。 ・飛行ごと(バッテリー交換ごと)に機体や制御システムが正常に作動していることを必ず点検する。	※1. 安全ロープの具体的な運用方法については「運用に関する連絡先」までお問い合わせください。
	無線等使用における混線等対策	—	
	道路規制条件	現場条件による。橋梁点検用ドローンは、桁下を飛行することから、橋面については一般に通行規制が不要。しかし、交差道路や鉄道の付近を飛行する場合において、係留索などにより物理的に飛行がおよばないようにはできない場合は通行規制が必要(※1)。	※1. 通行規制の必要性については「運用に関する連絡先」までお問い合わせください。
	交通規制の範囲	飛行の影響がおよぶ範囲として、飛行空域の直下およびその付近。	
	現地への運搬方法	作業員による。	
	適用可能風速	平均風速5m/s以下(※1)	※1. 平均風速がそれ以下であっても風の乱れが激しい場合、飛行できないケースがあります。
	その他	安全ロープ(主索と連結索で構成される2本タイプ)を運用する場合には、主索を設置するため、検査路あるいは高欄へのアクセスが必要。また地上には主索を固定するためのバラスト設置場所などが必要。	

橋梁等(画像計測技術)

ー マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™)

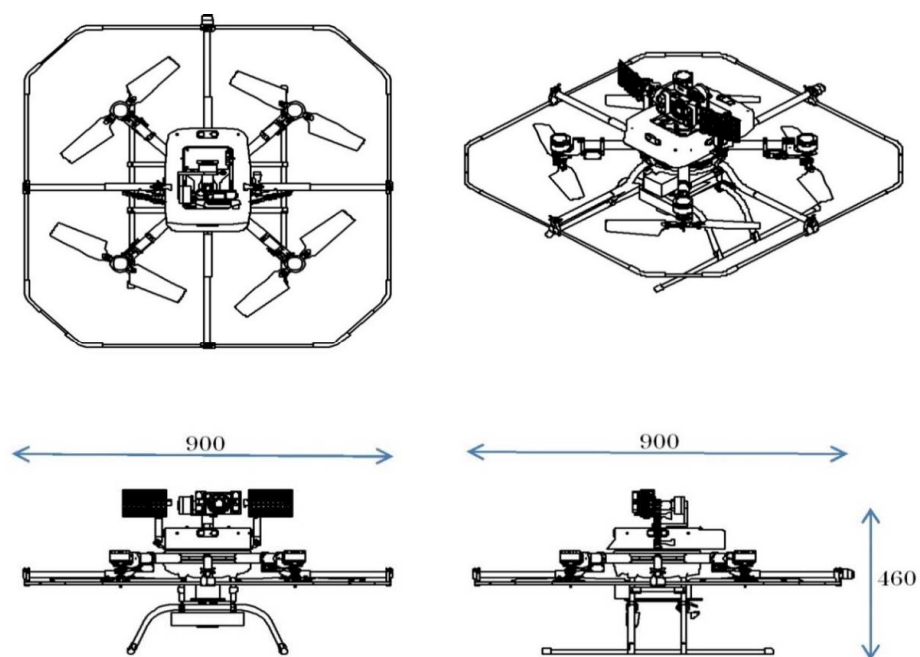
4. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	2名	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	ドローン操縦の実務経験者で2日間程度の講習(飛行許可申請に必要な飛行時間を除く)	
	操作場所	機体が目視できる範囲内かつ見張員の連携範囲内	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	650m ² (橋脚)程度	
	点検費用		想定される条件がさまざまであるため実施条件に応じて都度見積もり対応
	保険の有無、保障範囲、費用	損害賠償保険(※1)に加入。	※1.「運用に関する連絡先」までお問い合わせください。
	夜間作業の可否	不可	
	可搬性(寸法・重量)	1名で運搬可能。(600×600×400mm, 10kg)	
	自動制御の有無	半自律(近接制御、高度速度制御)(※1)	※1.「運動制御機構」の項を参照してください。
	推奨環境条件(日照・交通量等)	日中、雨天不可(※1)	※1. 詳細は案件ごとに「運用に関する連絡先」までお問い合わせください。
	利用形態: リース等の入手性	「マルコ」を利用した点検をサービスとして提供 機体の個別販売については都度検討	
	関係機関への手続きの必要性	航空局への飛行許可申請	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	「マルコ」は点検写真の撮影までを技術領域とする(※1)	※1.「センシングデバイス ソフトウェア」の項を参照してください。
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	未定	
	その他()		

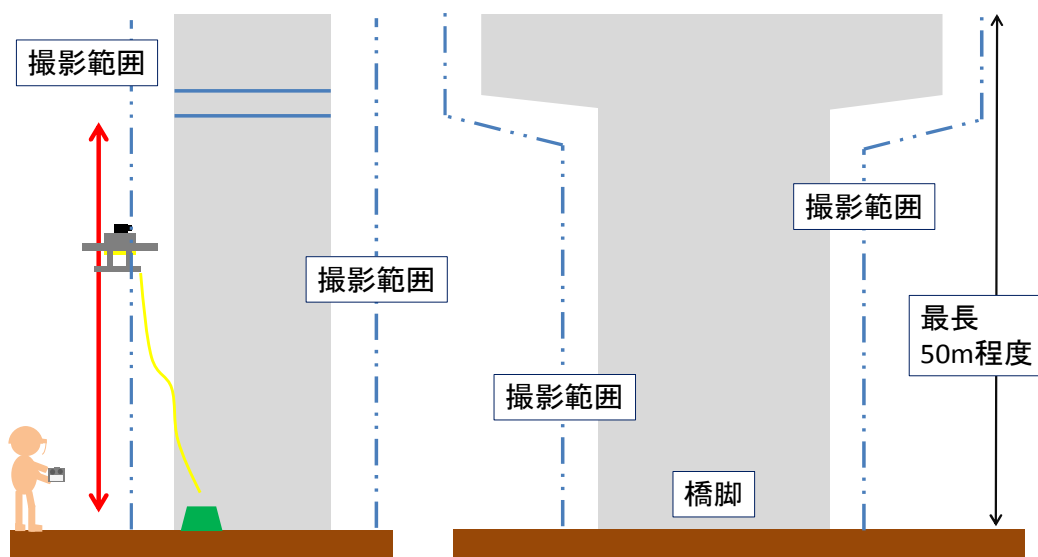
橋梁等(画像計測技術)

－ マルチコプタを利用した橋梁点検システム(マルコ™)

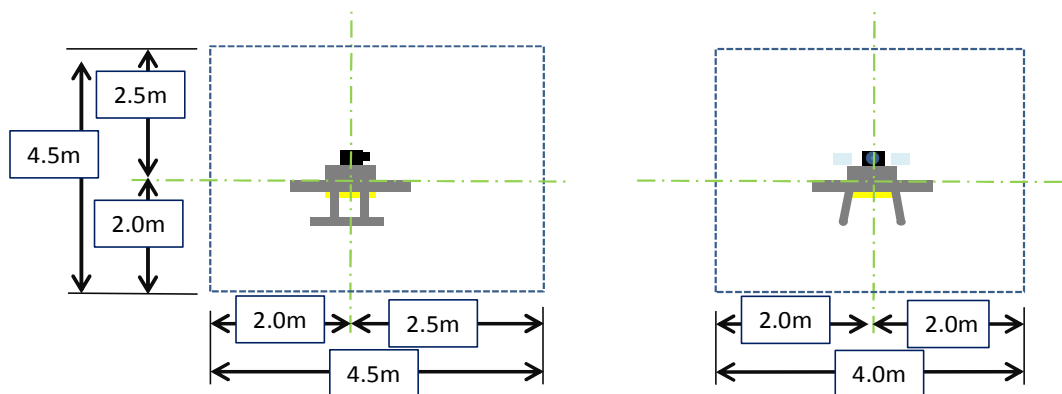
5. 図面



外形寸法



作業範囲



狭小進入可能性能図

橋梁等(画像計測技術)

－ 「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術

技術名		橋梁点検支援ロボット		
	技術バージョン	Ver.01		作成：2019年 2月
開発者		ジビル調査設計株式会社 有限会社インテス 福井大学		
連絡先等		TEL：0776-23-7155	E-mail： minamide@zivil.co.jp	担当：調査部
現有台数・基地		4 台	基地	福井県福井市大願寺
技術概要		・橋面上の操作ベースマシーンより桁下にアームを挿入し、アーム上を稼動する各種点検台車を遠隔操作で近接目視・打診点検を支援する。 ・橋梁点検車の使用が困難な橋梁の定期点検作業において、吊り足場・大型橋梁点検車・ロープアクセス等の特殊な仮設を使用せずに、橋面上設置した幅1m程度の作業ベースマシーンを使用して、必要最小限の通行規制により落ち着いた作業環境で安心して点検を行う事が可能。 (搭載機能) ・ロボット機種は橋梁規模に応じて2種類より選択可能。(スタンダード機・ハイグレード機) ・高精細ビデオカメラによる近接撮影での損傷状況の確認と静止画記録及び動画記録。 ・クラックゲージシステムによりひび割れ幅の測定が可能。 ・レーザーポインター測定装置(直径200mm)により浮き・剥離などの面的な損傷形状の測定可能。 ・赤外線サーモグラフィーによるコンクリート表面の浮き・漏水箇所のスクリーニングが可能。 ・回転式打診装置によるコンクリート浮きの打診点検が可能。 ・狭隘点検カメラシステムによる支承周辺等の狭隘個所の点検可能。 ・噴出清掃メンテナンスロボットでの高圧散水機能で堆積土砂等の点検障害物の除去可能。 ・点検作業の過程を動画で記録可能で、点検漏れ、事務所での再確認が可能 ・ネット回線で点検動画をリアルタイムで遠隔地に配信可能で現場と事務所の相互通信により遠隔地診断が可能 ・点検結果は2次元点検調書に記録		
技術区分	部位	上部構造(床版)		
	変状の種類	床版ひびわれ		
	物理原理	画像・動画		

橋梁等(画像計測技術)

— 「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術

1. 基本諸元

移動原理		アーム型 橋面上に設置した操作ベースマシーンより橋梁桁下方向に延びる鉛直ロッドの先端に水平アームを取り付けて、橋梁下面に水平アームを挿入する。橋面上からの遠隔操作にて水平アーム上を移動する各種点検用台車により点検を支援する。カメラ等のセンシング機器を撮影対象場所に移動させる手段として、以下の別を記載
外形寸法		スタンダード機 950×3080×2270mm (幅×長×高) 水平アーム長 7000mm (最大長) 鉛直ロッド長 15000mm (最大長) ※橋梁総幅員14mまでに適用 ハイグレード機 1250×3360×2250mm (幅×長×高) 水平アーム長 10000mm (最大長) 鉛直ロッド長 7500mm (最大長) ※橋梁総幅員20mまでに適用
運動制御機構	通信	有線
	測位	—
	自律機能	—
	衝突回避機能 *飛行型のみ	—
センシング原理		パッシブ方式(画像・動画)
センシングデバイス	カメラ	・センサーサイズ(縦8.8mm×横13.2mm) ・ピクセル数(縦3352×横5986) ・焦点距離9mm～111.6mm ・動画フレーム 30fps ・画像形式:RAW画像、合成画像
	パン・チルト機構	・水平0° ～360° ・鉛直0° ～270° ・角度は無段階変化可能
	角度記録・制御機構	撮影位置・方向を制御、ないし記録出来る機構を有するかどうか。
	測位機構	損傷形状の測定は、幅・長さ測定用ゲージを直接損傷個所に宛がって計測する。 損傷位置の簡易測定法として、画像より部材(主桁・横桁等)からの相対的な位置関係を測定。
	ソフトウェア名	kuraves(クラベス)

橋梁等(画像計測技術)

— 「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	—	—	—
狭小進入可能性能	伸縮式ロッド1630～2550mmが進入可能な下方が開けた空間であれば進入可能可能 曲がり回数 0回	—	【風速の条件】 平均風速7m/s以下で適用可能。ただし、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/s以下とする。 【天候】 晴れ・曇り・小雨は対応可能。 降雪時は不可 【外気温】 5℃～35℃ 【日照条件】 昼間作業を基本とする。 小雨時や夜間など桁下が暗い場合は、台車付属の照明使用する。
最大可動範囲	懸垂型 水平アーム長 スタンダード機(3m～7m) ハイグレード機(7～10m) 鉛直ロッド長 スタンダード機(2.5～15m) ハイグレード機(1.9～7.5m)	—	
連続稼働時間	有線 ロボット駆動はエンジン及び有線供給で1日(8時間)の連続稼働が可能。 カメラはバッテリーで稼働で8時間連続使用可能	—	
運動位置精度	測位機構の利用無し 位置精度は、橋梁部材との位置関係より把握する。	—	

橋梁等(画像計測技術)

— 「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	静止画像撮影時は停止状態 (0.1mmのひび割れを検出する場合の条件)	・撮影距離 2.0m ・画像分解能 0.42mm/Pixel (画角:縦1400mm (ピクセル3352) 横2500mm (ピクセル5986)) ・ラップ率 20～30%	
最小ひびわれ幅・計測精度	最小ひびわれ幅 0.1mm 計測精度 0.050mm	(0.1mmのひび割れを検出する場合の条件) ・撮影速度 静止状態 ・撮影距離 2.0m ・クラック幅計測用のゲージを直接クラック箇所にあてがって撮影する。	
検出精度 (長さの相対誤差)	1 % (相対誤差) クラック幅を測定する専用台車を橋面上から遠隔操作してクラック発生個所に直接クラック幅測定用のゲージを宛がって、ビデオカメラで幅及び長さを直接計測する。 長さの長いひび割れの場合、橋梁の各要素を損傷図と同じ座標系で撮影を行い、画像補正(あおり処理)及び合成処理を行い長さを計測する。	・撮影速度 停止状態 ・撮影距離 2.0m ・ラップ率30%	
位置精度	橋軸方向: ±100mm以内(絶対誤差) 橋軸直角方向: ±100mm以内(絶対誤差) 橋梁の各要素単位を損傷図と同じ座標系で撮影を行い、画像補正(あおり処理)及び合成処理を行い位置を特定する。	・撮影速度 停止状態 ・撮影距離 2.0m ・ラップ率 20～30%	
色識別性能	24色カラー識別可能	夜間点検時はLED証明を使用する。	照度1000ルクス以上

橋梁等(画像計測技術)

－「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術

4. 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	道路幅員条件	・総幅員:20.0m未満 ・構成:歩道付き(2.0m以上)が望ましい。(車道規制不要)	
	桁下条件	桁高:3.0m未満	
	周辺条件	支間長:5.0m以上	
	作業範囲 (進入可能範囲)	・周辺約5.0m以内に民家や他の構造物などがないこと ・幅員1.5m以上必要。	・ロボット等の運搬に使用するトラックが近くにアクセスできること ・機械組み立てスペースとして3m×10mのスペース必要
	安全面への配慮	高所からの転落を防止するために安全帯の使用	
	無線等使用における 混線等対策	有線での通信であり無線対策は特になし	
	道路規制条件	・歩道上にロボット設置の場合は、歩道規制を実施。 (規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動) ・車道の場合、幅員に応じて車線減少・路肩規制・片側交互規制を実施。(規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動)	
	交通規制の範囲	幅1.5mでの規制が必要	
	現地への運搬方法	スタンダード機は2tトラック運搬 ハイグレード機は4tトラック運搬	現地でのロボット組み立てスペースとして、幅3m×長さ10mのエリアが必要となる。
	適用可能風速	平均風速7m/S以下	ただし、スタンダード機で鉛直ロッド長を9m～15mで使用时、及び、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/S以下
	その他		

橋梁等(画像計測技術)

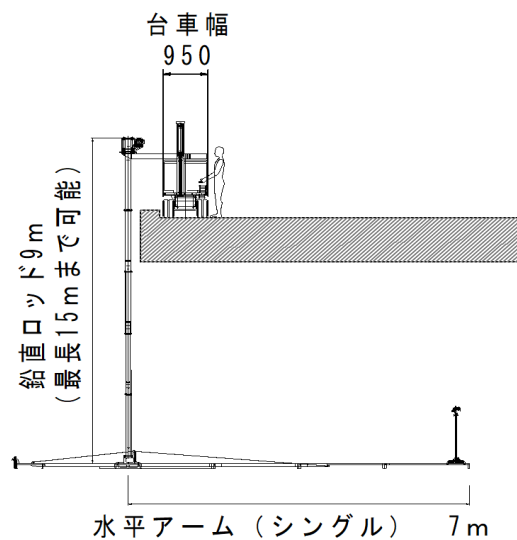
ー「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術

4. 留意事項(その2)

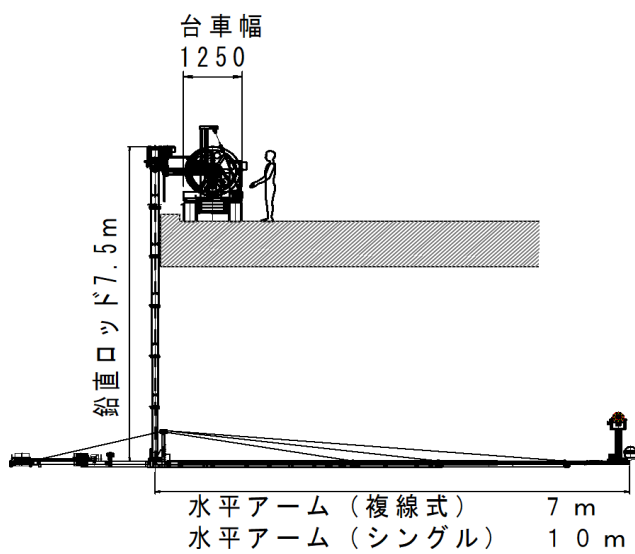
項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	スタンダード機 2名(ロボットオペレータ1名・補助員1名) ハイグレード機 3名(ロボットオペレータ1名・補助員2名)	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	不整地運搬車 運転技能講習	
	操作場所	橋面上(歩道上・車道上)	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	桁橋・床版の場合 600～800m ² トラス・斜張橋 300～600m ²	
	点検費用	1日当たり25万円(ロボット本体・作業員2名によるリース費用) 機材運搬費・宿泊費等は別途	
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険:有 ・保障範囲:ロボット本体 ・費用:ロボットリース費用に含む	
	夜間作業の可否	○(夜間用LED照明完備)	
	可搬性(寸法・重量)	点検現場内では自走移動 スタンダード機 (全長0.95m・全高3.08m・全高2.27m・総重量1.7t) ハイグレード機 (全長1.25m・全高3.36m・全高2.25m・総重量2.5t)	
	自動制御の有無	×	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	・日照条件に制約なし。・交通量の制約は無いが、少ない方が作業環境は良好	
	利用形態:リース等の入手性	オペレーター付きリース(全国可能)	
	関係機関への手続きの必要性	道路占用のための申請書	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	ひび割れ幅の測定時に画像解析ソフトを使用。 解析費用は別途見積もり対応	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	○	
	その他()		

5. 図面

橋梁点検支援ロボット
(スタンダードタイプ)



橋梁点検支援ロボット
(ハイグレードタイプ)



橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

技術名		橋梁点検ロボットカメラ		
	技術バージョン	HV-HT3000TB-U/D		作成：2019年 2月
開発者		三井住友建設株式会社 株式会社日立産業制御ソリューションズ		
連絡先等		TEL: 03-3251-7245	E-mail : yoshitaka.chiba.tx@hitachi.com	担当:(営業)千葉
現有台数・基地		約50台(レンタル会社)	基地	東京、静岡、大阪、兵庫、広島、福岡
技術概要		点検員が近接するのに足場や脚立、梯子、ロープアクセス等を必要とする部位に対して、それらが必要とすることなく、離れた場所よりカメラで視準して点検することを可能とする機械である。 点検ロボットカメラの向き、倍率(光学30倍ズーム)、撮影等を操作端末(タブレットPC)から遠隔操作する。操作は容易である。 操作端末にクラックスケール、L型スケールを表示することができ、損傷の大きさを定量的に計測可能である。 また、点検カメラおよびポールユニットの装置一式は、軽量で、可搬性があり、設置も容易である。		
技術区分	部位	上部構造／下部構造／支承部／路上		
	変状の種類	腐食／亀裂／ひびわれ／床版ひびわれ		
	物理原理	画像・動画		

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

1. 基本諸元

移動原理		・懸垂型: 橋面の高欄笠木に、架台ユニットを固定し、懸垂させ、アームを鉛直下方向(最大6.0m)に電動により伸長し、架台ユニット下端に設置した点検専用カメラにより点検対象部材を視準する。 一旦設置した高欄から、架台ユニットを別の場所に移動するには、高欄から取り外して人力により移動して、再度設置作業を行う。すなわち、移動原理は、電動および人力である。 ・ポール型(高所型): 地上に三脚を有したポールユニットを設置し、ポールを鉛直上方向(最大10.5m)に人力により伸長し、ポールユニット上端に設置した点検専用カメラにより点検対象部材を視準する。 一旦設置した場所から、別の場所に移動するには、ポールを下げ、人力により移動して、再度設置する。すなわち、移動原理は、人力である。
外形寸法		・カメラユニット: 190x160x130[mm] ・高所ポールユニット: 1730x200x160[mm](収納時) ※設置時の三脚の占有平面範囲: 1500×1500[mm]程度 ・懸垂架台ユニット: 1350x280x210[mm](収納時)
運動制御機構	通信	無線通信(操作端末(タブレットPC)から、無線通信によりカメラユニットを遠隔操作・制御する。) 5GHz帯(W56規格)
	測位	ー
	自律機能	ー
	衝突回避機能 *飛行型のみ	ー
センシング原理		パッシブ方式(画像)
センシングデバイス	カメラ	・センサーサイズ(縦2.94mm×横5.22mm) ・ピクセル数(縦736Pixel×横1296Pixel) ・焦点距離(4.4～132mm) ・(動画の場合)フレーム数(15fps) ・画像形式: 静止画(JPEG)、動画(MPEG4)
	パン・チルト機構	点検専用カメラのパン・チルト機構部の可動範囲 水平: -180° ～ +180° 鉛直: -90° ～ +90°
	角度記録・制御機構	角度記録機能有(静止画画像のExifデータに保存): カメラのパン・チルト機構部の原点位置に対する相対角度を記録
	測位機構	パン・チルト角度測位: ロータリーエンコーダ(静止画画像のExifデータに保存) 対象物までの測距: レーザーレンジファインダー(静止画画像のExifデータに保存)
	ソフトウェア名	橋梁点検ロボットカメラ-操作アプリ

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	ー		
狭小進入可能性能	【高所型の場合】 スペース 200x200mm以上 進入深さ 10.5m(ポール型) 曲がり 0回 【懸垂型の場合】 スペース 200x200mm以上 進入深さ 4.5m(オプション装着時:6.0m) 曲がり 0回		
最大可動範囲	操作端末から点検専用カメラまでの無線通信による操作可能距離:20m程度以内 【高所型の場合】 ポールは、上方向に最大10.5m伸長 【懸垂型の場合】 アームは、高欄笠木から下方向に最大4.5m(オプション(延長ポール)使用で6.0mまで対応)	風速5m/s以内(高所型) 風速10m/s以内(懸垂型) 天候:筐体は、防滴使用であるが長時間の雨天時使用は不可 外気温:-10℃以上 40℃以下	
連続稼動時間	点検専用カメラに装着するバッテリー:約3時間 (ただし、ライト点灯を併用した場合は、短くなる)		
運動位置精度	ー		

橋梁等(画像計測技術)
 ー 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	連続自動撮影機能を使用した場合、8秒／枚 移動方向ラップ率:10～50%可変設定	—	—
最小ひびわれ幅・ 計測精度	最小ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.047mm※1 最小ひび割れ幅 0.1mm 計測精度 0.100mm※2 最小ひび割れ幅 0.2mm 計測精度 0.065mm※3 最小ひびわれ幅 0.05mm 計測精度 0.047mm※4	※1 被写体との距離:5m 日向 55000 lx、日陰 4915 lx ※2 被写体との距離:10m 日向 55000 lx、日陰 4915 lx ※3 被写体との距離:20m 日向 55000 lx、日陰 4915 lx ※4 被写体との距離:4.3m 暗所 35 lx	完全な暗所(0lux)でも、装備照明を使用(約30lux)することで、日向・日陰環境と同様のひびわれ計測が可能
検出精度 (長さの相対誤差)	0.04 % (相対誤差)	—	
位置精度	水平方向: 20mm(絶対誤差) 鉛直方向: 100mm(絶対誤差)	—	
色識別性能	日向、日陰、暗所(0 lx)においても、 カラーチャート全色の識別が可能	—	暗所では装備照明を使用(約30 lx)

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

4. 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	道路幅員条件	制約なし	
	桁下条件	・桁下に河川敷があり、点検員が入れる場合は、高所型を地面に設置して作業が行える ・点検員が入れない場合は、懸垂型を欄干笠木に設置して作業が行える ・ポール先端のカメラから桁下面までの高さは20m以内が望ましい	
	周辺条件	・電線、引込み線、電車線路およびその周辺では絶対に使用しない。(感電防止) ・雷が発生している場合は、ぜったに使用しない。(落雷防止)	
	作業範囲 (進入可能範囲)	高所型設置による占有範囲は1.5m四方。 懸垂型設置時の作業占有範囲は1.0m×1.5m。	
	安全面への配慮	・点検員の作業範囲は、第三者が立ち入らないように交通規制する。 ・懸垂型は、落下防止ベルトで、高欄と架台ユニットとを結ぶ。	
	無線等使用における 混線等対策	操作端末の画面に警告文を表示	
	道路規制条件	・懸垂型架台ユニット、高所型ポールユニットは、設置箇所において交通規制する。	
	交通規制の範囲	懸垂型は、点検員が操作するのに高欄より橋軸直角方向に1m、橋軸方向1.5m程度占有するので、その範囲は交通規制する。高所型は1.5m四方。	
	現地への運搬方法	架台ユニット、ポールユニット、点検カメラは、宅配便および車両(ライトバン等)で搬入する。車両駐車箇所より、橋梁までは手運搬。	
	適用可能風速	高所型: 風速5m/s以内 懸垂型: 風速10m/s以内	
	その他	・対象面の直交軸と、カメラ視準軸のなす角が45°以下が望ましい。	

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

4. 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)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	高所型:1名 懸垂型:2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	橋面または地面(点検カメラから対象物までの距離20m程度以内)	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	コンクリート桁橋:300m ² /日(カメラ2台使用)※ コンクリート箱桁橋内部:550m ² /日(カメラ3台使用)※ ※ 連続自動撮影機能を使用した場合	
	点検費用	コンクリート桁橋(300m ²):240,000円 コンクリート箱桁橋内部(550m ²):330,000円	内訳: 計測費用[直接人件費]+計測費用[直接経費]+解析費用[直接人件費]
	保険の有無、保障範囲、費用	機材の故障に対する保険、人的被害および検査対象物の損傷に対する保険は、作業者が必要に応じ任意加入。 補償範囲、費用は、保険会社と都度設定必要。	レンタル時は、機器の故障に対する保険にレンタル会社で加入済。 (補償範囲は、最大、機材の新規購入費用まで)
	夜間作業の可否	推奨はしないが、可。点検カメラに搭載されている照明を使用することにより。	
	可搬性(寸法・重量)	収納したバッグの寸法・重量 点検カメラ:280×550×280mm、5kg 懸垂型:1500×400×200mm、15kg 高所型:1900×230×230mm、13kg	
	自動制御の有無	有:連続自動撮影機能	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	天候:筐体は、防滴仕様であるが、長時間の雨天時使用は不可。また、雨水がレンズ面に入るときは使用不可。 外気温:-10℃以上40℃以下 照度:概ね、10lux以上	
	利用形態:リース等の入手性	機器を購入する。レンタルも、全国のレンタル会社8社で行っている。	
	関係機関への手続きの必要性	警察署に道路使用許可の申請	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	・「後から測れるビューワー」(画像へのクラックスケール、L型スケールの表示が、現場でなく、事務所での事後作業で行えるソフト)あり。 ・画像の合成は、フリーソフトで対応可。	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	機器の不具合は、販売会社がサポート。	
	その他()		

5. 図面



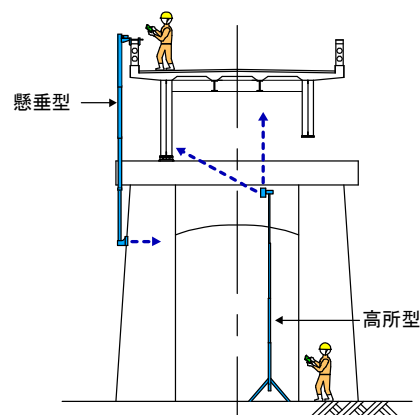
ポールユニットに設置した橋梁点検ロボットカメラ



懸垂型を用いた点検



高所型を用いた点検



懸垂型および高所型を用いた点検

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

技術名		橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」		
技術バージョン		作成：2019年 2月		
開発者		東北工業大学 O・T・テクノロジー株式会社		
連絡先等		TEL：022-377-6241	E-mail： htoriumi@ottr.jp	担当： 鳥海廣史(代表取締役社長)
現有台数・基地		1 台	基地	仙台市泉区
技術概要		橋梁両側高欄部より橋軸直角方向に吊下げられた、最長12mの両端ヒンジのアルミ製棒部材(最大でも約2m以下に分解可能で、各部材を、特製の接続用部品を用いてキャンバーが付くように接続)に固定した最大6台のカメラを用いて、床版下面・桁等をタブレット端末で常時リアルタイムに確認し、静止画撮影・保存します。装置全体を橋軸方向に所定の間隔で逐次移動させることで、床版下面・桁等全体の撮影が可能となります。 各カメラは、カメラへの電力供給を伴うPoE対応HUBと有線LAN接続され、さらにHUBに繋がるWi-Fiルーターと無線接続されたタブレットから、専用のアプリを用いて各カメラへのパン・チルト・ズーム・露出調整、撮影の操作を行います。撮影画像はタブレット内に保存されます。なお、HUBとWi-Fiルーターへの電力供給は、充電式の小型電源装置より行います。 上記の仕様により、極めて機械・電気・LAN環境的にトラブルが少ない、安定した点検作業が長時間可能となります。また、装置一式は小型乗用車でも運搬可能であり、少ない通行規制の下、最低2名での点検が可能です。 撮影した全画像は、一括して専用のExcelマクロ処理で読み込むことにより簡易的に画像合成され、損傷位置特定を支援します。なお、損傷写真の抽出、損傷程度の評価(ひび割れ幅・ひび割れ長さの計測等も含む)は、撮影した写真をコンピュータディスプレイ上で確認することでの実施となります。		
技術区分	部位	上部構造(主桁、床版下面)		
	変状の種類	ひびわれ		
	物理原理	静止画像		

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

1. 基本諸元

移動原理		・懸垂型 なお、複数台の撮影用カメラは、撮影対象場所に応じて予めそれぞれ位置を決め、それらの位置になるよう、吊下げられた棒部材上にそれぞれ固定(点検中、カメラは棒部材上を移動しない)する。 橋軸方向への装置(カメラが固定された棒部材)の移動は、装置を吊下げているロープを高欄の位置にて人力で移動させることで実行する。
外形寸法		幅:500mm(両端部)、200mm(カメラ設置部)、50mm(左記以外) 高さ:200mm(カメラ設置部)、50mm(左記以外) 長さ:点検対象橋梁の幅員相当(最大12m、0.5m刻みで自由に設定可能)
運動制御機構	通信	装置全体(カメラが固定された棒部材)の運動(移動)はすべて人力のため、「通信」未使用 個々のカメラのパン・チルト等の運動は、人が存在する橋上または地上までは有線LAN、その場所(橋上または地上)と操作用端末間は無線LAN
	測位	測位機構無し
	自律機能	自律機能無し
	衝突回避機能 *飛行型のみ	
センシング原理		パッシブ方式(画像)
センシングデバイス	カメラ	・光学ズーム 18倍 ・1/3型 MOSセンサー ・焦点距離(4.7mm~84.6mm) ・ピクセル数(縦960Pixel×横1280Pixel)
	パン・チルト機構	使用するカメラ自体のパン・チルト機構部の可動範囲 ・水平0° ~350° ・鉛直-30° ~90°
	角度記録・制御機構	・吊下げた棒部材上に各カメラは固定されており、橋上での装置の吊下げ位置、吊下げ量(撮影対象場所における被写体距離)が各撮影ごと明確なため、予定した撮影対象場所(被写体)が撮影できるようにタブレット端末からカメラのパン・チルト操作を取扱者が行うことで制御 ・撮影の際、各写真は、撮影位置が特定できるファイル名にて、タブレット端末内で自動保存
	測位機構	吊下げた棒部材上に各カメラは固定されており、装置の吊下げ位置も撮影ごと明確なため、各撮影画像の座標は容易に確定できる
	ソフトウェア名	画像処理は行っていないが、各カメラのパン・チルト・撮影等の操作、撮影画像の確認・保存等のため、タブレット端末用アプリを独自に製作

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	—		【風速の条件】 風速10m/s 以内 【天候】 雨天時、降雪時は不可 【外気温】 0℃以上40℃以下
狭小進入可能性能	— 進入深さ 懸垂型の棒部材上にカメラを設置しているため狭隘部への進入不可(桁下のみからの撮影)		【日照条件】 点検部位(各写真の被写体面)は、照明を使用しなくても目視でひび割れ等の損傷が確認できる程度の明るさ(概ね50Lx以上)であること
最大可動範囲	カメラを固定する棒部材は、最大12m (幅員に合わせて50cm刻みで調整可能)		
連続稼働時間	小型電源装置の使用で、PoE対応HUBとWi-Fiルータへは直接給電し、各カメラへはそのPoE対応HUBと有線LAN接続により給電する。小型電源装置1台あたり約4時間(カメラ6台使用)可能。また、無停電電源装置との併用で、連続稼働のまま、小型電源装置の交換が可能で、更に長時間の連続稼働も可能。		
運動位置精度	—		

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

3. 計測性能

	性能値	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	各カメラは、撮影時には静止。	被写体距離を変化させる方向の揺れがない状態	
最小ひびわれ幅・計測精度	最小ひびわれ幅 0.1mm 計測精度：－ 理由「被写体距離の誤差によって計測精度は異なる」 なお、精度の良い計測は、桁下面、床版下面のみ対象。	被写体距離とカメラの光学スームの調整により、被写体の大きさが、横60cm×縦45cmの場合色調差を処理することで、0.1mm単位で区別することが可能。 同一条件(被写体距離、倍率)で撮影した「クラックスケール」の画像を、損傷写真とディスプレイ上で重ね合わせることで長さを計測	
検出精度 (長さの相対誤差)	計測精度：－ 理由「被写体距離の誤差によって計測精度は異なる」 なお、精度の良い計測は、桁下面、床版下面のみ対象。	被写体距離とカメラの光学スームの調整により、被写体の大きさが、横60cm×縦45cmの場合 同一条件(被写体距離、倍率)で撮影した「クラックスケール」の画像を、損傷写真とディスプレイ上で重ね合わせることで長さを計測	
位置精度	橋軸方向：100mm(絶対誤差) 橋軸直角方向：100mm(絶対誤差) 撮影時の装置の揺れにより、撮影すべき被写体位置が最大で100mm程度ずれる可能性があるため。	被写体距離とカメラの光学スームの調整により、被写体の大きさが、横60cm×縦45cmの場合	
色識別性能	－	被写体距離とカメラの光学スームの調整により、被写体の大きさが、横60cm×縦45cmの場合	

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

4. 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	道路幅員条件	・幅員12m程度以下	
	桁下条件	・桁下高20m程度以下	
	周辺条件	ー	
	作業範囲 (進入可能範囲)	・地覆内側から歩道側へ70cmの部分(ただし、点検装置吊下げ位置の前後の一部のみ) ・桁下に組み立て作業ができるスペース(幅員×0.8m程度)があること。スペースが無い場合は、橋上に同様の作業スペースが確保でき、「桁下高>幅員」であれば点検可能。	
	安全面への配慮	高欄脇での作業に対して、歩行者等への安全誘導等。	
	無線等使用における 混線等対策	Wi-Fi接続を利用	
	道路規制条件	・歩道がある場合はガードマンが必要、歩道が無い場合は路肩規制が必要。	
	交通規制の範囲	地覆内側から70cm程度(ただし、点検装置吊下げ位置の前後の一部のみ)	
	現地への運搬方法	小型乗用車1台で運搬可能	
	適用可能風速	10m/s以下	
	その他		

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

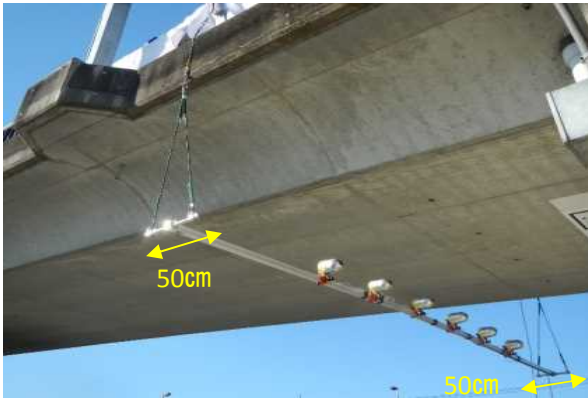
4. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	最低2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	装置の移動操作は橋上 タブレットによるカメラ操作は、橋上・橋下ともに可	
	日当たり平均点検量 (準備等含む作業時間)	支間長15m,幅員6mで4径間(RC床版橋の場合)	
	点検費用	上記条件(RC床版橋)で計測費用約23万(直接人件費+直接経費)、解析費用約25万(直接人件費)	
	保険の有無、保障範囲、費用	ー	
	夜間作業の可否	×	
	可搬性 (寸法・重量)	点検装置・小型電源装置等すべてを含め概ね50kg程度以下。寸法は、すべてを小型乗用車1台に載せることが可能	
	自動制御の有無	×	
	推奨環境条件 (日照・交通量等)	晴・曇 0℃～40℃、交通量条件なし	
	利用形態: リース等の入手性	ー	
	関係機関への手続き の必要性	ー	
	解析ソフトの有無と 必要作業及び費用等	有、撮影画像をディスプレイ上で1枚ずつ確認し、損傷状況(ひび割れ幅・長さの計測等)を評価し、点検調書を作成。解析費用約25万(直接人件費のみ)	
	不具合時のサポート 体制の有無及び条件	×、(現時点では、開発者自身が点検を実施することを前提としているため)	
	その他()		

橋梁等(画像計測技術)

ー 橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

5. 図面



橋下作業範囲

橋軸方向に幅50cm程度

(逐次、装置全体を橋軸方向に移動)



橋上作業範囲

地覆内側から70cm程度

(逐次、橋軸方向に移動)

性能カタログ（案）
【橋梁等（非破壊検査技術）】

2019年 2月時点

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

技術名		赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム		
	技術バージョン	-		作成：2019年 2月
開発者		西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社		
連絡先等		TEL：087-834-2419	E-mail：koichi.kawanishi@w-e-shikoku.co.jp	担当：土木技術課 川西
現有台数・基地		6 台	基地	香川県高松市花園町
技術概要		橋梁等のコンクリート構造物において、鉄筋腐食に伴い発生する剥離やうき(コンクリート内部の剥離ひび割れ)を、遠望非接触にて赤外線法により検出する技術である。 第三者被害防止の橋梁点検において、打音点検前の1次スクリーニングに用いる。		
技術区分	部位	上部構造(主桁、横桁、床版)／高欄／地覆		
	変状の種類	うき／剥離・鉄筋露出		
	物理原理	画像・動画／赤外線		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

1. 基本諸元

移動原理		対象となる橋梁の交差条件に合わせて、徒歩による通常撮影、台車に機器を搭載した台車撮影、また車両に機器を搭載した車載撮影が可能。台車撮影や車載撮影の場合、広範囲を効率的に調査可能。
外形寸法		500mm × 310mm × 260mm
運動制御機構	通信	—
	測位	—
	自律機能	—
	衝突回避機能 *飛行型のみ	—
センシング原理		パッシブ方式(赤外線画像、可視画像)
センシングデバイス	カメラ	・冷却型高性能赤外線カメラ(検知素子:InSb、検出波長帯:3~5μm) ・デジタルカメラ(可視画像) ・PC(OS:Windows7/Windows10 64bit版、ハードウェア:Intel Core i5以上推奨、メモリー:2GB以上) ・熱環境測定装置(外寸41cm×41cm)
	パン・チルト機構	—
	角度記録・制御機構	—
	測位機構	—
	ソフトウェア名	Jソフト

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	ー (本システムは手動操作であり、通常撮影では調査員がハーネスとベルトにより調査機器を固定した状態で測定を行う)	ー	運動性能に関して規定無し(調査員が撮影対象場所に立ち入ることができれば可)
狭小進入可能性能	0.5m×0.5m×1.2m (調査員が侵入可能な最小寸法)	ー	
最大可動範囲	調査員の活動可能範囲 (撮影対象場所に立ち入り可能な範囲)	ー	
連続稼動時間	7時間		
運動位置精度	ー		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	①0.2m/s (通常撮影) ②0.5m/s程度(台車撮影) ③60km/h程度(車載撮影)	撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。 調査時間帯は夜間。 撮影角度: 調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できること。撮影距離: 50m未満(ただし、レンズや距離計の変更により90m程度まで対応可能)	調査対象部位は湿潤状態でないこと。 亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。 熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。
性能曲線	[NETIS](H30年) 検出率: 100% ヒット率: 26%		
位置精度	ー (位置精度は管理していない。現場で記録した野帳と熱画像・可視画像により、調査員が損傷位置を特定する。)		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

4. 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	道路幅員条件	制限無し	
	桁下条件	最小撮影距離2m以上が確保できること。	
	周辺条件	撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。	
	作業範囲 (進入可能範囲)	制限無し	調査員が撮影対象場所に立ち入ることができれば調査可能。
	安全面への配慮	交通状況により、保安員の配置が必要	
	無線等使用における 混線等対策	—	
	道路規制条件	不要	橋梁下が鉄道や高速道路の場合は、協議が必要。
	交通規制の範囲	—	
	塗装剤条件	・亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。	
	躯体状態	・調査対象部位が湿潤状態でないこと。 ・コンクリート表面から4cm奥までのうき・剥離	
	躯体温度条件	・熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。	
	現地への運搬方法	人力による	
	適用可能風速	規定無し	調査員が撮影対象場所に立ち入ることができれば調査可能。
	その他	・撮影距離約50m未満(ただし、レンズや、距離計の変更により90m程度まで対応可能)	

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

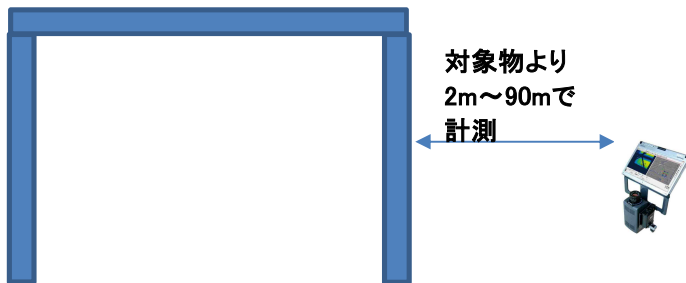
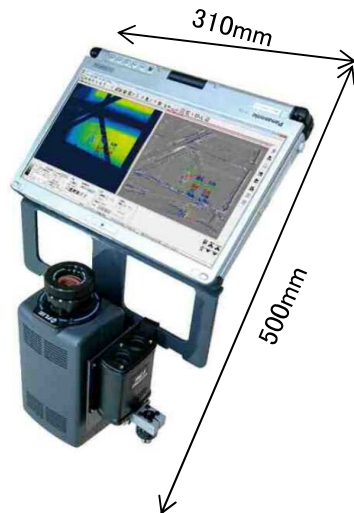
4. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	1名	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	無し	
	操作場所	制限無し	赤外線カメラの性能上、直射日光は避ける。
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	1日あたりの点検面積 1000～1500㎡ 程度	気象条件、橋梁下条件(高さ・交通量等)により左右されます。
	点検費用	概略点検費用(計測～解析) 136,705円	点検面積: 502.5㎡
	保険の有無、保障範囲、費用	無し	
	夜間作業の可否	可	基本的に調査は夜間時とする。
	可搬性(寸法・重量)	寸法: 500mm×310mm×260mm 重量: 4.5kg程度	
	自動制御の有無	無し	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	日射量が多い晴天日であり、気温日較差が7℃以上が望ましい。 調査時間は夜間。	
	利用形態:リース等の入手性	製品販売による対応可。 本システムを用いた調査請負による対応可。 リース対応は検討中。	
	関係機関への手続きの必要性	無し	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	解析ソフト有り。解析ソフトにより、損傷の自動判定後、可視画像と合わせて最終判定を行う。 概略解析費用 74,790円(点検面積502.5㎡)	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	サポート有り	
	その他		

5. 図面

外形寸法

500mm × 310mm × 260mm



橋梁等(非破壊検査技術)

－ ポール打検機

技術名		ポール打検機		
	技術バージョン	3		作成： 2019年 2月
開発者		日本電気株式会社 一般財団法人首都高速道路技術センター		
連絡先等		TEL： 03-3798-8955	E-mail： uav-info@mrh.jp.nec.com	担当： スマートインフラ事業部
現有台数・基地		2 台	基地	東京都府中市
技術概要		橋梁点検における高所の打音検査を支援する、打音検査ポール打検機		
技術区分	部位	上部構造（主桁、横桁、床版）／下部構造（橋脚、橋台）		
	変状の種類	うき／剥離・鉄筋露出		
	物理原理	打音機構		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー ポール打検機

1. 基本諸元

移動原理		ポール型 ・点検員が最大8mのポールの先のハンマー搭載のセンサーヘッドを橋梁のコンクリート構造物に押し当てて、打音検査する。 ・センサーヘッドを押し当てた状態でハンマーが動作して、点検員が打音を聴音する。 ・点検員が聴音により清音・濁音を判別する。
外形寸法		・センサーヘッド: 200mm × 250mm ・ポール 最大8m
運動制御機構	通信	有線
	測位	打音及び壁面からの振動による検出方式
	自律機能	一定の力でハンマーを動作
	衝突回避機能 *飛行型のみ	—
センシング原理		ハンマー及びマイク、振動センサーを搭載したセンサーヘッドにより、打音検査を行う。
センシングデバイス	カメラ	損傷個所の画像記録用 LED照明付 解像度: 640×480
	パン・チルト機構	チルト軸: 120度可動、手動で固定 パン軸: 手動で自由に動かすことが可能
	角度記録・制御機構	—
	測位機構	—
	ソフトウェア名	タブレット端末に自点検端末ソフトウェアを搭載。 ソフトウェアを利用し、打音の開始／停止、点検調書の作成が可能

橋梁等(非破壊検査技術)

－ ポール打検機

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	－ ポールを手元で操作し先端のセンサヘッド部を構造物に押し付けて打音検査を実施する。 高さ6m以上で運用する場合には、不安定となるので注意すること。	－	【風速の条件】 風速10m/s以下 【天候】 雨天不可 ただし、トンネル内や橋梁下部など雨が直接あたらない場所では運用可能。 【外気温】 0～40度(直射日光を除く)
狭小進入可能性能	センサヘッド200mm×250mmが進入可能な下方が開けた空間であれば進入可能可能。 曲がり回数 0回	－	
最大可動範囲	H=8m までの範囲	－	
連続稼動時間	3時間		
運動位置精度	5cm		

橋梁等(非破壊検査技術)
 — ポール打検機

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	— (点検員が損傷箇所を発見したときに該当箇所の写真撮影と記録をするため、撮影時の移動速度はなし)		
性能曲線	[NETIS](平成30年3月) 検出率 76% ヒット率 22%	橋梁のコンクリート構造物において、かぶり30mm(大きさ100mm×100mm)までの浮き、剥離	
位置精度	— (位置精度は管理していない)		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー ポール打検機

4. 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	道路幅員条件	制限なし	
	桁下条件	点検員が桁下にアクセス出来ること。点検員が進出出来ないほどの水辺で無いこと。	
	周辺条件	高さ8m程度までは足場無しで打音検査が可能。それ以上は高所作業車、橋梁点検車と組み合わせて使用する。	
	作業範囲 (進入可能範囲)	点検員がポール打検機を操作できる空間があること。	
	安全面への配慮	道路上からの作業では交通誘導員を配置	
	道路規制条件	制限なし	
	交通規制の要否	道路上以外は不要	
	塗装剤条件	制限なし	
	躯体状態	コンクリートのかぶりが3cmまでのうき・剥離。	
	躯体温度条件	ー (温度評価は未実施)	
	交通規制の範囲	点検員から半径10m程度: ポールが転倒した場合に被害が及ぶ可能性がある範囲	
	現地への運搬方法	軽自動車クラスの車で運送	
	適用可能風速	8m/s以下	
	その他	第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。	

橋梁等(非破壊検査技術)
 ー ポール打検機

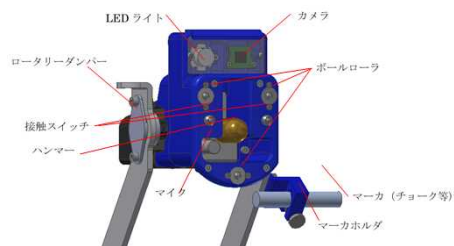
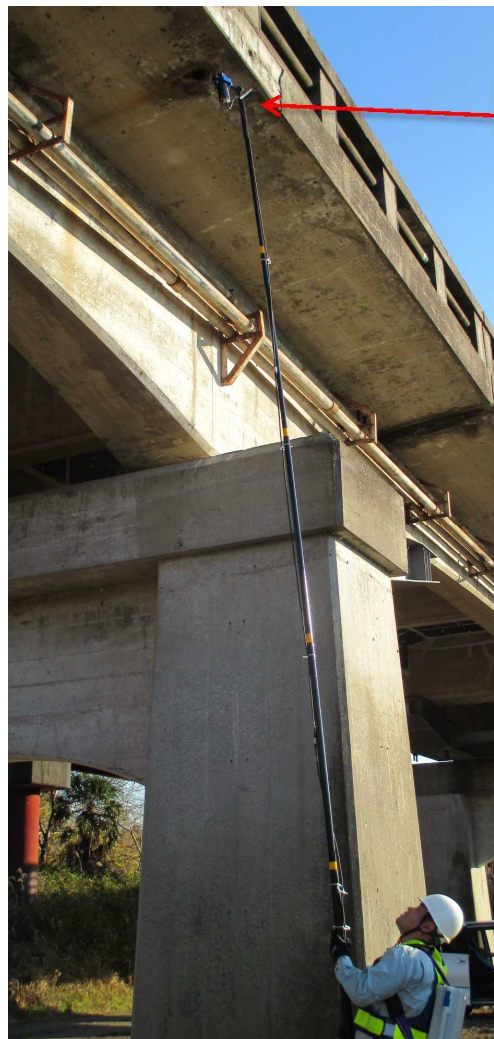
4. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	2名(操作員、点検員)	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	半日程度 (本システムでの打音(清音、濁音)の聞き分け訓練)	
	操作場所	点検する橋の下、トンネル内部	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	7時間	
	点検費用	ー (試作機のため受注の都度、点検内容、点検時間に基づき費用を見積もる)	
	保険の有無、保障範囲、費用	ー (受注の都度、保険契約についての条件を調整する)	
	夜間作業の可否	無し	
	可搬性(寸法・重量)	大きさ: 長さ1.8mのポール及び 1m x 1.5m x 1mのスペース 重量: 約8.5kg	
	自動制御の有無	無し	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	橋下に道路が無いこと。 日照時間内であること。	
	利用形態: リース等の入手性	検討中	
	関係機関への手続きの必要性	無し	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	無し	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	NEC技術スタッフにより対応	
	その他		

橋梁等(非破壊検査技術)
－ ポール打検機

5. 図面

※作業範囲： 高さ8m未満
※作業範囲は写真を参照



センサヘッド
80mm × 120mm × 200mm / 420g

センサヘッド
120mm

ポール
100mm～800mm



コントロールボックス(背中に背負う)
440mm × 370mm × 140mm / 5000g



橋梁等(非破壊検査技術)
ー 橋梁点検支援ロボット

技術名		橋梁点検支援ロボット		
	技術バージョン	Ver.01		作成： 2019年 2月
開発者		ジビル調査設計株式会社 有限会社インテス 福井大学		
連絡先等		TEL： 0776-23-7155	E-mail： minamide@zivil.co.jp	担当：調査部
現有台数・基地		4 台	基地	福井県福井市大願寺
技術概要		・橋面上の操作ベースマシーンより桁下にアームを挿入し、アーム上を稼動する各種点検台車を遠隔操作で近接目視・打診点検を支援する。 ・コンクリート表面のかぶりコンクリートのうき・剥離の検出機能として、赤外線サーモグラフィによる変温部検出機能と、回転式打診機能による直接打診機能を有する。 ・橋梁点検車の使用が困難な橋梁の定期点検作業において、吊り足場・大型橋梁点検車・ロープアクセス等の特殊な仮設を使用せずに、橋面上設置した幅1m程度の作業ベースマシーンを使用して、必要最小限の通行規制により落ち着いた作業環境で安心して点検を行う事が可能。 (搭載機能) ・ロボット機種は橋梁規模に応じて2種類より選択可能。(スタンダード機・ハイグレード機) ・高精細ビデオカメラによる近接撮影での損傷状況の確認と静止画記録及び動画記録。 ・クラックゲージシステムによりひび割れ幅の測定が可能。 ・レーザーポインター測定装置(直径200mm)によりうき・剥離などの面的な損傷形状の測定可能。 ・赤外線サーモグラフィによるコンクリート表面のうき・漏水箇所のスクリーニングが可能。 ・回転式打診装置によるコンクリートうきの打診点検が可能。 ・狭隘点検カメラシステムによる支承周辺等の狭隘個所の点検可能。 ・噴出清掃メンテナンスロボットでの高圧散水機能で堆積土砂等の点検障害物の除去可能。 ・点検作業の過程を動画で記録可能で、点検漏れ、事務所での再確認が可能 ・ネット回線で点検動画をリアルタイムで遠隔地に配信可能で現場と事務所の相互通信により遠隔地診断が可能 ・点検結果は2次元点検調書に記録		
技術区分	部位	上部構造(主桁、横桁、床版)／地覆		
	変状の種類	うき／剥離・鉄筋露出		
	物理原理	打音機構		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 橋梁点検支援ロボット

1. 基本諸元

移動原理		・ 懸垂式 ・ 橋面上に設置した操作ベースマシーンより橋梁桁下方向に延びる鉛直ロッドの先端に水平アームを取り付けて、橋梁下面に水平アームを挿入する。 ・ 橋面上から遠隔操作で水平アーム上を移動する各種点検用台車を操作し点検を支援する。 ・ 浮きの検出方法として画像検出機能と直接打診機能を有する。 ・ 画像検出機能として、高精細ビデオカメラの近接撮影によるコンクリート表面の変状点検と、赤外線サーモグラフィーによるコンクリート変状部表面の温度異常個所のスクリーニング機能を有する。、高精細ビデオカメラによる可視画像と赤外線サーモグラフィーの熱画像は、同一画角で撮影可能で、表面変状と温度異常の関係性の判断が容易である。 ・ 直接打診機能は、直径30mmの回転式打診装置を伸縮式のロボットアームの先端に取り付けて、アームの回転機構、旋回機構により、コンクリート表面を直接打診する。
外形寸法		スタンダード機 操作ベースマシーン 950×3080×2270mm (幅×長×高) 水平アーム長 7000mm (最大長) 鉛直ロッド長 15000mm (最大長) 打診用ロボットアームの伸縮長 L=1630～2550mm 回転式打診球 直径30mm 回転式打診球取り付けリロッド長 L=100mm
運動制御機構	通信	有線
	測位	測位機構無し
	自律機能	自律機能無し
	衝突回避機能 *飛行型のみ	ー
センシング原理		パッシブ方式 : 高精細ビデオカメラ(4K)による可視画像(動画・静止画) 赤外線サーモグラフィーによるコンクリート表面の温度計測 アクティブ方式: 回転式打診法とマイクロホンに打診音集音
センシングデバイス	カメラ	赤外線カメラ(温度測定用: FLIR製) ・非冷却マイクロボロメータ7.5～13μm ・有効画素数 320(横)×240(縦)ピクセル ・空間分解能 0.65mrad デジタルカメラ(可視光用: SONY製) ・センサーサイズ(縦8.8mm×横13.2mm) ・ピクセル数(縦3352×横5986) ・焦点距離 9mm～111.6mm ・ダイナミクスレンジ 8bit ・動画フレーム 30fps
	パン・チルト機構	パン可動範囲 300° チルト可動範囲 -45° ～80°
	角度記録・制御機構	記録装置無し
	測位機構	ー
	ソフトウェア名	kuraves(クラベス)

橋梁等(非破壊検査技術)
 ー 橋梁点検支援ロボット

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	—		
狭小進入可能性能	先端ユニットφ200mm×伸縮式ロッド1630～2550mm が進入可能な下方が開けた空間であれば進入可能 曲がり回数 0回		【風速】 平均風速7m/s以下で適用可能。ただし、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/s以下とする。
最大可動範囲	水平アーム長 スタンダード機(3m～7m) ハイグレード機(7～10m) 鉛直ロッド長 スタンダード機(2.5～15m) ハイグレード機(1.9～7.5m) 打診装置 打診用ロボットアームの伸縮長 L=1630～2550mm 回転式打診球 直径30mm 回転式打診球取り付けリロッド長 L=100mm		【天候】 晴れ・曇り・小雨は対応可能。降雪時は不可 【外気温】 5℃～35℃ 【照度】 昼間作業を基本とする。 小雨時や夜間など桁下が暗い場合は、台車付属の照明使用する。
連続稼働時間	有線供給 ロボット駆動はエンジン及び有線供給で1日(8時間)の連続稼働が可能。 カメラはバッテリーで稼働で8時間連続使用可能		
運動位置精度	測位機構の利用無し 位置精度は、橋梁部材との位置関係より把握する。		

橋梁等(非破壊検査技術)
 ー 橋梁点検支援ロボット

3. 計測性能

項目	性能値	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	・撮影速度:0.1m/s (点検用データ取得時は静止状態。)	測定密度は、可視画像及び熱画像で浮きが疑われる箇所を打診する方法。 ・測定密度:600打点/m ² 1m ² 当たり、10cmピッチで10ライン設定	
性能曲線	検出率: 68% ヒット率: 45%	【品質を得る条件】 測定密度600(点/m ²)	
位置精度	ー (未測定)	【品質を得る条件】 ・撮影速度:静止状態	

橋梁等(非破壊検査技術)
 ー 橋梁点検支援ロボット

4. 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	道路幅員条件	橋梁総幅員は8m未満。	
	桁下条件	主桁の高さが1.8m以下	
	周辺条件	地覆内側面から外側への張り出しが1.5m以下。高欄の乗り越え高さが1.5m以下。	
	作業範囲 (進入可能範囲)	幅員1.5m以上必要。また、機械組み立てスペースとして3m×10mのスペース必要	
	安全面への配慮	高所からの転落を防止するために安全帯の使用。歩道・車道上にロボットを設置する場合は、道路規制材にて作業エリアを確保し、車両・歩行者との分離を図る。	
	無線等使用における混線等対策	無線使用無し	
	道路規制条件	○(歩道の場合は、一部占用規制・車道の場合、幅員に応じて車線減少・路肩規制・片側交互規制が必要)	
	交通規制の範囲	幅1.5mでの規制が必要	
	塗装剤条件	ー	
	躯体状態	ー	
	躯体温度条件	ー	
	現地への運搬方法	スタンダード機は2tトラック運搬 ハイグレード機は4tトラック運搬	現地でのロボット組み立てスペースとして、幅3m×長さ10mのエリアが必要となる。
	適用可能風速	平均風速7m/S以下 ただし、スタンダード機で鉛直ロッド長を9m～15mで使用时、及び、ハイグレード機で水平アーム10m使用時は、平均風速5m/S以下	
	その他		

橋梁等(非破壊検査技術)
 ー 橋梁点検支援ロボット

4. 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)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	スタンダード機 2名(ロボットオペレータ1名・補助員1名) ハイグレード機 3名(ロボットオペレータ1名・補助員2名)	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	不整地運搬車 運転技能講習	
	操作場所	橋面上(歩道上・車道上)	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	桁橋・床版の場合 600～800m ² トラス・斜張橋 300～600m ²	
	点検費用	1日当たり25万円(ロボット本体・作業員2名によるリース費用) 機材運搬費・宿泊費等は別途	
	保険の有無、保障範囲、費用	・保険:有 ・保障範囲:ロボット本体 ・費用:ロボットリース費用に含む	
	夜間作業の可否	○(夜間用LED照明完備)	
	可搬性(寸法・重量)	点検現場内では自走移動 スタンダード機 (全長0.95m・全高2.27m・総重量1.7t) ハイグレード機 (全長1.25m・全高2.25m・総重量2.5t)	
	自動制御の有無	×	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	・日照条件に制約なし。・交通量の制約は無いが、少ない方が作業環境は良好	
	利用形態:リース等の入手性	オペレーター付きリース(全国可能)	
	関係機関への手続きの必要性	道路占用のための申請書	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	ひび割れ幅の測定時に画像解析ソフトを使用。解析費用は別途見積もり対応	
作業条件・運用条件	不具合時のサポート体制の有無及び条件	○	
	その他		

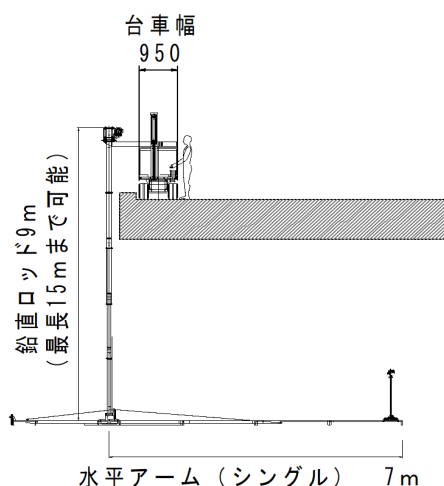
橋梁等(非破壊検査技術) ー 橋梁点検支援ロボット

5. 図面

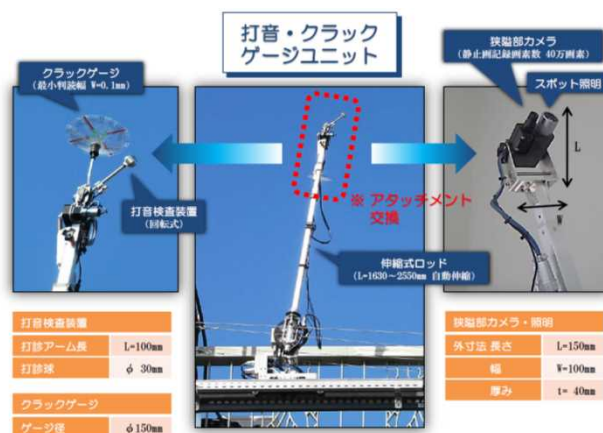
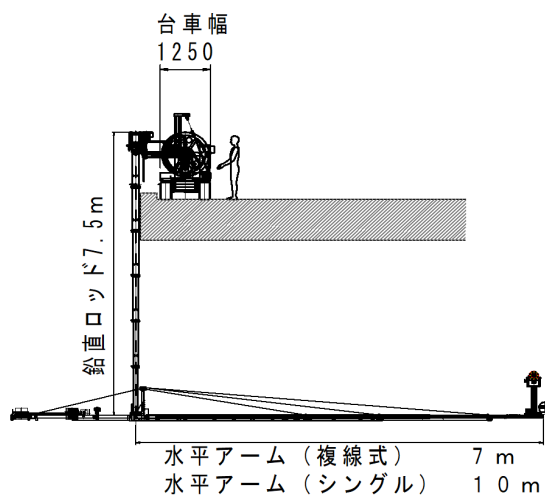
外形寸法

500mm × 310mm × 260mm

橋梁点検支援ロボット (スタンダードタイプ)



橋梁点検支援ロボット (ハイグレードタイプ)



回転式打音検査法

【うきの確認】

方法・性能

損傷個所に打診棒(回転式)を接触させる。
面積 200mm角程度まで。(叩き落としは不可)

測定状況



橋梁等(非破壊検査技術)

ー 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

技術名		近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム		
	技術バージョン	Ver 1.0		作成： 2019年 2月
開発者		新日本非破壊検査株式会社 共同開発者： 名古屋大学、九州工業大学、北九州工業高等専門学校 共同開発者： 福岡県工業技術センター機械電子研究所		
連絡先等		TEL： 093-581-1256	E-mail： h-wada@shk-k.co.jp	担当：メカトロニクス部
現有台数・基地		3 台	基地	北九州市小倉北区井堀4-10-13
技術概要		有線式のマルチコプター上部に車輪駆動機構と点検機構を搭載、マルチコプターの飛行機能で橋梁の床版など人が容易に近づけない部位に接近、車輪を押し当てて走行しながら、カメラによる撮影と打音検査を実施する有線式の飛行型点検ロボットである。		
技術区分	部位	上部構造（主桁、横桁、床版）		
	変状の種類	うき／剥離・鉄筋露出		
	物理原理	打音機構		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

1. 基本諸元

移動原理		【飛行型】+【接触型】 マルチコプター上部に車輪駆動機構を搭載、マルチコプターの飛行機能で橋梁の床版や桁の下面など人が容易に近づけない部位に接近し車輪を押し当てた後、車輪を駆動させて点検部位を走行する。
外形寸法		縦:880mm 横:880mm 高さ:800mm
運動制御機構	通信	有線
	測位	ロボットに搭載したレーザーレンジファインダーにより、橋梁の基準となる部位または、予め基準位置に設置したマーカまでの距離を計測。
	自律機能	測位データを用いた自動走行
	衝突回避機能 *飛行型のみ	手動操作なので構造物近傍での安定性能については担保していない
センシング原理		パッシブ方式(動画) アクティブ方式(ハンマリング機構と音声)
センシングデバイス	カメラ	4Kカメラ×2台 (Gopro6) ・センサーサイズ:1/2.3型 ・ピクセル:3840×2160 ・焦点距離:固定 ・ダイナミクスレンジ:8bit
	パン・チルト機構	ー
	角度記録・制御機構	ー
	測位機構	ー
	ソフトウェア名	ー

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	ー (飛行型であるが揚力で壁面に押しつける機構であり、近傍の安定性能は考慮していない)	ー	ー
狭小進入可能性能	最小侵入空間寸法 (縦:2m、横:1.2m、高さ:2m) 最小走行幅:0.4m(T桁下面) ※ 詳細は5. 図面参照	ー	【風速】 5m/s 【天候】 雨天・濃霧時は不可 【外気温】 -5~40° C 【照度】 (無線供給) 400 lx以上
最大可動範囲	【無線供給】 電源供給器から最大60mm(ケーブル:30m+30m)	ー	
連続稼動時間	2時間		
運動位置精度	±30mm(水平方向)		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	撮影速度(測定速度)最大5m/分	測定密度 200点/m ² (測定ライン間の間隔 12cm、測定速度5m/分 の場合)	
性能曲線	[NETIS](H28年11月) 検出率: 54% ヒット率: 6% [フィールド試行](平成30年3月) 検出率: 84% ヒット率: 60%	【検出条件】 ・打音検査間隔 軸方向: 120mm 幅方向: 40mm ・検査速度 移動速度: 4m/分 【検出原理】 打音信号のスペクトルを 評価	
位置精度	±50mm (進行方向に20m離れた機体と定位置マーカーまでの 距離の計測結果)	レーザーレンジファインダ による	

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

4. 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	道路幅員条件	制限無し	
	桁下条件	桁下3m以上	
	周辺条件	・UAVの飛行可能エリアまたは許可・申請の承認 ・点検ロボットの作業範囲内(半径30m程度)への第三者の立ち入り制限	
	作業範囲 (進入可能範囲)	打診装置が機械の中心にあり、機械の幅の半分(約50cm)は不可能。添加物裏面は不可能。	凹凸の少ない平坦な部分
	安全面への配慮	橋上からロープによる落下対策 ケーブルによる飛行範囲の制限	アンコントロールブルは電源遮断
	無線等使用における 混線等対策	無線／有線	環境、使用状況により選択
	道路規制条件	否(構造により必要な場合あり)	落下対策が使えない跨道橋等
	交通規制の範囲		跨道橋の下側道路
	塗装剤条件	ー	
	躯体状態	ー	
	躯体温度条件	ー	
	現地への運搬方法	車輦	
	適用可能風速	5m/s以下	
	その他	・飛行モード時の安全確保のため、橋の構造または周囲環境により橋面に親綱が必要。橋上に補助員を配置する必要がある。	

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

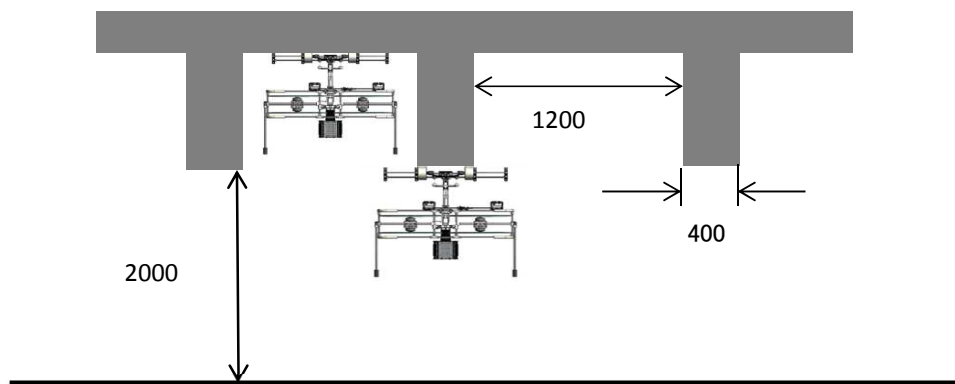
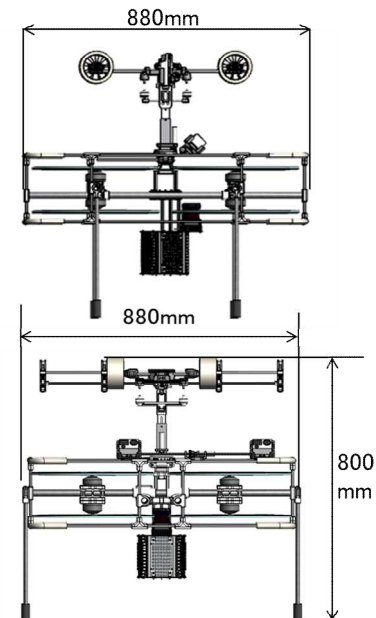
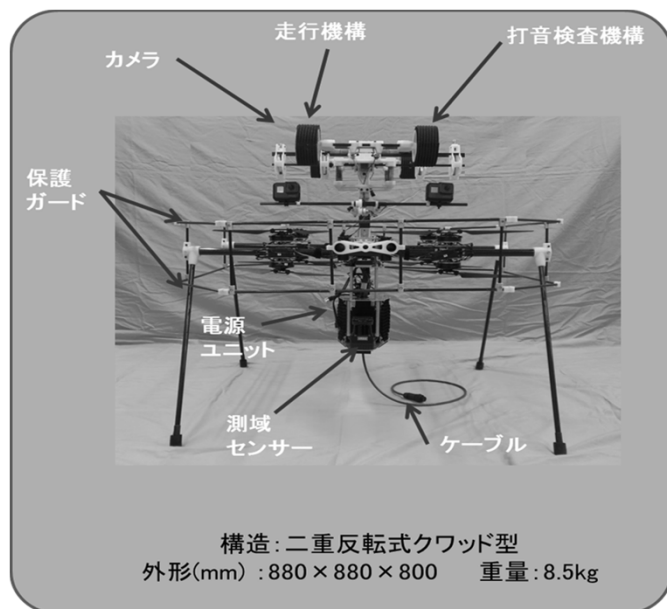
4. 留意事項(その2)

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件等)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	4 or 5名程度(橋の構造または周囲環境による)	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	資格:有(自社) フライト時間:10時間以上	操作が特殊なため、自社にて訓練・認証を実施
	操作場所	直接目視可能な場所	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	100m ² ～	点検部位の構造による
	点検費用	176,000円/日	
	保険の有無、保障範囲、費用	有、対人対物、1億円	
	夜間作業の可否	否	
	可搬性(寸法・重量)	寸法(mm):縦 880, 横 880, 高さ800 重量:8.5kg	
	自動制御の有無	有(走行)	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	日中(照度400lx以上)	
	利用形態:リース等の入手性	点検サービス 装置リース	
	関係機関への手続きの必要性	要	飛行許可・申請(国交省) 道路使用許可(警察)
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	有 40,000/日	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	検討中	
	その他		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム

5. 図面



橋梁等(非破壊検査技術)

ー コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE DOCTOR」

技術名		コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE(ブルー) DOCTOR(ドクター)」 (移動式衝撃弾性波測定法による「うき・剥離」検知システム)		
	技術バージョン	1	作成： 2019年 2月	
開発者		株式会社オンガエンジニアリング		
連絡先等		TEL： 0947-28-3998	E-mail： nobu_kurihara@onga-engi.com	担当：開発部
現有台数・基地		5 台	基地	福岡県田川郡福智町赤池
技術概要		1秒間に4打撃と連続打撃する自動ハンマと弾性(反射)波を検出する磁歪センサが50mm間にて一体型ユニットとなっており、トンネル・橋梁等のコンクリート構造物のうき・剥離など欠損部(空隙)の有・無及び深さを、リアルタイムに判定して結果をLED表示することが可能な技術である。(検査結果の定量化) 従来型の衝撃弾性波法のようにセンサをコンクリート面に接着・固定することなく走行しながら計測することができるので、従来型に比べ格段に検査速度が速い。(移動式衝撃弾性波法)また、打音点検で見つけにくい比較的深い欠損部(70mm～260mm)も検出可能で、打音検査を補助する技術である。 オプションにて、損傷位置に自動スプレーマーキングする機能を付加することができる。 ロボットなどに複数台搭載することで、検査の自動化・高速化ができ、また判定結果と位置情報を結合することでリアルタイムにマッピングして損傷図を生成することが可能である。 打音点検前のスクリーニングとして活用することで、効率的に打音検査を行うことができる技術である。		
技術区分	部位	上部構造(主桁、横桁、床版)／下部構造(橋脚、橋台)／地覆		
	変状の種類	うき／剥離・鉄筋露出		
	物理原理	打音機構		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE DOCTOR」

1. 基本諸元

移動原理		・アーム型 (伸縮するスティックの先端に装着されているBlue Doctor(ブルードクター/接触式衝撃弾性波検出センサ)を検査対象場所に手動で移動させる。
外形寸法		本体:128x137x92mm 伸縮スティック:収縮時159cm、伸張時340cm
運動制御機構	通信	—
	測位	—
	自律機能	—
	衝突回避機能 *飛行型のみ	—
センシング原理		アクティブ方式(秒速4打の自動ハンマリング機構と衝撃弾性波解析)
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	—
	測位機構	—
	ソフトウェア名	うき・剥離 深度 自動解析・判定プログラム(自社製)

橋梁等(非破壊検査技術)

ー コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE DOCTOR」

2. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	— (装置は手で保持されるため、外乱の影響を受けない)	—	【風速】 0～25m/s 【天候】 全天候対応(本体が濡れない場合) 【外気温】 センシングに影響なし 【照度】 センシングに影響なし
狭小進入可能性能	92mm × 137 mm (ハンマー部の侵入可能寸法)	—	
最大可動範囲	伸縮スティック: 最大伸張時340cm	—	
連続稼動時間	2時間(バッテリー)、24時間(AC電源アダプター)	—	
運動位置精度	—	—	

橋梁等(非破壊検査技術)

ー コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE DOCTOR」

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	0.4m/s (手動移動、1ショット/10cm)	測定密度 4Hz(250msec毎) 121点/m ² (測定ライン間の間隔を10cmとした場合)	
性能曲線	[NETIS](平成30年3月) 検出率 60% ヒット率 21% [フィールド試行](平成30年) 検出率 100% ヒット率 42%		
位置精度	ー (位置精度は管理していない)		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE DOCTOR」

4. 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	道路幅員条件	制限無し	
	桁下条件	・点検員が桁下にアクセス出来ること。点検員が進入出来ないほどの水辺で無いこと。	
	周辺条件	・基本は従来法と同じように被検査部を打撃する方法のため、梯子、ステージ、高所作業車などを使用してコンクリート構造物への近接が必要である。	
	作業範囲 (進入可能範囲)	・点検員、高所作業車、橋梁点検車等がアクセスできる範囲 ・伸縮スティックが付随するので手元から3m以内であれば足場、高所作業車が不要。	
	安全面への配慮	ヘルメット、安全帯着用	
	無線等使用における 混線等対策	混線リスク無し	
	道路規制条件	状況により要	橋梁下点検範囲に道路・歩道が無い場合は不要
	交通規制の範囲	高所作業車等の周辺部	
	塗装剤条件	—	
	躯体状態	—	
	躯体温度条件	—	
	現地への運搬方法	普通乗用車で可搬	
	適用可能風速	25m/s以下	
	その他		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE DOCTOR」

4. 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)
作業条件・運用条件	必要操作人員数	2名	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	無し	
	操作場所	スティックを持ちながら操作	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	400㎡	
	点検費用	236,233円	400㎡の場合の参考価格
	保険の有無、保障範囲、費用	任意	
	夜間作業の可否	可	
	可搬性(寸法・重量)	良好	外形寸法:128x137x92mm(スティック収縮時159cm) 重量:1.28kg
	自動制御の有無	無し	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	装置が濡れない環境下であれば、気象条件、騒音条件等特に無し	
	利用形態:リース等の入手性	購入、レンタル、リース	
	関係機関への手続きの必要性	無し	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	装置本体でリアルタイム解析するので無し	但し、異常判定位置を写真等で同時に記録する必要あり。(変状位置をマッピングできる位置情報取得システムを開発中)
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有り	
	その他		

橋梁等(非破壊検査技術)

ー コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE DOCTOR」

5. 図面

外形寸法: 128x137x92mm

ブルードクター (1ユニット)



電磁ハンマ

磁歪センサ

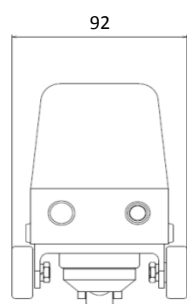
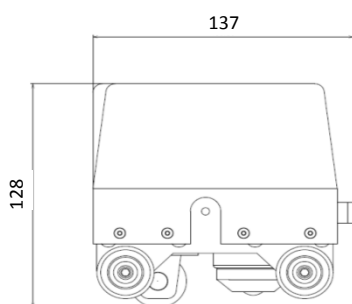


コントローラー

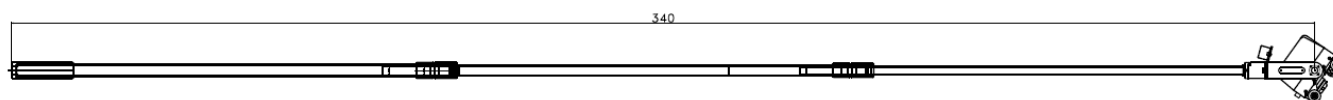
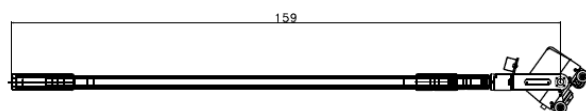
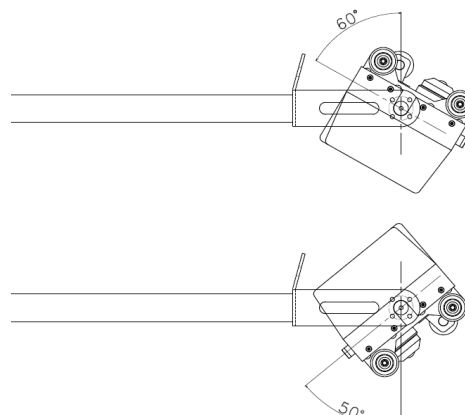
判定結果メモリボックス

バッテリーパック
(リチウムイオン)

ブルードクター
スティック型



重量: 1.28kg



性能カタログ（案）
【トンネル（覆工画像計測技術）】

2019年 2月時点

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール)

技術名		走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R		
	技術バージョン	なし	作成：2019年2月	
開発者		パシフィックコンサルタンツ(株)		
連絡先等		TEL: 03-6777-4763	E-mail: tn-mimm@ss.pacific.co.jp	担当:交通基盤事業本部 インフラマネジメント部
現有台数・基地		1台	基地	茨城県つくば市
技術概要		トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度3次元レーザー計測システム、非接触レーダー探査システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れや漏水等の変状と、トンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測する。 走行型計測結果により覆工壁面展開画像および変状展開図を作成することで、近接目視点検前に変状位置を正確に把握することが可能となることから、高品質な変状展開図を作成することが可能となるとともに、現地点検(近接目視、打音検査)時の作業時間の短縮およびコスト低減効果を得ることができる。 MIMM-Rに搭載された3次元レーザー計測システムを併用することで、断面形状や断面変形の有無を把握することができるため、外力性変状の評価するための定量的なデータを得ることができる。 MIMM-Rに搭載された覆工巻厚・背面空洞調査レーダーシステムを併用することで、巻厚不足の判定や背面空洞の有無、突発性崩壊の危険性評価を行うための定量的なデータを得ることができる。		
技術区分	部位	覆工の横断方向目地／覆工の縦断方向打ち継目／覆工天端／その他覆工面		
	変状の種類	圧ざ／ひび割れ／うき・はく離(範囲を示すチョーキングがあるもの)／鋼材腐食／漏水等による変状／その他(目視観察で把握可能な変状)		
	物理原理	画像 ただし、3次元レーザー計測および覆工巻厚・背面空洞調査に関する走行型計測システムも有するため、トンネル点検および調査技術として同時計測可能。		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール)

1. 基本諸元

移動原理		車両型(一般車両に混じって交通規制を行うことなく通常走行しながら計測を行うことが可能)
外形寸法		長さ:5.99m 幅:2.08m 高さ:3.63m
センシング原理		画像撮影、レーザー計測
センシングデバイス	カメラ	【ビデオカメラ】 ・有効画素数 38万画素 20台 (MIMM-R搭載) ・エリアカメラ、グローバルシャッター ・SS: 標準は1/2000. 50km/hの場合SS: 1/3,000以上 ・動画フレームレート 30 fps ・照明 LED照明60台 3m離隔での照度は5,000lx程度 ・覆工展開画像形式 : その他(覆工壁面正対画像(jpeg/AutoCAD外部参照反映可能)。必要に応じて、3次元テクスチャー作成も可能) ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量 : 50MB程度(3次元テクスチャー含まず)
	角度記録・制御機構	カメラの画角は対象トンネルの形状および撮影画像精度(解像度)に応じて都度設定する可動式。
	測位機構	レーザー計測、GNSS、IMU、距離計
	ソフトウェア名	自社開発ソフト
	その他	・トンネル覆工のスパン情報(スパン帳、断面周長等)をもとに、撮影した連続画像を貼り合わせて覆工壁面画像展開図や3D画像を作成する。トンネル覆工のスパン情報は、同時に計測するレーザー計測結果を用いるほか、トンネル設計断面等の情報から作成することも可能。

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール)

2. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	70km/h程度以下	【画素分解能】 1.0～1.5mm/pixel 【移動方向ラップ率】 30%程度以上	【天候】 降雨時はレンズに付いた水滴により鮮明な画像が撮影できないため不可。
最小ひび割れ幅・計測精度	最小ひび割れ幅 0.2mm 計測精度 0.43mm	【撮影速度】 走行速度 70km/h程度以下 【被写体との距離】 10m程度以下 【補助手段】 原則不要	【路面状態】 舗装状態が望ましい。整地されていれば未舗装でも対応可能(車両揺れが激しい(大きい)場合、覆工壁面に対する被写体距離と角度が大きく変化するため画質が劣る可能性があるため)。
検出精度 (長さの相対誤差)	1.2 % (9測線の平均値)		【GNSS測位】 GNSS測位可能な坑外から計測を開始できれば、坑内でのGNSS測位不可状態での計測が可能。
位置精度	進行方向: 59.0mm (5測線の平均値) 周方向: 19.7mm (4測線の平均値)		【日照条件】 1000 lx 以上の照度から 70 lx以下の環境照度に連続的に計測する場合は白飛びに注意(絞り等の設定変更により解消可能)。
色識別性能	黒～灰色～白の中間色調差が判読可能		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール)

3. 留意事項

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(進入可能範囲)	【点検時現場条件】 ・計測時の交通規制が不要で、一般車の通行に混じって計測することが可能。 【作業条件・運用条件】 ・交通規制が不要であるため、原則として事前の関係機関への申請等手続きは不要。 ・照明設備やジェットファン、内装板の背面など計測車両から物理的に視野が確保できない覆工表面の走行型画像計測はできない。 【費用について】 ・一度に計測するトンネル本数やトンネル延長により異なる。	
	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		
	適用可能風速		
	気温条件		
	トンネル延長の制約		
	車線数の制約		
	断面形状の制約		
	その他の条件		
作業条件・運用条件	必要操作人員数		
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間		
	操作場所		
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)		
	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		
	推奨環境条件(日照・交通量等)		
	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		
	その他の条件		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール)

4. 図面

高密度レーザ(100万点/秒)



覆工の3次元形状計測

非接触空洞探索レーザ



TYPE1: 巻厚と背面空洞

非接触内部欠陥探索レーザ



TYPE2: 内部欠陥、ジャンカ

標準MMS:レーザ



道路周辺の3次元地形測量

全周20台ビデオカメラ



ひび割れ、変状を連続撮影

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)

技術名		走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)		
	技術バージョン	なし	作成：2019年 2月	
開発者		中外テクノス株式会社		
連絡先等		TEL: 052-739-3708	E-mail： t.osaki@chugai-tec.co.jp	担当: 工業計測室
現有台数・基地		1 台	基地	名古屋市守山区
技術概要		民生用4Kビデオカメラを使用した、高解像度の覆工面画像を取得するシステム。 民生機を使用することで、装置全体をコンパクトに収めている。 交通規制なしで撮影ができ、時速50km程度であれば幅0.3mm程度のひび割れ分解能を有する。 低速撮影では、画像は近接点検時と同等の解像感のある高精細な画像が得られる。		
技術区分	部位	覆工の横断方向目地／覆工の縦断方向打ち継目／覆工天端／その他覆工面／内装板／その他補修箇所		
	変状の種類	圧ざ／ひび割れ／うき・はく離(範囲を示すチョーキングがあるもの)／鋼材腐食／漏水等による変状		
	物理原理	画像		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)

1. 基本諸元

移動原理		車両型
外形寸法		長さ:4.275m 幅:1.675m 高さ:2.800m
センシング原理		画像撮影
センシングデバイス	カメラ	【デジタルカメラ】 ・センサーサイズ 1型(縦17.3mm×横13mm) ・ピクセル数(縦3840Pixel×横2160Pixel) ・焦点距離($f=9.3\sim111.6\text{mm}$) ・(動画の場合)フレーム数(24,30fps) ・移動方向に垂直な方向の視野:カメラ1台あたり2m ・覆工展開画像形式 : オルソ ・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 : 300MB
	角度記録・制御機構	角度は雲台の回転角目盛りを目視により調整
	測位機構	画像内情報(型枠等の寸法)
	ソフトウェア名	TT画像合成処理_V15.7(自社製)／OpenCV2.2／HALCON12
	その他	・レーザー距離計により断面形状の確認を行う。 ・走行速度を安定させるためのデジタルスピードメーター装備

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)

2. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	40km/h程度	【画素分解能】 0.5mm/Pixel 【移動方向ラップ率】 30%で撮影。	【天候】 雨天時撮影不可 【路面状態】 路面に不陸がある場合は撮影不可
最小ひび割れ幅・計測精度	最小ひび割れ幅 0.2mm 計測精度 0.46mm	【撮影速度】 0.5m/s 【被写体との距離】 1.5m 【補助手段】 断面方向の距離マーカー、 進行方向の距離マーカー又は スパン長が必要	【GNSS測位】 GNSSによる測位不要 【日照条件】 なし。(※白飛びしている場合は、屋外設定にて再度撮影。)
検出精度 (長さの相対誤差)	1.3 % (12測線の平均値)		
位置精度	進行方向: 11.5mm (6測線の平均値) 周方向: 35.8mm (6測線の平均値)		
色識別性能	フルカラー識別可能		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)

3. 留意事項

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(進入可能範囲)	作業員が進入可能であれば制限なし(水路も可)。	
	安全面への配慮		
	無線等使用における混線等対策	使用しないため影響なし。	
	交通規制の要否	不要。超高解像度を要求される場合は低速走行のため規制要。	
	交通規制の範囲	規制する場合、対面通行の場合は片側交互通行規制。	
	現地への運搬方法	自走。	
	適用可能風速	10m/s程度まで。	
	気温条件	-10℃～40℃	
	トンネル延長の制約	なし。	
	車線数の制約	なし。	
	断面形状の制約	なし。	
	その他の条件	覆工面が結露している場合や路面に不陸がある場合および雨天時は撮影不可。	
作業 条件・ 運用 条件	必要操作人員数	2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	
	操作場所		
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)		
	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)	不問。	
	計測時の走行速度条件		
	渋滞時の計測可否	不適(一定速度での走行が前提のため)。	
	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	制限なし。	
	トンネル内照明の消灯の必要性	不要。	
	可搬性(寸法・重量)		
	自動制御の有無		
	推奨環境条件(日照・交通量等)		
	利用形態:リース等の入手性	不可。弊社にて実施。	
	関係機関への手続きの必要性	不要。	
	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		
	その他の条件		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)

4. 図面



トンネル(覆工画像計測技術)

ー 道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)

技術名		道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)		
	技術バージョン	なし	作成：2019年 2月	
開発者		西日本高速道路エンジニアリング四国(株)		
連絡先等		TEL: 087-834-2404	E-mail: tatsuya.yamamoto@w-e-shikoku.co.jp	担当:調査点検部
現有台数・基地		1 台	基地	香川県高松市花園町
技術概要		カラーラインセンサーカメラによる高精細な可視画像撮像システムと、光切断法による3次元形状計測技術を併用して、覆工コンクリートのひび割れと、剥離の前兆である段差を非接触かつ定量的に検出する技術である		
技術区分	部位	覆工の横断方向目地／覆工の縦断方向打ち継目／覆工天端／その他覆工面／内装板／吸音板／天井板／照明／ケーブル類／ジェットファン／その他付属物／はく落防止対策工／漏水対策工		
	変状の種類	圧ざ／ひび割れ／うき・はく離(範囲を示すチョーキングがあるもの)／漏水等による変状／附属物取付部材等の脱落／腐食／欠損		
	物理原理	画像		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)

1. 基本諸元

移動原理		車両型(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		幅:2.18m 高さ:3.14m 総重量:6t (中型ダブルキャブトラック)
センシング原理		画像撮影
センシングデバイス	カメラ	【カラーラインセンサーカメラ】 ・画素数(4096画素) ・覆工展開画像形式 : その他(Jpeg) ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量 : 25MB(Jpegの場合)
	角度記録・制御機構	カメラの画角は固定
	測位機構	車速センサー、覆工断面、カメラの位置・画角、レーザ距離計
	ソフトウェア名	自社開発ソフト
	その他	・画像補正:車速センサーで取得した速度データと画像データを連動させ、移動方向の補正を実施。覆工断面、カメラの位置・画角、レーザ距離計で計測したトンネル面からの距離情報から横断方向の画像補正(あおり補正)を行う。

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)

2. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	100km/h 以下	【画素分解能】 1mm/pixel 【撮影視野】 トンネル半断面分(約8.5m程度)	【天候】 雨天でないこと (トンネル進入までの回送時に、レンズに雨滴が付着するため)
最小ひび割れ幅・計測精度	最小ひび割れ幅 0.3mm 計測精度 0.42mm	【撮影速度】 100km/h 以下 【被写体との距離】 最大5m以下	【路面状態】 制約なし 【GNSS測位】 制約なし
検出精度 (長さの相対誤差)	1.8% (12測線の平均値)	【補助手段】 ・撮影距離をレーザー距離計にて連続計測 ・白色のLED光源を利用、光源に合わせてホワイトバランスを調整している	【日照条件】 晴天時、坑口付近と坑内に直射日光が当たっている場合、照度差が大きくなり画像が白飛びしてしまうため、撮影不可。
位置精度	進行方向: 63.7mm (6測線の平均値) 周方向: 28.7mm (6測線の平均値)		
色識別性能	フルカラー識別可能		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)

3. 留意事項

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(進入可能範囲)		
	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		
	適用可能風速		
	気温条件		
	トンネル延長の制約		
	車線数の制約		
	断面形状の制約		
作業条件・運用条件	その他の条件	【天候】	
	必要操作人員数	雨天でないこと	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	(トンネル進入までの回送時に、レンズに雨滴が付着するため)	
	操作場所	【路面状態】	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	制約なし	
	点検費用	【GNSS測位】	
	保険の有無、保障範囲、費用	制約なし	
	時間帯(夜間作業の可否)	【日照条件】	
	計測時の走行速度条件	晴天時、坑口付近と坑内に直射日光が当たっている場合、照度差が大きくなり画像が白飛びしてしまうため、撮影不可。	
	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		
	推奨環境条件(日照・交通量等)		
	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		
	その他の条件		

トンネル(覆工画像計測技術)

ー 道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)

4. 図面



トンネル(覆工画像計測技術)
ー トンネル覆工表面レーザ計測システム

技術名		トンネル覆工表面レーザ計測システム「TC-2」		
技術バージョン		なし	作成：2019年2月	
開発者		株式会社三井E&Sマシナリー、株式会社トノックス		
連絡先等		TEL: 0463-73-9151	E-mail: m-takahashi@tonox.com	担当:トノックス
現有台数・基地		1台	基地	神奈川県平塚市
技術概要		レーザ光線をトンネル覆工面に走査・走行しながら覆工面のひび割れ・変状を高精度に計測するシステム。高精度計測による結果品質向上と、交通規制・高所作業不要により安全性・作業性が向上する。		
技術区分	部位	覆工の横断方向目地／覆工の縦断方向打ち継目／覆工天端／その他覆工面／内装板／その他補修箇所		
	変状の種類	圧ざ／ひび割れ／うき・はく離(範囲を示すチョーキングがあるもの)／鋼材腐食／漏水等による変状		
	物理原理	レーザー		

トンネル(覆工画像計測技術)
ー トンネル覆工表面レーザ計測システム

1. 基本諸元

移動原理		車両型(交通の流れに沿って走行しながら所定の走行距離ピッチごとに画像データとして取得)
外形寸法		長さ:6.90m 幅:2.20m 高さ:3.20m
センシング原理		アルゴンガスレーザ、電子増倍管(フォトマルチプライヤーチューブ)
センシングデバイス	カメラ	【アルゴンガスレーザ】 ・計測範囲:覆工半断面/1計測 ・周方向計測ピッチ:1mm ・進行方向計測ピッチ-計測速度(1mm-7.5km/h、2mm-15km/h、4mm-30km/h、8mm-60km/h) ・覆工展開画像形式 : オルソ ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量 : 約60MB(オルソ)
	角度記録・制御機構	センサの角度は固定
	測位機構	レーザ計測
	ソフトウェア名	自社開発ソフト
	その他	・レーザスキャナ搭載:計測画像の歪補正用、レーザスキャン中心から覆工表面までの距離を所定角度で計測する(スキャナ計測範囲 0.7m~80m、角度分解能 0.25° ~1.0°)。 ・距離計:第5輪方式、距離分解能:1mm

トンネル(覆工画像計測技術)
ー トンネル覆工表面レーザ計測システム

2. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	30km/h(最大60km/h)	周方向1mm/ピッチ 進行方向4mm/ピッチ (60km/h時:進行方向8mm ピッチ)	【天候】 荒天時の制約なし 【路面状態】 路面状態の制約なし 【GNSS測位】 GNSS測位不要 【日照条件】 影響はなし。
最小ひび割れ幅・ 計測精度	最小ひび割れ幅 0.5mm 計測精度 0.21mm	【撮影速度】 走行速度 7.5km/h (30km/h以下で最小ひび割 れ幅0.5mm) 【補助手段】 原則不要	
検出精度 (長さの相対誤 差)	1.7 % (12測線の平均値)		
位置精度	進行方向: 68.3mm (6測線の平均値) 周方向: 36.8mm (6測線の平均値)		
色識別性能	輝度約90%未満において、色合差約8%間隔で識別 可能 (輝度:100%は白色、輝度0%は黒色、この間はグ レー)		

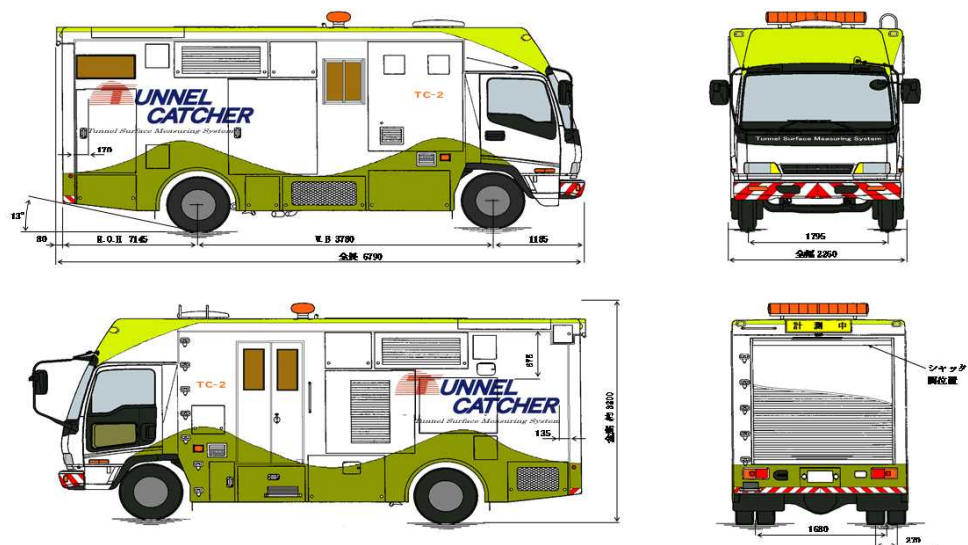
トンネル(覆工画像計測技術)
ー トンネル覆工表面レーザ計測システム

3. 留意事項

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(進入可能範囲)	計測車(L6.90m、W 2.20m H3.20m)が侵入可能なこと	
	安全面への配慮	ー	
	無線等使用における混線等対策	ー	
	交通規制の要否	不要	
	交通規制の範囲	ー	
	現地への運搬方法	自走	
	適用可能風速	ー	
	気温条件	外気温0℃以下の場合、計測機器に支障が懸念される	0℃～40℃推奨
	トンネル延長の制約	無	
	車線数の制約	無	
	断面形状の制約	無	
	その他の条件	ー	
作業条件・運用条件	必要操作人員数	3人	
	操作に必要な資格等の有無、フライト時間	有／中型自動車免許	8t以下限定含む
	操作場所	ー	
	日当たり平均点検量(準備等含む作業時間)	トンネル延長: 約1km/日(準備等含む6時間/日)	2車線のトンネル
	点検費用	8,800,000円/10km	
	保険の有無、保障範囲、費用	無(車両に付帯する保険: 自賠責・任意のみ)	
	時間帯(夜間作業の可否)	制約無(夜間作業可)	
	計測時の走行速度条件	30km/h以下を推奨	0.5mmひび割れ計測時
	渋滞時の計測可否	可	
	設備等による死角条件	設備(照明・ファン・消火栓)裏、汚れ面は不可	
	車両から覆工表面までの距離条件	無	
	トンネル内照明の消灯の必要性	無	
	可搬性(寸法・重量)	自走式	
	自動制御の有無	無	
	推奨環境条件(日照・交通量等)	制約なし	
	利用形態: リース等の入手性	ー	
	関係機関への手続きの必要性	ー	
	解析ソフトの有無と必要作業及び費用等	有、画像作成・展開図作成用ソフト、非売品	
	不具合時のサポート体制の有無及び条件	有、車両持ち込み	
	その他の条件	ー	

トンネル(覆工画像計測技術)
 - トンネル覆工表面レーザ計測システム

4. 図面

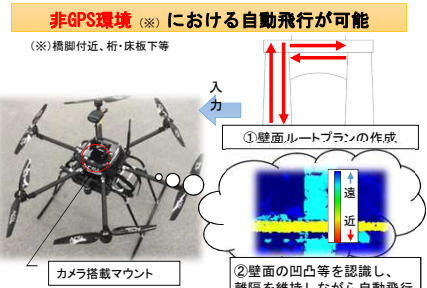


TC2 外観図

《 参 考 》

NETISテーマ設定型等による
技術の仕様確認結果

技術の仕様確認結果【橋梁等(画像計測技術)】

技術名		構造物点検ロボットシステム「SPIDER」		非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術		マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測		マルチコプタを利用した橋梁点検システム（マルコ TM ）													
開発者		ルーチェサーチ(株)		三信建材工業(株)		夢想科学(株)		川田テクノロジーズ(株)													
共同開発者		(株)建設技術研究所		(株)自律制御システム研究所		(株)ニチギ		大日本コンサルタント(株)													
NETIS番号		-		-		-		-													
技術概要		本システムは、まず小型無人ヘリに搭載したデジタルカメラで、構造物表面を静止画を撮影する。作業は機体操縦者、機体からの送信されてくる画像データを確認する撮影者、安全管理者の3名で実施する。次に、取得画像を用いて、構造物全体での損傷箇所の位置を明確にするため合成画像を作成する。この合成画像から損傷を抽出、判定し、損傷図や点検調書作成の支援をする。 高画質画像取得のためには、安定した飛行とともに、対物距離を一定に保つことが重要であり、機能充実のために距離センサーの導入を進めている。		非GPS環境対応型ドローンを用い、搭載したカメラにて構造物を撮影・解析を行う近接目視点検技術。 ドローンはGPS衛星に頼らない自己位置推定機能と衝突回避機能を備えており、橋脚付近や桁下環境においても、飛行経路に従って離隔距離を維持しながら自動飛行を行うことが可能である。 撮影画像は解析ソフトウェアを用いて写真上で異常箇所をトレースすることにより規模を測定し、図面と合成することで異常箇所の位置特定を行う。		一眼レフカメラを機体上部に搭載したUAV(ドローン)にて、橋梁の損傷部位を撮影する。損傷部位の抽出は、高密度で処理されたオルソ画像より行い、損傷部位の抽出は、高密度で処理されたオルソ画像より行い、3Dモデル化することで全体像のイメージを提供し、特徴(損傷)部位画像等を3Dモデルの中に埋め込むことで、管理のしやすさを提供する。 なお、現在非GPS下での操縦を支援する機能を備えた新型機体を製作中で、さらに、膨大な画像データを自動整理、処理するシステムも開発中である。		本システムは、マルチコプタを用いた画像取得装置である。 画像取得にあたっては、カメラ(機体)と対象の離隔が自動一定制御され、また、高度速度制御機能による操縦支援のもと、飛行(移動)しながら動画を取得する。 現在も引き続き、運用性を始めとした性能の向上を目的として開発を行なっている。 開発技術としては、0.05～0.1mmから検出可能だが、本実証にあたっては、検出限界ひびわれ幅0.2mm程度に設定した飛行を実施。													
概略図																					
技術の特徴	必要な機器・装置等	小型無人ヘリ、デジタルカメラ、バッテリー、通信装置、モニター装置、画像合成ソフト		ドローン本体、デジタルカメラ、離発着用マット、バッテリー、映像伝送装置、モニター装置、パソコン、画像合成ソフト		ドローン本体、デジタルカメラ、画像処理能力の高いPC(CPU:i7以上、メモリ:32GB以上、GPU搭載)、画像合成ソフト		高精細画像取得用マルチコプタセット(機体本体、操縦装置、デジタルカメラ、現場画像確認用PC or タブレット、バッテリーおよび充電器、離発着台など)、安全ロープ、静止画抽出および並べ重ね合わせ支援ソフト													
	必要な能力・資格等	・航空局への飛行申請に際して登録した操縦士が従事、1週間の講習		・航空局への飛行申請に際して登録した操縦士が従事、1週間の講習 ・操縦者は、SLAMや基地局ソフトウェアの使用方法等の説明を受けること(実施含め1日を想定) ・映像伝送に5.7GHz帯の無線を使用する場合は、第三級陸上特殊無線技士の資格と、開局手続きが必要		・航空局への飛行申請に際して登録した操縦士が従事、1週間の講習 ・機体操縦パイロット:非GPS環境下でマニュアルで近接撮影操縦が可能なレベルを要する。(未経験の場合、最低でも7日間は必要と思われる)		・航空局への飛行申請に際して登録した操縦士が従事。経験者において、3日間程度の講習(飛行許可申請に必要な飛行時間を除く)													
	概略費用	① コンクリート床版橋 (点検面積900m ² /日)	② コンクリート橋脚 (点検面積324m ² /日)	① コンクリート床版橋 (点検面積900m ² /日)	② コンクリート橋脚 (点検面積324m ² /日)	① コンクリート床版橋 (点検面積900m ² /日)	② コンクリート橋脚 (点検面積324m ² /日)	① コンクリート床版橋 (点検面積900m ² /日)	② コンクリート橋脚 (点検面積324m ² /日)												
		計測費用(直接人件費)	68,328 円	36,062 円	76,300 円	61,000 円	140,600 円	70,300 円	262,500 円注1,2	93,750 円注1,2											
		計測費用(直接経費)	80,000 円	80,000 円	60,000 円	30,000 円	150,000 円	150,000 円	100,000 円注1,2	50,000 円注1,2											
		解析費用(直接人件費)	304,670 円	160,550 円	675,000 円	230,000 円	682,000 円	279,500 円	318,375 円注1,2	100,860 円注1,2											
		計	452,998 円	276,612 円	811,300 円	321,000 円	972,600 円	499,800 円	680,875 円注1,2	244,610 円注1,2											
	撮影数量	4,300 枚	4,500 枚	810枚	220枚	4,250 枚	3,700 枚	30フレーム数/秒の動画より、画像抽出													
概略費用算出条件	①コンクリート床版橋 支間長18m×5径間、幅員10m(片側)のコンクリート床版橋を対象に算出 ②コンクリート橋脚(1基) 高さ27m、柱部幅・厚さ3mのコンクリート橋脚1基を対象に算出						注1:開発段階での想定費用である。 注2:損傷(ひびわれ)分解能0.2mmに対して算出したものであり、設定する損傷(ひびわれ)分解能により増減する。														
適用条件	天候	・晴れ、曇り		・晴れ・曇り		・晴れ、曇り		・晴れ、曇り													
	気温条件	・気温10℃以上		・気温0℃～40℃		・気温5℃～35℃		・気温10℃～30℃													
	時間帯・日照条件	・日中		・日中		・日中		・日中													
	風速	・風速10m/s以下		・風速 0～5m/s		・風速6m/s未満		・平均風速5m/s以下、最大瞬間風速10m/s以下													
	道路幅員条件	・道路幅員の制約なし ・橋脚高さの制約なし		・道路幅員の制約なし ・橋脚高さ約30m以下		・道路幅員の制約なし ・橋脚高さ約50m以下		・道路幅員の制約なし ・桁下高さ(飛行空間高さ)として4m～5m以上 ・飛行空間において安全ロープの運用含め飛行の支障となる草木の繁茂がないこと													
	桁下条件	・桁下高さ2m以上 ・河川上の点検が可能		・桁下高さ3m以上 ・河川上の点検が可能		・桁下高さ3m以上 ・河川上の点検が可能		・桁下高さ 4m～5m以上 ・機体が見通せる範囲に操縦者や監視者が位置取りをできること ・河川上の点検が可能													
	周辺条件	・周辺10m以内に樹木や架線等が無いこと(飛行に支障) ・周辺50m以内に強い電波を発信している施設がないこと ・撮影範囲が見通せること ・組立て及び離発着スペース約3m×3mが必要		・周辺約4m以内に樹木や架線等がないこと ・周辺50～70m以内に強い電波を発信している施設がないこと(放送局、電波発信基地、電波塔、変電所など) ・撮影範囲が見通せること ・組立て及び離発着スペース約3m×5mが必要		・周辺約5m以内に樹木や架線がないこと ・周辺約100m以内に強い電波を発信している施設がないこと(放送局、電波発信基地、電波塔、変電所等) ・撮影範囲が見通せること ・組立て及び離発着スペース約3m×3mが必要		・飛行がおよぶ範囲に第三者の通行や物件、草木の繁茂がないことが望ましく、ある場合は、飛行がおよばないように安全ロープの設置による飛行空間の制限を基本とする ・機体の無線操縦に影響する強い電波を発信する施設(放送局、電波発信基地、電波塔、変電所など)がない、あるいは無線操縦への影響が確認されないこと ・撮影範囲が見通せること ・組立て及び離発着スペース約3m×3mが必要													
	その他の条件							・安全ロープ(主索と連結索で構成される2本型の場合)の主索を設置可能な高欄、検査路、バラスト設置場所などが必要 ※2本型安全ロープを使用する場合 ・飛行高度は撮影の実績値として、地上高50m程度。													
H29年度試行結果	判読可能な部位及び損傷種類	計測可能な部位及び損傷種類	検証当日の気象条件※1		天候 : 曇り時々雪 気温 : 2.7～5.6℃ 風速 : 0.5～4.0m/s		天候 : 曇り時々雪 気温 : 0.2～2.0℃ 風速 : 0.8～3.8m/s		天候 : 曇り後晴れ 気温 : 3.0～12.7℃ 風速 : 0.0～2.7m/s		天候 : 曇り後雨 気温 : 12.7～13.8℃ 風速 : 0.0～1.1m/s		天候 : 曇り後雨 気温 : 8.7～12.1℃ 風速 : 0.0～0.6m/s		天候 : 雨後曇り 気温 : 8.7～13.3℃ 風速 : 0.2～2.6m/s		天候 : 晴れ時々雪 気温 : 0.3～7.8℃ 風速 : 0.0～3.0m/s		天候 : 雪 気温 : 5.6～6.5℃ 風速 : 0.2～2.6m/s		
			対象部材		橋脚		橋脚		橋脚		橋脚		橋脚		橋脚		橋脚		橋脚		
			対象橋梁		根之谷高架橋 (ひびわれ:86箇所/86箇所)		湯里高架橋 (ひびわれ:56箇所/57箇所)		根之谷高架橋 (ひびわれ:82箇所/89箇所)		湯里高架橋 (測定範囲が少ないため、計上しない)		根之谷高架橋 (ひびわれ:12箇所/16箇所)		湯里高架橋 (ひびわれ:31箇所/38箇所)		根之谷高架橋 (ひびわれ:51箇所/53箇所)		湯里高架橋 (損傷範囲が少ないため、計上しない)		
			測定範囲※2		橋脚柱部は4面全部実施		橋脚柱部は4面全部実施		橋脚柱部は4面全部実施		降雨のため、橋脚3面の高さ1/4程度で終了		降雨のため、橋脚2面のみ実施		橋脚柱部は4面全部実施		梁部及び地上から地上から2m程度までは対象外		大雪警報発令のため、橋脚1面のみ実施		
			銅	部位	損傷	部位・損傷別の判読可能率(凡例参照)															
				①腐食																	—
				②亀裂																	—
				③ゆるみ・脱落																	—
				④破断																	—
			コンクリート	⑤防食機能の劣化																	—
				⑥ひびわれ	99%(142箇所/143箇所)			92%(82箇所/89箇所)						80%(43箇所/54箇所)				96%(51箇所/53箇所)			
				⑦剥離・鉄筋露出	—			—						—				—			—
				⑧漏水・遊離石灰	—			—						—				—			—
				⑨抜け落ち	—			—						—				—			—
			共通	⑩床版ひびわれ	—			—						—				—			—
				⑪うき																	
				⑬遊間の異常																	
				⑭路面の凹凸																	
				⑮舗装の異常																	
				⑯支承部の機能障害																	
				⑰その他																	
				⑱補修・補強材の損傷																	—
				⑲定着部の異常																	—
				⑳変色・劣化																	—
			判読できない箇所の特徴	㉑漏水・滞水													—				—
				㉒異常な音・振動																	
				㉓異常なたわみ																	
				㉔変形・欠損													—				—
				㉕土砂 詰まり																	
				㉖沈下・移動・傾斜																	
				㉗洗堀																	

※1 H29年度試行においては、検証当日の気象条件が悪い日もあり、開発者の求める適用条件と合致しない場合がある。

※2 測定範囲は別途図示

※3 判読可能率 (b)/(a) (a): 過年度定期点検の損傷図に残された損傷数

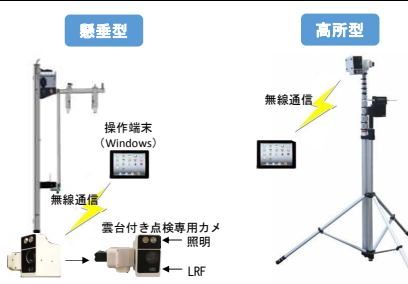
(b): 過年度定期点検で検出した損傷のうち、新技術で正しく検出した損傷

ただし、定期点検の損傷が明らかに写っていない場合損傷は評価不可能として、分母・分子から除外

凡例

	各技術が対応可能としている部位・損傷
	試行において損傷が存在しない等の理由により検証できなかった
	各技術が計測できない部位・損傷

技術の仕様確認結果【橋梁等(画像計測技術)】

技術名		「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による 近接目視、打音調査等援助・補完技術		橋梁等構造物の点検ロボットカメラ		橋梁下面の近接目視支援簡易装置「診れるんず」										
開発者		ジビル調査設計(株)		三井住友建設(株)		東北工業大学										
共同開発者		福井大学・(有)インテス		(株)日立産業制御ソリューションズ		O・T・テクノリサーチ(株)										
NETIS番号		(旧)KK-110063-A (新)QS-170024-A		KT-160016-A		-										
技術概要		橋梁点検の際に橋梁点検車が利用できない橋梁において、全ての作業を橋面上から点検員に代わって橋梁下面に挿入したロボットアーム上を遠隔操作で可動する各種点検用台車を用いて、近接目視、打音調査等の援助・補完を行う技術である。		点検ロボットカメラの向き、倍率、撮影等を、操作端末(タブレットPC)から遠隔操作して、点検作業を行う器械である。 操作端末にクラックスケール、L型スケールを表示することができ、損傷の大きさを定量的に計測可能である。		高欄より吊下げた棒部材(橋軸方向に移動可能)上の最大6台のカメラで、橋下面を橋上のタブレットから常時確認し静止画撮影。橋上のPoE対応HUBとの有線LAN接続でカメラへ電力供給し、橋上のルーターと無線接続したタブレットから、カメラのパン・チルト・ズーム、撮影を実行。機械・電気・LAN環境的にトラブルが少ない安定した点検作業が、少ない通行規制の下で可能である。また、装置一式は小型乗用車で運搬可能である。										
概略図						 										
		橋梁点検カメラシステム 視る・診る		ポールユニットに設置した橋梁点検ロボットカメラ		カメラ6台で橋下面を点検中の様子 点検中の橋上での様子 (カメラ付き棒部材を高欄から吊下げ) (タブレットで橋下面を確認しながら撮影)										
技術的特徴	必要な機器・装置等		操作ユニット、クラックゲージユニット、アームユニット、ビデオカメラ、合成画像ソフト		点検ロボットカメラ、操作端末(タブレットPC)、懸垂型架台、高所型ポールユニット、無線中継器		カメラ、アルミ製棒部材、高欄設置用移動装置、LANケーブル、PoE対応HUB、Wi-Fiフィルター、小型電源装置、タブレット(専用アプリ内蔵) 等									
	必要な能力・資格等		・基本操作方法を16時間程度教育後、点検実務での操作時間80時間程度必要		・特になし。ただし、初めて操作する点検員は、カメラの操作習熟に1時間程度必要		・数時間程度の講習で可									
	概略費用		鋼板桁橋のコンクリート床版 (点検面積 560m ² /日)		① コンクリート桁橋 (点検面積 300m ² /日)		② コンクリート箱桁橋内部 (点検面積 550m ² /日)		コンクリート床版橋 (点検面積 360m ² /日)							
			計測費用(直接人件費)		57,000 円		60,000 円		90,000 円		86,960 円					
			計測費用(直接経費)		60,000 円		60,000 円		90,000 円		150,000 円					
			解析費用(直接人件費)		68,000 円		120,000 円		150,000 円		251,070 円					
			計		185,000 円		240,000 円		330,000 円		488,030 円					
撮影数量		126枚		9,400 枚		14,000 枚		1,500 枚								
概略費用算出条件		支間長40m、幅員14m(歩道有り))、床版パネル寸法2.65m×5mの鋼板桁橋のコンクリート床版を対象に算出		①支間長30m、幅員12mのコンクリート桁橋の外面(上部工のみ)を対象に算出 ②支間60m、箱桁幅6m、桁高6mのコンクリート箱桁橋内部を対象に算出(箱桁内部 上面 側面×2)		支間長15m×4径間、幅員6mのコンクリート床版橋を対象に算出										
適用条件	天候		・晴れ、曇り、弱い雨(大雨時、雷雨時は不可)		・晴れ、曇り(箱桁内は特に制約なし)		・晴れ、曇り									
	気温条件		・気温 5℃～35℃		・気温-10℃～40℃		・気温:0℃～40℃									
	時間帯・日照条件		・日中		・制約なし(日中が望ましい)		・日中									
	風速		・風速 7m/s 以下		・高所型:風速5m/s以内、懸垂型:風速10m/s以内		・風速10m/s未満									
	道路幅員条件		・総幅員:15.0m未満 ・構成:歩道付き(2.0m以上)が望ましい。(車道規制不要) ・桁高:3.0m未満 ・支間長:5.0m以上 (歩道の場合は、一部占用規制・車道の場合、幅員に応じて車線減少・路肩規制・片側交互規制が必要)		・道路幅員の制約なし		・幅員10m程度以下									
	桁下条件		・桁下高さ2.0m以上		・桁下に河川敷があり、点検員が入れる場合は、高所型を地面に設置して作業が行える ・ポール先端のカメラから桁下面までの高さは20m以内が望ましい		・桁下高20m程度以下									
周辺条件		・周辺約5.0m以内に民家や他の構造物がないこと ・ロボット等の運搬に使用する2tトラックが近くにアクセスできること ・組立てスペース3m×10m程度が必要		・特に制約なし		・桁下に人が行くことができること ・桁下に組み立て作業ができるスペース(幅員×0.8m程度)があること。スペースが無い場合は、橋上に同様の作業スペースが確保でき、「桁下高>幅員」であれば点検可能。										
その他の条件		道路規制条件 ・歩道上にロボット設置の場合は、歩道規制を実施。(規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動) ・車道の場合、幅員に応じて車線減少・路肩規制・片側交互規制を実施。(規制範囲は、幅1.5m×長さ5.0mの規制で移動)		・対象面の直交軸と、カメラ視線軸のなす角が45° 以下が望ましい。		・歩道がある場合はガードマンが必要、歩道が無い場合は路肩規制が必要。										
H29年度試行結果	判読可能率※3	計測可能な部位及び損傷種類	検証当日の気象条件※1		天候 :晴れ 気温 :4.7～11.8℃ 風速 :0.0～2.2m/s		天候 :晴れ 気温 :3.4～12.7℃ 風速 :0.0～2.8m/s		天候 :晴れ 気温 :4.0～11.8℃ 箱桁内は風速なし		天候 :晴れ 気温 :6.5～13.5℃ 風速 :0.0～2.2m/s					
			対象部材		床版		主桁(外面)		橋台		主桁(箱桁内)		主桁(下面)			
			対象橋梁		葛飾大橋 (床版ひびわれ:39箇所/39箇所) (漏水・遊離石灰:16箇所/16箇所)		内田跨道橋 (ひびわれ:4箇所/4箇所) (剥離・鉄筋露出:1箇所/1箇所)		内田跨道橋 (ひびわれ:3箇所/3箇所)		大横川橋 (ひびわれ:3箇所/3箇所)		亀鶴橋 (ひびわれ:27箇所/35箇所)			
			測定範囲※2		下り線第2径間のコンクリート床版11パネルを実施		桁下面を実施		A1、A2橋台前面を実施		第1径間途中から第2径間途中まで実施		第5径間、第6径間の主桁下面を実施			
			部位		損傷		部位・損傷別の判読可能率(凡例参照)									
			鋼		①腐食		—		—		—		—		—	
					②亀裂		—		—		—		—		—	
					③ゆるみ・脱落		—		—		—		—		—	
					④破断		—		—		—		—		—	
					⑤防食機能の劣化		—		—		—		—		—	
			コンクリート		⑥ひびわれ		—		100%(4箇所/4箇所)		100%(3箇所/3箇所)		100%(3箇所/3箇所)		77%(27箇所/35箇所)	
					⑦剥離・鉄筋露出		—		100%(1箇所/1箇所)		—		—		—	
					⑧漏水・遊離石灰		100%(16箇所/16箇所)		—		—		—		—	
					⑨抜け落ち		—		—		—		—		—	
					⑪床版ひびわれ		100%(39箇所/39箇所)		—		—		—		—	
			その他		⑫うき		—		—		—		—		—	
					⑬遊間の異常		—		—		—		—		—	
					⑭路面の凹凸		—		—		—		—		—	
					⑮舗装の異常		—		—		—		—		—	
					⑯支承部の機能障害		—		—		—		—		—	
共通		⑰その他		—		—		—		—		—				
		⑩補修・補強材の損傷		—		—		—		—		—				
		⑱定着部の異常		—		—		—		—		—				
		⑲変色・劣化		—		—		—		—		—				
		⑳漏水・滞水		—		—		—		—		—				
		㉑異常な音・振動		—		—		—		—		—				
		㉒異常なたわみ		—		—		—		—		—				
		㉓変形・欠損		—		—		—		—		—				
		㉔土砂 詰まり		—		—		—		—		—				
㉕沈下・移動・傾斜		—		—		—		—		—						
㉖洗掘		—		—		—		—		—						
判読できない箇所の特徴										カメラの解像度が低いことにより、もし過去の点検によるチョーキングが存在していなければ、ひび割れの存在を明確に判読できないと思われる損傷写真であったため。						

※1 H29年度試行においては、検証当日の気象条件が悪い日もあり、開発者の求める適用条件と合致しない場合がある。

※2 測定範囲は別途図示

※3 判読可能率 (b)/(a) (a): 過年度定期点検の損傷図に残された損傷数

(b): 過年度定期点検で検出した損傷のうち、新技術で正しく検出した損傷

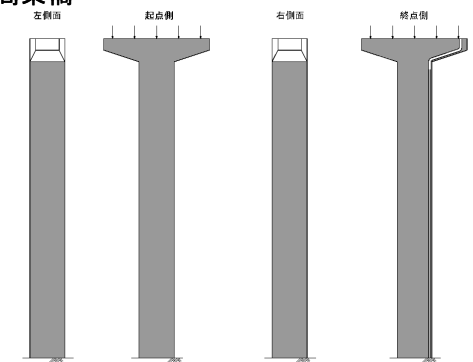
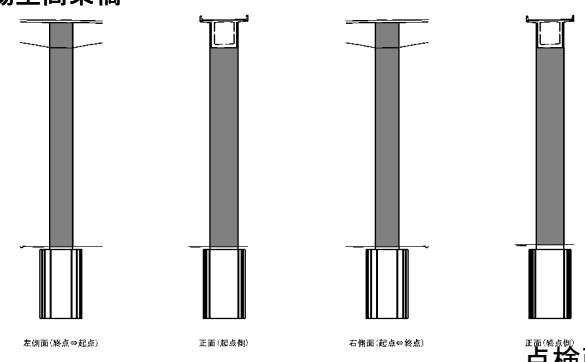
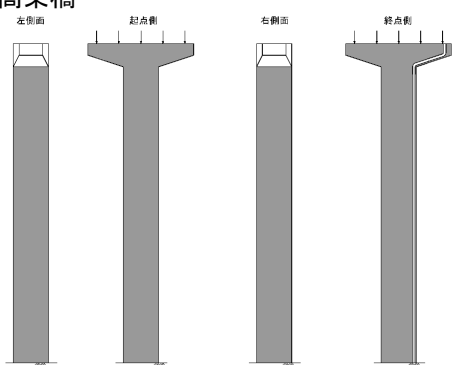
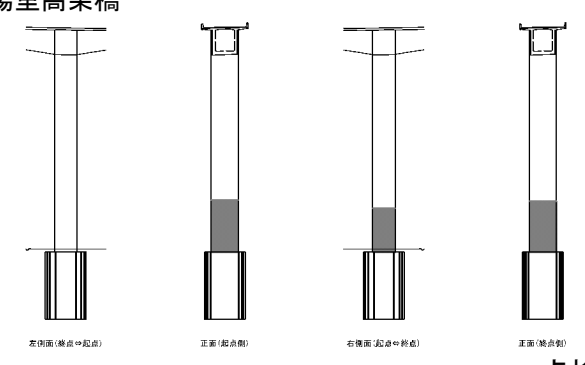
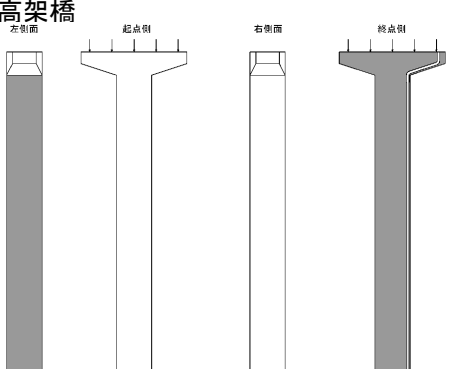
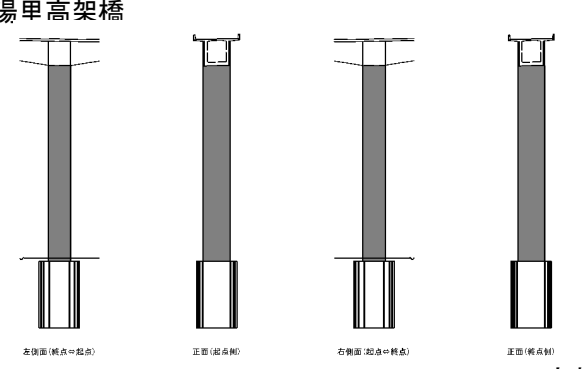
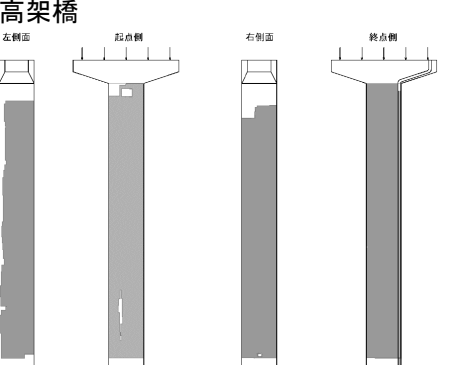
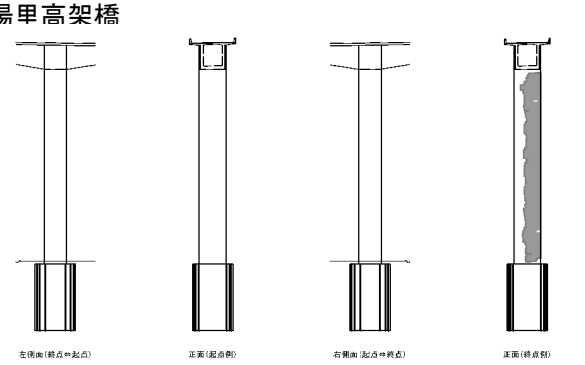
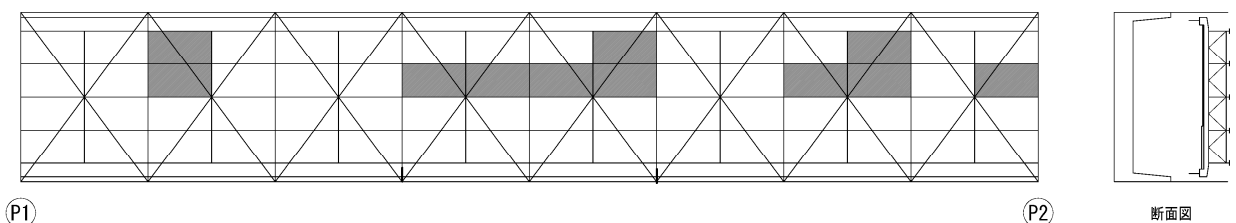
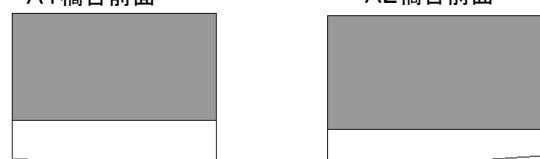
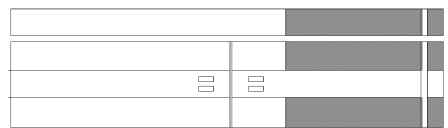
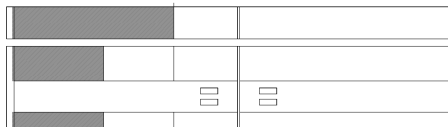
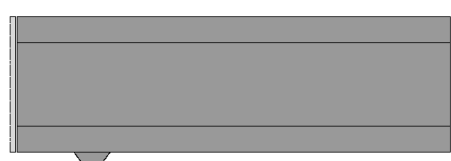
ただし、定期点検の損傷が明らかに写っていない場合損傷は評価不可能として、分母・分子から除外

凡例

	: 各技術が対応可能としている部位・損傷
—	: 試行において損傷が存在しない等の理由により検証できなかった
	: 各技術が計測できない部位・損傷

技術の仕様確認結果【橋梁等(画像計測技術)】

測定範囲

ルーチェサーチ(株)	根之谷高架橋  点検面積 330m2	湯里高架橋  点検面積 1,010m2
三信建材工業(株)	根之谷高架橋  点検面積 330m2	湯里高架橋  点検面積 190m2
夢想科学(株)	根之谷高架橋  点検面積 165m2	湯里高架橋  点検面積 970m2
川田テクノロジーズ(株)	根之谷高架橋  点検面積 260m2	湯里高架橋  点検面積 150m2
ジビル調査設計(株)	葛飾大橋 第2径間11パネル  点検面積 150m2	
三井住友建設(株)	内田跨道橋 桁下面  A1橋台前面 A2橋台前面  点検面積 410m2	大積川橋 第1径間  第2径間  点検面積 550m2
東北工業大学	亀鶴橋 第5径間  第6径間  点検面積 170m2	

技術の仕様確認結果【橋梁等（非破壊検査技術）】

技術名			赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム		ポール打検機		回転式打音診断支援システム【S-SJ】	
開発者			西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社		日本電気株式会社		(株)ネクスコ東日本エンジニアリング	
NETIS番号			SK-110019-V		—		KT-180069-VR	
技術概要			・橋梁等のコンクリート構造物のうき・剥離などの変状箇所を、赤外線法により、高精度かつ定量的に検出する点検技術。 ・遠望非接触の非破壊検査のため、足場や交通規制が不要。 ・独自に開発した損傷判定支援システムにより、解析作業の熟練度にかかわらず、赤外線画像から変状箇所の損傷状態を定量的に判定することが可能。		・地上あるいは足場、高所作業車、橋梁点検車からコンクリート部材をポール打検機の使用により打音検査を補助、補強する。 ①高所にあるコンクリート部 ②点検ハンマーによる打音検査が困難な箇所 ③添架物で塞がれた箇所など近接して打音検査ができない箇所 ④横桁、対傾構が輻輳する構造 ⑤桁下の空間が狭く足場が設置出来ない場所。		・六角の軸球体をヘッド部に持つ回転式打音点検器を使用して、コンクリート表面を連続的に回転打撃し、その打音を聞き取りやすく、また、その打音波形を分析し、うき・剥離損傷の有無をリアルタイムに表示する装置であり、点検の高度化を図るものである。 ・点検ハンマーによる打音点検が困難な狭隘部の点検が可能である。	
測定状況								
対象物			コンクリート構造物のうき・剥離の検出		コンクリート構造物のうき・剥離の検出		コンクリート構造物のうき・剥離の検出	
従来の方法			点検ハンマーによる打音検査		点検ハンマーによる打音検査		点検ハンマーによる打音検査	
技術の特徴	必要な機器・装置等(計測)		冷却型高性能赤外線カメラ(素子:InSb)、調査支援モニター、デジタルカメラ(可視画像)、熱環境測定装置		打音点検用のハンマーとマイクと近接目視点検用のカメラ		回転式打音点検器と狭指向性のショットガンマイクロフォンおよびアンプ	
	必要な能力・資格等(計測)		無し		打音点検の経験		打音点検の経験	
	必要な機器・装置等(解析)		損傷判定支援ソフトを用いて赤外線サーモグラフィーの熱画像を自動解析し、変状を自動識別する。		点検員がヘッドホーンで打撃音を聴音し、静音・濁音を判断する。		打音をマイクにて採取し、アンプにて暗騒音部分の周波数帯をフィルターカットすることで打音を聞き取りやすくし、打音の波形分析によりうき・剥離の損傷有無を判断する。	
	必要な能力・資格等(解析)		無し		打音点検の経験		打音点検の経験	
	(参考)※1 概略費用	計測費用(直接人件費)※2	53,855円(点検面積502.5m2)		43,985円(点検面積473.9m2)		52,060円(点検面積502.5m2)	
		計測費用(直接経費)※3	8,060円(点検面積502.5m2)		50,000円(点検面積473.9m2)		43,170円(点検面積502.5m2)	
		解析費用(直接人件費)※4	74,790円(点検面積502.5m2)		18,200円(点検面積473.9m2)		46,170円(点検面積502.5m2)	
計		136,705円(点検面積502.5m2)		112,185円(点検面積473.9m2)		141,400円(点検面積502.5m2)		
適用条件			・天候が雨天でないこと。 ・調査対象部位が湿潤状態でないこと。 ・亜鉛を含む防錆スプレーなど、金属系の塗料をコンクリート表面に塗布した部位でないこと。 ・熱環境測定装置に検出可能な温度差が発生すること。 ・調査対象に対する対象面角度の最小角度が30°以上確保できること。 ・撮影箇所から調査対象部位の視通が確保できること。 ・調査時間帯は原則として夜間とする。 ・コンクリート表面から4cm奥までのうき・剥離 ・日較差(1日の最高気温と最低気温の差)7℃以上が望ましい。 ・撮影距離約50m未満(ただし、レンズや、距離計の変更により80m程度まで対応可能)		・適用箇所:主桁(フランジ、ウエブ)、横桁(フランジ、ウエブ)、床版下面、地覆側面。 ・点検員が桁下にアクセス出来ること。点検員が進入出来ないほどの水辺で無いこと。 ・天候が雨天で無いこと。 ・コンクリートのかぶりか3cmまでのうき・剥離。 ・高さ8m程度までは足場無しで打音検査が可能。それ以上は高所作業車、橋梁点検車を使用する。横構、対傾構が輻輳する構造など検査車バケットでは近接が出来ない箇所に適用できる。側道橋と本線橋の狭隘な隙間でも打検機が届く範囲は点検が可能。 ・第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。		・適用箇所:主桁(フランジ、ウエブ)、横桁(フランジ、ウエブ)、床版下面、地覆側面。 ・点検する部位に点検員がアクセス出来ること。梯子、高所作業車、橋梁点検車により近接する必要がある。 ・雨天時、強風時は実施困難。側道の重交通騒音などの環境音が特別に大きくないこと。 ・第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。 ・基本的には打音法であり、構造物へ近接する必要がある。ハンマーによる打音法が困難な狭隘部の点検を行うことが出来る。	
試行結果	①精度	検出率※5※7	100% (うき:52箇所／52箇所、剥離:38箇所／38箇所)		76% (うき:127箇所／164箇所、剥離:6箇所／11箇所)		83% (うき:150箇所／182箇所、剥離:3箇所／3箇所)	
	②効率性	ヒット率※6※7	26% (90箇所／350箇所)		22% (133箇所／593箇所)		33% (153箇所／469箇所)	

※1 概略費用は橋梁構造形式RC連続T桁のうち1径間(径間長26.8m、幅8.3m、点検面積502.5m2)を対象に各技術が点検した範囲にかかる費用
※2 計測費用(直接人件費)には、機器のキャリブレーション等、計測の準備にかかる費用を含む
※3 計測費用(直接経費)には、付随して必要となる機器(橋梁点検車等)にかかる費用を含む
※4 解析費用(直接人件費)には、記録・調書の作成にかかる費用を含む
※5 検出率＝(従来方法による点検で把握された損傷のうち、当該技術で検出できた損傷数)／(従来方法による点検で把握された損傷数)
※6 ヒット率＝(当該技術で異常が検出された箇所数のうち、従来方法による点検で損傷が把握された箇所数)／(当該技術で異常が検出された箇所数)
※7 うき・剥離箇所数は、各技術が点検を実施した範囲の箇所数
※8 損傷の評価基準は橋梁定期点検要領 ⑫うき e ⑦剥離・鉄筋露出 c ～e
※9 第三者被害予防処置は、「橋梁における第三者被害予防処置要領(案)」(平成28年12月)に基づく措置
※10 このデータは、平成29年11月時点

技術の仕様確認結果【橋梁等（非破壊検査技術）】

技術名			橋梁点検支援ロボット	近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	コンクリート構造物変形部検知システム「BLUE DOCTOR」
開発者			ジビル調査設計株式会社	新日本非破壊検査㈱	(株)オンガエンジニアリング
NETIS番号			QS-170024ーA	QS-180005ーVR	QS-180009ーVR
技術概要			橋梁点検の際に橋梁点検車が利用出来ない橋梁において全ての作業を橋面上から行い点検員に代わって橋梁下面に挿入した各種点検台車と一体になったロボットアームを遠隔操作で可動させて、赤外線サーモグラフィと打音検査装置との併用でうき・剥離を検出するものである。また、橋面上での占用スペースも小さく(幅1.5m、長さ3m)歩道に設置すれば車道の交通規制を回避出来る。	・有線式のマルチコプター上部に車輪駆動機構と点検機構を搭載、マルチコプターの飛行機能で橋梁の床版などが容易に近づけない部位に接近、車輪を押し当てて走行しながら、特殊な機構による打音検査とカメラによる目視を実施する飛行と自走機能を持つ有線式飛行型点検ロボットである。また、点検により得られた打音信号は解析技術で可視化し、うきや剥離等の損傷検出に加え位置情報と合わせて点検調書作成を支援する。	・橋梁等のコンクリート構造物の浮き・剥離などの欠損部(空隙)の有・無及び深さを、移動式衝撃弾性波法により、高精度かつ定量的に検知するコンクリート構造物点検技術。欠損箇所表面にスプレーマーキング可能。打音点検で見つからない欠損部も検出可能で、かつ定量化が可能な打音検査を補助する技術。ロボットに搭載すれば打音点検前のスクリーニングとして、高精度、高効率な点検を可能とする技術である。
測定状況					
対象物			コンクリート構造物のうき・剥離の検出	コンクリート構造物のうき・剥離の検出	コンクリート構造物のうき・剥離の検出
従来の方法			点検ハンマーによる打音検査	点検ハンマーによる打音検査	点検ハンマーによる打音検査
技術の特徴	必要な機器・装置等(計測)		橋梁点検支援ロボット(ベース車:自走式クローラ台車)、可視カメラ、赤外線サーモグラフィ、回転式打診装置、集音用マイク、録音装置、温度分析用ソフトウェア	・ドローン搭載型打音検査機構(打撃機構+マイク) ・PC(信号解析・表示、データ保存) ・モニター用タブレット	・ブルードクター伸縮スティックタイプ1式(マーキング機能付き) ・バッテリーパック或いはポータブル発電機(※マーキング機能を使用する場合) ・定点撮影用デジタルカメラ
	必要な能力・資格等(計測)		赤外線サーモグラフィによる熱画像の取得と打音点検の経験	飛行許可・申請を行う場合、飛行操作者は10時間の経験が必要	調査対象部位が手元より3m以上の場合、足場、高所作業車もしくは吸着走行型ロボット(開発中)が必要
	必要な機器・装置等(解析)		赤外線サーモグラフィーによりスクリーニングし、打撃音をマイクで集音した結果を併用して、点検員がうきを判断する。	打撃装置からの打音をマイクにより集音し周波数分布の変化から変状を自動識別する	弾性波エコーを自動解析してLED表示される損傷を点検員が記録する。
	必要な能力・資格等(解析)		熱画像解析と直接打診の経験	打音信号解析の経験	打音点検の経験
	(参考)※1 概略費用	計測費用(直接人件費)※2	62,600円(点検面積202.8m2)	59,000円(点検面積138.0m2)	72,020円(点検面積478.4m2)
		計測費用(直接経費)※3 解析費用(直接人件費)※4 計	222,400円(点検面積202.8m2) 140,800円(点検面積202.8m2) 425,800円(点検面積202.8m2)	61,200円(点検面積138.0m2) 172,500円(点検面積138.0m2) 292,700円(点検面積138.0m2)	85,950円(点検面積478.4m2) 25,400円(点検面積478.4m2) 183,370円(点検面積478.4m2)
適用条件		・適用箇所:主桁(フランジ、ウェブ)、横桁(フランジ、ウェブ)、床版、地覆側面。 ・雨天時、強風時は実施困難。側道の交通騒音などの環境音が特別に大きくないこと。 ・橋梁総幅員は8m未満。主桁の高さが1. 8m以下。地覆内側面から外側への張り出しが1. 5m以下。高欄の乗り越え高さが1. 5m以下。システムの組立、積み下ろしに必要な空間 w=3. 0m L=15m程度が確保出来る。 ・打検機の移動は、幅員方向に4mまでである。 ・赤外線サーモグラフィーによりスクリーニングし、打撃音をマイクで集音し、点検員がうきを判断する。打検機は構造物への近接が必要。 ・第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。 ・点検ハンマーと比較すると狭隘部の点検困難箇所の点検が可能。 ・車道を規制する橋梁点検車に比べて橋梁を占用する部分は小さくなるが検査装置が歩道を占有するため交通規制が必要である。 ・アーム型機構で点検できる面積は制限され、他の点検を併用する必要がある。	・適用箇所:主桁(下面)、床版、対象箇所は上面に限定される側面は不可能。打診装置が機械の中心にあり、機械の幅の半分(約50cm)は不可能。添加物裏面は不可能。 ・UAVの飛行可能エリアまたは許可・申請の承認が必要 ・点検ロボットの作業範囲内(半径30m程度)への第三者の立ち入り制限がある。 ・日中、晴れまたは曇り、最大風速:4m/秒以下 ・打撃音をマイクで収集し、音を解析し、うきを判断する。 ・飛行モード時の安全確保のため橋面に親綱が必要。橋上に補助員を配置する必要がある。UAV飛行中に機体が落下することがあり、飛行体安全性に課題がある。 ・垂直面への適用は開発中であり、現状の装置では定期点検範囲の約27%の点検が出来る。 ・第三者予防処置のコンクリートの叩き落としは高所作業車により実施する必要がある。	・適用箇所:主桁(フランジ、ウェブ)、横桁(フランジ、ウェブ)、床版、地覆側面。 ・基本は打音法と類似の衝撃弾性波法のため、梯子、ステージ、高所作業車などを使用してコンクリート構造物への近接が必要である。打診装置が機械の中心にあるため機械の幅の半分(約5cm)分は叩けない。 ・伸縮スティックが付随するので手元から3m以内であれば足場、高所作業車が不要。 ・作業場所に雨がかからないこと、強風で無いこと ・打撃を与える労力を自動化し、弾性波エコーの解析により計測結果を定量化できる。従来の打音法と併用することが出来る。マーキング機能を使用しない場合はバッテリーパック、マーキング機能を使用する場合は電源(発電機等)が必要である。 ・第三者被害予防措置のコンクリートの叩き落としは橋梁点検車、高所作業車に兼用して作業すればその場で実施することができる。	
試行結果	①精度	検出率※5※7	68% (うき:67箇所／100箇所、剥離:4箇所／5箇所)	54% (うき:32箇所／58箇所、剥離:1箇所／3箇所)	60% (うき:100箇所／162箇所、剥離:4箇所／10箇所)
	②効率性	ヒット率※6※7	45% (71箇所／159箇所)	6% (33箇所／529箇所)	21% (104箇所／487箇所)

※1 概略費用は橋梁構造形式RC連続T桁のうち1径間(径間長26.8m、幅8.3m、点検面積502.5m2)を対象に各技術が点検した範囲にかかる費用
※2 計測費用(直接人件費)には、機器のキャリブレーション等、計測の準備にかかる費用を含む
※3 計測費用(直接経費)には、付随して必要となる機器(橋梁点検車等)にかかる費用を含む
※4 解析費用(直接人件費)には、記録・調書の作成にかかる費用を含む
※5 検出率＝(従来方法による点検で把握された損傷のうち、当該技術で検出できた損傷数)／(従来方法による点検で把握された損傷数)
※6 ヒット率＝(当該技術で異常が検出された箇所数のうち、従来方法による点検で損傷が把握された箇所数)／(当該技術で異常が検出された箇所数)
※7 うき・剥離箇所数は、各技術が点検を実施した範囲の箇所数
※8 損傷の評価基準は橋梁定期点検要領 ⑫うき e ⑦剥離・鉄筋露出 c～e
※9 第三者被害予防処置は、「橋梁における第三者被害予防処置要領(案)」(平成28年12月)に基づく措置
※10 このデータは、平成29年11月時点

技術の仕様確認結果【トンネル(覆工画像計測技術)】

ユースケースの前提		点検員等がチョーキング(ひび割れ幅0.3～3.0mmのひび割れ、うき・はく離の打音異常の有無及び範囲、鋼材腐食の範囲)した後、ロボットによる写真撮影を実施。点検員等がロボットにより取得した変状写真を見て、記録調書を作成。 ※上記とは別に、専門的な知識と技能を有する技術者が近接目視を行った上で健全性の診断を行う。															
技術名		走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)				走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)				道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)				トンネル覆工コンクリート内部・表面調査システム			
開発者		パシフィックコンサルタンツ株式会社				中外テクノス株式会社				西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社				三井造船株式会社(現:株式会社三井E&Sマシナリー)			
共同開発者		計測検査株式会社,システムリサーチ株式会社,株式会社ウォールナット				—				—				株式会社トノックス			
NETIS番号		KK-130026-V				CB-180027-A				SK-160013-A				KT-140074-A			
技術概要		トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度3次元レーザー計測システム、非接触レーザー探査システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れ、漏水等の変状と、トンネル断面形状、巻厚、背面空洞等を計測するもので、走行型であるため計測時の交通規制が不要となる。この統合型計測システムにより従来点検前に計測し、近接目視、打音検査の併用技術として支援するとともに、取得した3D可視化情報を総合的に活用し健全性診断を支援することにより、トンネル点検全般の高度化、効率化、省力化、安全性向上、コスト削減を図れる。				民生用4Kビデオカメラを使用した高解像度の覆工面画像を取得するシステム。民生機を使用することで、装置全体をコンパクトにできる。カメラの配置により撮影範囲及び解像度を自在に変更でき、狭隘な水路トンネル等への対応が可能。覆工表面を高い解像度で撮影することで、発生している変状を正確に記録する。交通規制なしで撮影ができ、50km/hの速度では0.3mm以上のひび割れを検知する。交通規制内の低速撮影では画像は近接点検時と同等の解像感のある高精細な画像が得られ、覆工面の状態をより正確に記録することができる。				カラーラインセンサカメラによる高精細な可視画像撮像システムと、光切断法による3次元形状計測技術を併用して、覆工コンクリートの表面状態と形状を、同時に計測、解析する。これにより、覆工コンクリートのひび割れと、剥離の前兆である段差を検出し、コンクリート片が剥落する恐れのある箇所を非接触かつ定量的に検出する技術である。将来的に、現状のトンネルの損傷評価だけでなく、定期的に計測を行うことにより劣化進行を定量的に把握できる技術を目指している。				打音検査では検知困難だった変状(空洞や豆板など)を、マルチバスレーダ(MPLAレーダ)により3次元で映像化するシステム。専用支持装置に架装したレーダを車両に搭載し、最高速度3.5km/hでの連続走行計測が可能である。マルチバスレーダによる計測データを覆工表面レーザ計測車(株トノックス製)による展開画像データと統合することで、トンネル覆工コンクリートの表面と内部状況を同時に把握し、総合的な判定・管理が可能となる。			
概要図																	
計測対象部位		トンネル本体工覆工 (アーチ、側壁)				トンネル本体工覆工 (アーチ、側壁)				トンネル本体工覆工 (アーチ、側壁)				トンネル本体工覆工 (アーチ、側壁)			
技術の特徴※1	必要な機器・装置等		CCDカメラ (38万画素) × 20台 画像合成ソフト				4Kカメラ(830万画素) : 11台 画像合成ソフト				ラインセンサカメラ(4096画素/ライン: 4台) 画像合成ソフト				レーザー照射装置＝アルゴンイオンガスレーザ(出力4W) × 6面体スキャナ レーザスキャン性能＝21,000回転/分 × 6(レーザ走査線数) 画像合成ソフト		
	必要な能力・資格等		なし				なし				なし				なし		
	概略費用※2	直接人件費	1,832,700円 / (周長17m × 延長500m × 10トンネル)				1,818,950円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)				375,200円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)				1,654,450円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)		
		直接経費	703,100円 / (周長17m × 延長500m × 10トンネル)				1,209,953円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)				1,762,000円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)				1,750,150円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)		
		計	2,535,800円 / (周長17m × 延長500m × 10トンネル)				3,028,903円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)				2,137,200円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)				3,404,600円/(周長17m × 延長500m × 10トンネル)		
	車両寸法	車両幅	2.08m				1.67m				2.18 m				2.26m		
		車両高さ	3.63m				2.80m				3.14 m				3.20m		
	適用条件	天候	屋外では強風、強雨、降雪時は使用不可(小雨では使用可能)				雨天時はカメラのレンズに雨滴がつき画像に影響が出るため撮影は避ける				天候が雨天でないこと				雨天時(小雨を除く)は、レーザ計測への影響が懸念されるため、計測は避ける		
		気温条件	0℃～40℃				-10～40℃				特に無し				外気温0℃以下の場合、レーザ計測への影響が懸念されるため、計測は避ける		
		時間帯・日射条件	昼夜問わず計測可能				トンネル坑口に直射日光が当たる時間の撮影は避ける				坑口付近の覆工コンクリートについては、日射の影響を考慮し夜間が望ましい				昼夜問わず計測可能		
		計測時の走行速度条件	80km/h以下				5～80km/h				100km/h以下 (壁面撮影の場合)				60km/h以下		
		渋滞時の計測可否	測定可能				渋滞時の撮影は不可				測定可能				測定可能		
		設備等による死角条件	照明設備の背面など車線上から死角となる箇所の撮影は不可				照明設備の背面など車線上から死角となる箇所の撮影は不可				照明設備の背面など車線上から死角となる箇所の撮影は不可				照明設備の背面など車線上から死角となる箇所の撮影は不可		
		車両から覆工表面までの距離条件	10m程度以内				制限なし(壁面までの距離が大きく変化する部分の撮影は不可。)				制限なし				概ね10m以内		
		トンネル延長の制約	制限なし				制限なし				制限なし				制限なし		
		車線数の制約	3車線以上も計測可能				制限なし				3車線以上も計測可能				3車線も計測可能		
		断面形状の制約	矩形断面など対象構造物に応じて対応可能				大きな断面変化がないこと				矩形断面など対象構造物に応じて対応可能				矩形断面も計測可能(断面形状に応じて、レーザ照射器を要位置調整)		
		トンネル内照明の消灯の必要性	不要				不要				不要				不要		
		その他の条件	—				・トンネル覆工面が濡れている場合や内装版がある箇所では照明が反射し、画像に影響が出ることがある				—				・走行路面が平坦であること ・覆工表面の排ガスによる汚れが少ないこと		
検証結果	【A】 精度	【A-1】 変状写真の撮影	判読 可能率 ※3	ひび割れ	幅0.3～3.0mm (0.1mm単位)	【レベル1】 ひび割れを示すチョーキングを判別 100% (76箇所/76箇所)	【レベル2】 ひび割れそのものを判別 (非申請)	【レベル1】 ひび割れを示すチョーキングを判別 100% (76箇所/76箇所)	【レベル2】 ひび割れそのものを判別 (非申請)	【レベル1】 ひび割れを示すチョーキングを判別 100% (76箇所/76箇所)	【レベル2】 ひび割れそのものを判別 (非申請)	【レベル1】 ひび割れを示すチョーキングを判別 100% (76箇所/76箇所)	【レベル2】 ひび割れそのものを判別 (非申請)				
				幅3.0mm以上(0.5mm単位)※4		100% (14箇所/14箇所)		100% (14箇所/14箇所)		100% (14箇所/14箇所)		未検証(0箇所)					
				打音異常の有無と 範囲を示すチョーキング		100% (47箇所/47箇所)		100% (47箇所/47箇所)		100% (47箇所/47箇所)		100% (47箇所/47箇所)					
				ひび割れ等の状況※5		100% (47箇所/47箇所)		100% (47箇所/47箇所)		100% (47箇所/47箇所)		100% (47箇所/47箇所)					
				範囲を示すチョーキング		未検証(0箇所)		未検証(0箇所)		未検証(0箇所)		未検証(0箇所)					
				腐食の有無		未検証(0箇所)		未検証(0箇所)		未検証(0箇所)		未検証(0箇所)					
		漏水等 による 変状		部位	アーチ	側壁	路面	アーチ	側壁	路面	アーチ	側壁	路面				
				漏水(有無及び範囲)	100% (71箇所/71箇所)		(非申請)	100% (71箇所/71箇所)		(非申請)	100% (71箇所/71箇所)		(非申請)				
				氷	未検証(0箇所)		(非申請)	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	(非申請)	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	(非申請)				
				土砂	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	(非申請)	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	(非申請)	未検証(0箇所)	未検証(0箇所)	(非申請)				
	【A-2】 変状写真台帳の整理	機能の有無		(非申請)				(非申請)				(非申請)					
		【A-3】 変状の自動検出	検出率		(非申請)				(非申請)				(非申請)				
			的中率		(非申請)				(非申請)				(非申請)				
	【B】 効率性	現場規制時間の短縮	規制時間比率		非申請或未検証の部分がため、今回は算出対象外												
	【C】 効率性	従来技術とのコスト比 率	コスト比率(外業)		非申請或未検証の部分がため、今回は算出対象外												
			コスト比率(内業)														
			コスト比率(外業+内業)														

※1 利用場面对する開発者からの申告

※2 概略費用: 周長17m(平均)、延長500m(平均)の同一路線上に連続した10トンネルを対象に算出。(費用は条件により変わります。)

点検員等がチョーキングした後ロボット技術により写真撮影を実施し、点検員が作業できる形に加工するまでの費用。旅費交通費、機材運搬費、間接原価、一般管理費等は除く。

※3 判読可能率＝(近接目視で検出した変状のうち、当該技術で記録した画像にて判読可能な変状箇所数)/(近接目視で検出した変状箇所数)

※4 検証トンネルにひび割れ(3.0mm以上)が無かったため、幅1.0mm以上のひび割れが判読可能であること、幅0.5mmのひび割れが認知可能であることを確認することにより、ひび割れ(3.0mm以上(0.5mm単位))が判読可能であるとみなすとした。

※5 ひび割れ等の状況: 閉合、ブロック化、補修材等の材質劣化、覆工コンクリート等の細片化、覆工コンクリート等の材質劣化