

I-173

影響線を利用した走行中の車両の重量測定方法

東京工業大学 学生員 村越 潤
 東京工業大学 正 員 三木千寿
 日本道路公団 米田利博

1. はじめに

橋梁に作用する活荷重の実態を把握することは、道路橋の設計法を見直す上で、また維持・管理や補修を行なう上で重要である。現在のところ活荷重に関する実態調査は比較的少なく、各路線、各地域の荷重特性の評価や維持・管理のためのデータ収集は十分とは言い難い。その理由のひとつは現場での測定上の制約であり、簡便でしかも突交通流を乱さないような測定システムの開発が望まれる。ここでは光電スイッチと橋梁部材での歪の測定をもとにした、影響線による車両重量の解析方法および解析結果を示す。

2. 車両重量の解析

車両が橋梁を通過する際に、軸荷重によって生じる主桁*i*の対象断面の歪は、影響線を用いて時間*t*の関数として表わせる。歪は橋上の軸荷重*A_n*の影響を考えると、次式のようになる。

$$\varepsilon_i(t) = \sum_{n=1}^{Nax} A_n I_{ni}(t) \quad \text{----- (1)}$$

Nax は橋上にある総車軸数、*I_{ni}(t)* は時刻*t*の車軸*n*の位置での測定位置*i*に対する歪の影響線縦距を表わす。ここで、計算値*ε_i(t)*と実測値*ε_i*(t)*との差の二乗和*E*は、次式で表わせる。

$$E = \sum_{i=1}^{NG} \sum_{j=1}^{NT} [\varepsilon_i(j\Delta t) - \varepsilon_i^*(j\Delta t)]^2 \quad \text{--- (2)}$$

*NT*は歪データの総サンプリング数、 Δt はデータのサンプリング時間間隔、*NG*は歪の測定箇所数を表わす。ここで*E*が最小となるように軸荷重を定める。¹⁾

$$\frac{\partial E}{\partial A_n} = 2 \sum_{i=1}^{NG} \sum_{j=1}^{NT} \left[\sum_{n=1}^{Nax} A_n I_{ni}(j\Delta t) \right] I_{mi}(j\Delta t) - 2 \sum_{i=1}^{NG} \sum_{j=1}^{NT} \varepsilon_i^*(j\Delta t) I_{mi}(j\Delta t) = 0 \quad \text{--- (3)}$$

ここで、

$$\left. \begin{aligned} F_{mn} &= \sum_{i=1}^{NG} \sum_{j=1}^{NT} I_{ni}(j\Delta t) I_{mi}(j\Delta t) \\ M_m &= \sum_{i=1}^{NG} \sum_{j=1}^{NT} \varepsilon_i^*(j\Delta t) I_{mi}(j\Delta t) \end{aligned} \right\} \quad \text{--- (4)}$$

とおき、成分*F_{mn}*、*M_m*、*A_n*を持つ行列を*F*、*M*、*A*とすると、

$$F \times A = M \quad \text{----- (5)}$$

で表わされる連立一次方程式が得られ、軸荷重*A_n*が求まる。

3. 測定の概要

測定橋梁は東名高速道路日本平片山高架橋鋼橋部(東京方面車線、鋼単純桁、スパン46.442m)である。橋梁から約600mの地点には軸重計が設置されており、解析結果はこの軸荷重データと比較することができる。

歪の測定は桁間中央部で行なった。歪ゲージの取り付け位置は、図-1のように主桁下フランジの下面橋軸方向の5箇所(ch.1-ch.5)、桁間中央付近の垂直補剛材上端上下方向の4箇所(ch.6-ch.9)とした。

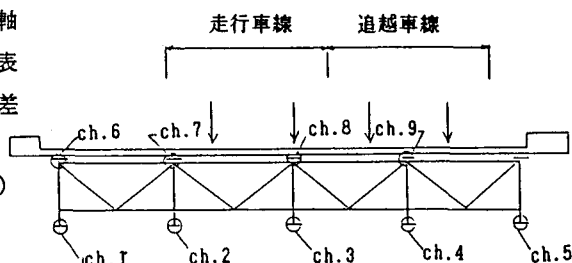


図-1. 歪ゲージの取り付け位置

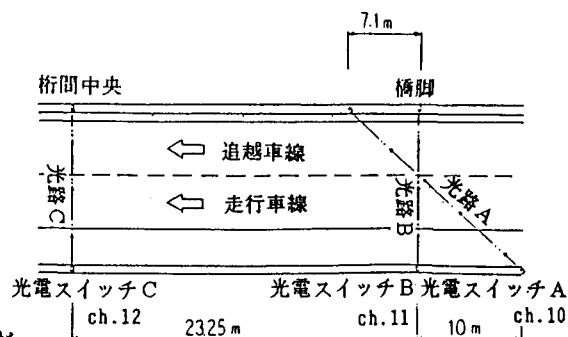


図-2. 光電スイッチの配置

下フランジ部の歪は軸荷重推定に用い、垂直補剛材部の歪は車軸が直上を通過する際に生じる圧縮歪のピーク値を利用して走行車線の判別、車両軸数、軸間隔を求めるために用いる。光電スイッチは図-2のように配置し歪変動に対応する車両の速度、車両の橋上への乗荷時刻の計算に用いる。図-3に測定データの処理手順を示す。

以上得られた計12チャンネルのデータをA/D変換器を通して間隔0.01secの時系列数値データに変換しパソコンを使って処理を行なった。

4. 解析結果

ここでの解析は $\varepsilon_i(t)$ にch.3の歪データを用いた。影響線は20ton試験車通過時の記録を使って、各車線について求めた。次式に示すように影響線を m 次多項式 $f(x)$ で近似すると歪値 $\varepsilon_i(t)$ は影響線の重ね合わせにより表わされ未定係数 a_i を最小二乗法から求めることができる。

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad (6)$$

$$\varepsilon_i(t) = P_1 f(x+h_1) + P_2 f(x+h_2) + P_3 f(x+h_3) \quad (7)$$

ここで、 x は橋端からの距離、 h_i は車軸位置のずれ、 P_i は試験車の軸荷重を表す。また $m=12$ とした。

図-4に車両走行に伴って生じた歪変動波形と本解析により求めた車両重量の例を示す。車両重量については、妥当な結果が得られた。軸荷重については本解析法が影響線、入力データに対して敏感であり、必ずしも精度上良好な結果が得られなかったが、ch.7, ch.9の歪値でおおよそ推定できる。図-5はこうして求めた車両軸荷重の頻度分布を示しているが両者は良く一致している。

5. まとめ

影響線を利用した車両重量解析法をもとに、走行中の車両重量の推定を行なった。複数台の車両が同時に橋上に載る場合でも、車両重量について妥当な結果が得られた。ここで示した車両重量の解析法と実測データの処理方法は、一般に行なわれている歪測定を利用して行なうことができる。

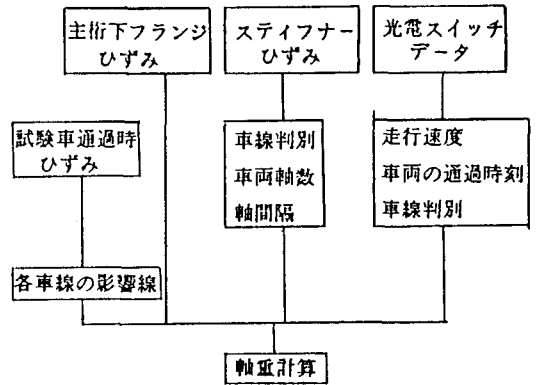


図-3. 測定データの処理

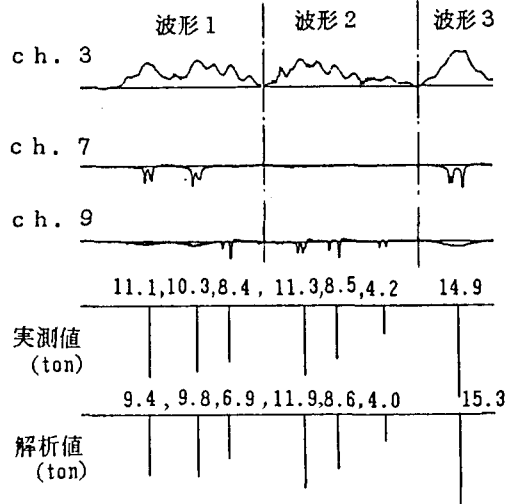


図-4. 歪変動波形と車両重量の計算例

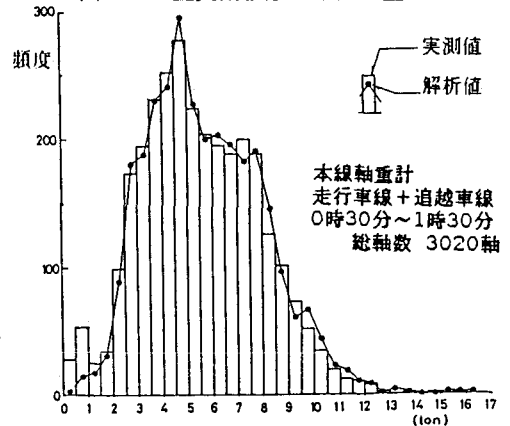


図-5. 車両軸荷重の頻度分布

<謝辞>現場計測およびデータ処理にあたって御協力頂いた復建エンジニアリングの酒井氏に感謝致します。

<参考文献>

- 1) Moses, F: Instrumentation for Weighing Trucks-In-Motion for Highway Bridge Loads, FHWA/OH-83/001
- 2) 竹之内、谷倉、古川、三木: 構造工学論文集Vol32A, 1986年3月