

京橋工業株式会社 正会員 ○山田不二彦、正会員 並木 宏徳
 新エネルギー・産業技術総合開発機構 正会員 堀川 教世
 立命館大学 日下 貴之
 ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社 正会員 矢島 秀治

1. はじめに

橋梁の維持管理のための基本的なデータを得るために橋梁部材に発生するひずみのモニタリングがしばしば行われているが、このような目的の計測では主として交通荷重変動に起因するバラツキの影響を評価するために長期間の動的なひずみ計測が必要である。こうした長期計測においては商用電源の確保、計測装置および記録装置設置など高コスト要因が多く、安価でかつ信頼性の高いシステムの開発が期待されている。

ひずみ計測のシステムはひずみ検出部、データ伝送部およびデータ処理部から成っており、最近ではデータ転送系を携帯電話や無線を使って簡略化し、あるいはデータ処理の無人化などによりコストダウンが図られているが、ひずみ検出部に関しては温度変化の大きい屋外の長期連続計測ではひずみ計測器自体のゼロ・ドリフトが大きく、また測定機器の消費電力が大きいこともあって合理化が難しくさほどコストダウンは進んでいない。

本研究では安価で高精度、低ドリフトそして低消費電力の動ひずみ計測器の開発が長期計測システムのボトルネックであると考え、LSI 増幅回路を温度補償して高精度を実現しつつ低消費電力でソーラーシステムを電源として駆動することができる配線不要の計測システムを構築することを試みた。

2. 長期モニタリング用 動ひずみ計の開発

図1は開発した動ひずみ計の外観で、ひずみ計測で一般的に用いられている4つの抵抗を対角位置に配置したブリッジ回路とLSI 増幅回路などを組み合わせて小型・低消費電力の装置を実現している。動ひずみ計のゼロ・ドリフトは検出部の温度変化によるドリフトと増幅回路自体のドリフトの和からなり、長期計測では後者を少なくすることが特に困難である。この装置ではアクティブ・ダミー法を採用して検出部の温度ドリフトをキャンセルする一方、回路の温度ドリフトを抑えるため、ブリッジ回路の残りの抵抗に着目し、この抵抗を温度素子に置き換えることによって増幅回路の温度変化により生じる温度ドリフトをもキャンセルすることを試みている。

温度素子は図2の回路図に示すように、鋼用のひずみゲージ（線膨張係数： 11.6×10^{-6} (1/K)）を銅版（線膨張係数： 16.8×10^{-6} (1/K)）に貼り付けたものである。この構成により、ひずみゲージは1Kの温度変化に対して、 5.2×10^{-6} (1/K)のひずみを生ずる仮想ひずみ現象を利用し、あらかじめ増幅回路の温度特性を調べておき、温度ドリフトを打ち消すような線膨張係数を持つ温度素子を組み込んだ。図3は数種類の温度素子を組み込んだ増幅回路のゼロドリフトを示したものであるが、銅版に鋼用のひずみゲージを貼り付けたものは増幅回路のゼロドリフト

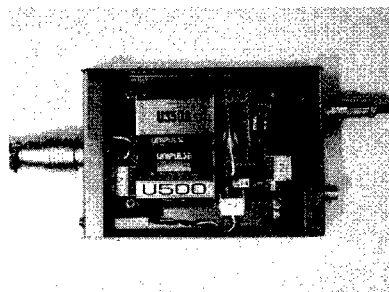


図1 動ひずみ計の外観

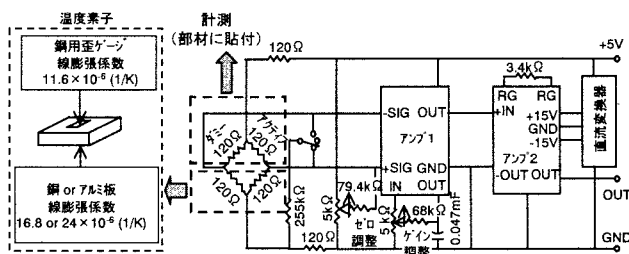


図2 長期モニタリング用動ひずみ計の回路図

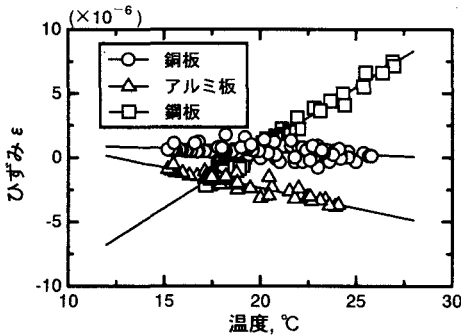


図3 増幅回路の温度特性

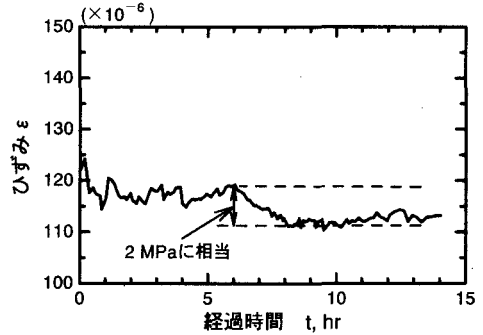


図4 動ひずみ計のゼロドリフト

トをほとんどキャンセルできることが分かったのをこれを採用することとした。

3. 長期連続モニタリングシステム

本研究では開発したひずみ計測器の出力を市販のデジタル通信機で送信するシステムを構築し、システム全体（動ひずみ計、ローパスフィルター、A/D変換ユニットおよび送信用無線ユニット）の消費電力をDC 5Vで約415mAに抑えることができた。ソーラーシステムは10Wの太陽電池パネル2枚と夜間給電用の蓄電池を組み合わせで電源部とした。

データ受信基地では受信用無線ユニットで受けた信号をRS232Cでパソコンに接続し、RAMに記録した一日分のデータを終電車が通過した後に大容量ハードディスクに記録する方式とした。

4. フィールドテスト

本モニタリング装置の長期耐久試験として、6ヶ月間の実橋での動ひずみ計測を行った。対象とした橋梁はスパン長12mの鉄道橋で、計測部はスパン中央の主桁下フランジである。図4は現場で荷重を受けない鋼板のひずみを計測して、動ひずみ計のゼロドリフトを計測した結果で本装置のゼロドリフトは非常に小さい。図5は列車通過時に得られた計測データで、列車通過による電磁波等のノイズもなく高精度でデータを採取できている。図6は得られたデータをレインフロー法を用いてカウントした例で、列車通過時にかかる応力振幅は最大でも約15MPaであり、平均応力を加えると最大応力で約30MPa程度であった。

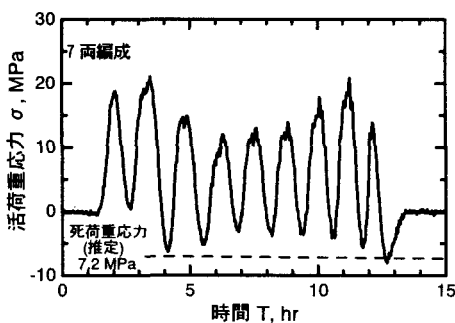


図5 列車通過時の応力波形

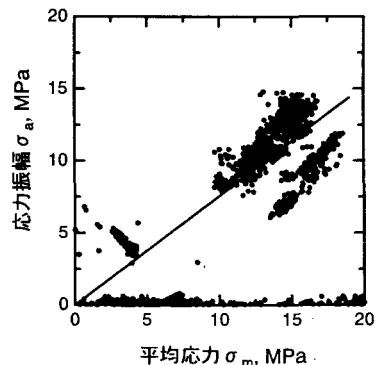


図6 平均応力と応力振幅の関係

5. まとめ

低消費電力で優れたゼロ・ドリフト性能を持つ動ひずみ計を開発し、これを組み込んだソーラーシステムを電源とするスタンドアロン型動ひずみ計測システムを構築し、基地のパソコンにデジタル・データ電送して約6ヶ月間の無人長期モニタリングを実現することができた。

謝辞 本研究の遂行にあたって、立命館大学 山元茂氏には大変有益なご助言を頂きました。ここに記して深甚の謝意を表します。