

5.1 点検・劣化診断

【その他／点検・劣化診断】

技 術 名	音源探査システム
番 号	No. 5-1
発 注 者	—
施 設 名	—
所 在 地	—
工 事 名 称	—
施 工 期 間	—
施 工 者	(株)熊谷組
キーワード	音源探査装置、劣化度の可視化
<p>(1) 概 要</p> <p>1) 背 景</p> <p>橋梁における伸縮装置の損傷は、通行車両に危険を与えるだけでなく、場合によっては橋の構造にも影響を与えることとなる。フィンガージョイント部の劣化メカニズムについては検討が行われており、疲労試験や数値解析が進められている。</p> <p>伸縮装置とその周辺の維持管理は、特に慎重な配慮と頻度が要求される。一般的に、伸縮装置の日常点検は走行する車上もしくは路面や伸縮装置下面からの目視で行われ、数年に1回または何か異常を発見した場合、車線規制などを実施してたたきや超音波などを使った詳細点検を行っている。日常点検では点検者の経験的判断に頼るところが大きく、簡単な装置で劣化度などが可視化できるシステムができれば点検の精度や効率が向上すると考えられる。</p> <p>2) 実験概要</p> <p>鋼製フィンガージョイントをハンマなどで加振した場合、劣化の度合いによって発生する音に変化すると考えられる。フィンガージョイントにおけるフェイスプレートのくし形部分を一定の加振力でハンマ打撃し、その発生音を測定した。発生音の測定には音源探査装置（音カメラ）を用いた（図-1～図-4）。</p> <p>音源探査結果において表示閾値を適切に設定することで、フィンガージョイントの劣化度を推定することができる可能性を確認した。フィンガージョイントの劣化度を定量的に評価するためには、設置条件を考慮して発生音との関係をさらに調査して検討する必要がある。</p>	

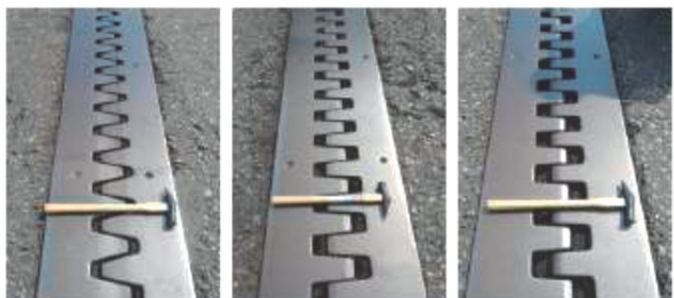


図-1 調査対象のフィンガージョイント

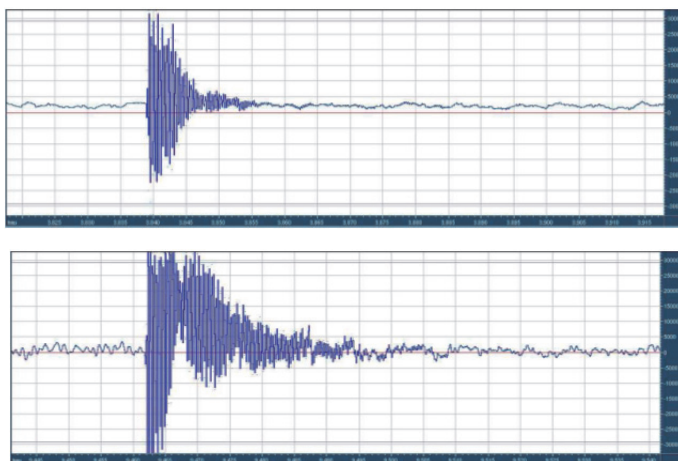


図-2 ハンマ加振時の発生音の例

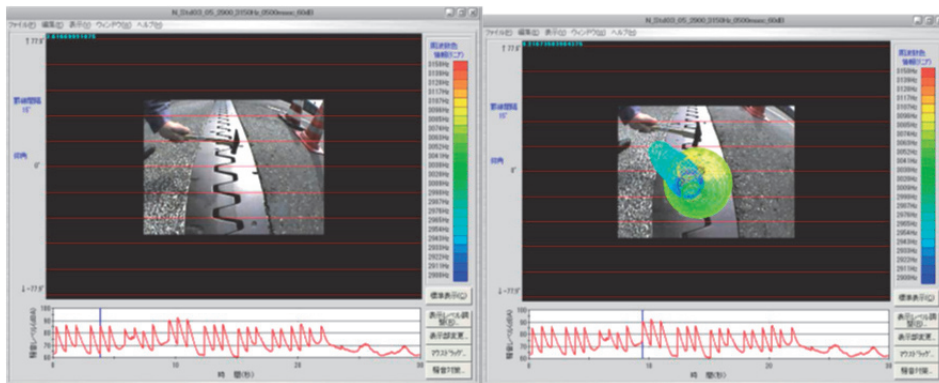


図-3 音源探査装置測定結果の例

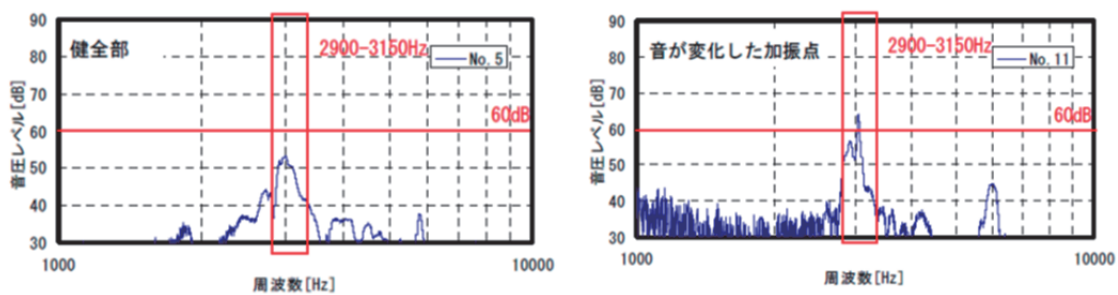


図-4 発生音の周波数特性の例

(2) 技術詳細

従来の音源探査装置「音カメラ」は、5本のマイクロホンを用いてその位相差から音源の方向を推定することができるシステムである。この装置は音源の方向を示すことができるが、位置を把握するためには、音カメラの位置を移動させて複数点で測定する必要がある。音源探査装置「キョリモ」は、測定位置の移動が困難な場合にも対応できるようにマイクロホン群を2組用いて、測定位置から音源対象物までの距離をリアルタイムに把握し、可視化できるものである（写真-1、写真-2）。

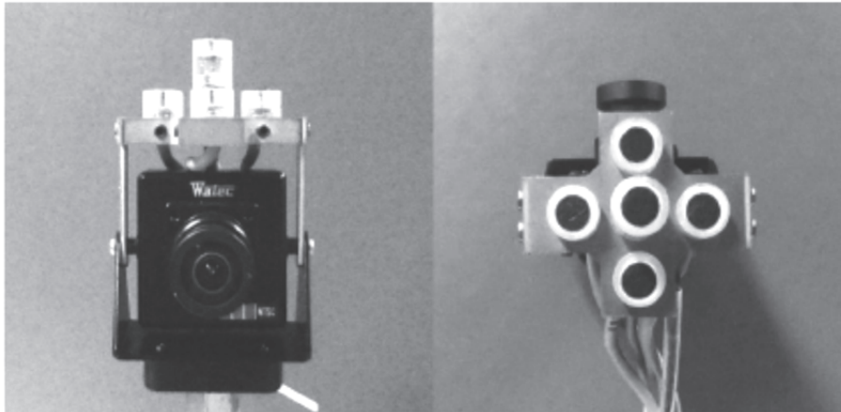


写真-1 音源距離推定装置（センサー部）



写真-2 音源距離推定装置（前景）

参考文献	・ 土木学会第 67 回年次学術講演会（2012 年 9 月） VI-222、223 No. 370 電力土木 2014.3 プレスリリース：「リアルタイム音カメラ」 の開発について ・ (株)熊谷組ホームページ：プレスリリース（2007 年 3 月 15 日） http://www.kumagaigumi.co.jp/press/2006/pr_070315.html
備考	—

【その他／点検・劣化診断】

技 術 名	既設コンクリート構造物の強度診断方法(局部載荷試験)
番 号	No. 5-2
発 注 者	—
施 設 名	—
所 在 地	—
工 事 名 称	—
施 工 期 間	—
施 工 者	戸田建設(株)
キーワード	コンクリート構造物、劣化診断
<p>(1) 概 要</p> <p>財政赤字が続く昨今、社会資本施設を「長く、大切に」供用していくことが求められている。限られた予算で社会資本施設の長寿命化を図っていくためには、構造物建設時のコスト縮減と同時に高品質、高耐久化技術が必要であり、また、建設後の効率的、効果的な調査技術や補修・補強技術の開発が急務となっている。</p> <p>劣化したコンクリート構造物を効率的、効果的に維持管理していくためには、第一に劣化の範囲や深さを的確に把握する必要がある。しかしながら、構造物の任意の深度でコンクリートの性状を現位置で確認し、劣化深度を特定できる試験方法はこれまでなかった。</p> <p>戸田建設と川崎地質は、劣化したコンクリート構造物に対して、現位置で簡易に劣化深度の特定が可能な「孔内局部載荷試験器」を開発した。この結果、断面修復等の補修工事におけるはつり取りの範囲や深さなど、最適な補修スペックの把握が可能となる。また、補修スペックの最適化により、施工範囲の最小化や工事費の縮減、さらに、補修工事で発生する廃棄物も最小限に抑えることが可能となる。</p> <p>(2) 技術詳細</p> <p>「孔内局部載荷試験」とは、コンクリート構造物の劣化深さの把握を目的とした新しい試験方法である。削孔したコア孔内（φ42mm）に試験器を挿入し、任意の深度において載荷試験を実施することで、その場でコンクリート強度の推定値を確認することが可能である。試験装置は現場での運搬・測定作業を前提に、小型、軽量化し、試験操作も簡単である。</p>	

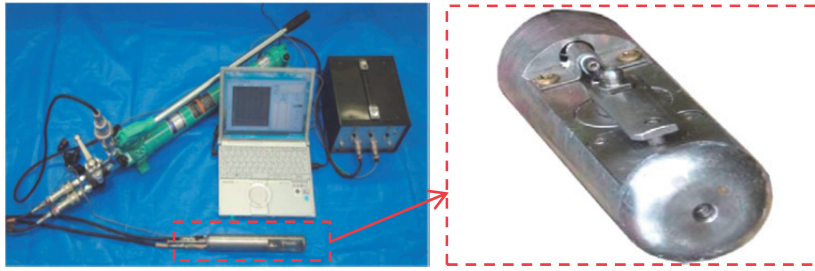


写真-1 孔内局部载荷試験器全景

1) コア削孔

調査したい位置にコア削孔する。削孔径はφ42mmが基本である。なお、専用のアタッチメントを使用することで75mm、100mmでも試験可能である。



写真-2 コア削孔 (φ42 mm)

2) 試験器の設置

コア孔内に試験器を挿入し、コンクリート強度を知りたい深度に固定する。深さ1cm毎の試験が可能で、深度方向の強度分布を詳細に把握できる。



写真-3 試験器の設置

3) 孔壁への载荷

試験器の载荷先端を孔壁へ貫入し、荷重と貫入量データを取得する。試験は横向き、上向き、下向きなどいずれの方向でも試験可能である。最大測定可能深度は約5mである。



写真-4 孔壁への载荷

4) データ解析

荷重-貫入量曲線から貫入抵抗値を算出し、コンクリート強度を推定する。これまでに実施した室内試験や実構造物での試験結果から、同じ深度で6点のデータを取得し、平均貫入抵抗値を4倍することでコンクリート強度(N/mm²)を精度よく推定することができる。

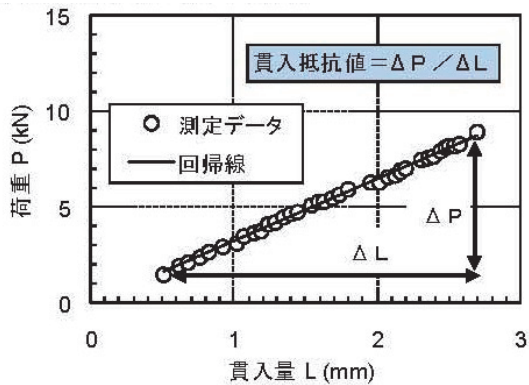


図-1 貫入抵抗値の算出

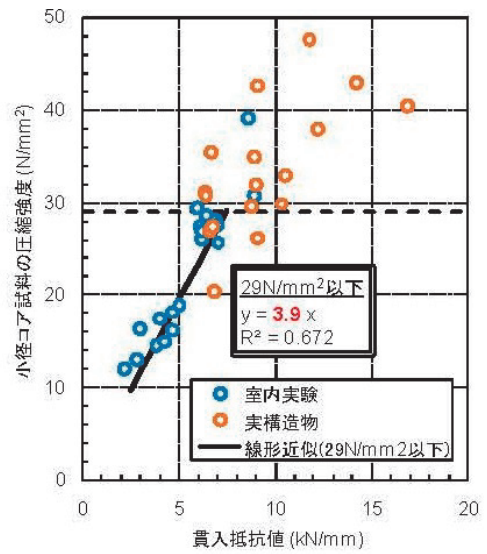


図-2 コンクリート強度の推定

(3) 結果

1) 主な適用実績

- ① 国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所発注業務
「瀬田川砂防管内砂防えん堤調査業務」により、砂防堰堤の長寿命化検討。
- ② 国土交通省四国地方整備局高知河川国道事務所発注業務
「新居海岸堤防護岸調査作業」により、海岸堤防の健全度調査。
- ③ その他数件

参考文献	戸田建設(株)ホームページ：ニュースリリース、2011年1月13日、 http://www.toda.co.jp/news/pdf/20110113.pdf
備考	特許番号 第4584734号

5.2 検 査

【その他／検査】

技 術 名	音声認識を用いた鉄筋検査システム
番 号	No. 5-3
発 注 者	—
施 設 名	—
所 在 地	—
工 事 名 称	—
施 工 期 間	—
施 工 者	戸田建設(株)
キーワード	鉄筋検査、帳票自動作成、音声ガイダンス、PDA 端末
<p>(1) 概 要</p> <p>柱・梁主筋の鉄筋全数検査は、検査対象部材が多いため多大な労力を必要とする業務である。よって、鉄筋全数検査に音声認識技術を使った「音声認識を用いた鉄筋検査システム(音声認識鉄筋検査システム)」を利用することで、鉄筋本数等を発声するだけで簡単に検査結果の入力ができ、より確実性の高い検査が可能となる。</p> <p>また、検査前のチェックシート用紙作成作業や検査終了後の帳票作成作業を自動化し、検査業務全体の効率化を図り工期短縮を実現した。</p> <p>(2) 技術詳細</p> <p>1) システムの構成</p> <p>① 利用ハードは、主に PDA 端末 (SHARP RZ-H220) と騒音抑制型イヤホンマイクで構成される。</p> <p>② 利用ソフトは、音声認識鉄筋検査システムと検査帳票出力ソフトを使用。</p> <p>2) 作業手順</p> <p>① 騒音抑制型イヤホンマイクから流れる音声ガイダンスに従って柱や梁の位置、鉄筋本数、鉄筋径、鉄筋間隔 (ピッチ) を音声にて入力。</p> <p>② 入力された音声はイヤホンマイクと連動する PDA 端末が音声認識しデジタルデータとして保存。</p> <p>③ 現場事務所にて保存されたデータを所定のチェックシートに出力し構造図と照合。</p>	



写真-1 鉄筋全数検査の様子



写真-2 PDA 端末



写真-3 抑制型イヤホンマイクと装着状況

(3) 結 果

- ① 検査前のチェックシート用紙や検査後の帳票が自動で作成されるため、検査の帳票作成業務を省略できる。
- ② 紙のチェックシートが不要になるため、雨の日でも検査が可能となる。
- ③ 音声認識した結果が復唱されるため、入力ミス、転記ミスが無くなる。
- ④ 両手、両耳を塞がないため、現場の中でも安全に検査ができる。

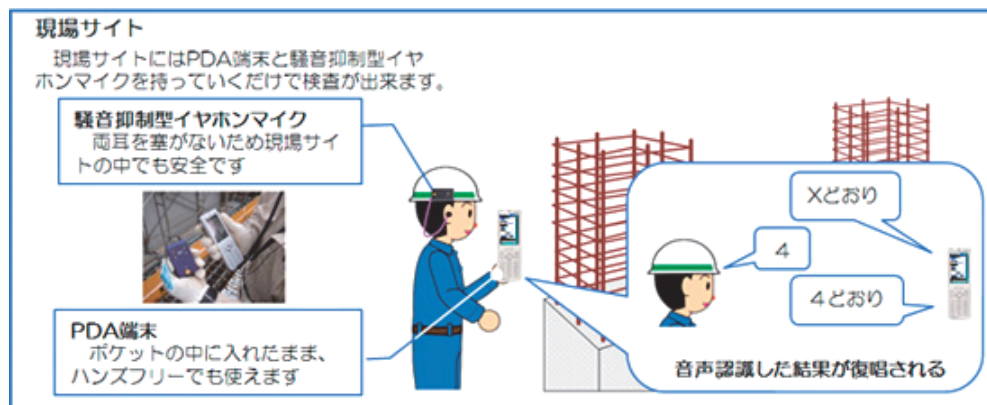


図-1 現場サイトでの配筋チェック作業

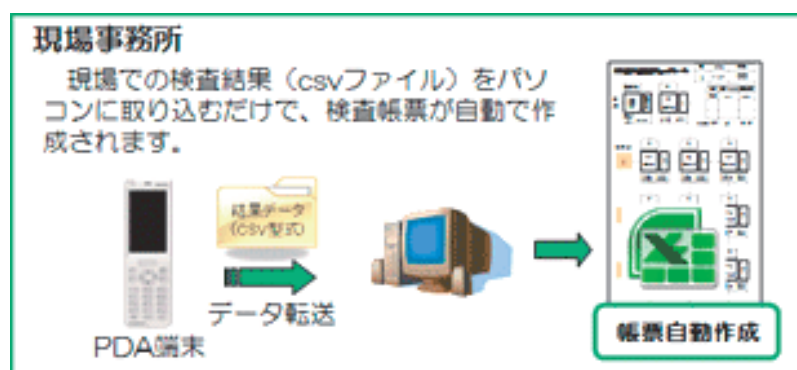


図-2 現場事務所での配筋チェック帳票作成作業

参考文献	戸田建設(株)ホームページ：ニュースリリース(2010年12月27日) http://www.toda.co.jp/news/2010/20101227.html
備考	—

5.3 運行管理

【その他／運行管理】

技 術 名	ETCによる車両事故防止&運行管理システム
番 号	No. 5-4
発 注 者	—
施 設 名	—
所 在 地	—
工 事 名 称	—
施 工 期 間	—
施 工 者	五洋建設(株)
キーワード	ETC、車両入退場管理、電光掲示、運行管理、接近警報
<p>(1) 概 要</p> <p>全国に広く普及しているETC（電子料金収受システム）を応用した技術開発を行った。</p> <p>都市部など交通量が多い地域の工事現場では、工事車両の一般交通に対する安全管理が課題となっている。従来は工事車両運搬経路上に配置した交通誘導員が工事車両の接近を確認し、工事車両出入口の交通誘導員へ車両の接近を無線で通知することにより工事車両の誘導と一般車両、通行者への安全確保を行った。</p> <p>従来は工事現場内の軽作業員が搬出車両を日報に記入したり、搬出車両から伝票を受領し日報へ記入していた。ETC 車載器を搭載した工事車両が工事現場を退出するときに、自動的に日時・車両No.等を記録するシステムを開発した。</p> <p>(2) 技術詳細</p> <p>1) ETC 車両事故防止システム</p> <p>工事現場近くに設置したアンテナがETC 車載器を搭載した工事車両等を検知し、後続の一般車両に対して「工事車両減速注意」を、歩行者に対して「工事車両接近注意」等の注意喚起を電光掲示板でするとともに、交通誘導員に回転灯・スピーカーで工事車両の接近を通知する。</p>	

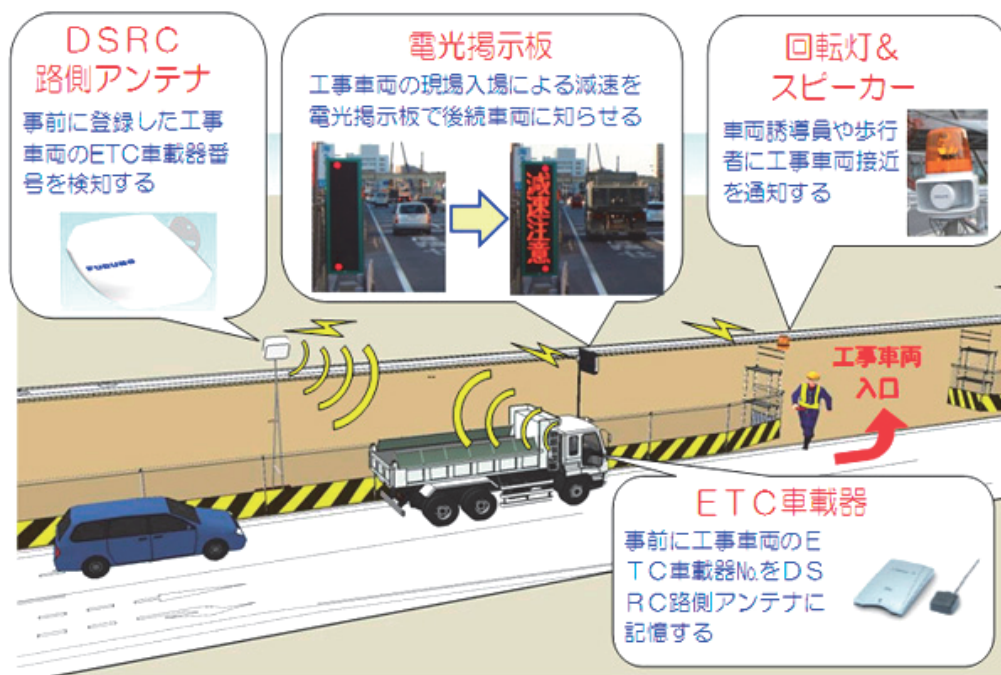


図-1 ETC 車両事故防止システム 概念図

2) ETC 車両運行管理システム

工事現場ゲートにアンテナの設置することにより、ETC 車載器を搭載した工事車両等を検知し、日報への入力及び車両集計を自動的に行う。

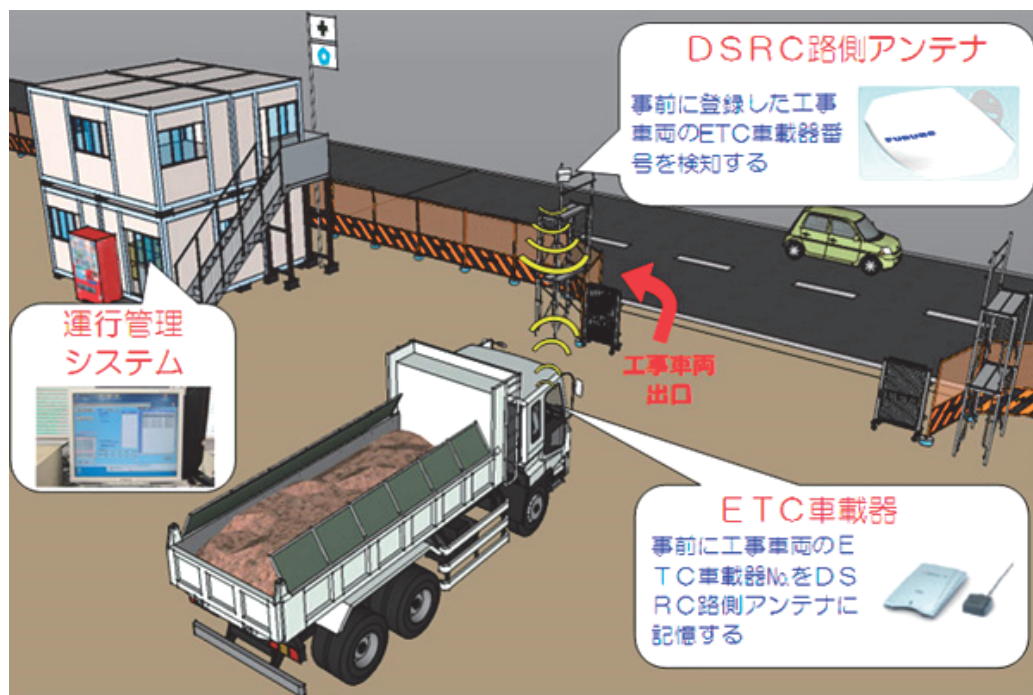


図-2 システム概略図



図-3 システムモニターイメージ

(3) 結果

工事車両等の接近通知方法を交通誘導員の無線からETCに変えたことによるコスト縮減と、交通誘導員への車両接近の合図をETCを利用して自動通知できるようにしたことにより人的ミスがなくなり、早期かつ確実に工事車両の接近を知ることができ、安全に車両を誘導することができた。さらに、夜間時や雨天時等の視認性低下時や通過大型車両の死角になる場合、工事車両の接近を早期に把握できるため、関係車両でない車両の誤誘導をなくすことができた。

工事現場では工事車両の退場管理を記録する人を配置する必要がなくなる。また工事車両の集計作業を、手入力から自動入力に変えたことにより、人的な入力ミスがなくなり、運行管理の精度を向上することができ、さらに車両集計にかかる時間の短縮が図れるなどの効果が期待できる。

ETC車両事故防止システムとETC車両運行管理システムはDSRCアンテナとソフトウェアで基本構成されている。システム側にETC車載器番号を予め登録することにより使用することができるので、管理する車両に市販のETC車載器が搭載されていれば、車両に新たな投資は必要ない。また、本システムはETC車載器番号を管理するシステムなので、工事現場に限らず、特定車両の入退場が頻繁に行われるバスセンターや物流センター等においても導入が可能である。

<p>参考文献</p>	<p>五洋建設（株）ホームページ： http://www.penta-ocean.co.jp/business/tech/civil/auto/etc.html</p>
<p>備考</p>	<p>NETIS 登録技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ETC 車両事故防止システム：HR-110026-A ETC 車両運行管理システム：HR-110027-A

技術名	携帯電話を利用した移動体管理システム
番号	No. 5-5
発注者	—
施設名	—
所在地	—
工事名称	—
施工期間	—
施工者	五洋建設(株)
キーワード	モバイル通信回線、第三者安全確保、工事車両

(1) 概要

携帯電話は、建設業においても保有率が高い ICT 機器であり、小型でありながら GPS や加速度センサ、通信機能など多くの機能が集約されている。最近では、スマートフォンやタブレット端末のような PC の小型版ともいえる高性能な製品も普及し、日常生活においても馴染みの深い。また、身近でありながらデータの入力機能や通信機能を備えていることからシステム端末としても利用することができる。本システムでは、これら携帯端末を工事車両に設置し、工事車両の位置や運転操作を事務所から監視し、工事車両が経路をショートカットおよび逸脱した場合、その工事車両に対し警告やガイダンスを行うことができる。

(2) 技術詳細

1) システムの構成

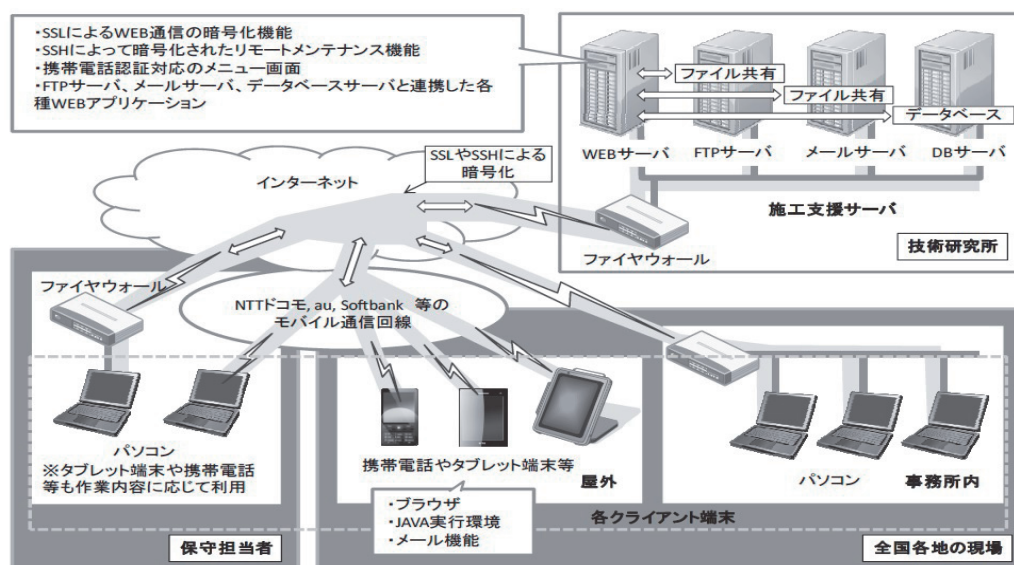


図-1 本システムの機器構成

① 施工支援用サーバ

本システムの施工支援用サーバは、技術研究所に設置しており複数のサーバ機から構成される。WEBサーバ上では通信の暗号化機能、携帯電話認証対応のメニュー画面、WEBアプリケーションの動作環境が稼働しており、比較的容易にアプリケーションを構築することが可能である。

WEBサーバからはFTPサーバ、メールサーバ、DBサーバのデータを利用可能で必要に応じてこれらと連携してWEBアプリケーションを構築している。このサーバには標準的なプロトコルをほぼ組みこんでいるため、多くの社外システムと比較的容易にデータ連携が可能である。なお、各サーバ機は技術研究所内以外の遠隔地からもメンテナンスが可能である。

② インターネットとモバイル通信回線

通信は、インターネットを用いるため、パスワードや秘密データの漏えいを防ぐために通信の暗号化を行う必要があるがこれも一般的なSSL (Secure Socket Layer) やSSH (Secure Shell) による公開鍵認証方式を用いている。

③ 現場側の利用環境

現場で用意する機器も一般的な携帯電話やインターネットに接続可能なパソコンのみである。本システムは、基本的にサーバ上のWEBアプリケーションのみで機能するが、圏外や地域など携帯電話の通信速度が十分確保できない場合や大容量のデータを扱う場合など、補助的に簡単なアプリケーションをパソコンや携帯電話にインストールする場合もある。また、山間部等の携帯電話が通じない地域などでは3G/4G回線が利用できないため、代わりに無線LANアクセスポイントを設置して運用することも可能である。

サーバ上のソフトウェアは、ほとんどがオープンソースであり、一般的なソフトウェアを組み込むことにより他社のシステムとの連携も行いやすく、拡張も容易である。

表-1 本システムで用いるソフトウェア一覧

項目	名称	備考	
施工支援サーバ	共通部分	RedHatEnterpriseLinux あるいは互換OS	サーバ用途向けのLinuxディストリビューションのひとつ
	WEBサーバ	OpenSSH	ログオン時のユーザ情報の暗号化、操作内容の暗号化等に用いる
		Apache HTTP Server2.2	利用者のWEBブラウザと通信するHTTPサーバ
		Apache Tomcat6.0	HTTPサーバと連携するJAVAアプリケーションサーバ
		PHP5.3	WEBページ生成に用いるプログラム言語
	FTPサーバ	OpenSSL	HTTP通信の暗号化(HTTPS)に用いる
		Vsftpd	ファイル転送サーバ(FTPサーバ)
	メールサーバ	OpenSSH	暗号化の必要があるファイル転送に用いる
		Postfix	メール送信/メール転送サーバ(SMTPサーバ)
	DBサーバ	Dovecot	メール受信サーバ(POP/IMAPサーバ)
PostgreSQL8.3		リレーショナルデータベース	
PostGIS		PostgreSQLの地理情報向け拡張機能	
クライアント端末	事務所内のパソコン	WEBブラウザ	Microsoft Internet Explorer等
	現場の携帯電話等	メール機能	Microsoft Outlook, Lotus Notes等
		WEBブラウザ	imodeブラウザ他、各端末内蔵のブラウザ
		JAVA実行環境	i-appli他、各端末用のプログラム実行環境
	保守担当者のパソコン	メール機能	各端末内蔵のメール機能
		SSH対応ターミナルソフト	SSHにより暗号化可能なターミナルソフト
		SSH対応ファイル転送ソフト	SFTP, SCP等の暗号化対応ファイル転送ソフト

2) 機能の詳細

本システムの基本的な機能は、①経路逸脱、②安全運転状況、③指定エリアへの接近や進入、④速度超過等の監視である。多くの場合は、これらの監視結果に合わせて自動的に音声案内や警告を行っている。他にも位置情報や時刻、加速度センサを利用した判定であれば、サーバでの自動音声案内／警告が可能である。

① 経路逸脱

あらかじめ地図上で指定した経路を走行しているかどうかを監視する。指定した経路を外れた場合に警告を行うことができる。経路は往路と復路を個別に指定したり、それぞれ複数の経路を指定することも可能となっており、個々の現場の状況に応じて細かく設定することができる。

② 安全運転状況

急加速、急ブレーキ、急ハンドルといった危険運転を検出し警告を行う。これらの検出は、道路の状況によりやむを得ない場合も多いため、回数を記録し一日に一定の回数を超えた場合に警告を行うという例もある。

③ 指定エリアへの接近や進入

あらかじめ地図上で指定した範囲に対して接近した場合や進入した場合に検出し、音声案内や警告を行う。

④ 速度超過

移動速度を算出し、速度に合わせて音声案内や警告を行う。速度のしきい値は、範囲によって個別に指定することができる。

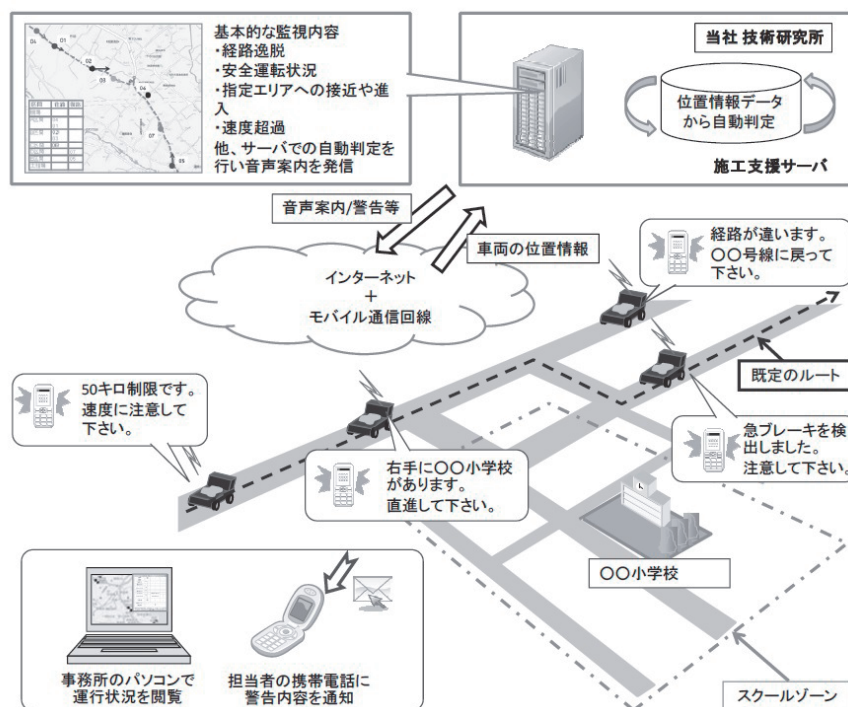


図-2 移動体管理システムの例(工事車両の運行管理システム)

表-2 のような自動判定の他、事務所のパソコンから手動で任意の音声案内／警告を行うことも可能であり、現場のニーズに合わせやすいシステムとなっている。各車両の運行状況は事務所のパソコンで監視することができ、また、現場担当者の携帯電話にもメールで警告内容を通知することができる。

表-2 音声案内および警告の例

種類	説明	例
案内	位置	指定範囲に近付いた時や進入した時にあらかじめ設定した音声案内 ・スクールゾーンです。 ・この先右折禁止です。 ・右側に〇〇中学校があります。注意して下さい。
	時刻	指定時刻になった時にあらかじめ設定した音声案内 ・通勤時間帯です。〇〇橋の通行を中止して下さい。
警告	経路逸脱	指定の経路を外れた場合 ・指定の経路を外れています。〇〇号線に戻して下さい。
	速度超過	区間ごとに設定した速度を超えた場合 ・速度超過です。注意して下さい。 ・速度を落として下さい。〇キロ制限です。
	アイドリング	長時間のアイドリングを行った場合 ・停車中のアイドリングを控えて下さい。 ・アイドリングが10分を超えました。
	急ハンドル	乱暴なハンドル操作を行った場合 ・急ハンドルを検出しました。注意して下さい。 ・急ハンドルの回数が〇回を超えました。注意して下さい。
	急ブレーキ	急ブレーキ操作を行った場合 ・急ブレーキを検出しました。注意して下さい。 ・急ブレーキの回数が〇回を超えました。注意して下さい。
	急加速	急加速操作を行った場合 ・急加速を検出しました。注意して下さい。 ・急加速の回数が〇回を超えました。注意して下さい。

(3) 結果

本システムは、サーバ上のアプリケーションを容易に書き換えることができるため、工事車両だけでなく、船舶の航行監視等にも広く活用することができる。船舶に対応する場合、大まかな変更点は、背景の地図、音声案内の内容程度であり多くの場合、工事車両よりも単純な設定で済む。なお、必要に応じ AIS (Automatic Identification System: 船舶自動識別装置) 情報やレーダー情報との連携を行っている。

設置については、写真-1 のように車両の場合と同様に窓際に GPS 携帯電話を置くだけでよい。なお、この例では携帯電話からの自動音声案内を行っており、音声聞こえにくい場合は、状況に応じて外付けスピーカーを利用することもできる。

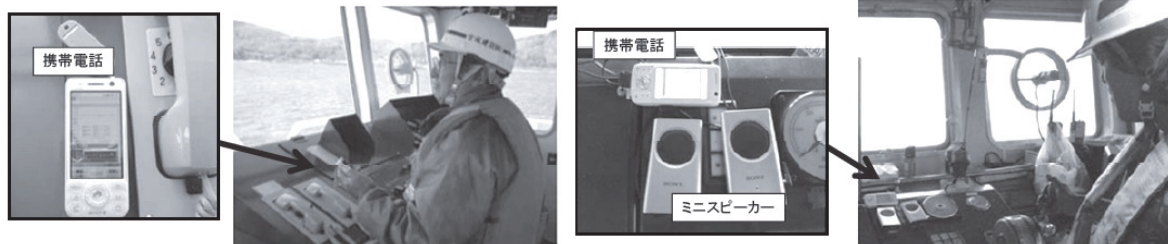


写真-1 船舶への設置状況(自動音声案内による航行安全システム)

参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ・建設の施工企画 (2012 年 11 月) PP. 43~48 ・石田 仁, 「五洋建設における携帯電話を用いた建設現場支援システムの運用～汎用性の高い IT ツールとして広く適用～」(2008 年度 NEC C&C システムユーザー会論文) ・石田 仁, 「携帯電話を活用した建設現場の管理システム」(2007 年 4 月号 コンクリートテクノ セメント新聞社)
備考	—