

小型 IoT センサを用いた橋梁の構造ヘルスマニタリング手法の実証実験

群馬工業高等専門学校 学生会員 ○木暮 悠暁 群馬工業高等専門学校 正会員 井上 和真
 新潟大学 学生会員 大川原 大智 立命館大学 正会員 川崎 佑磨

1. はじめに

我が国では、豪雨や暴風による災害が多数発生している。また、近い将来南海トラフ地震や首都直下型地震などの大地震が高い確率で発生することが予測される。この現状に、被害の最小化と災害発生時の迅速な対応が求められている¹⁾。また近年の問題点として、人口減少や高齢化が進む地域における災害時の対応がある。災害時には多くの人出を要するため、そのような地域では見回りが困難という問題がある。日本全国には 72 万橋の橋梁があるが、7 割は市町村が管理を行っている²⁾。その全ての橋梁において、構造物が災害に対する性能を発揮できる状態なのか、災害発生後の構造物の被災度はどの程度なのかを把握するのは難しい。また、橋梁は 5 年に 1 度、近接目視を行うことが義務付けられている。しかし、近接目視を行える技術者が地方には少ないという問題がある。このような問題を解決する方法の一助として、IoT 技術を活かした橋梁の構造ヘルスマニタリング技術が挙げられる。

本研究では、シングルボードコンピュータである Raspberry Pi を使用した小型 IoT センサ (図 1) の製作を行い、構造物のモニタリングを行うこととした。本研究は地方自治体が管理する橋梁を対象としたが、全国の橋梁の全てで適応可能なシステムを目指す。

2. モニタリングの対象とする橋梁

モニタリング対象橋梁の A 橋 (図 2, 図 3) は、下仁田町が管理する橋梁であり、2004 年に竣工した供用 18 年の 5 本の鋼桁と RC 床版を有する 2 径間連続橋である。通行量は、大きなトラックが 1 日に複数回往来し、穏やかな交通量である。各主桁に水平力分散ゴム支承が設置されている。G1 から G7 において、外観では、オゾンや紫外線劣化による表面ひび割れもなく、残留ひずみも少ないため、良好な状態であると推察できる。

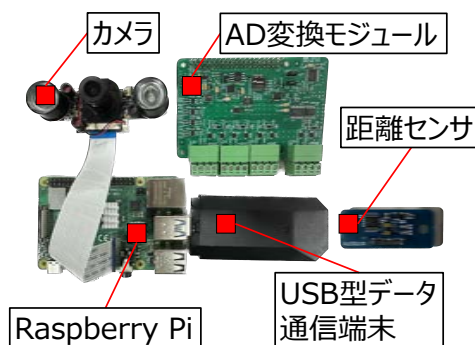


図 1 IoT センサに使用した各モジュール



図 2 A 橋の全景

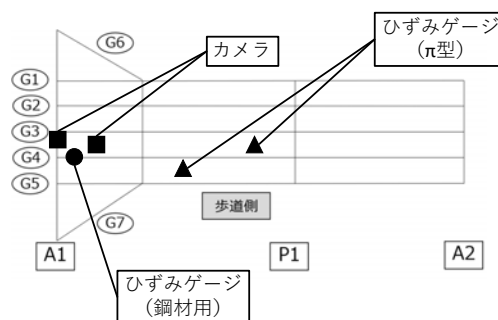


図 3 A 橋の主桁配置図とセンサの設置箇所

A 橋は片側 (G5 側) が歩道となっている。その歩道側の RC 床版下面の様子は、橋軸直角方向に幅 0.1mm 程度のひび割れが複数確認でき、さらにそのひび割れから遊離石灰が析出している箇所も複数確認された。一方で、車道側 (G1 側) の RC 床版下面では、いくつか橋軸直角方向のひび割れは確認できたが、歩道側よりも少ない。また、遊離石灰は確認されなかった。

3. IoT センサによる計測項目と計測方法

3.1 IoT センサの構成と計測項目

A 橋の各センサは、図 3 に示すように取り付けを行なった。センサは災害の際の停電時にも稼働をしなければならないため、100W の太陽光パネルを 2 枚設置し、50Ah の鉛蓄電池 2 台に電気を貯めることとした。曇りの日が 3 日程度続いても、稼働するように鉛蓄電池の選定を行った。実際に設置したケース内部の写真を図 4 に示す。発電した電気は発電用チャージコントローラーにより制御され、鉛蓄電池に蓄える。また、鉛蓄電池からインバーターを使用し、交流に変換を行った。

A 橋の現地調査結果を踏まえ、設置計画を作成し、各種計測を開始した。IoT センシングにより計測を行なった項目の一覧を表 1 に示す。計測頻度について、基本の取得間隔を設定し、豪雨時など必要な場合は、遠隔操作で適宜変更する。また、撮影されたデータは、クラウド上にアップロードする。

3.2 IoT センサの各構造部材への設置方法

支承を撮影するカメラは塩化ビニル管を使用し、防水対策を行なった。G3 の支承の橋軸方向の変位を撮影できる位置にカメラモジュールを取り付けた。また、支承から 1cm 程度離し、メジャーを貼り付けたアクリル板を設置した。距離センサも同様に、塩化ビニル管を使用し、防水対策を行い設置した。本 IoT センサは支承の変位を離れた場所からモニタリングを可能にすることを目的としている。

また、RC 床版を撮影するカメラは G3 と G4 のフランジ部に木板と万力を使用して設置した。カメラモジュールは防水対策をした上で、RC 床版下面を撮影できるよう設置した。RC 床版下面のひび割れの発生や、進展を離れた場所からモニタリングを可能にすることを目的としている。

4. IoT センサから取得したデータについて

IoT センサによって取得したデータはクラウドに接続できれば、どこからでもダウンロードを行える。温度変化による、桁の伸縮の際にそれに対応して、支承も変位が発生する。その際に桁の伸縮に対応して変位が発生していれば、支承はその機能を維持していると言える。計測結果より、A 橋の支承は変位が発生していたため、機能を維持していると考えられる。

表 1 IoT センサによる A 橋の計測項目

対象箇所	計測対象	データの取得方法	計測頻度	目的
RC床版	下面のひび割れ	写真	1枚/日	劣化・損傷の進展などの確認
		ひずみゲージ(π型)	1データ/時間	
積層ゴム支承	積層ゴム支承のせん断変位	写真	1枚/時間	変位履歴
		ひずみゲージ(鋼材用)	1データ/時間	鋼桁の伸縮量の推定
		距離センサ	1データ/30分	変位履歴

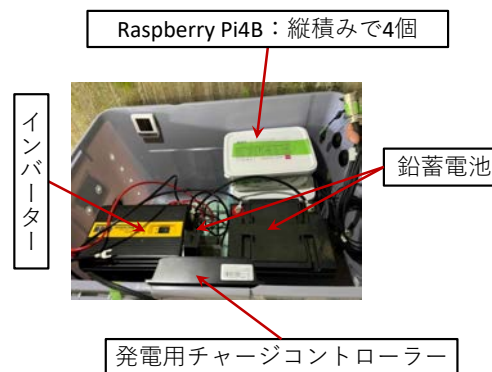


図 4 実際に設置したケース内部の様子

IoT センサによって撮影された RC 床版の画像データは、クラウドに接続できれば、どこからでもダウンロードを行える。画像データからは小さなひび割れを鮮明に視認することができた。このことより、ひび割れの進展や、新規のひび割れを離れた場所から十分に観測できるのではないかと考えられる。

5. まとめ

本研究では、A 橋にて、IoT センサを設置し、現状、安定して稼働することが確認された。また、ひび割れの進展や発生、支承の変位をリアルタイム且つ遠隔で確認できる状態にある。今後、IoT センサを長期的に動かし、モニタリングを安定して行っていくことが期待される。

また、研究の発展性として、加速度センサなどの様々なセンサを使用し、橋梁の様々な状態をリアルタイムで観測を行いたい。

参考文献

- 川崎ら：小型 IoT センサを活用した実橋梁における構造ヘルスモニタリング土木学会，地震工学委員会，第 42 回地震工学研究発表会講演集，C11-32，2022 年 10 月。
- 道路構造物の現状（橋梁）：
https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1_1.pdf
(2022 年 10 月 18 日閲覧)