

橋梁維持管理のための統合型変動荷重モニタリングシステムの開発

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
長崎大学大学院 学生会員 末光功治

1. はじめに

近年、交通量の増大や過積載車両の走行および老朽化の進展により、鋼道路橋の疲労損傷事例が増加する傾向にある。本研究では、応力変動波形から、応力の頻度分布、さらに走行車両の速度や重量など求める計測システムを、仮想計測器ソフトウェア LabVIEW を用いて開発した。実橋梁の桁部で計測されたひずみデータを用いて、本システムによる解析を行い、その有効性を確認した。

2. 計測システムの概要

本システムで用いる応力頻度解析法¹⁾とは、変動振幅応力の波形から応力頻度分布を求める方法である。本システムでは、応力範囲を計数するレインフロー法と、発生応力の分布を求めるピークバレー法を用いた。本システムの特徴は、データをリアルタイムで解析でき、ネットワークカメラにより、映像をモニタリングしながら解析できることである。カメラはCGIで制御しており、パーソナルコンピュータからの操作を可能とした。図-1 に計測イメージを図-2 に解析の流れを示す。

(1) レインフロー法

計測した応力値に対し、引き続き現れる4つの極値に着目する。応力範囲 $|\sigma_{n+1} - \sigma_{n+2}|$ をカウントした後、 $\sigma_{n+1}, \sigma_{n+2}$ を変動応力波形より除外する(図-3 a))。この操作を繰り返すと、図-3 b) に示すような漸増・漸減型の波形が残ることがある。このとき、極大値と極小値の差を応力範囲としてカウントし、カウントした2点を波形から除外する。この操作を繰り返すことで全ての応力範囲がカウントされる。

(2) ピークバレー法

ピークバレー法とは、応力変動波形の極大値と極小値を計数し、それぞれの値の分布を求める方法である。これによって橋梁部材の応力頻度分布が求められる。

(3) Bridge Weigh-in-Motion (BWIM)

自動車荷重によって橋梁の部材に生じるひずみ等を測定し、その応答値により自動車の各種の情報(総重量、速度、軸距等)を推定する方法がBridge Weigh-in-Motion (BWIM)²⁾である。その中でも、本システムは、【橋面上を走行する車両によって生じる応答波形の面積は車両総重量に比例する】ことを用いた影響線面積法を採用した。また、一定重量以上の走行車両の波形を抜き出すトリガー機能を設けた。実際の計測では、総重量が既知(GVW_C)である車両の影響面積 A_C を測定しておき、この値をキャリブレーション値とする。任意の車両の総重量は、影響面積 A を測定し、影響面積は橋梁部材の時刻歴応答 $r(t)$ を用いて(1),(2)式より求める。車両総重量算出方法の概略図を図-4 に示す。

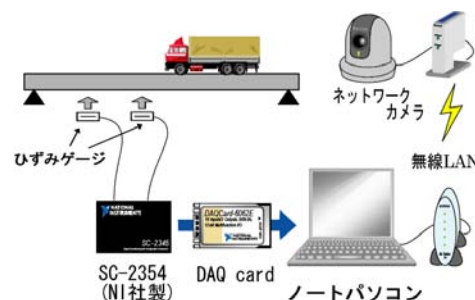


図-1 計測概念図

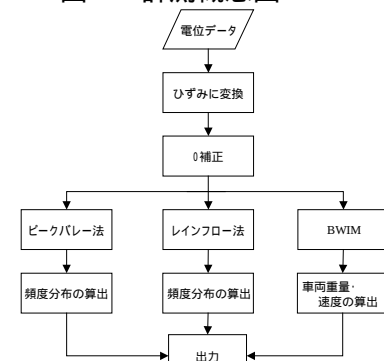


図-2 解析の流れ

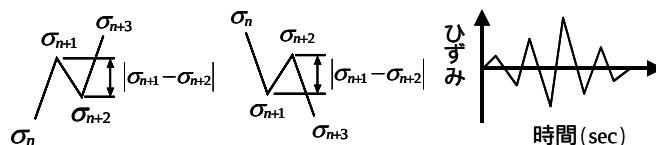


図-3 レインフロー法

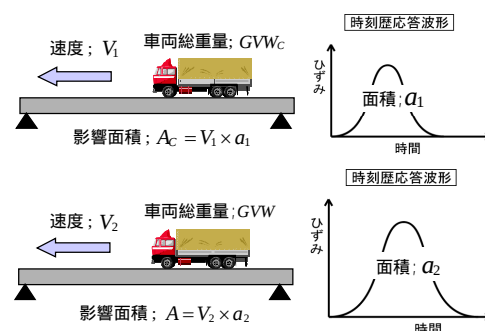


図-4 車両総重量算出の概略図

$$A = V \int_{-\infty}^{\infty} r(t) dt \quad (1), \quad GVW = \frac{A}{A_C} \cdot GVW_C \quad (2)$$

3. 実測データの解析

(1) センサー設置位置およびデータ概要

本システムを4径間連続板桁橋に適用し、この橋梁で取得したデータをもとに解析を行った。センサー設置位置を図-6に示す。ひずみゲージの設置位置は、車両の通過に敏感に反応し、走行車両1台毎の短い影響線長が得られる増設縦桁(下フランジ)とした。ここで、サンプリング周波数は200Hzとした。

(2) 解析結果および考察

1) 応力頻度解析

実橋で計測されたひずみデータ(5分間)を用いて本システムにより解析を行った。図-7にプログラム実行画面(ひずみデータ、モニターおよび解析結果)を示す。増設縦桁(下フランジ)ch1のピークバレー法とレインフロー法による解析結果を図-8,図-9に示す。

2) Bridge Weigh-in-Motion

10tf以上の車両を検出するようにトリガーを設定すると、5分間のひずみデータから6台の過積載車両が検出できた。そのうちの1台の時刻歴応答波形を図-10に示す。抽出された波形のピーク数から軸数を、各ピーク値の時間差から車両の走行速度を、影響面積から車両総重量を求めることができる。解析の結果、表-1に示すように、車軸数2、車両総重量約27tf、走行速度約75km/hという車両情報を得た。また、ネットワークカメラからの映像をハードディスク内に集録することにより、計測データおよび解析結果の照査を行なうことも可能となる。

4. まとめ

道路橋における活荷重を計測し、応力頻度分布、大型車両の車両総重量、通過速度を求める統合計測システムを構築した。実証試験で得られたひずみデータを利用し、そのデータを本システムのピークバレー法、レインフロー法、Bridge Weigh-in-Motionに入力し、本システムの有効性を確認した。本システムが実用化されることによって交通荷重実態を用いた橋梁部材の疲労影響箇所の推定や、余寿命算定が簡易に実施できることとなり、橋梁維持管理に用いることが可能となる。

【参考文献】1) (社)日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，1993，2)小塩達也，山田健太郎，小林直人，水野良浩：鋼I桁橋の縦桁を用いた Bridge Weigh-in-Motion システムの開発，構造工学論文集，Vol.47A，pp.1083-1091，2001。

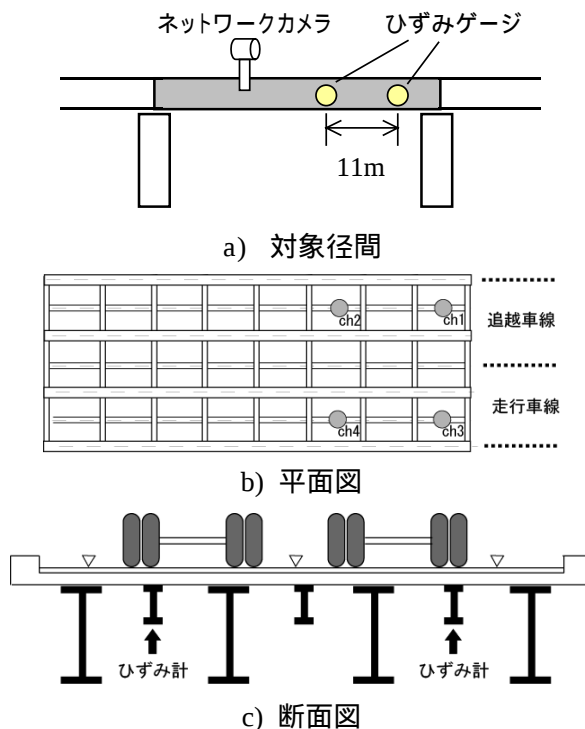


図-6 センサー取付け位置

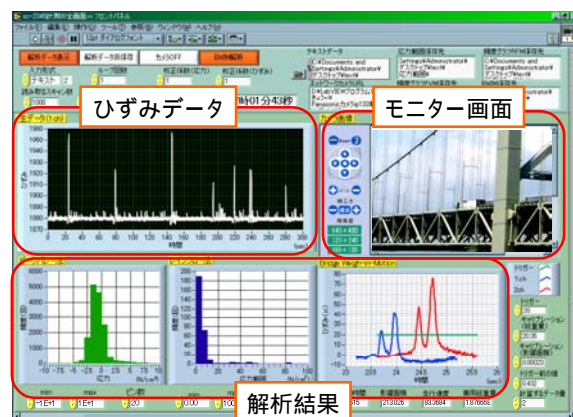


図-7 プログラム実行画面

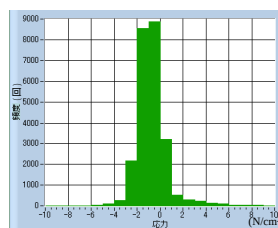


図-8 ピークバレー法による応力頻度分布

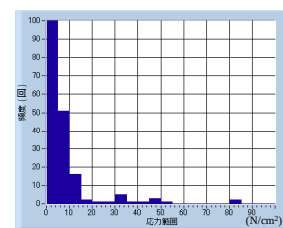


図-9 レインフロー法による応力範囲頻度分布

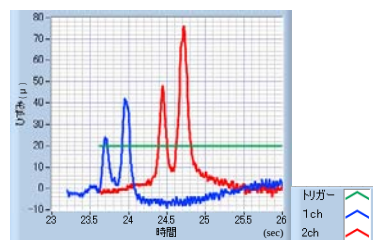


図-10 重車両の応答波形

表-1 解析結果

車軸数	車両総重量	走行速度
2	26.6 (tf)	75.4 (km/h)