

太陽光発電で稼働する IoT センサによるひずみの長期モニタリング

立命館大学 学生会員 ○小西 優真

立命館大学 正会員 川崎 佑磨

群馬工業高等専門学校 正会員 井上 和真

1. 研究背景・目的

近年、日本ではインフラ設備の高齢化が問題となっている。建設後 50 年を超えた橋梁は 2023 年には 43%, さらに 2033 年には 67% へ増加することが見込まれ、維持管理において、損傷箇所の同定や損傷程度の確認が重要視されている。そのため、橋梁の IoT システムの開発が進んでいる。また、防災において、災害後の損傷箇所の同定や損傷程度を遠隔で確認できることは非常に有効である。このことから、維持管理だけでなく防災においても、IoT システムを利用することが期待されている。しかし、橋梁管理者の多くは地方自治体であり、コストや技術者などの制約がある場合が多い。また、地方自治団体の管理区域は広範囲であるため、遠隔で橋梁の状況確認が可能なシステムは有用である。IoT システムの設備投資を最小限にすることで、コストを制約内に抑え、広範囲の橋梁の健康状態や損傷箇所を評価することができる。さらに、IoT センシングを簡潔に構築することで、IoT センサの設置、情報の管理などのシステムの運用で、高度な専門的知識を必要としない簡潔なシステムとすることができる。

そこで本研究では、多くの橋梁に導入することのできる安価で簡潔な IoT センシング・モニタリング技術の開発を行った。

2. IoT システム概要

開発した IoT システムを図-1 に示す。IoT システムは、大川原・井上らの開発した IoT センサをもとに開発を行った¹⁾。開発した IoT センサに I 型ひずみゲージや π 型ひずみゲージなどのセンサモジュールを接続し、橋梁のひずみのデータを取得した。取得したデータはグーグルドライブなどのクラウドサービスに送信、保存し、データの利用者は、離れた場所からクラウドサービスに保存されたデータを確認することができる。また、電力には太陽光発電を利用した。太陽光パネルをバッテリーに接続することで電力を蓄え、曇りの日や夜間などの太陽光で発電が行えない状況においても電力を供給できるようにした。これによって、開発した IoT センサは特定の場所から電力を供給する必要のない自立した IoT センサとして機能し、遠隔での情報の取得を可能にした。

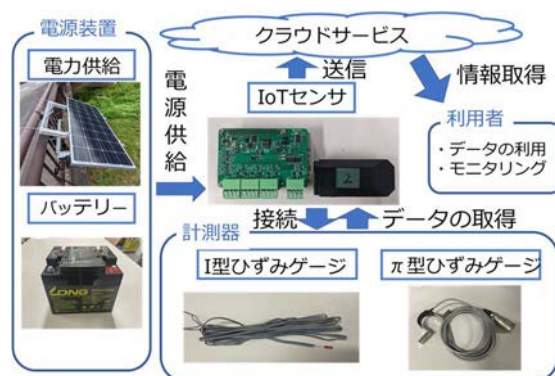


図-1 IoT システム

3. 対象橋梁

図-2 に示す群馬県内の林道橋を対象とし、開発した IoT システムを設置した。橋長 55.500m の 2 径間連続橋であり、A1 側に大型車両進入のための拡幅部が設けられている。A1 側の橋台へは、河川敷より容易にアクセス可能である。IoT センサなどは、コンテナボックスへ収納し、A1 橋台の橋座に設置した。



図-2 対象橋梁

キーワード IoT センシング, 維持管理, ひずみ, 長期モニタリング

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1

立命館大学 小西優真 TEL080-3817-2655

4. IoT システム設置箇所

橋梁の各種ゲージ設置箇所を図-3 に示す。ソーラーパネルやIoT センサを収納したコンテナボックスを設置し、RC 床版の疲労によるひび割れ進展の計測に π 型ひずみゲージを橋軸方向に、鋼板の伸縮の計測に I 型ひずみゲージを橋軸方向に設置した。歩道側の拡幅部付近に設置した π 型ひずみゲージの対象ひび割れには、遊離石灰が析出していた。

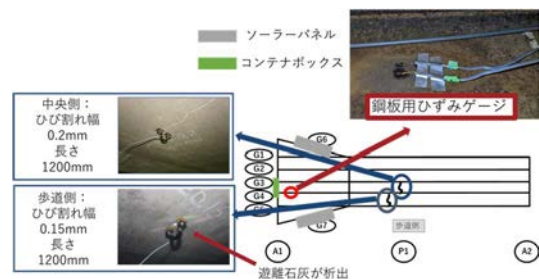


図-3 IoT システム設置箇所

5. IoT センサによる実橋のひずみ取得結果

2022 年 9 月 21 日から 12 月末までの実橋梁で得られた π 型ひずみゲージのデータを図-4 に、I 型ひずみゲージのデータを図-5 に示す。図-4、図-5 において、空白部分は、日射量が少なく電力供給が少なかったため、電力が不安定となり、計測されていない、大きく値が異なっているなどのデータをエラー値として削除している。 π 型ひずみゲージでは、プログラムに不備があり、図-4 のようにプログラム変更前と変更後を表している。 π 型ひずみ設置箇所において、歩道側と車道側では、橋梁の拡幅部の影響によって振動が伝わりやすく、歩道側のデータの変動が大きくなることが予測される。図-4 より、橋梁中央部に比べ、歩道側の開口幅の変動が大きくなり、予測していたデータの傾向が確認できた。また、歩道側は中央部に比べ、疲労や拡幅部の影響によって開口幅が大きく変動し、遊離石灰が析出していると考えられる。このことから、ひび割れの開口幅の変動を IoT センサで計測することができたと考えられる。I 型ひずみゲージ設置箇所では、気温の変化によって橋梁が伸縮し、ひずみ値が変化すると予測される。図-5 より、鋼板のひずみ値の変化と気温の変化に相関がみられた。このことから、橋梁の伸縮によって生じたひずみを IoT センサで計測することができたと考えられる。

以上より、開発した IoT システムを用いて、ひび割れの開口幅の変動、鋼板のひずみの変化を計測することができた。しかし、太陽光発電の電力の不安定さなど課題解決の検討が必要である。



図-4 π 型ひずみゲージ

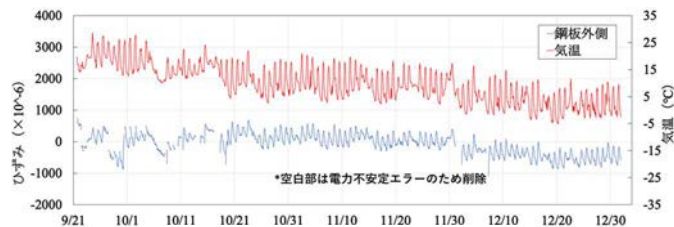


図-5 I 型ひずみゲージ

6. まとめ

本研究では、多くの橋梁に導入することのできる簡潔で安価な IoT センシング・モニタリング技術の開発を行った。本研究で得られた結論を以下に示す。

- 1) ひび割れの進展を開発した IoT センサで計測することができると考えられる
- 2) 橋梁の伸縮によって生じたひずみを開発した IoT センサで計測することができると考えられる
- 3) 日照時間が少ない場合、IoT センサに供給される電力が低下し、機能しなくなることが分かった。そのため、現段階で使用している太陽光発電に加え、風力発電やその他の発電を検討する必要がある

謝辞

本研究の遂行にあたり群馬県 S 町役場から多大なるご協力を頂いた。また、高専ワイヤレス IoT コンテスト WiCON2022（採択校：群馬高専）、2022 年度近畿建設協会研究助成による助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 大川原・井上ら：防災および構造物の維持管理のための安価な小型 IoT センサの開発ならびに実現に向けた取り組み，日本自然災害学会，自然災害科学 41 (特別号), 45-53, 2022