

新名神高速道路（高槻～神戸）で 採用された施設整備

安里 俊則^{*1}・徳田 尚器^{*2}・福田 雅人^{*3}・石原 一哉^{*4}

新名神高速道路（高槻～神戸）は名神高速道路と接続する高槻 JCT・IC から中国自動車道および山陽自動車道に接続する神戸 JCT までを繋ぐ区間である。名神高速道路や中国自動車道などでは交通が集中し慢性的な渋滞が発生しており、新名神高速道路の開通による交通分散、渋滞緩和、高いサービスレベルの確保が求められているとともに、大規模な災害などで通行止めが発生した場合のバックアップ機能も期待されている。このような背景のなかで、新名神高速道路の整備にあたっては新しい取り組みや新技術の導入に取り組んできた。本稿では、橋梁点検設備、無線 LAN を活用したモニタリング設備、路側情報板、トンネル照明および監視施設といった点検・維持管理設備や、お客様に対する情報提供に関する施設整備において、新たに採用した技術的な取り組み事例について報告する。

キーワード：検査路、モニタリング、路側情報板、高機能 LED 照明、トンネル監視設備

1. はじめに

新名神高速道路（高槻～神戸）は、新名神高速道路として計画が策定されている約 174 km のうち、名神高速道路と接続する高槻 JCT・IC から中国自動車道および山陽自動車道に接続する神戸 JCT までの約 40.6 km の区間である。

東西交通と京阪神圏内の都市間交通機能を担う関西の高速道路において、名神高速道路や中国自動車道などでは交通が集中し慢性的な渋滞が発生しており、新名神高速道路の開通による交通分散、渋滞緩和、高いサービスレベルの確保が求められている。また、日本の大動脈である名神高速道路や中国自動車道の当該区間には代替路がない状況であり、大規模な災害などで通行止めが発生した場合、新名神高速道路は代替路としてのバックアップ機能も期待されている。

このような背景のなかで、新名神高速道路の整備にあたっては、「長期的な安全・安心を目指したメンテナンスの高度化・効率化」「より、きめ細かい情報提供」「ストレスなく、より快適に走れるような工夫」「より安全に、より安心して走行できる道路空間の提供」を目指し、新しい取

組みや新技術の導入に取り組んできた。

本稿では、上記の考え方にに基づき、橋梁・トンネル・法面などの点検・維持管理設備や、お客様に対する情報提供に関する施設整備において、新たに採用した技術的な取り組み事例について報告するものである。

2. 点検効率化に配慮した橋梁点検設備

本区間は主に急峻な山岳地形を通過しており、支間長の長い PC 箱桁橋が多く、桁高の高い支点部付近の桁内点検に時間を要することが想定された。このため、点検効率の向上を目的とし、箱桁内の検査路や照明設備の充実を図った。

2.1 桁内検査路設備

本区間の PC 箱桁橋は外ケーブル構造を採用しており、PC 鋼材の定着部や偏向部の確実な点検を実施することが重要である。このため、点検時にこれらの重要箇所を近接目視できるように、支点部や中間隔壁部に昇降設備や検査路を設置し、箱桁内を移動可能な点検足場を配置した。検査路および点検足場設置状況を写真 - 1, 2 に示す。



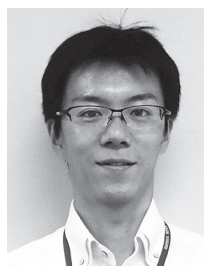
^{*1} Toshinori YASUZATO

西日本高速道路(株)
本社 技術環境部



^{*2} Naoki TOKUDA

西日本高速道路(株)
本社 技術環境部



^{*3} Masato FUKUDA

西日本高速道路(株)
本社 技術環境部



^{*4} Kazuya ISHIHARA

西日本高速道路(株)
関西支社 建設事業部



写真 - 1 支点部付近の検査路設置状況



写真 - 2 移動式点検足場配置状況

2.2 桁内照明設備

PC 箱桁内は、手持ちの電灯で全体を点検するのは時間を要することや、見落としが多くなることが懸念されることから、LED 照明設備を配置した。電源は桁端部から箱桁開口部を通じて桁内へ引き込んだ。また、箱桁内の照度は3～5ルクス程度を確保することを目安とした。照明設置状況を写真 - 3 に示す。

3. 無線 LAN を活用したモニタリング

3.1 モニタリングシステムの現状と課題

一般的なモニタリングシステムについて、アンカー荷重計測を例に、現場状況を写真 - 4 に示す。電源およびデータ伝送用のケーブルが敷き詰められている様子が分かる。これらはケーブル配線が必要なため、計測開始までに時間を要する、草刈りや小動物によるケーブル損傷、落雷による誘導雷などによる機器故障などのリスクを有している。また、インターネット回線を通じデータを収集する場



写真 - 3 照明設置状況



写真 - 4 従来システムによるアンカー荷重計測現場

合、甚大な災害発生時、通信制限などによるデータ欠損も懸念される。

一方、高速道路の建設現場においては、安全管理や施工管理のため、個別のモニタリングシステムが施工業者により設置・運用されている。しかし、工事しゅん功後、施工業者からこれら個別システムを引き継ぐことは、システムが乱立することになり、管理・運用上好ましくない。

こうした課題を解決するため、NEXCO 西日本では、これまでより設置が容易で、かつ複数の現場を一括してモニタリング可能なシステムを大阪大学と共同開発した。以降、開発したシステムの概要と実装状況について述べる。

3.2 道路管理用無線 LAN を活用したモニタリングシステム「newron」

開発したモニタリングシステム「newron（ニューロン：NEXCO West Real-time Observation Network（ネクスコ西日本リアルタイム観測網））」の全体概要を図 - 1 に示す。

同システムは、モニタリングサイトごとに一つの基地局を設置し、その配下の複数の子機から計測データを収集し、一つのサーバで一元管理するものである。現場内のデータ伝送には WSN（Wireless Sensor Networks：無線通信）を採用した。また、無線通信の仕様としてメッシュネットワーク方式を採用した。同方式では、複数の子機で面的に伝送ルートを確立し、電波状態が悪い場合や障害発生時などに

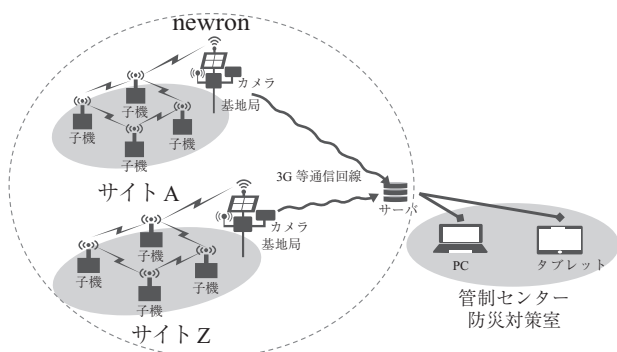


図 - 1 モニタリングシステム「newron」の概要

も代替の通信経路を自動的に探し出すことにより通信断絶リスクの軽減を図ることが可能であり、複数の高速道路斜面での通信試験から、実運用上問題ないことを確認している。子機は、さまざまな種類のモニタリングに適用できるよう、電圧・電流式センサーおよびひずみゲージ式のセンサーに対応しており、傾斜計も内蔵している。本システムにより収集される計測データは、リアルタイムに一元的な閲覧・監視が可能であり、計測箇所を地図上で確認したり、計測値をグラフなどで簡単に確認することが可能である。計測データはサーバからダウンロードでき、また、任意の閾値で警告メールを配信する機能も実装している。

一方、通信インフラに関して、高速道路メンテナンスの効率化・高度化を目的に、高速道路管理用無線 LAN 環境の構築を進めている。上述の「newron」を高速道路に適用した概要図を図 - 2 に示す。高速道路管理用無線 LAN を活用したシステム「newron」により、一般通信会社回線を経由することなく直接社内回線に取り込むことが可能となり、甚大な災害発生時などでも通信制限を受けることがなく、安全性・信頼性の向上が期待されている。

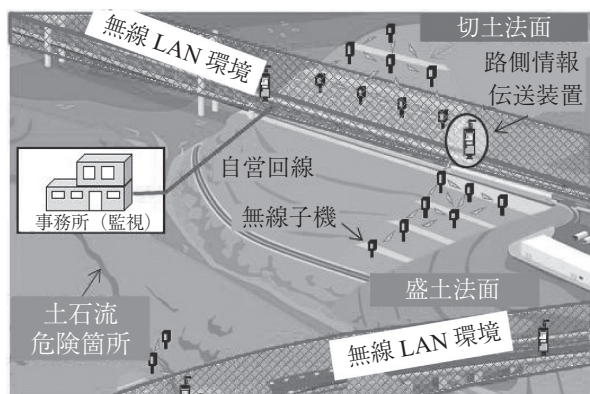


図 - 2 無線 LAN を活用した「newron」

3.3 新名神高速道路（高槻～神戸）への展開

新名神高速道路で、高速道路管理用無線 LAN を活用したシステム「newron」の実装を行っている。無線 LAN 用のアンテナはおおむね 1 km 間隔で設置されており、高速道路空間全体での無線 LAN 環境を実現している。

切土や盛土において、降雨時の危険度評価などのため、地すべり地形や地質条件、施工中の崩壊履歴などから選定

した 11 の法面で、土中水分量、地下水位、グラウンドアンカー荷重などのモニタリングを開始している。

橋梁に対しては、常時の異常検知や地震発生時の健全度判定および設計値の妥当性確認のため、代表する 2 橋梁の桁・支承・延長床版・斜材ケーブルなどにおいて、変位・加速度・温度・ひずみなどのモニタリングを開始している。写真 - 5 に、切土法面および橋梁における「newron」の設置状況を、また図 - 3 に、本区間における各モニタリング実施箇所図を示す。ここから得られる新たな知見は、随時情報発信していく予定である。



(a) 切土法面の計器設置状況



(b) 支承の変位計測状況



(c) 主桁の加速度計測状況

写真 - 5 「newron」の計器設置状況

4. 約 1 km ピッチに配置する路側情報板

従来の本線情報板は、IC や JCT など分岐箇所から先の道路状況や気象状況、トンネルの情報を提供するため、その手前に設置されている。これらの情報板に加えて直近の情報提供が可能な路側情報板を、おおむね 1 km 間隔で設置した。これにより高速道路を走行しているお客様の直近で発生している渋滞や、落下物などの情報をお知らせすることが可能となった。また、路側情報板は、より解りやすい情報提供を行うため一部の図柄表示は、動画表示が可能な機



図 - 3 新名神高速道路（高槻～神戸）におけるモニタリング実施箇所図

能を有している。写真 - 6 に路側情報板の設置状況を示す。

とくに、橋梁部では路側情報板の維持管理に考慮し、設計段階から非常駐車帯と一体となった配置計画の検討を行い、非常駐車帯の進行方向手前側に路側情報板が配置できるスペースを設け、機器の保守などを行う際、安全に作業ができるような構造とした。図 - 4 に橋梁部における非常駐車帯の構造を示す。



写真 - 6 路側情報板

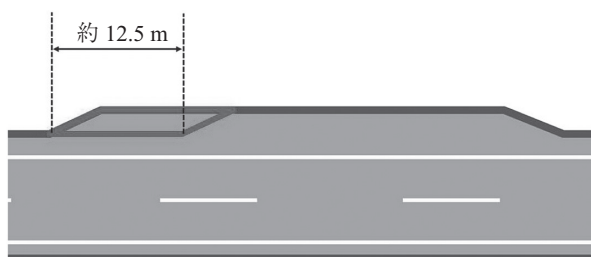


図 - 4 橋梁部における非常駐車帯の構造

5. トンネル照明および監視設備

5.1 高機能 LED 照明

高機能 LED 照明とは、トンネル照明の光源として白の LED のほか、赤・緑・青 (RGB) の LED (以下、「サイン部」という) を具備し、走行車両への安全な走行支援に利用しようとするものである。図 - 5 に LED 照明灯具を示す。たとえば、サグ部（下り坂から上り坂にさしかかる凹部等のこと）では速度超過や速度低下による渋滞が起こりやすいため、走行車両よりサイン部の緑色を速く点灯移動させることで、ドライバーが光の流れを追いかけてしようとする心理と、逆に車両の速度より速く感じ、速度を抑えようとする心理を利用した「ペースメーカーライト機能」を有している。図 - 6 にこの機能による走行支援時の点灯状況を示す。

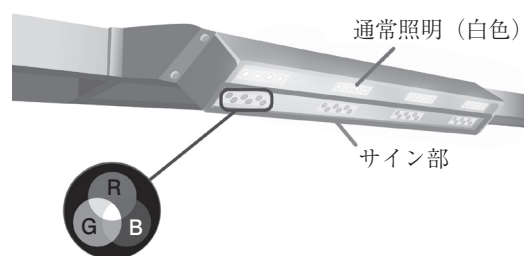


図 - 5 LED 照明灯具



図 - 6 サグ部での走行支援時の点灯状況

また、トンネル内で火災や落下物などのアクシデントが発生したときは、トンネル入口に設置された情報板と連動して、サイン部が赤色や黄色に点滅し、ドライバーに対し警告・注意喚起することで、事故時の二次災害の防止など安全走行に大きく寄与するものと考えている。写真-7にアクシデント発生時の点滅状況を示す。

LED照明の点灯・消滅の制御には、これまでのケーブルによる有線方式ではなく、可視光通信を用いた制御方式を採用し、管制センターからのサイン部の色や点灯速度の制御、照明の点灯モードの監視や制御、故障状況の確認を可能としている。

また、LED照明灯具本体は、アルミ合金を採用し、従来の照明灯具本体が約40 kgに対し15 kg以下と大幅に軽量化を図ったほか、照明灯具本体の取付けを、これまでのトンネル覆工面ではなくケーブルラックに直接取り付けることで部品数を削減し、安全性・保守性の向上を図った。

さらに、ケーブルラックは耐食性に優れたFRP樹脂でコーティングした軽量型ラックを採用した。



写真-7 アクシデント発生時の点滅状況

5.2 自走式ロボットカメラ（モニタリングイエロー）

自走式ロボットカメラは、おおむね1500 m以下の比較的延長の短いトンネルに整備することとした。これにより、トンネル内で発生した事故や落下物などの道路状況の把握が可能となった。

このロボットカメラは、トンネル内に設置されたケーブルラック上を時速20 kmで走行し、通常時は充電ステーションに待機している。トンネル内に設置された火災を知らせる押ボタン通報装置や非常電話と連動し、位置情報の信号を受け、自動で通報場所付近まで移動することで、いち早く被写体の近接撮影が可能となる。図-7に自走式ロ

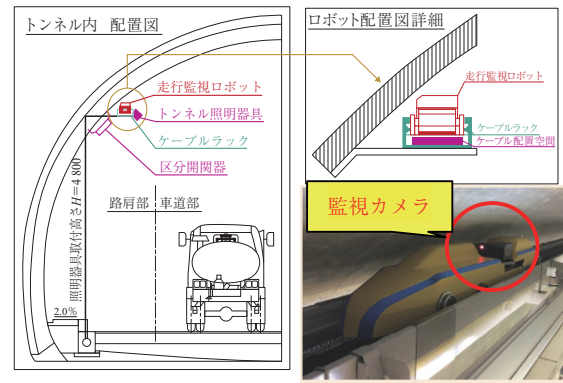


図-7 自走式ロボットカメラ

ットカメラの概要を示す。

また、管制センターや高速道路事務所に設置された端末から操作することや、現地作業員が持つ携帯端末からも直接操作が可能である。図-8に操作端末画面、図-9に運用イメージを示す。

自走式ロボットカメラは、スイングアームにより本体からせり出し、水平旋回範囲 $\pm 180^\circ$ 、垂直旋回範囲 $\pm 90^\circ$ に回転させることが可能で、光学30倍までのズーム機能を有したハイビジョン撮影を可能としている。また、走行用、通信用の電源はバッテリーを内蔵しており、約4時間の連



図-8 操作端末画面

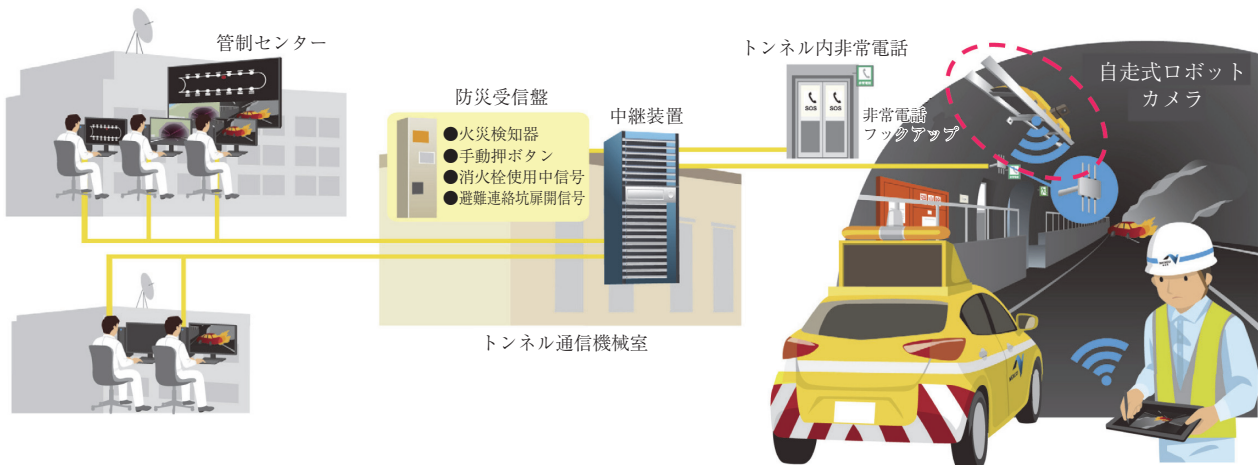


図-9 自走式ロボットカメラの運用イメージ

続動画撮影が可能で、バッテリー残量が少なくなると自動的に充電ステーションに戻る機能を有している。

さらに、本体はトンネル内の環境を考慮し防水性、防塵性に優れた構造とし、外装には耐食性に優れた FRP 素材を採用している。

5.3 双眼監視カメラ

延長の長いトンネルには、一般的にトンネル火災を自動的に検知する火災検知器が設置されている。

新名神高速道路では、トンネル内の監視強化を目的に火災検知器に加え、双眼監視カメラを 50 m ごとに設置した。

図 - 10 に双眼監視カメラの概要を示す。

双眼監視カメラは、従来の車両後方から進行方向に撮影するカメラとは異なり、トンネル壁面に設置した左右二つのカメラの画像を、画像合成技術を用いて一画面の動画として表示し、広範囲な監視を可能としている。図 - 11 に双眼監視カメラの画像を示す。

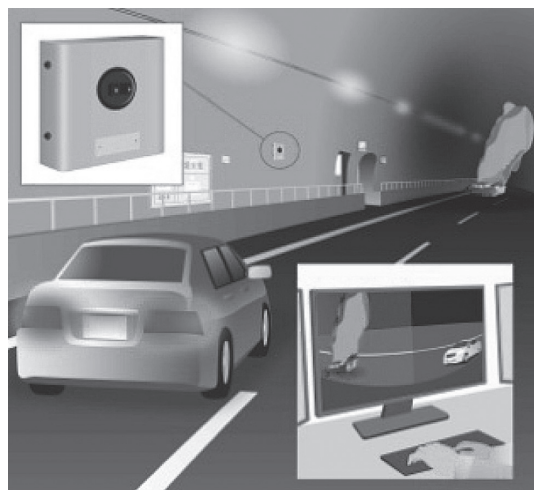


図 - 10 双眼監視カメラの概要

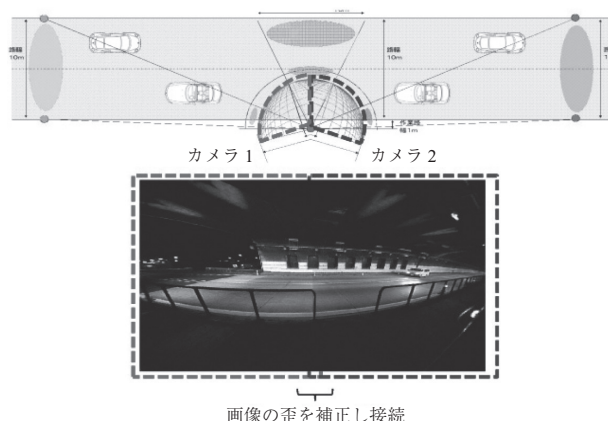


図 - 11 双眼監視カメラの画像

6. おわりに

今回開通した新名神高速道路（高槻～神戸）では、高速道路をご利用いただくお客様へ、より安全・安心な道路空間を提供するとともに、道路インフラをより効率的に維持管理することを目指し、新たな技術的取組みを行ってきた。今後、わが国において生産性人口の減少が予想されるなか、より道路維持管理の生産性向上が求められることから、新名神高速道路（高槻～神戸）にて新たに採用した技術的取組みが、今後の道路インフラ維持管理に対する効率化、高度化に向けた一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 櫻谷慶治, 濱沖俊史, 田山 聡, 小泉圭吾: 無線ネットワークを活用した複合型斜面監視システムの開発, 地盤工学会誌, vol.65, No.1, pp.48-49, 2017.1
- 2) 東・中・西日本高速道路: 設計要領第二集橋梁建設編, 2016.8

【2018 年 1 月 15 日受付】



刊行物案内

第 45 回 PC 技術講習会テキスト

生産性向上と維持管理・更新の時代に求められる PC 技術

平成 29 年 6 月

定 価 6,000 円／送料 300 円

会員特価 5,000 円／送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会