

IoT センサーを使った PC 桁橋の健全性モニタリング報告

大日コンサルタント (株) 正会員 ○町 勉
 大日コンサルタント (株) 正会員 高橋 篤史
 大日コンサルタント (株) 正会員 笠井 利貴

1. はじめに

近年、社会資本の維持管理の重要性が高まる中で、社会資本の老朽化対策のひとつとしてモニタリングが注目されているが、実務的な技術として普及していないのが現状である。

静的なインターバル計測が有効な法面や土留め構造物などを対象としたモニタリングシステムでは実用化されている技術があるものの、橋梁のように活荷重の影響を受け動的な計測・監視が求められるものについては、膨大な動的なデータが扱いきれないというソフト面の問題から実務的なレベルで完成しているものはない。また、不均一な材料で構成されるコンクリート構造物の場合、従来技術では長期間安定的にマクロ的な構造物の挙動（変形）をとらえることが困難というハード面の問題もあり、これもモニタリングシステムが普及しない一因となっている。

本報告では、バッテリーとデータ収集装置を内蔵して自立的に作動する光学ストランド伸縮計と通信装置を使って実施・継続している PC 桁橋の健全性遠隔モニタリングについてその概要を報告する。

2. 対象橋梁の構造的な特長と損傷

当該橋梁は、PC 連結方式 3 径間連続合成桁橋であり、現場ヤードで製作した単純桁を架設した後に、中間橋脚上で床版内に配置された PC ケーブルによって連結し連続桁化している。（図-1）

1964 年に供用開始以来 60 年近く経過し、コンクリート床版の損傷（土砂化）が多数発生しており、中間支点付近に発生した床版の土砂化においては桁を連結する PC ケーブルの破断が確認されている個所もある。加えて、PC ケーブルの破断に起因した主桁の連続性の低下（単純桁化）が疑われるような主桁の損傷も確認され、さらなる単純桁化の進行・健全性の低下が懸念された。

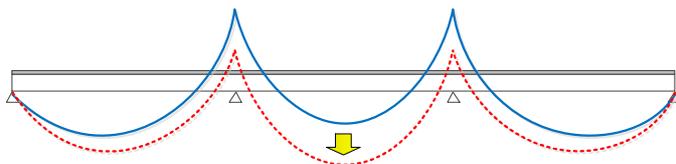


図-2 連続桁の単純桁化のイメージ

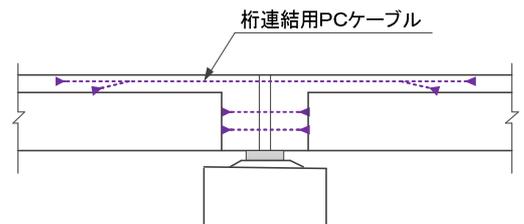


図-1 床版内に配置された連結用 PC ケーブル



写真-1 床版の土砂化による連結用 PC ケーブルの破断

3. モニタリングの概要

(1) モニタリングシステム

モニタリングには『LIRIS』（NETIS 登録：KT-200126-A）を使用した。

このシステムは、センサーごとにバッテリー、計測装置、通信装置を内蔵し、センサーひとつひとつが自立的に作動する。センサーは 1m の光ファイバより線を使用し、固定した 2 点間の相対変位をサンプリング周波数 50Hz で動的に計測してその平均値が 1 時間毎に通信装置によってクラウドサーバーへアップロードされる。

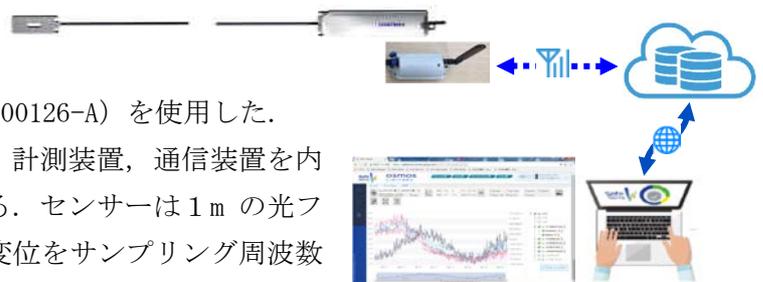


図-3 モニタリングシステム

キーワード IoT センサー、PC 桁橋の健全性、遠隔モニタリング、光ファイバより線、相関係数

連絡先 〒500-8384 岐阜市藪田南 3-1-21 大日コンサルタント (株) TEL 058-271-2501

ユーザーはIDとパスワードで保護されたWebサイトにアクセスすることによりデータを共有できる。(図-3)

(2) 計測箇所

計測箇所は、損傷の著しい桁 (AL-2, BL-1, BL-2) と活荷重によるひずみ応答が近似する健全な桁を選定し、支間中央の主桁下フランジ下面に上り線 3 台、下り線 5 台のセンサーを設置した。(写真-2, 図-4)



写真-2 センサー設置状況

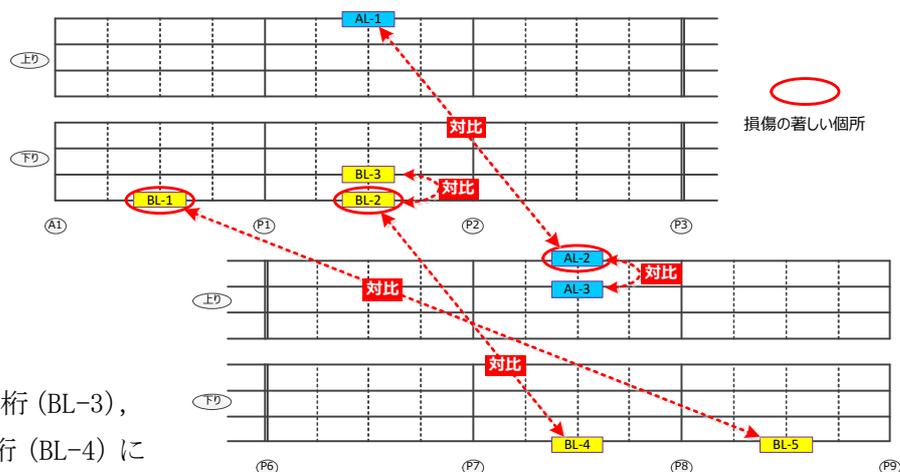


図-4 センサー設置箇所 (平面図)

4. モニタリング結果の評価

損傷の著しい桁 (BL-2) とその隣接桁 (BL-3), 活荷重によるひずみ応答が近似する桁 (BL-4) における 6 ヶ月間のモニタリング結果を図-5 に示す。計測されたひずみには、活荷重や温度変化の影響、温度差による桁の反り、桁の劣化損傷による剛性の変化など様々な影響が含まれており、個々の桁のひずみから劣化損傷の影響を分離・抽出することは困難である。このため、個々の桁に生じたひずみそのものを評価するのではなく、複数の桁に生じたひずみを比較することによって状態の変化をマクロ的に把握しようと考えた。

ここでは、7日間 (168時間) の相関係数の変化とひずみの差の平均値の変化によって健全性 (剛性の変化) をマクロ的に評価している。

2020年5月にモニタリングを開始以来、目立った変化はなかったが、2020年11月下旬頃からBL-2において相関係数の低下が認められた。

現状では、目視で確認できるような損傷の進展は見られていない。

5. おわりに

従来のモニタリングでは個々の桁に生じたひずみを分析することに偏りすぎて膨大な動的データの処理に腐心していたが、健全性 (劣化損傷による構造系の変化) をマクロ的に捉えるための一手法として複数の桁に生じたひずみを相対的に評価する方法が有効であることがわかった。

今後、種々の構造形式の損傷に対して、その進展をマクロ的にとらえるセンサーの使い方と評価手法を確立することが実務的なモニタリングの普及につながると考える。

参考文献

- ・ 高速道路におけるリニューアル工事着手までの鋼橋 RC 床版モニタリング報告, 平成 31 年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会, CS9-43

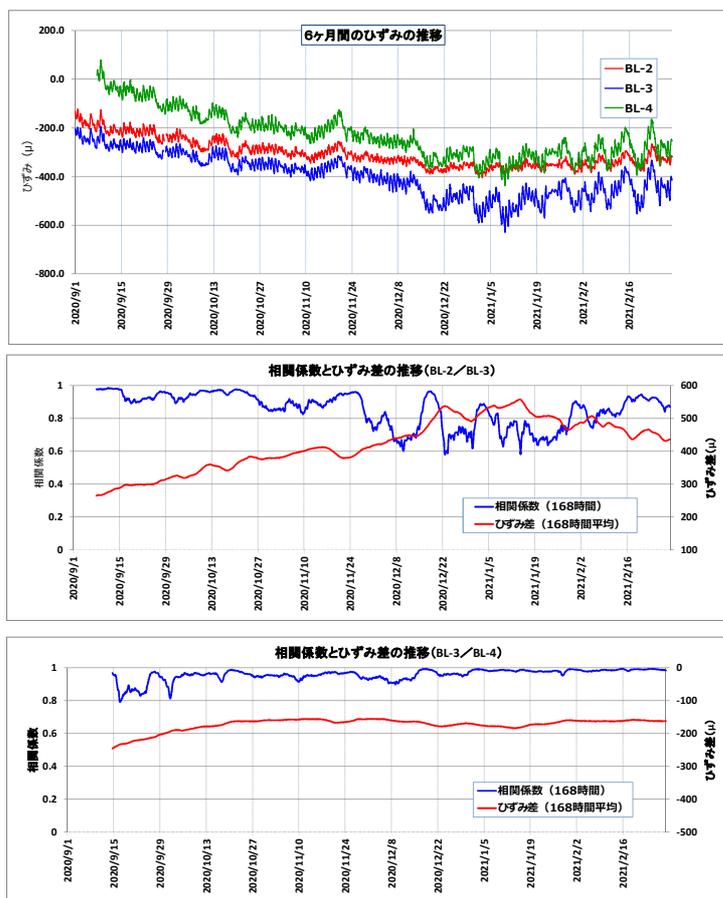


図-5 モニタリング結果 (2020.9~2021.2)