

平成27年度 次世代社会インフラ用ロボット（トンネル維持管理用）

No.	技術名称	応募者	共同開発者	ページ
(実用検証技術)				
1	画像から抽出したクラック分析による浮き、はく離の検知技術	(株)アルファ・プロダクト	大阪工業大学 情報科学部	1
2	走行型高精度画像計測システム(トンネルトレーサー)	中外テクノス(株)		2
3	車両走行型トンネル点検システムMMSD™	三菱電機(株)		3
4	MMSIによるトンネル点検支援技術	(株)アスコ		4
5	デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」	清水建設(株)	(株)保全工学研究所 倉敷紡績(株)	5
6	ボール型打音検査機	日本電気(株)	自律制御システム研究所 産業技術総合研究所 首都高速道路技術センター	6
7	トンネル覆工レーザー・赤外線画像計測システム	日本工営(株)	(株)トノックス (株)ウォールナット	7
8	走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)	パシフィックコンサルタンツ(株)	計測検査(株) システムリサーチ(株) (株)ウォールナット	8
9	高精度トンネル覆工計測装置	西日本高速道路エンジニアリング四国(株)		9
10	トンネル覆工コンクリート調査システム	三井造船(株)	(株)トノックス	10
11	インフラ点検システム	沖電気工業(株)	大日本コンサルタント(株)	11
(要素検証技術)				
12	ハンディひび割れ検出装置	東急建設(株)	(株)小川優機製作所	12
13	打音点検用飛行ロボットシステム	日本電気(株)	自律制御システム研究所 産業技術総合研究所 首都高速道路技術センター	13

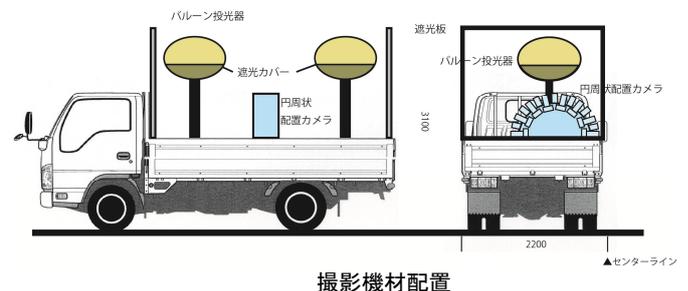
画像から抽出したクラック分析による浮き、はく離の検知技術

～ 近接目視の支援技術の現場検証 ～

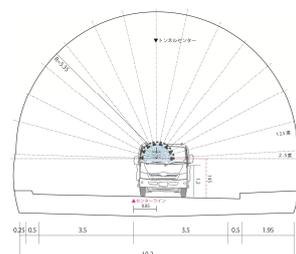
応募者：株式会社アルファ・プロダクト

共同開発者：小堀研一(大阪工業大学 情報科学部 教授)

[写真・イメージ]



撮影機材配置



撮影角度



撮影用機材(FOCUS-T)

[概要]

道路トンネルは5年に1度の定期点検が義務付けられ、点検技術の効率化・精度向上が急務となっている。そこで、近接目視点検のスケッチ作業を効率化するため、高精度デジタルカメラでトンネル覆工コンクリートの画像データを取得し、画像データから変状展開図を作成する。これにより、現場作業時間の短縮、変状展開図の作成時間短縮・精度向上を目指す。

また、画像データからひび割れを抽出し、近接目視時の確認漏れ等を補助する技術の実現も目指している。

[特徴]

- トンネル覆工コンクリート全周の、長さ**0.8m**の画像データを**1回の撮影(約30秒)**で取得できる。
- 画像データを専用ソフトウェアで解析し、**ひび割れの幅と長さを0.2mm単位で自動抽出**できる。
- 画像データとして保存し、ひび割れの抽出も自動のため、記入漏れや誤計測等の**人為的ミスが発生しない**。
- ひび割れの**正確な分布が確認できる**ため、コンクリートの**浮き箇所やひび割れ発生原因を推定**できる。
- 漏水・はく離の確認や**経年変化の確認も容易**に行える。

走行型高精細画像計測システム(トンネルレーサー)

～ トンネルの近接目視の支援ができる技術の現場検証 ～

応募者: 中外テクノス株式会社

[概要]

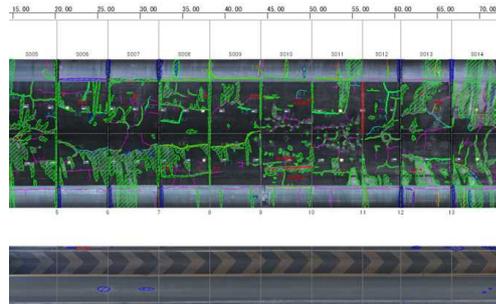
民生用4Kビデオカメラを使用した高解像度の覆工面画像を取得するシステム。民生機を使用することで、装置全体をコンパクトにできる。カメラの配置により撮影範囲及び解像度を自在に変更でき、狭隘な水路トンネル等への対応が可能。

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。

[特徴]

- ▶ トンネル覆工面、路面に発生した変状を交通規制なしで撮影することで、0.3mm以上のひび割れや遊離石灰、漏水などの変状の発生状況を正確に記録できる。
- ▶ 低速走行(歩行速度程度)で撮影を行うことにより0.1mmのひび割れや、近接目視と同程度の感覚で画像から変状を読み取ることができる。
- ▶ 0.8tonトラックに搭載しているため小型で、山間部等の狭隘トンネルでの撮影も可能。
- ▶ 民生ビデオカメラを組合せたシステムであり製作費を安価に抑えられることから、装置損料等を安く設定できる。また、故障による交換や高性能な新製品への更新が容易である。

[写真・イメージ]



4Kビデオカメラ

成果品例

問い合わせ先: 中外テクノス株式会社 中部支社 担当: 大崎

Tel: 052-739-3708

Mail: t.saki@chugai-tec.co.jp

2

車両走行型トンネル点検システムMMSD™

～ 高精度MMSレーザ計測+高精細カメラ画像撮影の現場検証 ～

応募者: 三菱電機株式会社

[概要]

トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状に対して、近接目視の支援を目的として以下の検証を行なう。

- ① 高精度レーザを用いてトンネル覆工面の形状変化を計測
- ② 高精細カメラを用いてトンネル覆工面の変状を撮影。
- ③ 三次元形状と高精細画像から認識した変状の正確な三次元位置を記録し、変状展開図を作成。
- ④ 変状展開図から詳細点検が必要な箇所を絞り込む。

[特徴]

- ▶ **走行しながら**、自動で高精度に**三次元計測**
 - ✓ **通行規制が不要**となり、短時間で三次元計測が可能
 - ✓ 構造物や設備の**微小な経年変化**の正確な計測が可能
 - ✓ これまで人力(目視)に頼っていた点検・計測作業の自動・省力化を実現し、**作業のばらつき防止**と**技術者不足を解決**
- ▶ **高精度壁面カメラ**と**高精度解析**技術の開発により、**変状識別を自動化**
- ▶ **舗装調査**の同時実施が可能(ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸)
- ▶ **道路付帯物計測**の自動化(台帳作成、変状計測、三次元CAD化)等、**トンネル点検業務以外への活用**が可能(三次元データの有効活用)

[写真・イメージ]



問い合わせ先: 三菱電機株式会社 社会環境事業部 社会システム第二部

Tel: 03-3218-2633 <http://www.MitsubishiElectric.co.jp/>

3

MMSによるトンネル点検支援技術

～ MMSによるスケッチ走行で効率的な変状展開図の作成を支援する技術 ～

応募者：株式会社アスコ

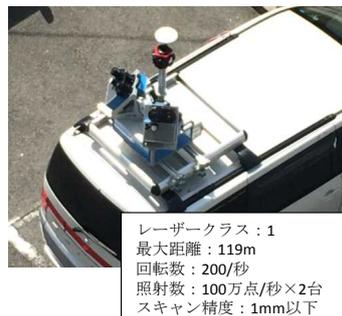
[概要]

MMSに搭載したレーザーによって覆工に描かれたチョークの記録を正確に捕捉し変状展開図の作成を支援する技術。従来にはない高密度なレーザスキャンと世界最高水準の精度を持つGNSS/IMUを使って得た覆工上の点群を、そのまま白黒画像のように展開することで三次元化処理やオルソ画像の作成などを省いて、より素早く高精度に変状展開図が作成できる。これによって現場での変状記録者は不要となると同時に高精度な変状位置の記録が可能となる。

[特徴]

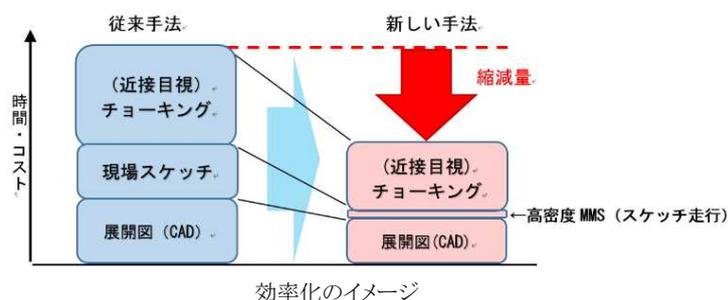
- あくまで変状展開図の作成を支援するもので、近接目視点検自体は前提としている。
- 現場記録の時間が短縮されるため、全体として**現場作業時間の短縮、点検の日進量の増加**が可能。
- 近接目視点検の最終工程で実施する。**高密度MMS**による走行速度は**時速15km/h**とし、走査ラインを**2cm間隔**で取得。
- 取得した点群データを**展開画像**としCAD上でトレースすることで**効率良く高精度な変状展開図**を作成可能。
- ひび割れ幅については、これを補足するものではないので、近接目視点検時に、覆工上に記載されているものとする。

[写真・イメージ]



点群取得イメージ

使用する機器 (MMS)



効率化のイメージ

問い合わせ先： 株式会社アスコ イノベーション室 楠本 Tel:06-6282-0310 Mail: h-kusumoto@asco-ce.co.jp

4

デジカメ画像と赤外線熱画像を用いた画像診断システム「HIVIDAS(ヒビダス)」

～ 近接目視支援ができる技術の現場検証 ～

応募者：清水建設株式会社

共同開発者：株式会社保全工学研究所、倉敷紡績株式会社

[概要]

本技術は、デジタルカメラによる可視画像と赤外線カメラによる熱画像を同時に連続して撮影し、画像処理ソフトにより重ね合わせたハイブリッド画像を接合して、ひび割れや浮き等の変状を効率的に抽出・図化するシステムである。装置は、移動式架台に、デジタルカメラと赤外線カメラ等を搭載したものでコンパクトであり、人力で運搬・組立・撮影ができる。

[特徴]

- 点検箇所全体の**可視画像**および**赤外線熱画像**を効率的に撮影し、**それらの画像から変状を抽出・図化**する方法により**点検の支援**ができる。
- トンネル**覆工表面を地上から撮影する方式**のため近接目視の**規制時間が短縮され交通阻害をより小さく**ことができ、また、**トンネル利用者、点検作業員の安全が確保**される。
- ひび割れは、可視画像から**幅0.2mm以上**が検出でき、**幅と長さを自動的にトレース**できるため、ひび割れの**判定に必要な情報を得る**ことができる。
- トンネル**変状の把握、評価は、画像解析による**ため、点検員の個人差が無く**ばらつきが減少**する。
- 展開画像から**変状部の検出と変状部の画像を出力**できるため、記録や整理に掛かる**費用や手間が削減**できる。

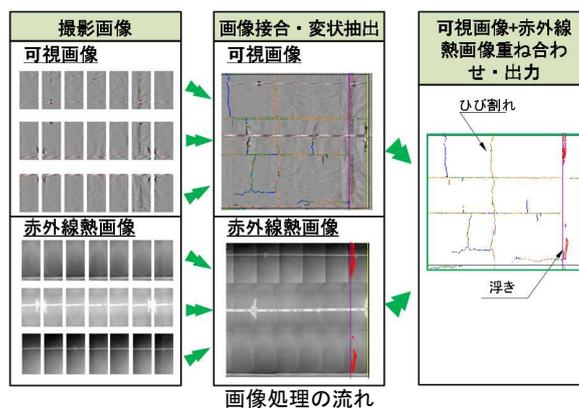
[写真・イメージ]



撮影装置の全景



撮影装置機材



画像処理の流れ

問い合わせ先： 清水建設株式会社土木技術本部基盤技術部 久保 昌史 Tel:03-3561-3915 Mail:kubo.m@shimz.co.jp

5

ポール型打音検査機

～ポール型打音機を利用した打音点検の実用技術検証～

【概要】

手の届かない高さの打音点検箇所を足場なしでポール型打音検査機を利用して打音点検をするシステムである。

点検員が打音点検すべき箇所を判断し、その箇所にポール型打音検査機のセンサヘッド部を押し当て、打音手点検を実施。打音した際の清音・濁音の判断が可能な音声データを点検員に伝送する。

試験体をポール型打音検査機で打音し打音異常マップを作成した。人手による打音点検と同等の点検ができることを確認した。

【特徴】

- 6mまでの高さの打音点検を足場を利用せずに実施可能。
- センサヘッド部が打音した際の音声データを清音・濁音の判断ができる品質で点検員に伝送し聴音させる。
- センサヘッド部に搭載したカメラで変状箇所を記録可能。



応募者：日本電気(株)

共同開発者：自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター

【写真・イメージ】



問い合わせ先：日本電気株式会社 電波・誘導事業部 誘導・観測システム部 Tel:042(333)1148 Mail: window@geo.fc.nec.co.jp

6

トンネル覆エレーザー・赤外線画像計測システム

～トンネル覆工表面計測の現場検証～

【概要】

本技術は、2つの画像計測技術を組み合わせ、トンネル覆工点検の効率化・高速化を図る。画像計測は両技術とも時速40～60kmで交通規制なしで実施可能なものを目指す。

①レーザー・スキャニング方式により覆工表面のひび割れ等の目視調査で確認可能な変状について画像記録を行うもので、開発済みである。

②赤外線サーモグラフィ技術により覆工表面の温度画像を撮影し、自然状態で生じる温度差から覆工コンクリートの剥離箇所を抽出しようとするもので開発中の技術である。

【特徴】

レーザー計測（開発済み）

- 60km/hで走行しながら覆工表面画像が取得できる。
- 計測に当たっては、通行規制の必要が無い。
- フライングスポット法あるいは同軸法での画像取得が選択可能。
- 画像の読み取り精度は画像取得時の条件によるが、最小0.2mm幅程度のひび割れまで抽出できる。

熱赤外線画像計測（開発中）

- 20km/hで走行しながら熱赤外線画像が取得できる。
- 熱赤外線画像から、浅い深度のはく離や空隙が抽出できる。
- 外部から温度変化を与えることによって、はく離・空隙の抽出精度向上を目指す。

【前回からの改良点】

- レーザー光の反射光検出センサアンプの感度を非線形式に改良し、画像の白飛びを抑制することによりひび割れ抽出精度向上を図った。
- 覆工に水ミストを噴霧することによって温度変化を与え、はく離・空隙の抽出精度向上を図った。

問い合わせ先：日本工営株式会社 アセットマネジメント技術部（担当：中村） Tel:03-3238-8110 Mail:a2461@n-koei.co.jp

7

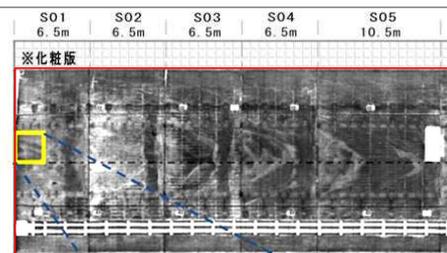
応募者：日本工営株式会社

共同開発者：株式会社トノックス・株式会社ウォールナット

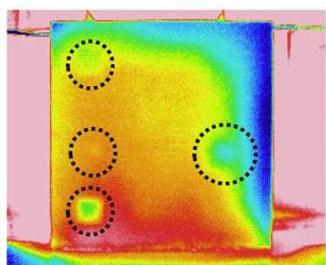
【写真・イメージ】



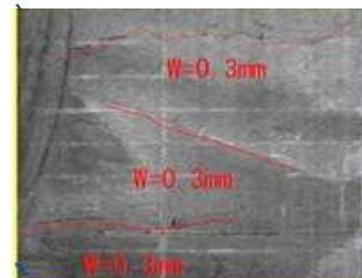
レーザー計測車（TC2）



覆工表面画像例（レーザー・スキャニング）



模擬供試体熱赤外線画像（空洞抽出例）



ひび割れの抽出例

走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)

トンネルにおいて、覆工、坑門等に発生した変状の全て、または一部に対して、近接目視の支援ができる技術・システムの現場検証

応募者：パシフィックコンサルタンツ株式会社
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

【概要】

トンネル覆工壁面の連続画像撮影システム、高精度三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。この技術を従来点検に併用支援することにより、トンネル点検を行うもので、交通規制が不要となるため安全性、効率性、省力化、省コスト化が図れる。

【特徴-1:基本要件に関する特性】

- ①画像、レーザー、レーザー計測システムを搭載した走行型計測車両により、変状を事前に抽出し、**近接目視や打音検査を支援**することができる。**正確な位置情報を得ることにより、変状展開図作成等の支援**ができる。
- ②走行計測による変状情報に加え、計測不能箇所やうき懸念箇所を**近接目視、打音検査時に確認**することにより、総合情報を得ることができる。
- ③時速50～70km/h程度で計測でき、**走行型計測時の交通規制が不要**。
- ④客観的な変状情報を事前取得することで、点検者によるバラツキを低減できる。変状展開図を作成し近接目視を行うことから、**点検時間を短縮し、点検全工程としての効率化を図**ることができる。要注意箇所の抽出により、近接目視、打音検査にかかる作業員を低減することができ、**トータル点検コストは従来の点検と同等程度**である(延長が長いほどコスト減)。
- ⑤対面交通では半断面計測により対向車への影響がなく、指向性の強いLED照明の使用により自歩道の利用者に対しても影響はない。レーザーは安全規格に合格した機器を使用しており安全性に対する問題はない。

【前回からの改良点】

- ①運用マニュアルの改訂
現場環境、壁面、ひび割れに応じたカメラ設定(分解能、SS、照明配置)
ひび割れ開口幅温度変化考慮(±0.2mm程度)、ひび割れ抽出法の変更
- ②画像貼合ソフト、ひび割れ自動検出ソフトの開発

問い合わせ先：パシフィックコンサルタンツ株式会社 トンネル部 Tel:03-6777-4736 Mail:tn-mimm@ss.pacific.co.jp

【写真・イメージ】

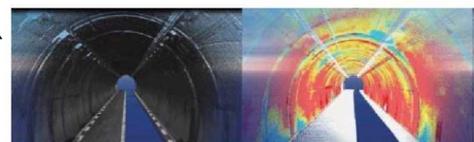


MIMM-R車両概要



高速走行非接触レーザーイメージ

レーザー計測結果イメージ (点群、変状モード解析)



レーザー計測結果による点群データ(左)と変形モードコンター図(右)。赤色は内空側への変形を示している。

画像計測結果イメージ (3D展開画像、損傷図)



連続画像の貼り合わせ状況(左)と損傷マップ(右)覆工表面の変状を客観的に評価でき、進行性の把握に寄与できる。

8

高精度トンネル覆工計測装置

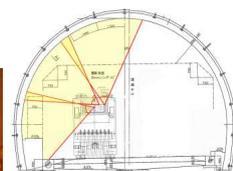
～ トンネル覆工表面状態および精密形状計測システムの現場検証 ～ 応募者：西日本高速道路エンジニアリング四国(株)

カラーラインセンサーカメラ 3台

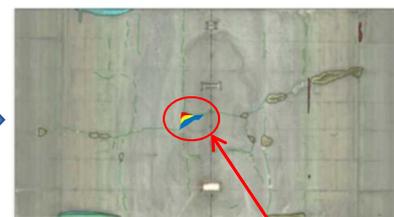
【概要】

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。

可視画像撮影状況



ひび割れ評価、損傷箇所抽出



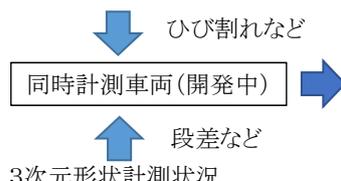
剥落危険箇所

【特徴】

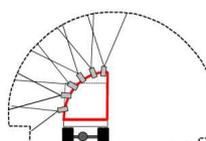
- カラーラインセンサーカメラにより**高精細な可視画像**を撮影する。この画像を用いてより**定量的なひび割れ評価**が可能。
- 光切断法を用いた、**高精度の3次元形状計測**を行い、可視画像では把握できない覆工コンクリートの剥離の前兆であるコンクリート表面の段差を把握し、**剥落危険箇所を自動的に抽出**する。
- 上記の可視画像によるひび割れの進展と、段差の増加を定期的に取得することにより、**トンネルの劣化の進行を定量的に評価**することが可能となる。

【前回からの改良点】

- 可視画像と形状の同時計測が可能となった。
- 局所的な損傷箇所の可視化技術の開発



3次元形状計測カメラ 6台



トンネル覆工コンクリート調査システム

～電磁波レーダ及びレーザーによる覆工コンクリート変状調査の現場検証～

応募者：三井造船株式会社

共同開発者：株式会社トノックス

[概要]

打音検査での検知が困難であった変状（空洞やジャンカなど）がマルチパスレーダ（MP L Aレーダ）により3次元で映像化できるシステム。専用の支持装置を車両に搭載し、走行しながら連続計測が可能である。（最大速度3.5km/h）

また、計測データは表面撮影車（㈱トノックス製）で得た展開図データと統合が可能で、表面と内部状況を同時に把握することで総合的な判定・管理が可能である。

[特徴]

- ▶ トンネル覆工内部調査（レーダ調査）
 - ・3次元映像化レーダ（MPLA）搭載、実際の状況に近いイメージで画像化
 - ・走行しながら計測幅1mの連続計測が可能（最大3.5km/h）
- ▶ トンネル覆工表面撮影（レーザー調査）
 - ・交通規制不要（最大60km/h）
 - ・計測速度高速化、計測機器調整自動化により現場での作業時間短縮
 - ・連続画像記録によりカメラ方式に比べ画像処理時間の短縮が可能
- ▶ データの統合
 - ・表面撮影データ（展開図）に覆工内部データの情報が表示可能。
 - ・表面と内部を組み合わせた確認による統合管理が可能となる。

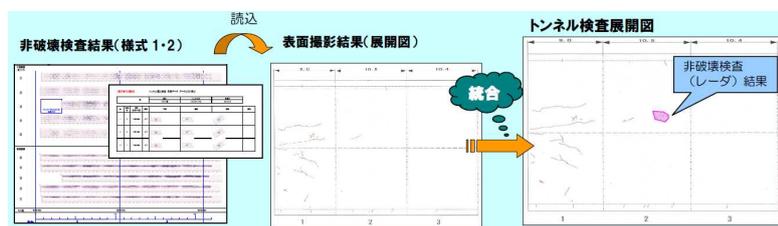
[写真・イメージ]



トンネル覆工内部調査
（レーダ計測）



トンネル覆工表面調査
（レーザー計測）



データの統合管理例

[前回からの改良点]

現場での統合データ出力（簡易解析）／飛散物防止ネット設置（レーダ）／レーダ装置高分解能化

問い合わせ先：三井造船株式会社 社会インフラ総括部 森島

Tel: 03-3544-3221

Mail: morishih@mes.co.jp

10

インフラ点検システム

～点検現場から事務所までの一連に係る業務を総合的に支援するシステム～

応募者：沖電気工業株式会社

共同開発者：大日本コンサルタント株式会社

[概要]

インフラ点検システムは、音響解析技術による打音検診から、打音の後工程である変状状況の把握（野帳記録、写真撮影）、報告書作成に至るまで、総合的に支援することが可能です。

現場での端末入力は、変状展開図を中心に変状記録、スケッチ、写真が関連付けられ、後工程の煩雑な事務所作業を効率化します。

[特徴]

- ▶ 打音検診の自動化により、トンネル壁面のうき、空洞の変状異常を判別でき、点検様式の作成または支援が可能です。
- ▶ 変状状況の記録が関連付けられ、健全性を判定するのに必要な情報が即座に検索可能です。
- ▶ 機械的に一定の打撃力で打音を行うことにより、作業者の熟練度によるバラツキ（打音強さや打音角度）を低減でき、かつ、確実な判定が可能となります。

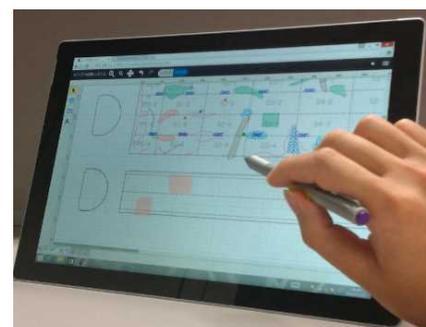
[前回からの改良点]

- ▶ 音響解析の精度向上
- ▶ 打音機構の見直し、操作性の向上
- ▶ 点検様式や変状展開図の作成など、事務所作業が効率化

[参考写真]



打音検診システム



点検記録端末、変状記録端末

問い合わせ先：沖電気工業株式会社 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 事業開拓チーム
佐々木 武志 Tel: 03-3454-2111 Mail: sasaki802@oki.com

11

ハンディひび割れ検出装置

～誤検出が少ないひび割れ検出装置の現場検証～

応募者：東急建設株式会社
共同開発者：株式会社小川優機製作所

[概要]

撮影画像からひび割れを検出する従来方法では、汚れ等による誤検出という課題がありました。

本装置をコンクリート表面に手で押し当て移動(スキャン)させるとカラー画像と距離データが得られ、これらを併用したひび割れ検出方法により誤検出を減らします。

また、ひび割れ形状(幅、長さ、位置)が正確に得られるため、データ整理と変状展開図作成を省力化し、点検作業を支援します。

[特徴]

- カラー画像と距離データを用いてひび割れを検出するため、汚れ等による誤検出が少ない
- 分解能が高く(最高0.1mm)、外光の影響を受けにくい
- ひび割れ形状(幅、長さ、位置)が正確に得られる(ソフトウェア開発中)ため、データ整理と点検表作成の省力化が可能
- 距離データが得られるため段差等の変状が把握できる
- ハンディな装置のため従来の調査にも取り入れ易い

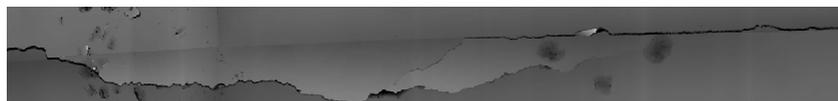
[写真・イメージ]



使用状況



カラー画像



距離データ

問い合わせ先： 東急建設 技術研究所 メカログループ 上野 隆雄 Tel: 042-763-9533 Mail: ueno.takao@tokyu-cnst.co.jp

12

打音点検用飛行ロボットシステム

～飛行ロボットを活用した打音点検の要素技術検証～

応募者：日本電気(株)

共同開発者：自律制御システム研究所、産業技術総合研究所、首都高速道路技術センター

[概要]

足場を必要とする高所の点検箇所の打音点検支援をするシステムであり、ロボット操作員と点検員、安全確認員の3人により運用する。

[特徴] ※開発中

- 6m以上の高さの打音点検を、高所作業車といった足場を利用せずに飛行ロボットを利用して打音点検をする。
- 打音点検箇所を探索するため、壁面に沿って一定の距離をあけて自律的な飛行制御をしつつ、画像データを収集する。
- 打音点検箇所に自律的な飛行制御で壁面へ打検機を押し当て、ロボット操作員の操作を容易にする。

[昨年度からの改善点]

- 打音点検箇所の探索のための壁面に沿わせた飛行を、トータルステーションのロボット位置情報に基づき制御、ロボット操作員のコントローラ操作を容易化。
- 打検機を搭載した飛行ロボットの開発と、打検機を壁面に水平方向に押し当てる飛行制御の実現。

[今後の開発課題]

- 打音可能箇所の拡大と確実な押し当て。
- ロータなどのノイズの除去により、清音・濁音が判別可能な品質の打音を点検員が聴音可能にする。

[写真・イメージ]

ロボット操作員と点検員

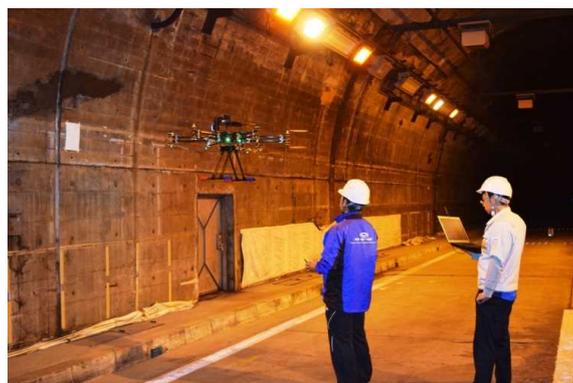


電源データ

打音点検用飛行ロボット



打音点検用飛行ロボットを使ったトンネル点検



問い合わせ先： 日本電気株式会社 電波・誘導事業部 誘導・観測システム部 Tel: 042(333)1148 Mail: window@geo.fc.nec.co.jp

13