

雪寒地域の橋梁傾斜角モニタリングシステムの実証実験

日本仮設 (株) 正会員 ○日向 洋一 北見工業大学 正会員 宮森 保紀
 (株) 構研エンジニアリング 今泉 宜人 (株) 構研エンジニアリング 竹原 智久
 北見工業大学 正会員 三上 修一 北見工業大学 名誉会員 大島 俊之

1. はじめに

社会インフラの維持管理部門ではインフラの老朽化、技術者不足、点検費用の増大、自然災害等の対策のため、モニタリングに対する期待が大きい。しかしながら、北海道のような雪寒地においては、最低使用温度と通信距離の制限から普及が困難であった。そこで筆者らは、熱検知型 MEMS センサ(以下熱検知 MEMS)と LoRa 通信を活用し、雪寒地に対応した低廉かつ普及型の傾斜角モニタリングシステムを開発した。これまでに、低温実験室内における本センサの性能確認を行ってきた¹⁾。低温下における特性は把握できたことから、本稿では、実際の橋で実施した実証実験について報告する。

2. 実験方法

本実験は北海道内陸部の橋梁で冬期に行った。実験箇所の東は大雪山系、西は夕張山系に囲まれ、典型的な内陸性気候であり、冬期は降雪量が多く、厳寒期は -30°C 前後の最低気温が記録されることも多い地域である。対象橋梁の橋脚天端に本センサと計測通信端末を設置し、低温に加え凍結融解や降雨・積雪を受ける中で、実橋の傾斜角計測の安定性、LoRa 通信状況及び低消費電力システムの電源電圧等を長期的に検証した。本センサで計測した傾斜角データは、計測通信端末で統計処理後、LoRa 通信でゲートウェイに送信され、LTE とインターネット経由でクラウドサーバに保存され、Web アプリケーションで取得した。また、静電容量型 MEMS センサ(以下、静電容量 MEMS)、熱電対、水位計および半自動計測機器を設置して分析に必要なデータを得た。対象橋梁の諸元を図 2 に示す。図 3 にセンサ設置状況を示す。

3. 実験結果

2020 年 11 月 1 日から 2021 年 3 月 31 日の冬期間に実橋において実験を行った。実験地域の気象データを表 1 に示す。

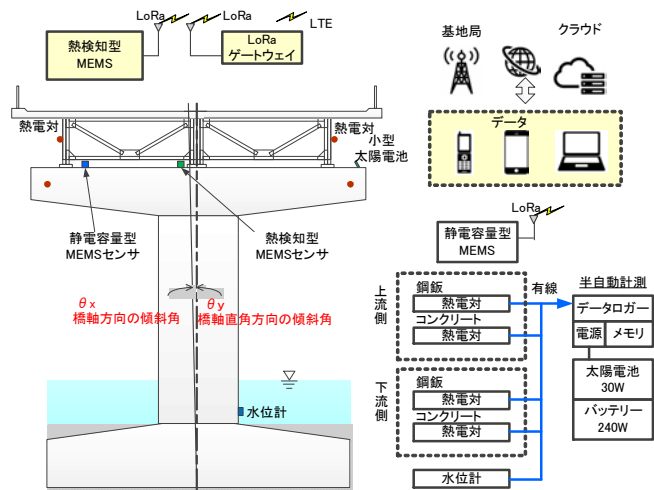
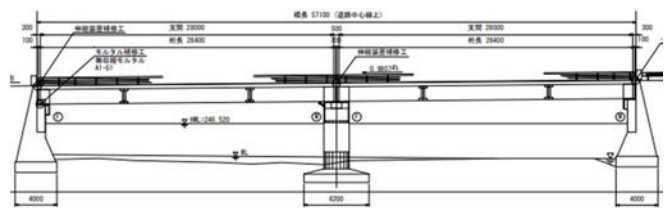


図 1 実験概要図



橋長	57.1m
支間割	2@28m
車道幅員	7m
上部構造形式	単純合成鋼鉄桁
下部構造形式	重力式橋台・橋脚(直接基礎)

図 2 対象橋梁の諸元

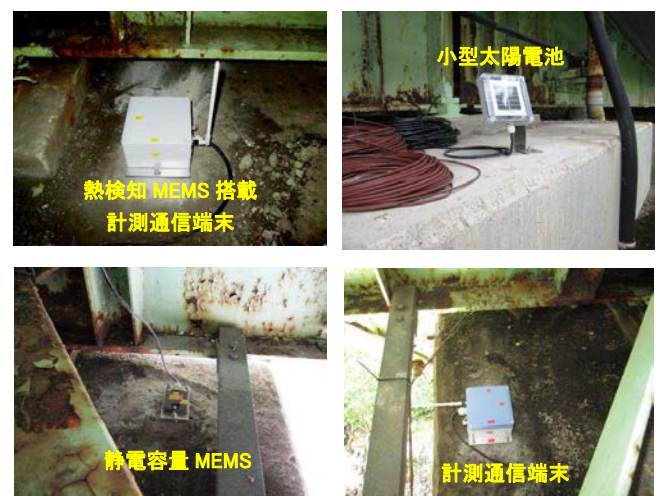


図 3 センサ設置状況 (P-1)

キーワード 橋梁下部工, 洗堀, モニタリング, MEMS センサ, LPWA, LoRa

連絡先 〒063-0836 札幌市西区発寒 16 条 14 丁目 6 番 50 号 日本仮設 (株) TEL 011-662-6231

日平均気温の最低は、 -9.1°C （1月）、最低気温は、 -28°C （12月）であった。日照時間の最低は、1時間/日（12月）であった。そして、降雪合計の最多は175cm（12月）であり、日降雪最大は、41cm（3月）と厳しい環境下での実証となった。

熱検知 MEMS のデータを図4に、静電容量 MEMS のデータを図5に、センサ内部温度と電源電圧データを図6に示す。先ず、熱検知 MEMS と静電容量 MEMS のデータの比較および統計分析結果について述べる。熱検知 MEMS は、X 軸、Y 軸共に 0.05° 以上のドリフト傾向が認められなかったが、静電容量 MEMS は、11月21日から、X 軸 Y 軸共にドリフト傾向がみられた。X 軸は12月16日から17日にかけて -0.04° シフトし -0.082° となった。Y 軸は12月31日に 0.107° を記録した。熱検知 MEMS と静電容量 MEMS の統計分析結果を見ると、熱検知 MEMS の平均値は X 軸 -0.014° 、Y 軸 0.004° であり、 3σ は、X 軸 0.038° 、Y 軸 0.029° であった。一方、静電容量 MEMS の平均値は X 軸 -0.023° 、Y 軸 0.006° であり、 3σ は X 軸 0.58° 、Y 軸 0.073° であった。熱検知 MEMS のばらつきは、静電容量 MEMS より X 軸で 34%、Y 軸で 60% 小さいことが分かった。ただし、熱検知 MEMS は、11月20日 4:00 に Y 軸 -0.071° 、12月22日 11:00 に X 軸 -0.056° を示したため、突発的な数値に対しては、クラウドサーバの閾値判定プログラムの検討が必要であることが分かった。次に、電源電圧の変動値について述べる。12月の日照時間は 30.1h と1日平均約1時間であったが、電圧低下は 0.1V であった。そして、日平均気温が 0°C 以下と真冬日が続いた12月から2月の期間の電圧低下は、 0.1V であり、低電力消費システムの有効性が確認できた。

4. まとめ

冬期、北海道内陸部の実橋で行った本実験により、熱検知 MEMS は静電容量 MEMS より、ドリフトが小さく、電源も安定動作することが実証された。今後は実橋の FEM を用いた橋脚洗掘に対する安全閾値の基礎的検討を踏まえて実用的なモニタリングシステムの検討を進めて行く所存である。

謝辞

本研究は（国研）科学技術振興機構 A-STEP および（公財）北海道科学技術総合振興センターの助成を受けました。ここに記して感謝申し上げます。

表1 実験地域の気象データ²⁾

月	気温 ($^{\circ}\text{C}$)			日照 (h)	降雪 (cm)	
	日平均	最高	最低		合計	最大
11	3.3	17.4	-5.4	67.9	50	12
12	-5.5	5.5	-28.0	30.1	175	18
1	-9.1	5.5	-25.9	66.8	92	11
2	-6.3	6.0	-21.7	65.0	113	17
3	0.7	15.1	-23.8	135.1	84	41

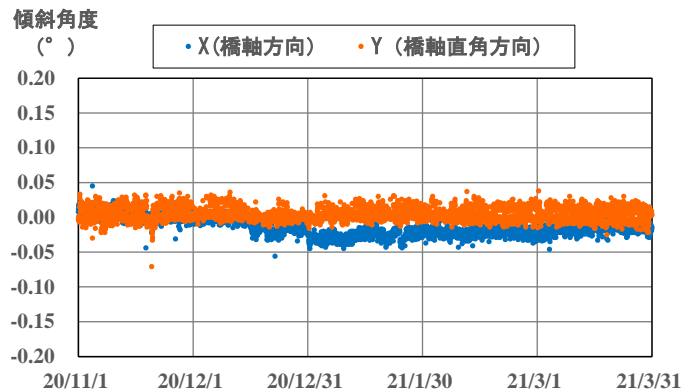


図4 熱検知型 MEMS センサ

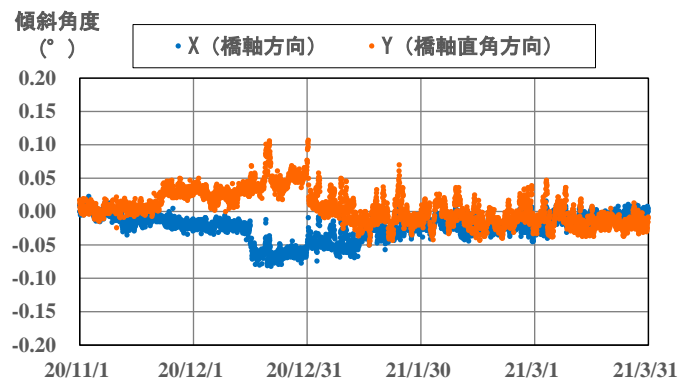


図5 静電容量型 MEMS センサ

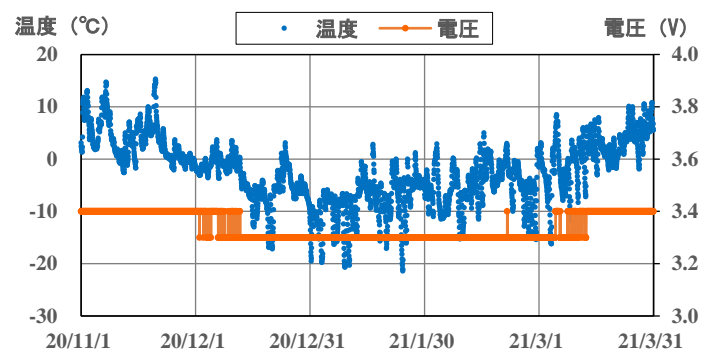


図6 センサ内部温度と電源電圧

参考・引用文献

- 1)日向他：雪寒地域の橋梁傾斜角モニタリングシステムの研究開発，令和3年度土木学会全国大会 第76回年次学術講演会，CS9-13，2021.
- 2)気象庁 HP <https://www.jma.go.jp/>