

無線通信技術を活用した橋梁モニタリング

西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社 正会員 ○須山 夏樹 正会員 河田 直樹
西日本高速道路株式会社 正会員 村上 豊和

1. はじめに

土木業界においても IoT を活用した取り組みが積極的に実施されているなか、平成 30 年 3 月に開通した新名神高速道路(高槻 JCT~神戸 JCT)においても、土工構造物に対する維持管理の効率化を目的に、無線通信技術を用いたモニタリングネットワーク(newron[®])を構築し、アンカー荷重等の計測を実施している。また、建設直後で健全な状態である橋梁についても、この newron[®]のシステムを活用し、維持管理のための初期値取得、解析値と実挙動を比較することによる設計や構造の妥当性検証、異常把握の効率化、地震等の災害発生後における被害と健全性評価などを目的としたモニタリングを実施している。本稿では、橋梁モニタリングの概要と、計測結果を用いた活用について報告する。

2. 対象橋梁

newron[®]では、鋼橋とコンクリート橋の 1 橋ずつをモニタリングしており、本稿ではそのうち、川西 IC~神戸 JCT に架かる生野大橋について報告する。生野大橋は橋長 606 m、支間長 39~188 m の PRC7 径間連続エクストラード波型鋼板箱桁橋である。188 m の長大支間を可能とするために採用された波型鋼板ウェブを有する上部構造を、上下線間に設置された主塔から伸びる主ケーブルが一面吊りで支え、その主塔も大型のゴム支承を介して下部構造に支持されているという特殊な構造である。

3. モニタリング概要

生野大橋のモニタリング概要を図-1, 2 に示す。A2 橋台側主ケーブルに設置した加速度計では、風荷重等による振動特性からケーブル張力を間接的に計測することで、主ケーブルの異常検知を行っている。P6 橋脚天端と P5 橋脚地表面に設置した加速度計では、地震時の構造物と地表面の振動を計測し、構造物への入力地震動を把握できるようにした。最大支間長の P5-P6 径間中央には上下線に 1 個ずつ加速度計を設置し、交通荷重による上部構造の振動特性の把握と、1 面吊り構造によるねじり振動の把握を可能とした。P6 橋脚天端に設置した変位計では、橋軸・直角方向の支承変位を計測しており、大規模な上部構造を支持するゴム支承の変形性能の把握を目的としている。加速度計について、微小な構造変化も捕捉できる低ノイズ・高精度な水晶式 3 軸加速度計を選定し、同期がとれるように子機内に GPS を設置することで、振動の位相評価等を可能としている。さらに、通信異常等を想定して、子機内に SD カードを設置し、そこに一度データが保管されるシステムとした。

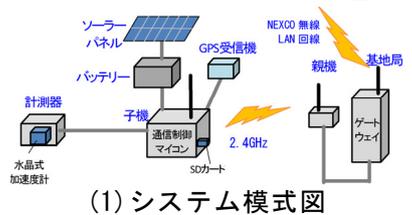
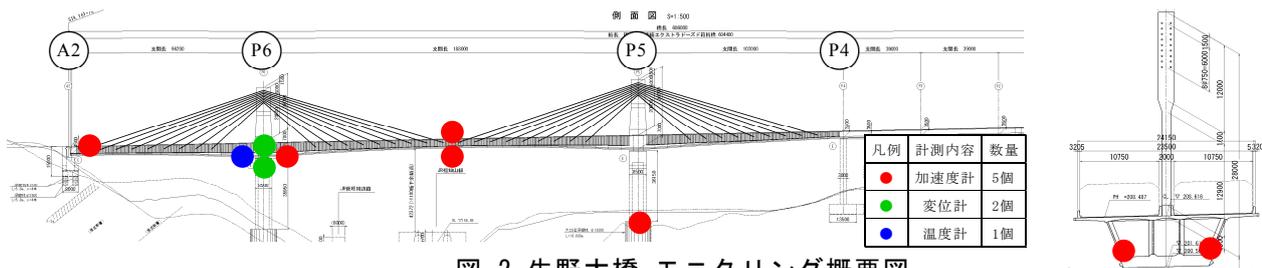


図-1 モニタリング概要
(加速度計の場合)



〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町 5-4 STD 茨木ビル 6階 TEL: 072-631-5335 FAX: 072-645-7577

キーワード 無線通信技術,モニタリング,長期トレンド分析,地震時健全性評価

4. モニタリング結果 (計測期間 2018年3月13日～2019年2月28日)

4-1. 支承変位 計測

期間における橋軸方向の支承変形量と外気温の経時変化を24時間移動平均値で表したものを図-3に示す。

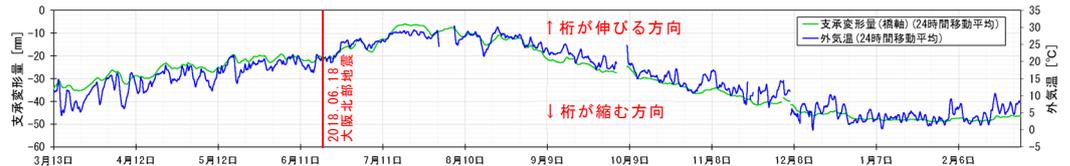


図-3 支承変形量と外気温 (24時間移動平均値)

外気温による上部構造の伸縮に追従して支承が変形していることが確認でき、その傾向は2018年6月18日に発生した大阪北部地震以降も異常は見られず、P6橋脚支承には地震の影響はなかったものと考えられる。また、支承変形量と外気温の24時間移動平均値の相関図の傾きから、ゴム支承における変形の温度勾配が1.49 mm/°C程度であることが分かり、今後、この相関図の傾きの変化を長期トレンド分析することによって、支承の健全性把握の指標とすることを考えている。

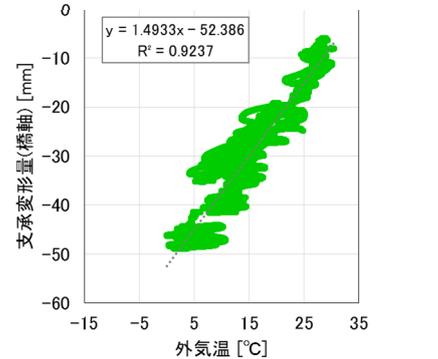
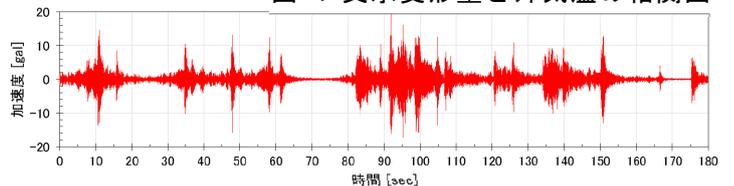
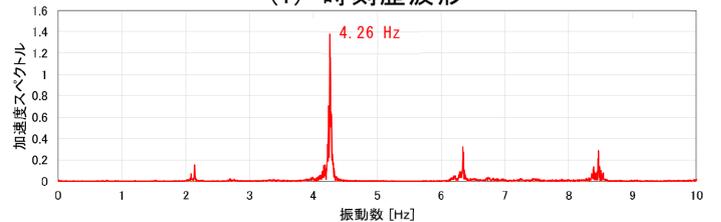


図-4 支承変形量と外気温の相関図

4-2. 加速度 加速度計では、図-5(1)のような常時における3分間の時刻歴波形と、その加速度スペクトルを1日4回(3時,9時,15時,21時)計測・表示している。



(1) 時刻歴波形



(2) 加速度スペクトル

図-5 主ケーブル幅員方向の加速度データ (2019.02.28 3:00 から3分間のデータ)

ここで、主ケーブルの加速度スペクトルの結果から、4.2～4.3 Hzに卓越した振動数があることが分かる。この固有振動数に着目した外気温との相関図を図-6に示す。相関図から、外気温の上昇・下降に応じて主ケーブルの張力が変化し、固有振動数が変化している傾向が分かる。

この傾向は大阪北部地震前後でも変わらず、地震による主ケーブルへの被害はなかったと考えられる。図-7ではP5-P6径間の上部構造の支間中央で計測した鉛直方向の加速度波形と、その波形に対して2.6～2.8 Hzのバンドパスフィルター処理を施した後の波形を示している。図-7(2)から上下線が逆位相で振動しており、1面吊り構造である上部構造がねじり振動をしていることが分かる。

5. さいごに

今回、newron®の無線通信技術を活用した生野大橋のモニタリングを行った結果、支承変形量や主ケーブルの固有振動などの長期トレンド分析による常時および地震後の健全性把握、また、それらの値と外気温との相関から設計値との比較・検証が可能であることが分かった。今後もnewron®のモニタリングシステムを用いた長期トレンド分析を継続し、橋梁に生じる変状等に対して維持管理の効率化に努める。また、生野大橋等、新名神高速道路で培ったnewron®の技術とモニタリングに関する知識を、供用中の路線にも展開することで、高速道路の安心・安全の向上に貢献していく所存である。

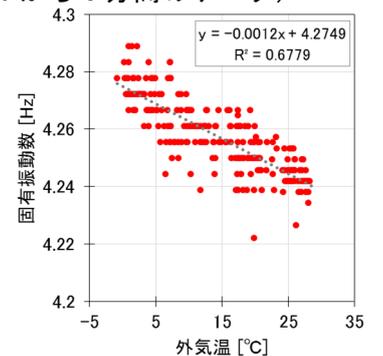
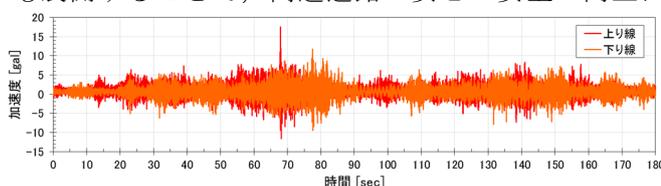
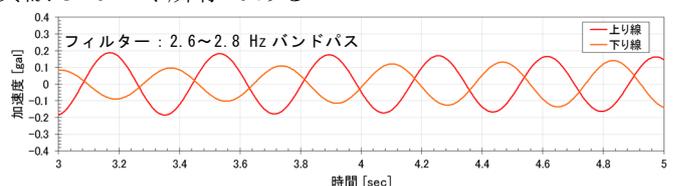


図-6 主ケーブルの固有振動数と外気温の相関図 (21時のデータ)



(1) 上下線の時刻歴波形



(2) 上下線の時刻歴波形(フィルター処理後)

図-7 P5-P6径間上部構造支間中央の鉛直方向加速度波形(2019.02.28 21:00 から3分間のデータ)