

技 術 名	現場情報統合システム
番 号	No. 5-12
発 注 者	小田急電鉄(株)
施 設 名	—
所 在 地	東京都世田谷区
工 事 名 称	下北沢連立2工区 [代々木上原駅・梅ヶ丘駅間線増連続立体交差工事]
施 工 期 間	—
施 工 者	戸田建設(株)
キーワード	自動計測、土留め壁変位計測、軌道変状計測、地下水位計測
<p>(1) 概 要</p> <p>都市部、特に近隣に家屋や店舗が建ち並ぶ地域での開削工事にあたっては、地下水の低下、土留め壁の変形による背面地盤の沈下などをリアルタイムに把握し、施工にフィードバックする必要がある。加えて鉄道近接工事においては、軌道変状を的確に把握することにより、異常時の早急な対応、運行阻害の防止が求められる。また、本工事のように施工場所に踏切が4か所ある状況では、工事ともなう第三者災害の防止も重要なポイントとなることから、広範囲な現場状況を常時監視することが要求される。</p> <p>このような状況下においては多岐にわたる情報を“見える化”し、“異常時には誰でもわかる”、“どこが異常なのかがすぐに把握できる”ことをシステム化することが重要である。</p> <p>ここでは、土留め変位、軌道変位等の計測と地下水位計測を現場事務所においてリアルタイムに監視できるシステムの採用と、併せて現場状況を常時監視するウェブカメラの設置とその効果について報告する。</p> <p>設計概要は、以下のとおり。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 留め壁と用地境界との 離隔が最小で 800 mm と狭小であり、境界際には家屋があるため掘削にともなう土留め壁の変形に留意する必要がある。 ② 植土層を介在しており、地下水低下にともなう圧密沈下に留意する必要がある。 ③ 業線を工事桁で仮受けし、その直下を掘削するため、軌道（工事桁）の変形に留意する必要がある。 ④ 区内には踏切が4か所あり、列車運行阻害のリスクに加え、交通災害、第三者災害に留意する必要がある。 	

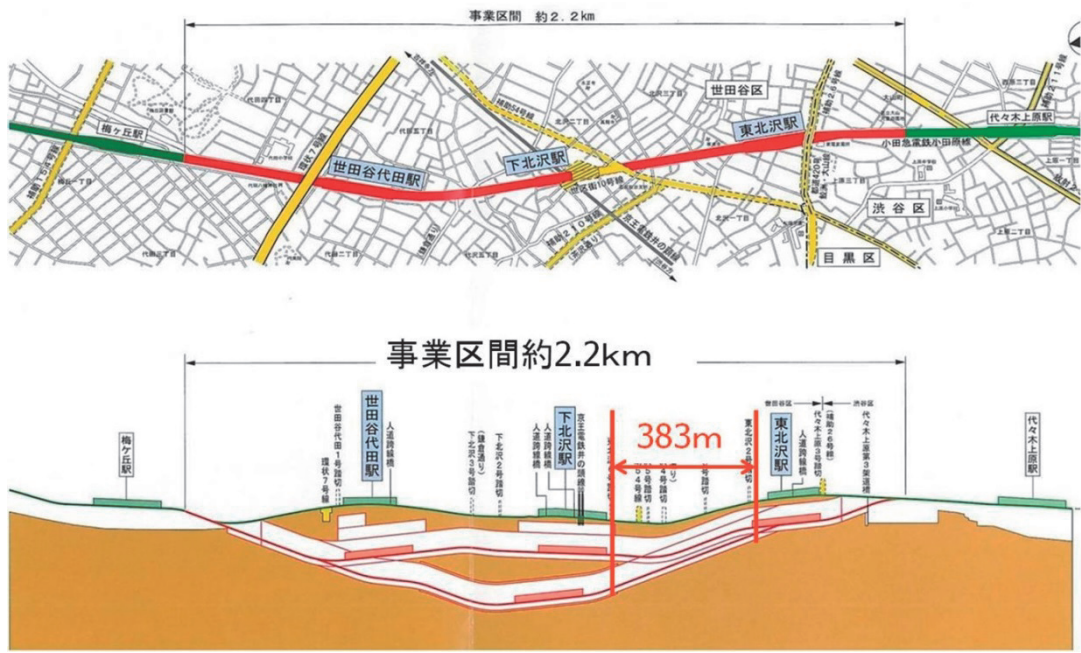


図-1 事業概要図

(2) 技術詳細

1) 土留め壁の変形計測および切梁軸力計測

① 土留め計測における特徴

計測方法自体は、多段式傾斜計による土留め変形の計測、ひずみ計および温度計による切梁軸力計測と、一般的な計測方法である。本検討は“見える化”をテーマとしているため、“リアルタイムに情報が得られる”、“夜間宿直者も容易に確認できる”、“現場事務所でできる”を主眼として以下のような自動計測システムを採用した。システムフローを図-2に示す。

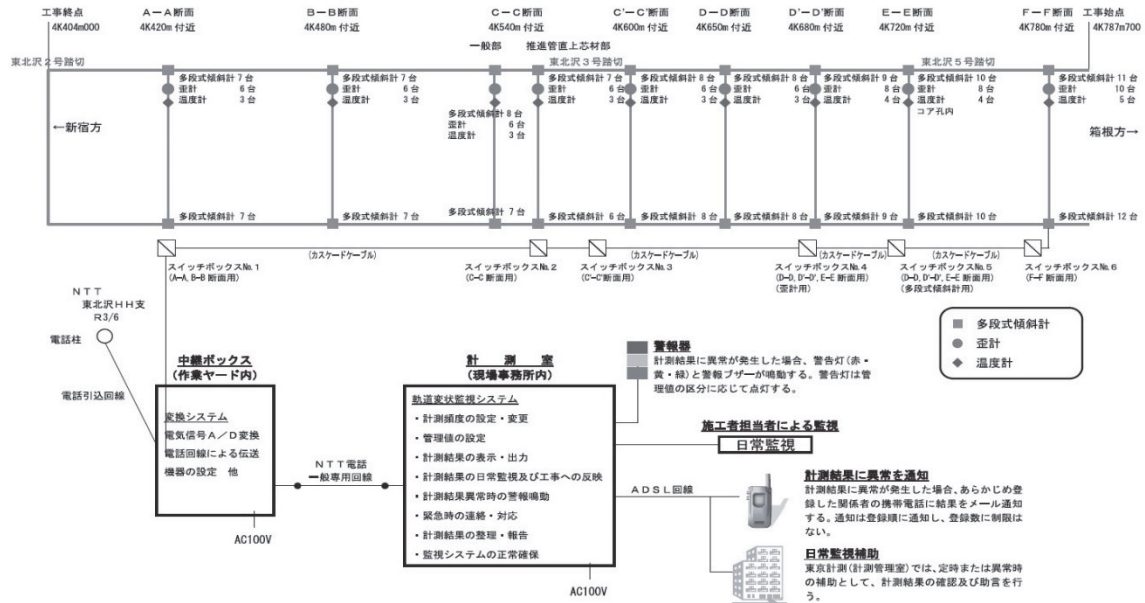


図-2 土留め計測システムフロー



図-3 土留め計測画面例

- ・ 9 計測断面から送られてくる情報を現場内の中継ボックスに送る（有線）。
- ・ 中継ボックスで電気信号変換を行い、NTT 回線を利用して事務所へ転送する。
- ・ 事務所のパソコンに監視システムを導入し、計測頻度の設定・変更、管理値の設定、計測結果の表示・出力等、必要な操作を事務所で行える。
- ・ 事務所では計測データの数値表示をグラフ化したものをモニターに表示し、いつでも誰でも容易に確認できる。
- ・ 異常が発生した場合は、警告灯が回転しブザーが鳴動する。警告灯は緑黄赤の三色で構成され、緑が一次管理値、黄色が二次管理値、赤が限界管理値を超えた場合に回転する。ブザーは、一次管理値を超えた場合に鳴動する。
- ・ 異常値が出た場合は、事前登録しておいた関係者の携帯電話にメールが転送される。

② 自動計測システム採用の効果

- ・ 警告灯の回転とブザーが鳴動することにより、職員が異常値に気づかない状態のまま放置されているというリスクが回避でき、異常時対応が迅速に行える。また、管理値ごとに警告灯の色を変えることにより重大さ、危険度の認識がその場で確認できる。
- ・ 夜間作業の場合のように事務所に職員が不在の場合でも、メールによる確認ができるため、早急な対応が可能である。
- ・ 数値表示と併せグラフ化したものもモニター表示するため、その時の数値だけでなく土留め変形など過去からの傾向を目で確認できる。
- ・ 測定結果の整理・報告が容易である。

2) 軌道変状計測

① 採用にあたっての条件

- ・ 工事区間は、曲線線形を含み縦断勾配の変化がある。→設置の自在性・長期間計測を行う。→環境変化（降雨、温度など）の影響を受けにくい。
- ・ 沈下の際には、対応を即座に行う。→計測結果には即時性が求められる。

② リンク型軌道変状システムの特徴と効果

- ・ 曲線や高低差があっても設置が可能。
- ・ 軌道の高低（鉛直成分）と通り（水平成分）の2方向が計測可能。
- ・ 雨・雪・陽炎・風等気象環境の影響を受けない。
- ・ 土留め計測と同様に異常時は警報を発し、電話回線を通じて携帯電話にメール通報できる。また遠隔操作により、システム設定や状況監視が可能。

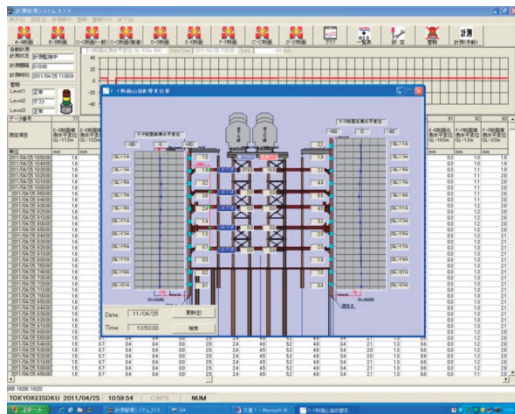


写真-1 軌道計測設置状況

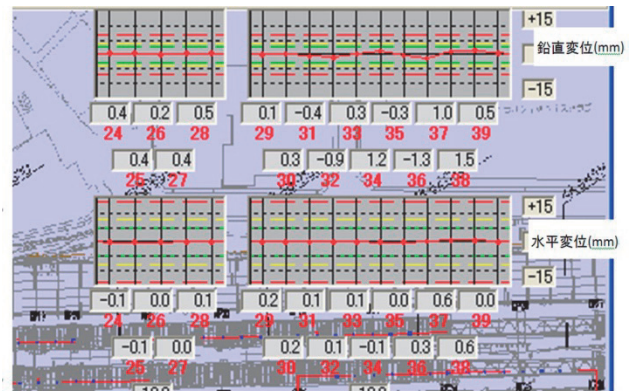


図-4 軌道計測画面例

計測器は仮橋脚ピッチ 10 m を 1 スパンとし、端部とセンターの相対変位量（鉛直変位、水平変位とも）で沈下量を算出する。算出されたデータは作業ヤード内の中継ボックスから NTT 電話一般専用回線を介して計測室（現場事務所）に送られる。そのデータに基づき異常の有無を判定し警告音の鳴動やメール配信がなされ、早期の異常発見が可能となる。ただし電車通過時の動的振動も計測するため、静的挙動か動的挙動なのかを判別する合理的な手法の検討が必要である。また夏季、冬季など鋼材温度による変形も含まれるため、その判別や温度補正手法の検討が必要である。

3) 地下水位計測

① 地下水位計測システムの特徴

- ・ 土留め壁内外に観測井戸を掘り、水位計を設置する。
- ・ 計測値は、スイッチボックス、データロガーを介して計測室に送られる。
- ・ 計測室には定電圧装置、無停電装置を設置し安定したデータ処理、停電時でもデータが途切れることのないよう配慮。
- ・ データ処理された水位は、グラフ化されパソコンで時系列の確認ができる。
- ・ モバイル通信により現場事務所にデータを送り、計測室に常時いることなく水位の動向、異常の有無を視認できる。
- ・ 管理値を超える異常値が生じた場合は、関係する職員に異常をメールで知らせる。

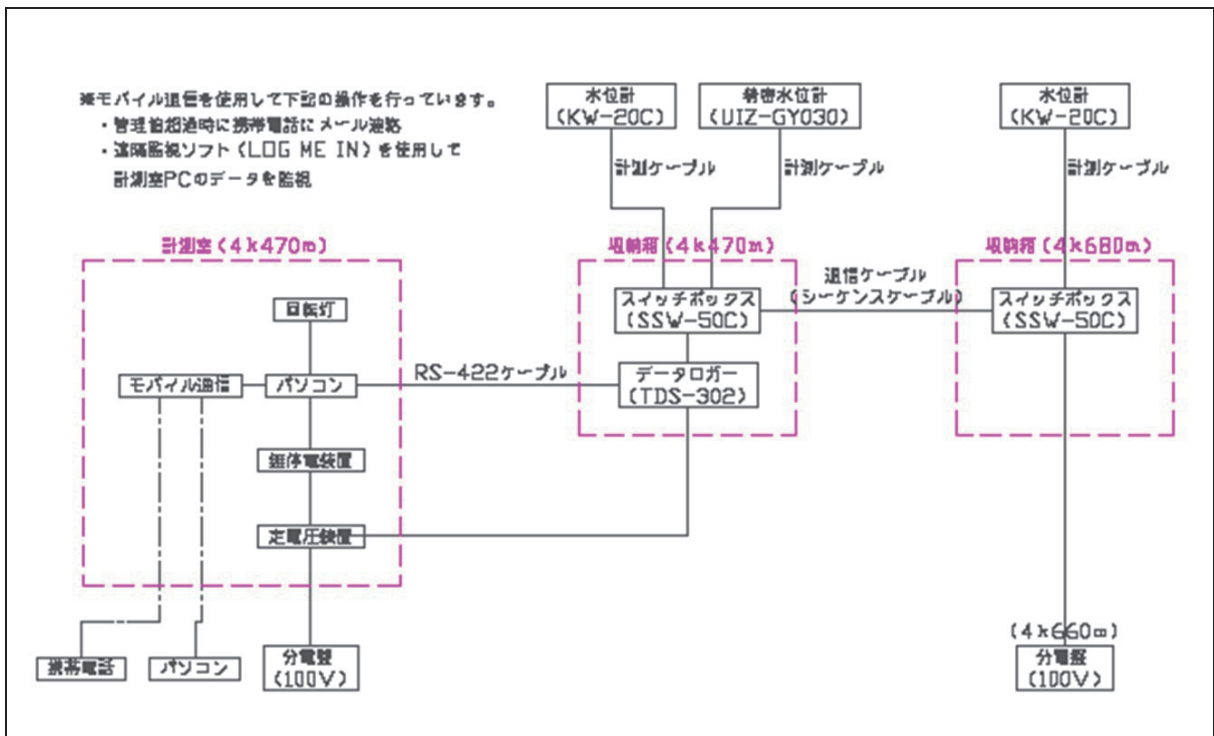


図-5 地下水位計測システムフロー

② 地下水位計測システムの採用による効果

- ・現場事務所でグラフ化された水位と井戸を設置した平面図を確認することができるため、異常時には“いつ発生したか”、“どこで異常が出ているか”、“異常の程度はどのくらいか”が即座に視認でき、迅速な対応を図ることができる。
- ・1分ごとの水位をグラフ表示するため、異常時対応においてその効果をグラフで見ながら確認でき、事務所から現場への指示などが確実性を持って行える。また対応後の地下水位の回復状況も即座に確認できる。
- ・メールで異常を知らせるため、「夜間で気が付かなかった」というリスクが回避される。
- ・データは全て保存されるため、過去に遡ってのデータ整理などが容易に行える。



写真-2 モニター設置写真(現場事務所内)

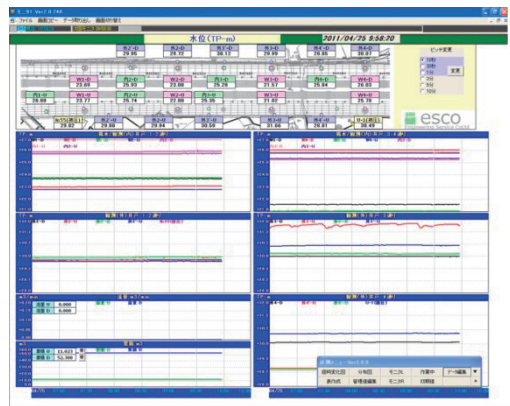


図-6 地下水位計測画面例

4) その他採用技術(ウェブカメラの採用)

鉄道近接工事においては列車運行阻害を起こさないよう、列車防護柵の設置やポンプ配管の養生、桁下防護、誘導員の適切な配置など万全の防護工を行う必要がある。さらに地上を走る線路には踏切がつきものであり、工事車両通過にともなう列車運行阻害、交通災害などが懸念され、それに対する対策とともに常時監視できるシステムを設けることでリスクの低減を図った。

そこで踏切部と主な作業をしている場所を中心に、計9台のウェブカメラを設置した。支障とならない場所に小型カメラを設置し、事務所でも作業の状況や踏切部の誘導状況が確認できるようシステムを構築した。ウェブカメラ採用による利点を以下に示す。

- ・全体の作業状況が把握できる。
- ・踏切部の状況が事務所でも確認できる。
- ・夜間でもモニターで異常の有無を確認できる。
- ・カメラは角度、高低を変えることができる。これにより広範囲の状況確認が可能。

(3) 結 果

ウェブカメラの採用は、本工事において安全、施工の両面にわたって効力を発揮した。広範囲の作業所においては一目で全体を把握できることは難しく、少なくとも作業箇所や踏切のような重点的に管理しなければならない個所を一度に状況把握できることは、現場を安全に進めていく上で重要なことである。

参 考 文 献	(一社) 日本建設機械施工協会「建設機械施工 (2013年10月)」 PP. 32~36 http://jcma.heteml.jp/bunken-search/wp-content/uploads/2013/2013-10.pdf
備 考	—

技 術 名	電源と外部配線がいらぬひずみ計測システム
番 号	No. 5-13
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) なお、共同開発者は太平洋セメント(株)、沖電気(株)
キーワード	非接触計測、健全性確認、IC タグ、コンクリート構造物

(1) 概 要

従来、一般に行われてきた有線式のひずみ計測方法では、計測と電源供給のための外部配線が必要であった。そのため、部材運搬中の配線の破断や、長期計測中における配線の劣化の可能性が高く、その場合には施工性が著しく悪化するため、ひずみ計測は、一部の部材に限定されていた。

今回、戸田建設などが開発した「さくさく SLIT 工法」*¹ の実部材による載荷試験および施工試験を行い、構造物の変位・変形を非接触で計測できることを確認するための実証試験を行った。

(2) 技術詳細

「電源と外部配線がいらぬひずみ計測システム」は、電池を搭載しないパッシブ型ひずみセンサー付 RFID タグ*² をコンクリート内部に埋め込むことにより、構造物に作用する様々な荷重や劣化によって生じる変位・変形を、外部より電波を当てて非接触で測定するものである。当システムでは、コンクリート内部に計測装置を完全に埋め込めるため、通常の部材と同様の運搬・施工性を発揮できるだけでなく、完成後も特殊な配線が不要で構造物の健全性の確認が可能となる。

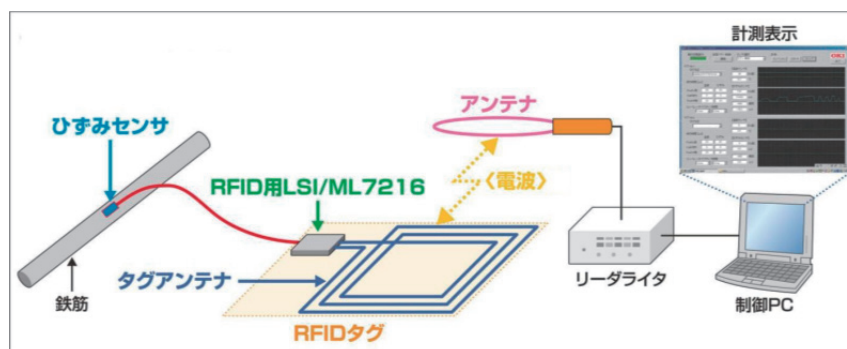


図-1 システムの基本構成

1) 主な特徴

- ① 電池を必要としないパッシブ型ひずみセンサ付 RFID タグは、リーダライタからの電波エネルギーを利用することから、電池寿命を気にせず計測が可能。
- ② 鉄筋に取付けられているひずみセンサと RFID タグをパッケージング化しているため、コンクリート内に容易に設置が可能。
- ③ RFID タグは書換え可能な中容量のメモリを搭載し、また個別 ID を持つことから、維持管理における調査点検結果の記録や、建設時の使用材料の記録など、情報管理に利用できる。
- ④ 周波数は水分による干渉の影響が小さい 13.56MHz 帯を使用し、コンクリート構造物に埋設して使用でき、構造物の耐久性を低下させる心配がない。
- ⑤ RFID タグにはサーミスタ^{※3}を具備し、ひずみ計測とともに温度測定も可能で、温度によって生じる構造物の変形をキャンセルすることができる。

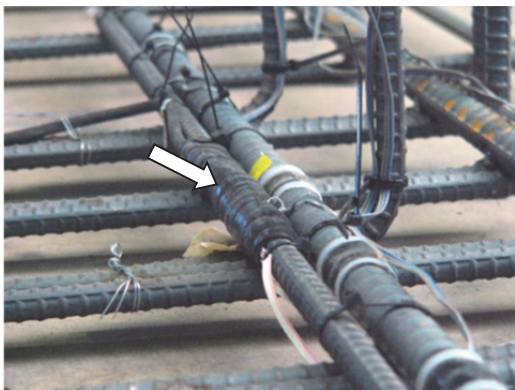


写真-1 コンクリート配筋に設置した RFID タグ用のひずみ検知部



写真-2 コンクリート配筋に設置した RFID タグ



写真-3 ひずみセンサ部と RFID タグ



写真-4 荷重試験によるセンサ RFID の確認試験状況

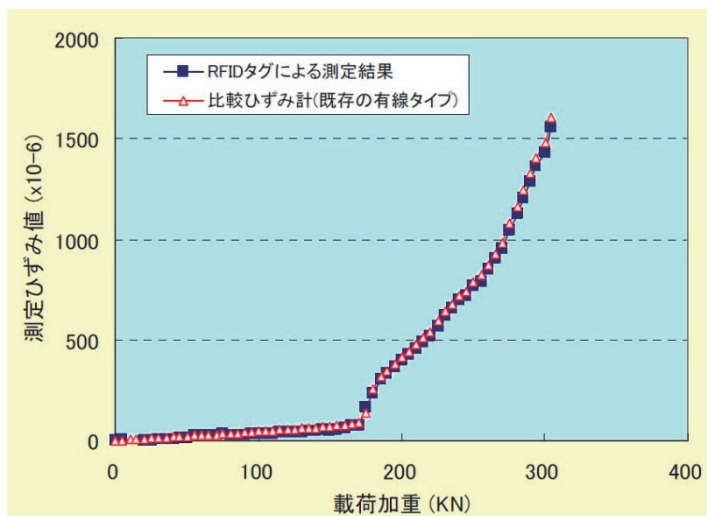


図-2 実物大試験体の荷重による本システムと既存の有線によるひずみ計との比較



写真-5 施工後のひずみ計測状況

(3) 結果

今後、「電源と外部配線がいらぬひずみ計測システム」の実用化範囲をさらに各種建設資材に拡大し、品質の向上ばかりでなく、完成後の維持管理や災害後の構造物の健全性の早期評価など、顧客のニーズにいち早く対応する予定である。

[用語解説]

*1 さくさく SLIT 工法：

戸田建設株式会社・ジオスター株式会社の共同開発したプレキャスト式地下構造物構築法。

*2 パッシブ型ひずみセンサ付 RFID タグ：

RFID (Radio Frequency Identification の略は、パッシブ型は電池を持たず電波を自ら出さないタイプの無線による個別認識技術で、ひずみ計測を可能としたもの。

*3 サーミスタ：

マンガン、ニッケル、コバルトなどを主原料とする酸化物粉末を混合、成型し、高温で焼結したファイン・セラミックである。サーミスタは温度に対して抵抗値が大きく変化するので温度センサとして使用される。

参考文献	戸田建設(株)ホームページ：ニュースレター(2008年5月16日) http://www.toda.co.jp/news/pdf/hizumi080516_1.pdf
備考	—

技 術 名	イージーモニタリング監視
番 号	No. 5-14
発 注 者	国土交通省北陸地方整備局
施 設 名	—
所 在 地	—
工 事 名 称	一般国道 345 号道路更新防災等対策(国道改築)旭橋下部工工事
施 工 期 間	2010 年 6 月～2011 年 8 月
施 工 者	(株)福田組
キーワード	杭誘導システム、ネットワークカメラ、ガイド線誘導
<p>(1) 概 要</p> <p>従来の杭等の建込み時の鉛直性管理方法は、工事管理者二名がトランシットで直交する二方向から常時視準する方法で行っていた。この方法では、重機のオペレータが直接状況を視認できないため、必要な修正指示を合図や無線等で行ない、タイムリーな建込み修正ができないという問題があった。</p> <p>直交二方向に設置された監視カメラにより、杭等の建込み状況と鉛直基準線をリアルタイムに重機オペレータ室内のモニターに表示する。</p> <p>これにより、オペレータ自身が鉛直性を直接視認(確認)し、的確・タイムリーな修正を行い、容易に杭等の鉛直性を確保できる。</p> <p>(2) 技術詳細</p> <p>本システムはネットワークカメラを使用した 2 台の監視カメラと重機オペレータおよび管理者に表示するモニター機器で構成される。</p> <p>本システムは、以下のような特徴を有する。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 二方向の監視カメラによる動画と鉛直線を同時に重機オペレータの運転席に設置されたモニターに表示し、重機オペレータがリアルタイムに視認(確認)することができる。 ② 簡単な操作で任意に画像の向きを変えたり、拡大・縮小画面に切り換えることができます。吊荷・玉掛者の位置など周囲の状況もモニター上で確認できる。 ③ 重機オペレータと工事管理者が施工状況の確認をモニター上で相互同時に行える。 ④ 施工記録として動画の保存ができる。 ⑤ 対象杭等にマーキングし、建込み中は鉛直下方向に自動追尾するので、重機オペレータは最小限の操作で効率よく作業できる。 ⑥ 重機オペレータ運転席のモニター機器類は全て外付けであり、重機仕様にとらわれずに使用できる。 	



図-1 システム構成機器

(3) 結果

二方向の監視カメラによる動画と鉛直線を同時に重機オペレータ室内のモニターに表示し、リアルタイムに視認(確認)することができる。瞬時にオペレータが判断・修正できるので鉛直性が向上し、品質の確保が図れる。



図-2 場所打ち杭施工事例



図-3 鋼矢板施工事例

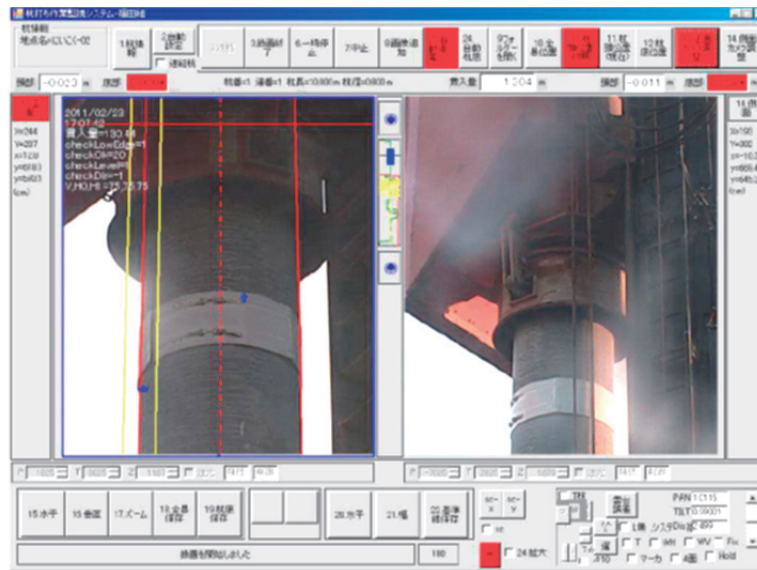


図-4 既製杭施工事例

<p>参考文献</p>	<p>(株)福田組 重機周辺状況確認と杭建込み鉛直性向上モニタリング監視システム</p>
<p>備考</p>	<p>—</p>