

省電力ワイアレスセンサによる橋梁モニタリングシステムの開発 2 (特性カルテ)

オムロン ソーシャルソリューションズ(株) 正会員○黒田卓也 正会員 西田秀志 正会員 高瀬和男
東京工業大学 正会員 佐々木栄一

1. はじめに

近年、高度経済成長期に一斉に建設された橋梁や建物など構造物の老朽化が進む中、その健全性を維持・管理していくことが社会的課題となっている。道路管理においては、道路構造物の健全性を維持し、利用者の安心・安全を確保するため、5年に一度の近接目視点検が義務化され、適切な補修、補強を含めた橋梁の維持管理が確実に進められてきている。一方、構造物の数が膨大であること、健全性診断には高度な技術者が必要であることから、維持管理を適切な周期で実施することが難しく、モニタリングによる監視に期待が寄せられている。筆者らは、省電力無線センサを活用した、屋外で長期使用可能な遠隔モニタリングシステムを開発し、橋梁の健全性モニタリングの国土交通省の現場で長期間実証してきた。モニタリングにおいては、計測されるデータの持つ意味が重要であり、その変化の要因を知ることで、構造物の適切な維持管理に活用できるものと考えている。¹⁾ 本報告では、構造物に外部から作用する外部要因（インプット）と、それに伴う構造物の反応を示す応答（アウトプット）の関係を示す「特性カルテ」による構造物の健全度診断に活用する検討結果について報告する。

2. 特性カルテの考え方

構造物に外部から作用する活荷重、地震、強風、飛来塩分、温度変化などの外部要因をインプットとし、それに伴う構造物の応答である振動やひずみ、変位などの応答値をアウトプットとして、その対応関係を評価指標とすることで、構造物の損傷・劣化における変化を捉えられる。著者らは、これら外部要因および構造物の応答を、センサにより計測、定量化して評価指標としている。センサによる計測値は外部要因および使用するセンサ、計測方法によりばらつきが生じる。センサ（加速度センサ、ひずみセンサなど）は温度特性を持ち、構造物（特に鋼構造物）も温度により伸縮特性があることから、センサの計測値は季節、また朝夕でも変動することになる。これら変動が構造物の挙動を解析する上で、非常に重要な意味を持ち、計測システムを含めて、計測対象となる構造物の「特性」と考えている。図-1に示すように、時系列の変化を含めて、構造物の特性を示す計測値を「特性カルテ」と呼び、継続的な計測により、構造物モニタリングを提案している。

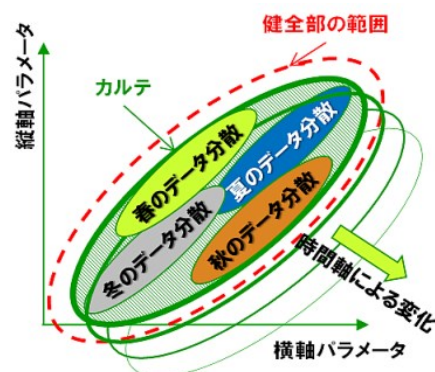


図-1 特性カルテ概念図

3. 特性カルテ

表-1 特性カルテ

著者らは2015年10月より、毎日5分間の定期計測を3時と15時の2回実施し、平常時の橋梁の挙動を示すデータとして、加速度センサ、ひずみセンサのデータを蓄積している。その中で、桁の剛性を評価するための指標として、表-1に示すパラメータにより特性カルテ化を進めている。

センサ	特性カルテ		活用方法
	横軸	縦軸	
加速度	温度	固有周波数	振動数変化
	活荷重	桁たわみ	通行車両重量と桁たわみの相関
ひずみ	時間	中立軸	中立軸の位置変化
	活荷重	桁ひずみ	通行車両重量と桁ひずみの相関

計測しているデータは、加速度、ひずみのみであるが、それぞれの計測データを活荷重、固有周波数、中立軸

キーワード 省電力、無線、モニタリング、特性カルテ、加速度、ひずみ

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 2-3-13 オムロン ソーシャルソリューションズ株式会社 TEL 03-6718-3741

など、構造物の特性を表す指標に加工し、多方面から剛性低下の評価手法を検討している。これら特性カルテについて紹介する。

①固有周波数

損傷による剛性低下により、構造物の固有周波数が変化し、振動特性が変化することに着目し、特性を調べた。図-2 に横軸を温度とし、縦軸に鉛直5次までの固有周波数の値を示す。年間の温度変化による変動は、高次になるほど若干の変化を示すことがわかり、また、各次数において計測値には $\pm 0.3\text{Hz}$ 程度のばらつきを確認した。これら温度特性、ばらつきを含めて、対象橋梁の平常時の剛性特性を示す指標であり、剛性低下の評価に活用可能である。

②中立軸

剛性低下の診断において、橋軸方向での断面応力の把握は有効である。桁上下フランジにひずみセンサを設置しそれぞれの引張、圧縮ひずみから中立軸を算出した。図-3 に横軸を時間軸、縦軸を中立軸として、2016/9～2018/1 まで計測した中立軸の分布を示す。対象橋梁では、ねじれの影響により2つの中立軸が存在することが分かった。この中立軸の位置変化も対象橋梁の剛性特性を示す指標である。

③活荷重－桁ひずみ

平常時のインプット情報としての活荷重のモニタリングは有効であり、インプットに対する橋梁の応答（アウトプット）として桁のひずみを計測することで、剛性低下の可能性を評価できる。図-4 に計測位置、図-5 に計測データおよび、図-6 に相関特性を示す。図-6 の傾きは桁の曲げ剛性により関係付けられていると考えられ、2016、2017 年の比較において高い相関で非常に近い分布が得られている。この傾きも橋梁の剛性特性を示す指標であり、橋梁モニタリングに活用可能と考える。

5. まとめ

本稿では、筆者らが考えるモニタリングにおける「特性カルテ」について示した。これら特性カルテを活用することで、構造物の特性を明示的に把握し、健全度を定量的に認識することが可能となる。また、これら特性カルテを利用して構造物の劣化状況を知るための劣化シナリオについても検討を進めている。最後に、本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」に関連した、国土交通省の「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」によって得られた成果を利用しました。計測の場所を提供していただいた国土交通省の皆様には紙面を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

1)高瀬和男, 西田秀志, 黒田卓也, 佐々木 栄一: 省電力化を図ったワイアレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステムの概要, コンクリート工学, Vol.56, No.1, pp.112-117, 2018.1

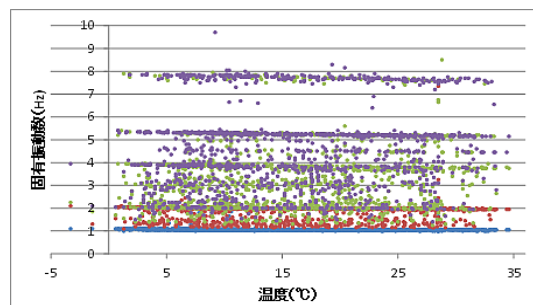


図-2 固有周波数

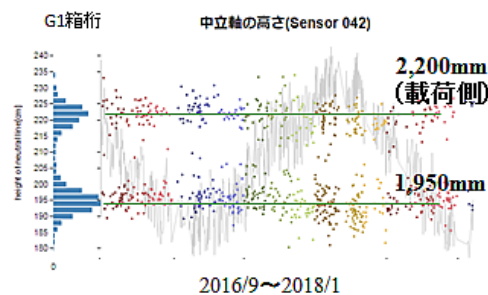


図-3 中立軸

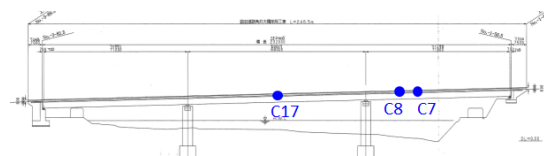


図-4 活荷重, 桁ひずみ計測位置

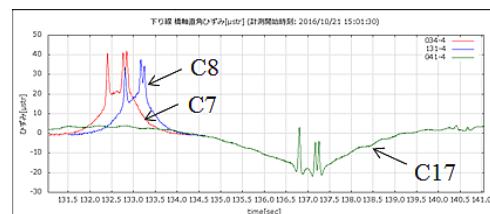


図-5 活荷重, 桁ひずみ計測結果

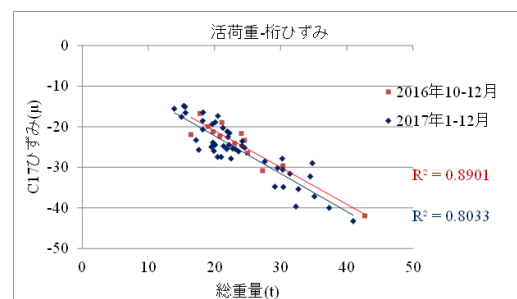


図-6 活荷重, 桁ひずみの相関