

920MHz ワイヤレスシステムによる沖縄離島橋梁の遠隔モニタリング

東京工業大学 正会員 ○佐々木 栄一 東京工業大学 正会員 峰沢ジョージヴルペ
 琉球大学 正会員 下里 哲弘 東京工業大学 梅川 雄太郎
 オムロンソーシャルソリューションズ(株) 正会員 西田秀志 中尾慎一
 オムロン(株) 鮫島裕

1. はじめに

沖縄県離島を結ぶ橋梁は、台風等の強風に見舞われる可能性があり、最大風速 80m/sec を超える風が予想される場所に建設されている橋梁もある。これらの離島橋梁の強風時挙動および振動特性について情報を取得することは管理上有意義であると考えられる。そこで、本検討においては、強風時など人がアクセスできない状況下でも遠隔地からシステム制御しデータ取得可能なモニタリングシステムを開発し、台風時も含め長期間のモニタリングデータを取得、さらに、振動特性等の分析を可能とする仕組みの構築を試みた。システム構築の際、停電などで商用電源等の安定した電源が利用できない状況や長スパンの鋼箱桁内部での計測といったこれまでのシステムでは対応が困難であった課題に対して、920MHz 帯のワイヤレスセンサを開発・利用するなどにより対応した。ここでは、開発したシステムの特徴と取得したデータおよび分析結果の例を示す。

2. 対象橋梁および開発システムの要件

対象橋梁は、沖縄県にある離島架橋の3径間連続鋼箱桁橋であり、120m-180m-120m のスパンを有している。この鋼橋梁の挙動をモニタリングするためのシステムを構築するため、以下のような、大きく分けて4つの課題があった。

- (1) 電源の問題：商用電源等の安定電源が利用できない状況であり、かつ、強風時等には停電が予想されるため、そのような無電源供給環境に対応しなければならない。さらに、その環境下で長期計測を実現する必要がある。
- (2) コストの問題：設置コストをできる限り抑えけるとともに、平成25年6月からシステム設計をし、台風シーズンを迎える同年8月中に設置を完了するため、設置期間を短くする必要がある。
- (3) 通信距離の問題：ワイヤレス化を図る上で、鋼箱桁橋梁内部での計測のため、ワイヤレス計測での通信距離を延長する必要がある。
- (4) アクセスの問題：強風時現場に立ち入れない状況や常時現地で滞在していない状況でもデータ取得、設定変更可能でなければならない。

これらの課題への対応をシステムの要件として、システムの開発を行った。

3. 開発したシステムの特徴

上記4つの課題にどのように対応したのかを示し、システムの特徴を述べる。開発したシステムは、ワイヤレスセンサで、設定条件管理およびデータ収集を行う「基地局」およびデータを取得する「センサノード」で構成されている。センサノードは、加速度、温度、湿度、ACM センサやピエゾセンサの微弱電流を計測できるようになっており、GPS 電波により同期されている。計測する期間は、1年間以上とした。

- (1) 電源の問題へのソリューション：無電源供給環境に対応するため、センサノードは電池のみとし、基地局は充電池をソーラーパネルで充電する仕組みとした。

キーワード 橋梁, ワイヤレスセンサ, 電源, 加速度, 強風

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科 TEL 03-5734-3099

- (2) コストの問題へのソリューション：設置コストを抑えるため、ワイアレスシステムとし、さらに、センサ数を制限することとした。より多くの振動モード情報取得することを考え、P1 橋脚の両側スパン（側径間および中央径間）のそれぞれ半分の範囲を計測範囲とし、計測位置を各スパンの中央点および3分の1径間の点とした(図-1)。その際、ねじれの動きが取得できるように、各断面で2つつつセンサノードを設置した。また、P1 橋脚の上に1つのセンサーセンサノードを置き、計9つのセンサノードで対応することとした。なお、計測時間をより長く確保するため、この9つのセンサノードと基地局のセットを同じ設置位置に2セット設け、計測した。
- (3) 通信距離の問題へのソリューション：より長い通信距離を確保するため、1,000m 程度までの通信が可能とされる 920MHz 帯を利用した新しいワイアレスシステムを開発し、適用することとした。
- (4) アクセスの問題へのソリューション：FOMA 回線を利用し、インターネットにより基地局にログインすることで、全国どこからでも設定変更およびデータ取得ができる仕組みとした。

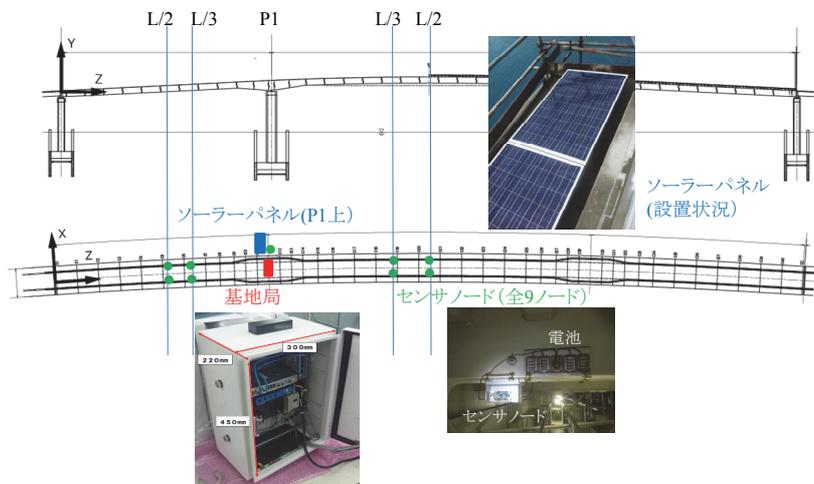


図-1 計測位置およびシステム

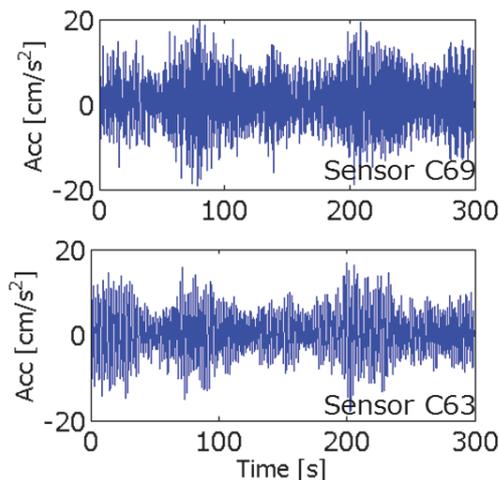


図-2 台風 23 号襲来時計測データの例
(上段：中央径間中央点，下段：側径間中央点)

4. 取得データおよびデータ分析の例

本システムによる計測は平成 25 年 8 月から開始し、データ取得を行っている。計測中、複数の台風が近傍を通過した。そのうち、台風 23 号は最も接近した経路を通過し、最大 40m/sec 程度の強風が記録された。その際に、計測されたデータの例を図-2 に示す。また、この際に取得したデータから、ERA 法等の解析方法の適用を試みた。ERA 法により解析した振動数は表-1 のようである。このうち、8 番目のモードがねじれのモードとなっている (図-3)。

表-1 解析で得られた振動数 (11 次まで)

Mode	Frequency [Hz]
1	0.489
2	0.887
3	1.088
4	1.718
5	2.742
6	3.19
7	3.758
8	4.883
9	5.963
10	6.145
11	7.536

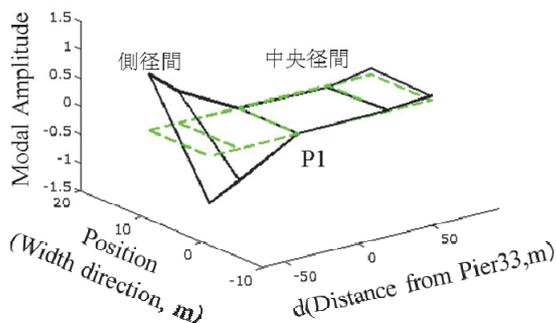


図-3 解析で得られたモード形 (8 次)

5. おわりに

減衰比や ACM センサの計測データについても分析を進めている。今後、常時のデータなどの活用も考えながら、詳細な情報が提供できるようデータ処理プロセスを組み立てているところである。