

「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

～ 橋梁点検ロボット技術の現場検証 ～

応募者： ジビル調査設計株式会社
共同開発者： 有限会社インテス・福井大学

【概要】

本技術は、橋梁点検における肉眼での近接目視点検の支援・補完技術である。本システムは、橋面上に幅0.95m長さ2.7mのコンパクトな作業車を歩道又は、路肩の一部に設置し、点検用のアームを橋梁桁下に挿入させそのアームに搭載したハイビジョンビデオカメラを用いて桁下面を近接撮影し、橋面上のモニターでライブ映像及び、画像(動画・静止画)を取得し点検を行うシステムである。

【特徴】

- 高精密なライブ画像を確認しながら正確な点検作業が可能。
ハイビジョンビデオカメラによる点検部位の近接撮影で細かく損傷の点検が可能。(例:幅0.1mmのひび割れ)
システム操作及び、点検作業を橋面上の操作台車より実施する事で、安全で落ち着いた環境での点検作業が可能
点検結果は動画・静止画で取得が可能。点検結果の再検証や点検漏れ・誤判定の防止などに効果的。
損傷形状の測定機能として、スケール宛がい法・レーザーポインター照射法・2D写真計測法・3D写真計測法が可能。
打診専用台車を用いて、打診調査が可能。また、赤外線サーモグラフィを搭載し温度検査による浮き部の抽出可能。

【写真・イメージ】



カメラシステム仕様
Table with 3 columns: 操作台車, カメラ関係, アーム関係.
Rows include: 自走式ゴムクローラー台車, 車両幅 0.95m, 車両長さ 2.70m, カメラ関係 (ハイビジョンビデオカメラ, 記録画素数 2,000万画素, 光学12倍ズーム), アーム関係 (水平アーム長 7.2m, 鉛直ロッド長 9.2m).

問い合わせ先 : ジビル調査設計株式会社 担当 南出 Tel: 0776-23-7155 Mail: minamide@zivil.co.jp

「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

橋梁点検カメラシステムによる点検作業状況

橋梁点検カメラシステムによる損傷形状測定方法

システム搬入・カメラ挿入
コンパクトな操作ユニットで、橋梁点検車が利用出来ない幅員の狭い橋梁や歩道内での点検作業が可能
近接撮影による点検方法
安全な橋面上から点検員(診断員)の指示のもと、オペレーターが行う遠隔操作であらゆる部位の点検を実現
現場における点検結果整理
リアルタイムなデータ取得(静止画・動画)により、現地で正確性の高い点検記録が可能

レーザーポインター照射法
対象損傷 面的な損傷の形状測定・概査
調査方法 直径20cmの円形に配置したレーザーポインターを損傷箇所に照射し、損傷と対比させて形状を測定する方法
2D写真測定法
対象損傷 面的な損傷の測定
調査方法 現地で撮影した写真を画像処理して損傷形状を測定する方法
3D写真測定法
対象損傷 面的な損傷の測定
調査方法 複数の写真より三次元測定を行う方法

「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

橋梁点検カメラシステム「視る・診る」使用事例



橋梁自動点検用ロボットシステム

～橋梁点検の近接目視点検の支援ができるシステム～

応募者：株式会社ミライト

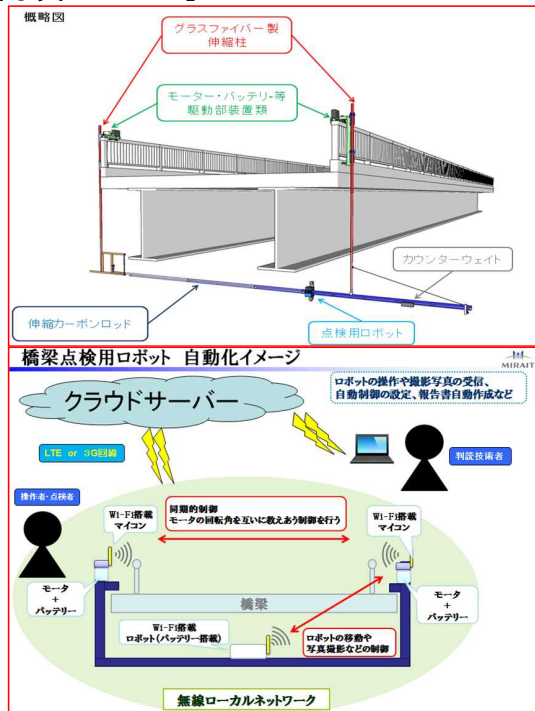
【概要】

全幅が10m程度の小規模橋梁を対象とし近接目視点検の支援を行う。
軽量のカーボン製ロケット上をカメラを搭載したロボットが移動し撮影した画像データをクラウドサーバーに送信・保存する。

【特徴】

- ・軽量で、**最小2名**で設置・撤収を含めた点検作業が可能。
- ・歩道もしくは路側帯の一部、最小のスペースで点検可能。
- ・橋上では高欄の一部のみを利用する為**規制は設置時撤収時のみかつ路側帯の一部のみ**となる。
- ・バッテリーを搭載、Wi-Fiと各種センサーを活用した自律制御が可能であり**自動で点検**ができる。
- ・クラウドサーバーにデータを送信・保存する為遠隔地で判読が可能で、高度な技術者が遠方にいても点検可能。
- ・足場等の大規模長期間の仮設が不要となる。

【写真・イメージ】



ワイヤー移動式汎用橋梁点検ロボット「ARANEUS」による目視点検支援システム

～ 橋梁目視点検支援システムの現場検証

【概要】

近年、橋梁の長寿命化のために点検・検査業務の効率化・省力化・経済性向上に貢献できる点検ロボットの開発が期待されている。橋梁の下には、河川だけではなく車道が存在しており、第三者被害を防止するためにも、ロボットの「落下」は許されない。そこで、本研究では、ワイヤー移動式の橋梁点検ロボットを提案する。本方式を適用することで大きなペイロードを確保し、高精度なセンサ・カメラを搭載することを可能にしている。

既に、平成27年9月12日に青森県八戸市の新井田橋において運用試験を実施し、本システムの有効性を確認している。

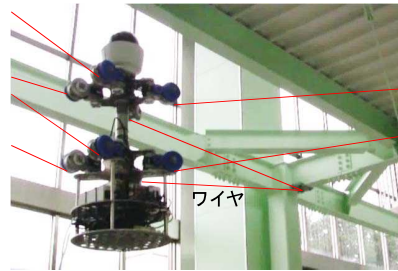
【特徴】

- 最低人数2名程度で検査業務の実施が可能
- 大ペイロードを活かし重いセンサ・カメラ(高精度)を搭載可能
- 8本のワイヤで橋梁に固定しているため、電源を喪失しても落下せず、フェイルセーフを確保
- ロボットアームを取り付けることによって打音・洗浄・簡易修繕等多様な検査業務に展開可能

～ 応募者：八戸工業大学

共同開発者：株式会社TTES, 株式会社長大

【写真・イメージ】



点検状況



7m程度離れた場所からの撮影画像



ARANEUS

問い合わせ先：八戸工業大学 社会連携学術推進室 Tel:0178-25-3111(代表)

Mail: kohno@hi-tech.ac.jp

橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

～ 2名が普通車で現場に行き、少ない通行規制の下、容易に橋梁下面を診る技術の現場検証 ～

【概要】

床版下面(総幅員約13m以下)を対象に、複数台の各カメラのリアルタイム映像を確認しながら静止画像を同時取得し、点検支援を効率的に実行する。

最長12mの両端ヒンジ棒部材を高欄部より吊上げ、棒部材に固定した最大7台のカメラを用いて、橋軸直角方向のすべての床版下面を橋上のタブレットから点検・撮影・保存する。カメラのズーム、パンチルト操作、撮影はカメラ毎でも同時一括でも可能。

技術者が最低2名で普通乗用車に当該装置一式を積んで現場に向かうことで点検可能となる。

【特徴】

- **装置一式を普通車に積み込み可能**(棒部材は2mごとに分解)
- **2名の技術者ですべての作業が可能**(運搬・設置・点検・撤収)
- 棒部材は50cm刻みで長さ調整可能(あらゆる幅員に対応)
- 各カメラ位置は固定により、写真撮影位置は明確。タブレット内での保存フォルダの仕分けにより**点検調査への取込み等も容易**
- 床版下面の**任意部位での近接目視支援(ズーム撮影)も可能**
- **仕組が単純で不具合が少なく、取扱い・メンテナンスも容易**

～ 応募者：小出英夫(東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科 教授)

共同開発者：鳥海廣史(O・T・テクノロジー株式会社 代表取締役社長)

藤田豊己(東北工業大学工学部知能エレクトロニクス学科 教授)

山田真幸(東北工業大学 工学部 都市マネジメント学科 准教授)

【写真・イメージ】



問い合わせ先：東北工業大学工学部都市マネジメント学科 小出英夫 Tel: 022-305-3506

Mail: koide@tohtech.ac.jp

橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

- 2

《説明》

- * 棒部材の断面形状は約4cm四方の矩形中空断面に近く、アルミ製。
長さ2mが6本(最長12m)を基本とし、長さ50cm刻みの調整用に、長さ1.5m、1m、0.5mが各1本ずつ。
長さ50cm刻みにすることで、当該点検装置は総幅員に対して高欄側片側最大25cm以内の過不足になる。
この過不足により、当該装置を高欄より垂直方向に吊り上げることができなくなるが、(高欄高さ+桁高)等に比して25cmは小さく、棒部材に過大の圧縮・引張力は作用しない。(片側50cmの過不足でも、実際には問題なし)
- * 各棒部材は、断面中空部分に挿入する接続部品(アルミ製)を、装置下面(地表面側)のみをボルトで固定することでそれぞれ簡単に接続。
各接続部品は予め曲げられており(写真右参照)、棒部材を吊り上げた際、点検装置の両端(棒部材両端ヒンジ部)に対する相対的なたわみは小さい。
- * 本装置は複雑な機構を有しておらず、不具合そのものが発生しにくい。また、長さ2mの各棒部材や各接続部品はそれぞれすべて同一仕様であるため、一部に不具合があった場合でも交換対応が容易で経済的。
- * 棒部材両端はヒンジ構造としているため、吊上げ(下げ)はロープで可能であり、吊上げる高欄部では、ロープによる引張力のみが作用。
- * 棒部材には、約1kgのカメラを1m間隔で設置しても大丈夫。
- * 各カメラは橋上のLAN用HUBとLANケーブルで結ばれており、電力供給もLANケーブルを利用。
橋下のカメラへの各種指示(ズーム、パン・チルト、撮影)や、リアルタイム映像、静止画像のデータは、橋上の技術者のタブレットと橋上のWi-Fiルーター間は無線であるものの、橋上のWi-Fiルーターと各カメラは電力供給を伴う有線にて接続されており非常に安定した使用が可能。カメラの電力消耗の心配も無用。



棒部材の接続部分の曲がり

橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」

- 3

《説明》

- * 吊上げる質量は、棒部材の長さや設置カメラ台数によって異なるものの、概ね15kg~30kg。
人力のみでロープを引張り上げることでの設置も可能であるが、片側で最大15kgあること、橋軸方向への点検位置移動に伴う装置移動を考慮し、ウインチで引き上げ、ローラー機能を利用して高欄上を橋軸方向に移動可能な装置の利用も可能。
- * 各カメラ位置は棒部材上で固定(通常は主桁直下以外の位置)なため、棒部材自体を主桁に接触する位置まで近づけることが可能。接触により、棒部材の振動を抑制することも可能。
接触等の様子は、点検用カメラとは別途設置する「状況確認用カメラ」(棒部材、点検用カメラ等の橋下の装置全体を常時撮影)にて、リアルタイムで橋上のタブレットで確認可能。
- * 点検時の橋上での主な設置物は以下である。
 - ・LANケーブル: 各カメラから1本ずつがLAN用HUBに接続
 - ・LAN用HUB: 各カメラ、Wi-FiルーターにLANケーブルで接続。各カメラにLANケーブルで電力供給。
 - ・Wi-Fiルーター: タブレットとの間でWi-Fi接続。
 - ・小型電源装置: LAN用HUBとWi-Fiルーターに電力供給。
- * タブレットからは、カメラの操作(ズーム、パン、チルト、静止画撮影)が、個々のカメラごとに対しても、全カメラに一括同時でも、どちらでも指示可能。
タブレット画面上には2台のカメラのリアルタイム画像が表示。表示するカメラはスクロールで切り替え可能。

(参考) 装置等開発に関わるこれまでの外部資金等 支援

H24~H27 復興大学事業 技術課題支援対象プロジェクト (代表者 小出英夫)

H25 公益財団法人みやぎ産業振興機構 プロジェクト創出研究会助成事業助成金交付 (申請者 O・T・テクノロジー㈱)

H26 公益財団法人みやぎ産業振興機構 宮城・仙台富県チャレンジ応援基金事業助成金交付(産学連携型育成支援事業)

(申請者 O・T・テクノロジー㈱)

H27 一般社団法人東北地域づくり協会 技術開発支援金 (主に装置開発) (申請代表者 小出英夫)

H27(申請中) 公益財団法人みやぎ産業振興機構 宮城・仙台富県チャレンジ応援基金事業助成金交付(産学連携型育成支援事業)

(主にカメラシステムソフト開発) (申請者 O・T・テクノロジー㈱)

橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

～ 橋梁損傷の定量把握技術の現場検証 ～

【概要】

橋桁の下面や支承部など近接目視が困難な箇所に対して、ポールユニットを用いて視準可能な高さにカメラを据付け、点検、測定、映像記録採取を行う装置です。

カメラは、タブレット端末から無線通信により遠隔操作します。

ポールユニットは、懸垂型と高所型があり、懸垂型は、高欄にポールユニット基部を設置して、下方(最大4.5m)に伸ばすことができます。高所型は地上に架台を設置して、上方(最大10.5m)にカメラを伸ばすことができます。

【特徴】

- 橋面から点検調査が可能、作業中の転落事故などの危険性を低減
- 点検時の交通規制を低減
- 光学倍率30倍、映像補正(コントラスト補正、霧除去)、手振れ補正により「見る」を強力にサポート
- ポールユニットは伸縮自在で容易に設置
- 指で操作するだけの簡単操作端末
- 動画を撮影しながら静止画撮影

【前回からの改良点】

- 懸垂型に橋軸直角方向水平ポールを増設
- 懸垂型を高欄上で滑らず構造にした。
- 広範囲を撮影したときの画像のつなぎ合わせ機能
- 画面上のL型スケールの表示。

問い合わせ先：三井住友建設(株)土木リニューアル推進室

Tel: 03-4582-3053

Mail: dobokutoiawase@smcon.co.jp

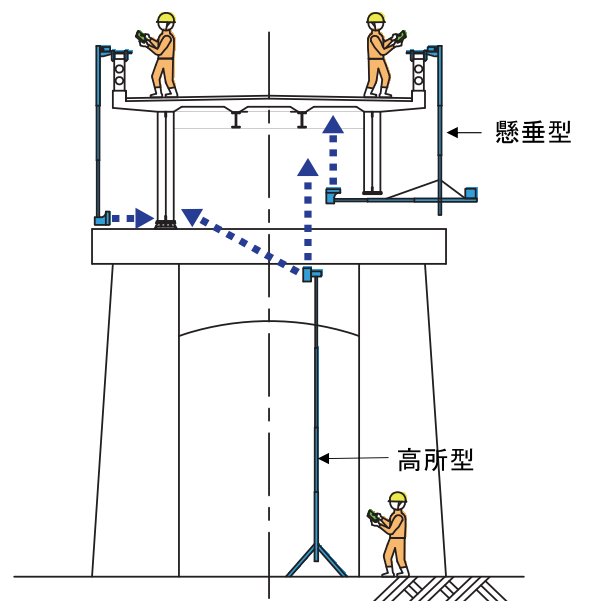
応募者：三井住友建設株式会社

共同開発者：株式会社 日立産業制御ソリューションズ



橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

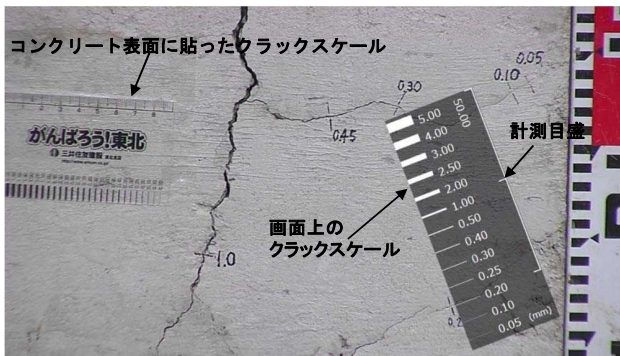
タブレット端末からカメラを遠隔操作



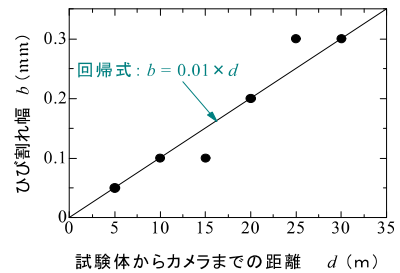
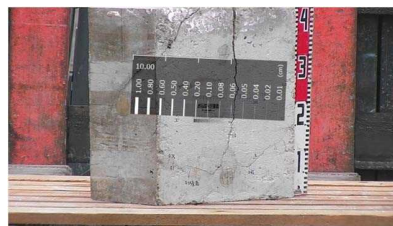
点検ロボットカメラを使用した点検状況

橋梁等構造物の点検ロボットカメラ

カメラから対象物までの距離を、カメラに搭載しているLRF(Laser Range Finder)により計測し、そのデータを基に対象物表面での寸法を認識し、操作端末画面にクラックスケールおよび計測目盛を表示します。これにより、ひび割れ幅や損傷の大きさの測定が行えます。



操作端末画面に表示されたクラックスケールおよび計測目盛



対象までの距離と視認可能なひび割れ幅の関係

カメラ視準方向に対象物表面が垂直でない場合にも対応するため、対称面の角度をLRFにより測定し、その角度に応じてクラックスケール表示を自動調整します。

音カメラ搭載橋梁点検用ロボットを活用した床版の浮き・剥離の検出

～ 指向性音カメラ搭載ロボットの現場検証 ～

[概要]

点検業務が困難な箇所については遠望目視となるため、高精度な点検を実施することが難しいなどの課題があった。

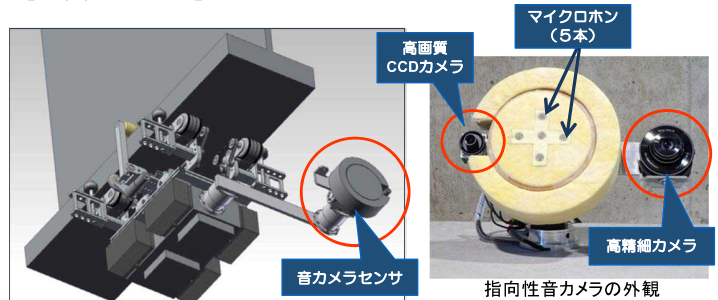
本研究開発では、音の発生箇所をビジュアル化する音カメラ装置と磁気式移動ロボットを組み合わせた点検ロボットを開発し、目視点検では把握困難な橋梁の異音を、環境の影響を受けない効率的な検知システムの開発を目指している。

[特徴]

- 点検ロボットに搭載する音カメラに指向性機能を持たせ、橋梁背面の反射音を低減
- 指向性音カメラの高画質な動画ならびに音声データを同時に伝送可能
- コンクリート部材等を加振し、音響特性の相違から非健全部と健全部を診断
- 音カメラ画像と独立した高精細画像記録機能を付加し、静止状態で対象部位のひび割れ等を検出
- 点検者が、橋梁点検箇所から離れた位置で安全確実にリアルタイムな診断が可能

応募者: 株式会社 熊谷組
共同開発者: (株)移動ロボット研究所・(株)応用技術試験所
東京エレクトロデバイス(株)・名古屋大学

[写真・イメージ]



指向性音カメラ搭載移動ロボットの外観イメージ



名古屋大実験施設 (N2U-BRIDGE) での走行実験と指向性音カメラによる計測結果

赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

～ 赤外線調査支援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式会社

[概要]

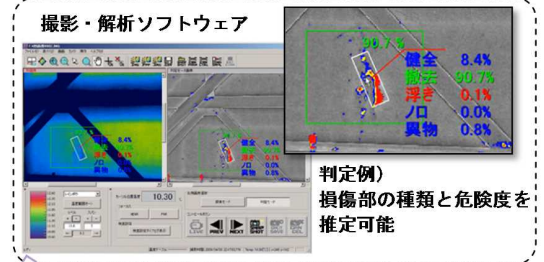
橋梁等のコンクリート構造物において、鉄筋腐食に伴い発生するはく離や浮き(コンクリート内部のはく離ひび割れ)を、遠望非接触にて赤外線法により検出する技術である。

鉄筋の腐食に伴い発生するコンクリート表面に平行な鉄筋に沿ったはく離ひび割れや、それに連続する斜め方向に進展して表面に達するひび割れを検出できる技術である。

[特徴]

- ▶ 遠望非接触にて、はく離、浮きなどの**コンクリート内部の損傷を検出**。
- ▶ 高精度赤外線カメラを用いることにより、既存技術と比較して、**調査精度、調査効率が向上**。
- ▶ 熱環境測定装置EM(S)を用いることにより、**安定した調査品質を確保**。
- ▶ リアルタイムで熱画像の画像解析を行うことにより、**損傷状態と危険度を定量的に推定可能。判定の個人差を排除し、損傷部の見逃しを防止**。
- ▶ 損傷程度の3段階分類により、**打音点検による確認箇所を絞り込む**。

Jシステムにおける調査

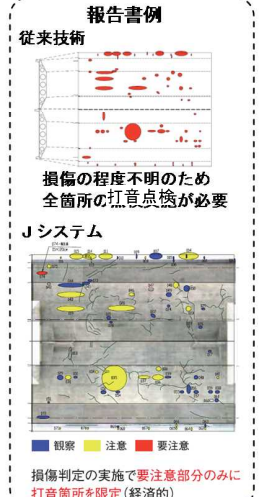
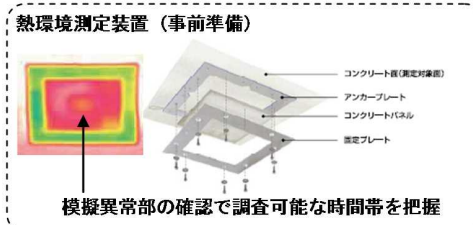


高性能カメラ採用による
精度向上

リアルタイム
判定による調査支援

損傷程度を3段階に判定可能。
損傷のひどい箇所を重点的に
点検することで**効率向上**

調査環境定量評価による**品質保証**



問い合わせ先：西日本高速道路エンジニアリング四国(株) 土木技術課 林 Tel:087-834-2419 Mail:shogo.hayashi@w-e-shikoku.co.jp

赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

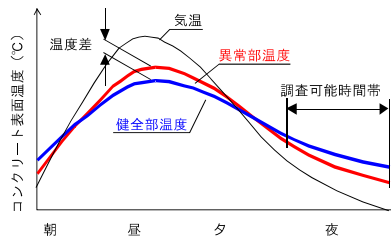
- 2

[熱環境測定装置 EM(S)]

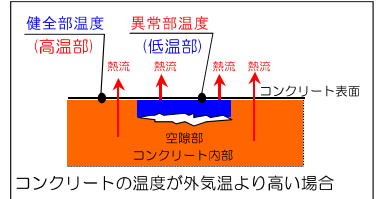
赤外線調査は、外気温の変化や日射の影響などにより構造物のコンクリート表面温度と外気温に温度差が発生した場合のみ調査が可能となる。

本技術ではEM(S)により、調査環境が適した状態であるか、調査前に確認して実施している。

調査可能時間帯の一例

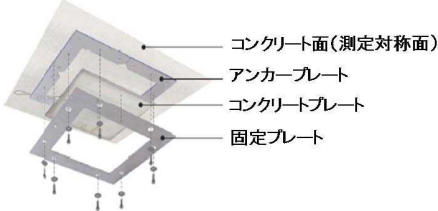


調査可能時間帯(夜間)

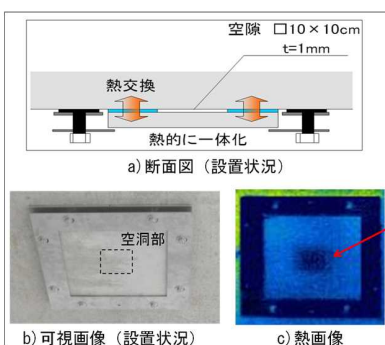


異常部が周辺より低温となるため検出可能となる。

熱環境測定装置 EM(S)の構造

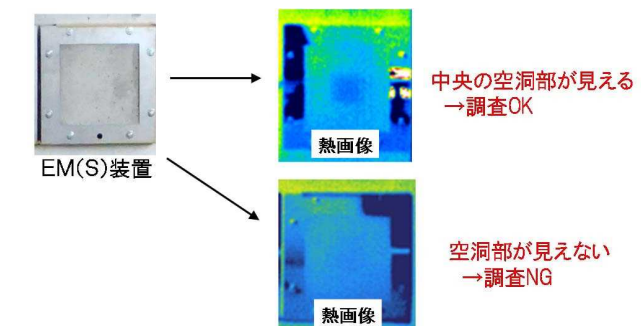


EM(S)による熱環境把握メカニズム



異常部の見え方で熱環境がわかる

EM(S)による調査前の判断例



赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

[高性能赤外線カメラの導入]

市場には様々な赤外線カメラがあるが、価格、性能とも多種多様である。従来の赤外線調査では、非冷却汎用型(素子: μ ボロメーター)カメラを用いるのが一般的であったが、冷却型高性能カメラを導入することで、精度と効率が大幅に向上している。

- ▶ 感度が高く、ノイズが少ないため損傷の検出精度に優れる。
- ▶ 環境の熱反射の影響を受けづらく誤検出を低減。
- ▶ 感度が高いので、赤外線調査を行える時間が長い。

カメラによる天空反射の影響の違い

橋脚側面の測定 測定距離 約10m 同一アングルで撮影

可視画像	非冷却汎用カメラ(A)	冷却型高性能カメラ(B)	冷却型高性能カメラ(C)
検出波長域	長波長域8~14 μ m	中波長域8~9 μ m	短波長域3~5 μ m
温度差(A-B)	約2 $^{\circ}$ C	約1 $^{\circ}$ C	約0.2 $^{\circ}$ C

短波長の冷却型高性能カメラは、天空の反射(環境の熱反射)の影響を受けない。非冷却汎用型カメラは、波長域が長波長のため、反射の影響が大きい。

カメラによる損傷検出精度の違い

最小検知温度(NETD)の違いによる熱画像
(日較差=10 $^{\circ}$ C:24時撮影)

	熱画像
非冷却汎用カメラ 最小検知温度(NETD): 0.05 $^{\circ}$ C 素子: μ -ボロメーター 640×480(30.7万画素)	
冷却型高性能カメラ 最小検知温度(NETD): 0.025 $^{\circ}$ C 素子:QWIP,InSb 640×512(33万画素)	

非冷却汎用カメラは、ノイズが多く、かぶり4cmの損傷を検出できない。

カメラによる調査可能時間および調査可能日数の違い

撮影可能なCo表面温度の比較

日較差の定義

カメラ性能	日較差 7 $^{\circ}$ C	日較差 10 $^{\circ}$ C
冷却型高性能カメラ 検出可能温度差0.1 $^{\circ}$ C以上	4.3時間	9.6時間
非冷却汎用カメラ 検出可能温度差0.2 $^{\circ}$ C以上	0.0時間	4.0時間
瀬戸内気候での出現日数(高松)	250日/年(70%)	105日/年(29%)

短波長の冷却型高性能カメラは、感度が高いため、小さい温度変化を検出可能。よって、環境条件が多少悪くとも調査が出来るので、調査可能時間が長く調査日数も多い。

赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム

[熱画像解析支援ソフト Jモニター、Jソフト]

従来の赤外線調査では、調査員の経験を頼りに熱画像だけを見て損傷箇所の検出を行っていた。熱画像解析支援ソフト Jモニター、Jソフトでは、リアルタイムに熱画像を解析することにより、損傷を強調表示し、損傷程度や損傷分類を自動推定する。これにより、従来技術で問題となっていた調査員の熟練度による損傷箇所の見逃しや、判定における個人差の発生を防いでいる。また損傷程度を3段階分類するので、打音点検箇所を大幅に絞り込み、点検全体の効率が向上する。

従来の赤外線調査結果との比較

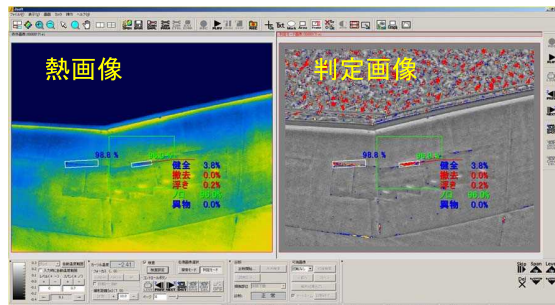
《従来手法》

《Jソフトによる解析》

解析画像により損傷部を強調

従来の熱画像を左画面に表示して全体的な温度分布を直感的に把握可能。

Jモニターの操作画面の一例



右画面に判定結果をリアルタイムに表示して、損傷箇所の見逃しを防止。損傷程度を瞬時に把握可能。

判定結果と応急処置の一例

判別結果と応急処置の一例

報告書の一部

報告書の一部

EM(S)による損傷深さと判定結果の精度確認

EM(S)による損傷深さと判定結果の精度確認

表面から1cmまでの空洞を赤色
表面から2cmまでの空洞を黄色
表面から3~4cmまでの空洞を青色

インフラ診断ロボットシステム(ALP)の研究開発

～ コンクリート製橋脚・橋台の現場検証 ～

応募者：株式会社開発設計コンサルタント
共同開発者：学校法人法政大学・国立大学法人岡山大学
ステラ技研株式会社

【概要】

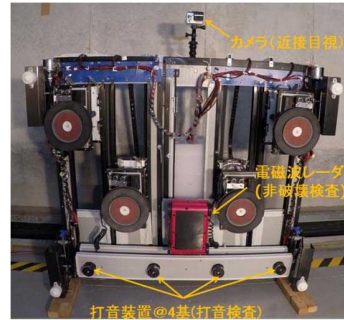
ALPは、コンクリート壁面に真空吸着しながら縦・横方向に自走して、高所等難条件下でのインフラ維持管理のための点検を支援するロボットシステムである。

搭載する計測機器とソフトウェアによる解析により、近接目視・打音検査・非破壊検査とその評価が可能である。検査データは、位置座標を含め客観的定量データであり、熟練技術者でなくとも現地で容易に評価ができるものとなる。

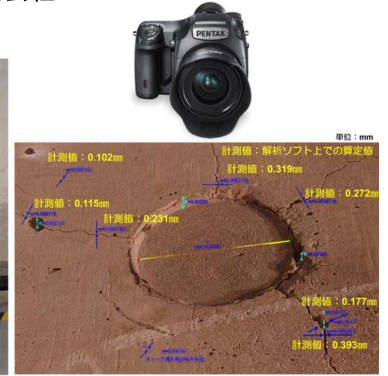
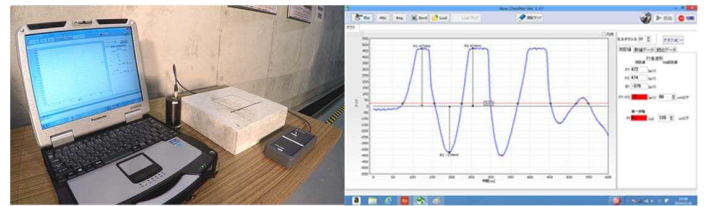
【特徴】

- 高精細デジタルカメラを用いたひび割れ抽出および打音装置を用いたときの自動判定により、「橋梁定期点検要領」における橋脚・橋台の点検項目について点検調書の作成支援が行える。
- 5～10mm程度の凹凸や表層劣化が生じているコンクリート面でも走行可能であり、約0.2m/分で移動しながら点検することができる。
- 真空度センサー等の吸着確認安全装置ならびに横移動による障害物回避行動が可能である。

【写真・イメージ】



ALP概要図

高精細デジタルカメラと
コンクリート壁面(3Dモデル)

打音装置と反射音評価システム

問い合わせ先：株式会社開発設計コンサルタント 設備保全技術開発センター Tel:0467-85-0816 Mail :nojima@jpde.co.jp