

軽量多機能計測モジュールを用いた計測システムの開発

長崎大学大学院 学生会員 ○西田恭兵
大日本コンサルタント(株) 非会員 中村直文

長崎大学工学部 フェロー 岡林隆敏
長崎大学工学部 正会員 奥松俊博

1. はじめに

大量の土木構造物について経費を削減して維持管理するためには、計測技術の技術革新を図り、人件費を削減した構造物の診断システムを開発する必要がある。このためには、構造物に設置する低価格で消費電力の少ない、遠隔無人計測システムを構築する必要がある。そこで、本研究では、軽量多機能な計測モジュールを開発し、その有効性を検証した。本研究では、実構造物において、軽量多機能計測モジュールを用いた計測システムにより応力頻度解析のためのひずみ計測、路面プロファイルを算出するための加速度計測を行った。これらの計測事例を示すとともに解析結果から開発したシステムの有効性を確認した。

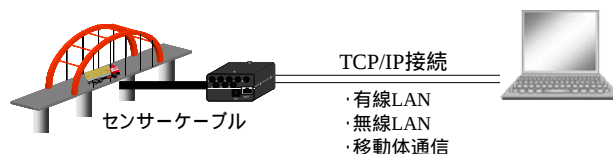


図-1 モジュールの特徴



図-2 軽量多機能計測モジュール

表 - 1 軽量多機能計測モジュールの仕様

・メインモジュール	・Armado-J(32bitARM7, 55MHz, SDRAM:8M, FLASH:2M 1.2W, PoE対応 TCP/IP,FTP,TELNET,SMTP etc..)
・インターフェイス	・10/100 BaseT,シリアル,I2C
・制御マイコン	・MICROCHIP PIC16F873
・AD変換IC	・MAXIM MAX127
・サンプリング周波数	・5 ~ 200[Hz]
・入力レンジ	・0 ~ 5, 0 ~ 10, ± 5, ± 10[V]
・分解能	・12[bit]
・動作温度	・Operating range: 0 ~ +40[] Storage range: -40 ~ +85[]
・電源	・12 ~ 48[V], 1[A]
・概略寸法	・140mm × 140mm × 70mm *入力モジュールを含めた全体寸法

2. 軽量多機能計測モジュールについて

本研究で使用した計測モジュールは、ひずみや温度、加速度などの橋梁部材のデータを多点計測するために新たに開発された軽量多機能計測モジュールである。最大 8ch の計測が可能であり、TCP/IP によるパケット通信により制御されているため、計測条件に応じて、有線 LAN、無線 LAN、移動体通信などの接続形態の選択が可能である。また、特徴として、図-1 のようにモジュール自体がコンパクトなためセンサー近辺に設置することができ、計測小屋までは LAN ケーブル一本で済む。これより、コスト削減とセンサーケーブルが拾うノイズも減少される。図-2 にネットワーク計測モジュールの外観と、表-1 に仕様を示す。

3. 計測システムについて

本システムは、図-3 のように、ノートパソコン、軽量多機能計測モジュール、ネットワークカメラ、各種センサーから構成される。構造物に設置したセンサーからの信号（ひずみ、加速度、変位等）は、軽量多機能計測モジュールを経由してノートパソコンに取り込まれる。ノートパソコンでは、信号波形の表示・解析・保存を行う。また、ネットワークカメラの制御方法は、各 HTML から構成されており、Web ページでの操作を可能にしている。

モジュールから TCP/IP で送られてきた電圧データをリアルタイムで取得し、それらのデータを時系列で波形表示する。本システムの計測、通信、解析に関連するプログラムは、仮想計測器ソフトウェア LabVIEW によって作成した。本ソフトウェアにより、ユーザインターフェースに優れた操作・表示画面を容易に作成できる。メニューを選択することで、読み込みから解析に至るすべての流れを自動化している。

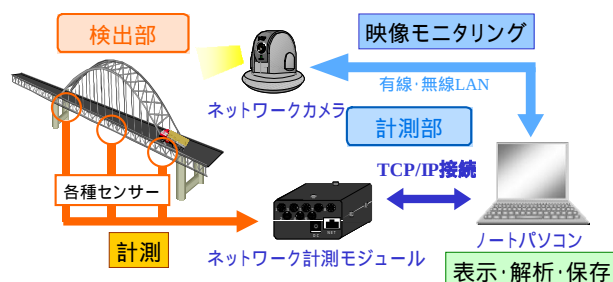


図-3 システムの構成

4. 実橋への適用例 (ひずみ計測)

本システムを用いて応力頻度計測の実橋試験を高架道路橋で行った。橋梁概要およびセンサー設置位置を図-4 に示す。主桁 (G1, G3) 中央の上下フランジにひずみゲージ (計 4ch), その近傍にネットワーク計測モジュールを設置し, LAN ケーブルを用いて計測小屋のノートパソコンに接続した。サンプリング周波数は 100Hz とした。今回は, 現場でデータ取得のみを行い, 解析作業は研究室で行った。

計測モジュールで得られた計測データの読み込みを行い, それらのデータを時系列で波形表示する。本システムには, 応力頻度解析にレインフロー法とピークバレー法を用いており, それぞれの解析結果が保存される。

実橋試験で計測したデータの一部 (12 時間分) を用いて得られたピークバレー法およびレインフロー法による G3 下フランジの応力頻度解析結果を図-5 に示す。

5. 実橋への適用例 (加速度計測)

路面プロファイル算出のための基礎的実験として, 後輪のバネ上バネ下に加速度計を設置し, 走行試験を行った。センサー設置位置と設置状況をそれぞれ図-6, 図-7 に示す。後部座席にノートパソコンと計測モジュールを設置した。サンプリング周波数は 100Hz とした。計測結果の一部 (3 分間) の加速度波形とパワースペクトルを図-8 に示す。結果からわかるようにバネ上のパワースペクトルは, 2Hz 付近でピークがたち, バネ下は 13Hz 付近でピークがたっていることが見てわかる。

6. まとめ

本研究では, 構造物に生じるひずみ, 加速度を計測・解析するため, ネットワーク計測モジュールを用いた計測システムを開発した。検証試験の結果, データは欠測無く計測することができた。このことから, 本システムを用いることにより, 安価でかつ容易に計測が実施できることを確認した。構造物の維持管理計測のネックになっている点は, パーソナルコンピュータの解析部に対して, 検出器 (センサー) と増幅器の異常な価格である。これらの価格を削減して, 大量の計測器を構造物に設置することが必要になっている。

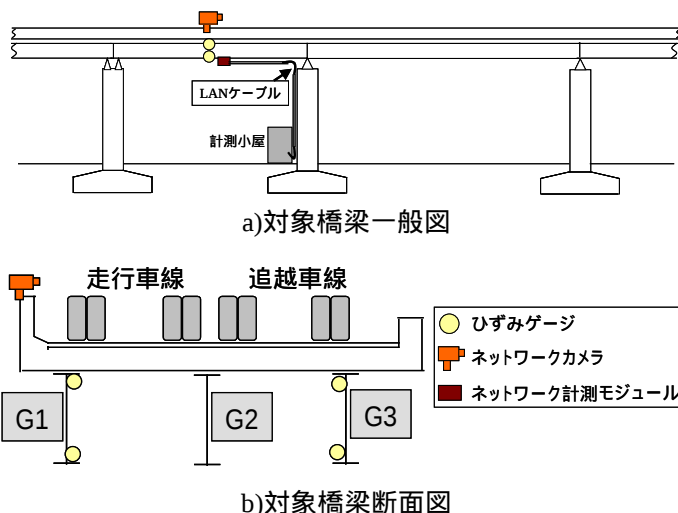


図-4 対象橋梁および計測センサー設置位置

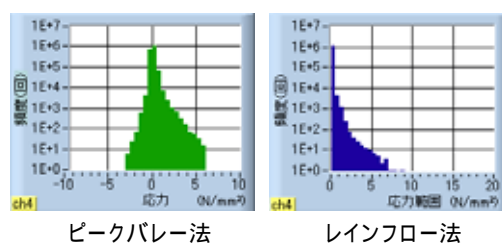


図-5 G3 下フランジの解析結果

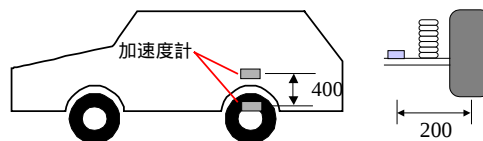


図-6 加速度計設置位置



図-7 ノート PC とモジュールの設置状況

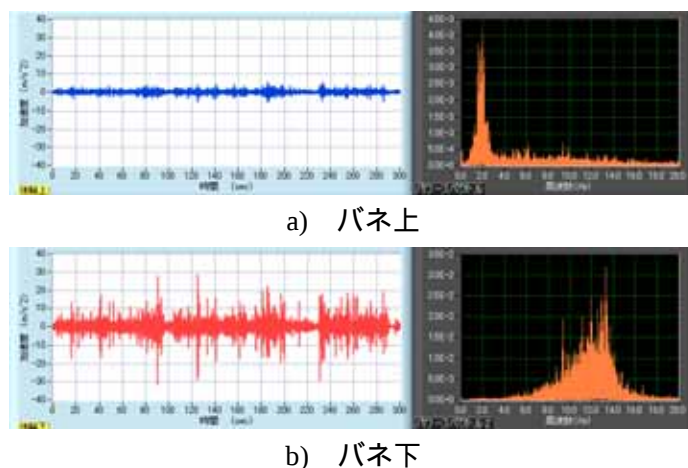


図-8 加速度波形とパワースペクトル