

IoT センサを用いた常時モニタリングによる PC 箱桁橋梁の地震時の挙動計測

日揮 (株)	正会員	○吉村 直樹
東日本高速道路 (株) 東北支社	正会員	樋本 智
東日本高速道路 (株) 東北支社	非会員	倉持 尚子
(株) ネクスコ・エンジニアリング東北	非会員	池田 昂矢

1. 概要

NEXCO 東日本は高速道路資産を永続的に健全な状態で保ち、安全・安心な高速道路サービスを提供するため、予防保全的観点も取り入れた大規模更新及び大規模修繕事業を平成 27 年度から取り組んでいる。事業の一環として、損傷が顕著な RC 床版等の構造物について、IoT センサを用いた遠隔管理による構造モニタリング技術を採用し、計測データの分析から劣化の進展や損傷の早期検出、また急な変状を検知した際のアラートメールの発信により、迅速な現地調査を行う体制を構築するなどの運用を行っている。

本報告では、材料劣化の進展監視を目的とした高速道路 IC ランプ橋梁の常時モニタリングにおいて、令和 3 年度に発生した地震時の挙動計測について報告する。

2. 構造ヘルスモニタリングの仕様

(1) モニタリングの目的

当該橋梁は、図-1 に示す 3 径間連続 PC 箱桁の構造形式で、昭和 50 年に竣工し供用開始後約 48 年が経過しており、主桁コンクリートには ASR による材料劣化が原因と診断されるひび割れ・はくり等が確認されている。平成 29 年より材料劣化の進展の有無を把握するため IoT センサを用いた構造モニタリングを開始した。

(2) モニタリングシステム概要

光ファイバセンサを用いたモニタリングシステム（データ集積ユニットの常設、AC 電源供給、センサ長 1m、専用クラウド）を採用した¹⁾。本システムの特徴として、100Hz のサンプリング周波数による常時監視、閾値超越時のアラートメール発信およびイベント発生時の動的データ自動保存、遠隔操作によるデータ収集、全センサ同期データ取得、などが挙げられる。

光ファイバを用いた光学ストランドセンサは、センサ固定部 2 点間の相対変位を 1μ オーダーで計測する、つまり 1m 間の平均ひずみが出力値となる。構造不連続部などに生じる局所的なピーク応力に影響されず構造部材に作用する平均的な挙動を把握できることからコンクリート構造物などの部材耐力の測定に有用である。

キーワード 常時モニタリング、地震時の挙動計測、光学ストランドセンサ、スペクトログラム分析

連絡先 〒220-6001 横浜市西区みなとみらい 2-3-1 日揮株式会社 OSMOS グループ osmos@jgc.com / TEL045-307-4744

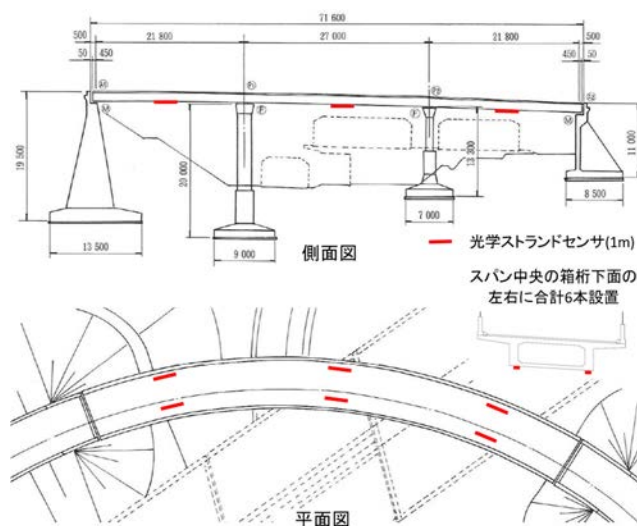


図-1 モニタリング対象橋梁



写真-1 モニタリングシステム設置状況



写真-2 光学ストランドセンサ設置 PC 箱桁下面

(3) システム設置

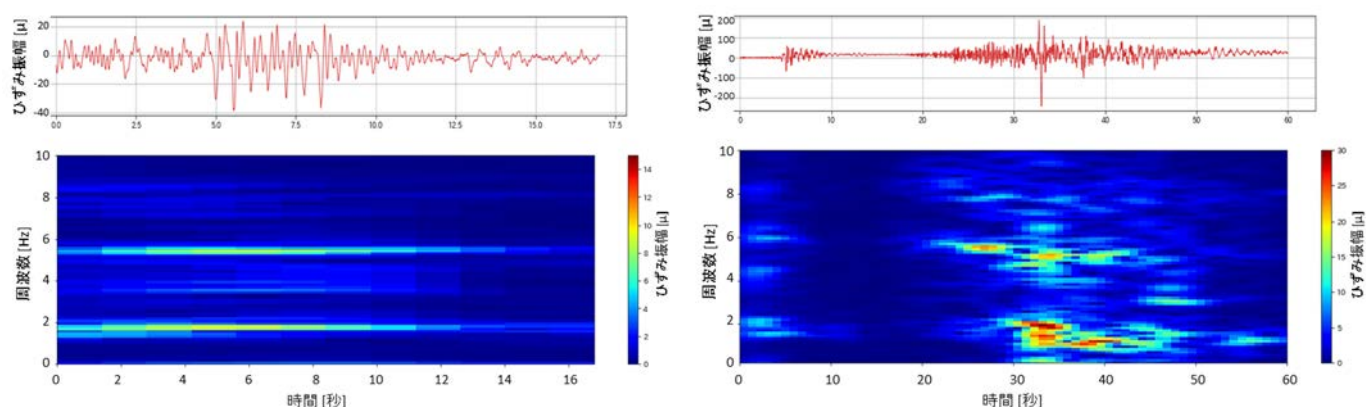
光学ストランドセンサは、当該橋梁の3径間それぞれのスパン中央のPC箱桁下面(左右端)の橋軸方向に合計6本を設置した(図-1)。またデータ集積ユニットは、橋台下に設置した仮設物置小屋内に保管し、各センサ位置まで有線ケーブルにて配線している。モニタリングシステムの設置状況を写真-1 および写真-2 に示す。アラートメール発信のトリガーとなる動的ひずみ振幅の閾値は、車両載荷試験等より設定している。

3. 地震時の挙動計測

(1) 地震時のひずみ計測とデータ分析結果

モニタリングを開始した2017年以降は、季節および日ごとの温度変化の影響が支配的となる安定したひずみ変動を示しており、異常を示すような挙動は確認されていない状況であった。2021年5月1日(宮城県沖M6.8 震度4)および2022年3月16日(宮城県沖M7.3 震度6)に発生した2度の地震では、PC箱桁の下面に設置している光学ストランドセンサにて、事前に設定していた閾値 42μ を超える急激なひずみ変動が生じ、アラートメールが発信された。システムが自動保存したそれぞれの地震時の動的ひずみ変動を図-2に示す。

地震時の動的ひずみデータについてスペクトログラム(周波数分析を時間的に連続して行う手法)を用いた固有振動特性の分析を実施した。図-2に示す2つの地震時のひずみ変動と分析結果を比較すると、規模の大きな2度目の地震では、瞬間的なひずみ振幅が 400μ を超えており、スペクトログラム分析からは最大ひずみ振幅が計測された時間付近にて固有振動特性に変化を示す特徴が表れていることが確認できる。



(1) 2021年5月1日(宮城県沖M6.8 震度4)

(2) 2022年3月16日(宮城県沖M7.3 震度6)

図-2 地震時のひずみ計測データおよびスペクトログラム分析結果

(2) 地震後の安全な交通環境の維持

震度6を記録した2度目の地震後に実施された現地調査では、支承ボルトの破断および橋梁両端部の伸縮装置部付近の橋面上アスファルト舗装が盛り上がる損傷が確認されたため(写真-3)、速やかに応急補修を実施した(写真-4)。現地調査では桁本体にはひび割れ等の目立った損傷が確認されていないこと、計測データから過大な残留ひずみ等も検出されていないことなどから、図-2(2)に示される固有振動特性に表れた変化は、支承構造の損傷が境界条件に影響を与えたことが原因である可能性が考えられる。なお、地震後も本システムを用いた監視を継続しており、計測値に異常は見られず、安全な交通環境を維持することができている。



写真-3 2022年3月16日地震直後の現地調査状況



写真-4 応急補修後の状況

参考資料

1) OSMOS 技術協会 HP : <https://www.osmos.jp/>

本資料の複製・転載・改変・再配布を禁止します。