

垂直補剛材ひずみを用いた軸重推定と重車両交通特性

九州工業大学大学院 学生会員 ○古里悠太
九州工業大学 鬼橋良輔
九州工業大学大学院 正会員 山口栄輝

1. はじめに

交通量の増大、過積載車両の走行により床版の疲労損傷が数多く確認されている。したがって床版の耐久性に大きな影響を及ぼす、重車両の軸重の把握は、的確な維持管理を実施する上で極めて重要となる。文献 1) では、鋼橋の垂直補剛材の鉛直方向直ひずみのみを用いて、走行車両の車重を推定する BWIM (Bridge-Weigh-In-Motion) の研究が行われている。この方法では、従来の主桁下フランジでのひずみ計測が不要となり、コスト縮減が期待される。そこで、本研究では軸重に注目し、垂直補剛材鉛直方向直ひずみのみを用いた軸重推定法の提案と、この推定法を用いて実交通での長期計測データをもとに軸重推定を行い、国道 201 号の福岡市近郊における重車両交通特性についての検討を行った。

2. 対象橋梁とひずみ測定位置

対象橋梁は、福岡 201 号篠栗橋上り線橋梁である。車線数は 2 車線である。本橋梁の概要を図-1 に示す。なお、図中の白丸はひずみが測定された垂直補剛材の位置を示しており、走行速度を算出するために 1 車線につき 2 箇所で測定している。ただし、軸重推定に必要なひずみ測定値は 1 車線につき 1 箇所であり、ここでは U4B (走行車線)、U1A (追越車線) のひずみ測定値から軸重推定を行った。

3. 軸重推定法

ある時刻 t において、車両の第 k 軸が橋梁上の地点 x_k に存在する時、垂直補剛材 i に生じるひずみ $\varepsilon_i(t)$ は次式で表される。

$$\varepsilon_i(t) = \sum_{k=1}^n a_k \cdot I_i(x_k(t)) \quad (1)$$

ここに、 n は車軸数、 a_k は第 k 軸の軸重、 I_i は影響線関数である。なお、影響線関数とは、1kN の車軸が走行する際の垂直補剛材 i に生じるひずみのことである。本研究では式(1)をもとに、次のように軸重推定を行った。

垂直補剛材 i の影響線関数 I_i を 3 次元有限要素解析により求める。実測ひずみの波形から推定する車両の車軸数 n および軸間距離が得られるので、先ほど求めた

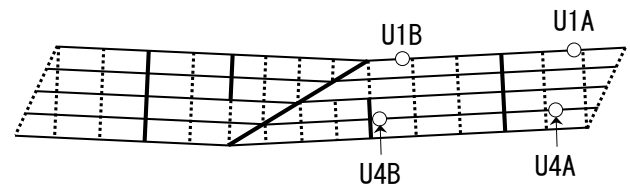


図-1 篠栗橋上り線橋梁の概要

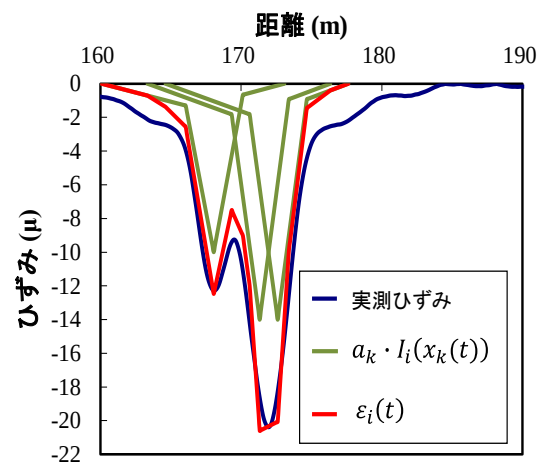


図-2 単独走行時の軸重推定例 (U4B)

影響線関数 I_i から垂直補剛材 i に生じるひずみ $\varepsilon_i(t)$ が算出される。このひずみ $\varepsilon_i(t)$ の波形が実測ひずみの波形を良く近似するように軸重 a_k を決定する。こうして得られた軸重 a_k が本研究での推定値となる。ここで U4B における、実測ひずみの波形に近似したひずみ $\varepsilon_i(t)$ の例を図-2 に示す。

4. 軸重推定精度

軸重既知の車両 3 台を用いて、次の 4 つの走行パターンによる車両走行試験が実施されている¹⁾。

- パターン 1: 試験車両 1 台の単独走行
- パターン 2: 試験車両 2 台の連行走行
- パターン 3: 試験車両 2 台の併走走行
- パターン 4: 試験車両 2 台の連行走行かつ

試験車両 1 台の併走走行

各走行パターンについて、試験車両、車線を変えて試験を行っており、対象橋梁での試験回数は合計で 30 回になる。この試験で得られたひずみデータをもとに軸

重推定を行い、推定精度を検証した。表-1 に、各走行パターンでの推定値の最大誤差を示す。推定誤差は最大でも 10%以下であり、国総研の全国活荷重実態調査で用いられた BWIM²⁾と比較しても遜色ない精度であるため、本手法でも実用上問題のない精度で軸重推定が行えると判断される。

5. 国道 201 号線の重車両交通特性

篠栗橋が位置している国道 201 号は、福岡県福岡市と福岡県京都郡苅田町を結ぶ九州北部地方の主要幹線道路である。なお、対象橋梁は上り線のため、福岡市側を進行方向とする道路を本研究の対象とする。

ひずみ測定期間は 2004 年 3 月 3 日 (水)～2004 年 11 月 30 日 (火) である。ただし、測定装置の不具合等で測定日数は 229 日となっている。この測定データをもとに軸重推定を行い、軸重を足し合わせることで車重も求めた。この結果を用いて重さ指定道路の制限値である車重 245kN (25tf) を超える重車両交通特性の検討を行った。

測定期間における重車両の総走行数は 14,204 台であった。1 日平均で 62 台の重車両が走行している。重車両の車重分布を図-3 に示す。車重について、中央値は 303kN、平均値は 319kN である。平均値が中央値を上回っており、大きな車重を有する車両が頻繁に走行していることがわかる。測定期間中の車重の最大値は 999kN であった。

測定期間での重車両の総走行軸数は 55,028 本であった。車両制限令の軸重制限値である 98kN (10tf) を超える軸重は 12,547 本であり、全体の 23%を占める。重車両の軸重分布を図-4 に示す。軸重についても、中央値は 81kN、平均値は 82kN であり、平均値が中央値を上回っている。車重の傾向と同様に、大きな軸重を有する車軸が頻繁に走行していることがわかる。測定期間中の軸重の最大値は 302kN であった。

重車両の走行数を車線で分けた場合、各走行数は、走行車線で 12,012 台、追越車線で 2,192 台であった。全体の 85%の重車両が走行車線を走行している。走行車線の方が厳しい疲労環境にあると考えられる。

6. まとめ

本研究では、垂直補剛材鉛直方向直ひずみのみを用いた軸重推定法の提案を行った。本手法の推定誤差は最大でも 10%以下であり、実用上問題のない精度で軸重推定が行えることを示した。

表-1 軸重推定の最大誤差

走行パターン	最大誤差 (%)	
	走行車線 (U4B)	追越車線 (U1A)
パターン1	8.6	7.1
パターン2	9.4	6.4
パターン3	7.4	7.8
パターン4	6.4	7.2

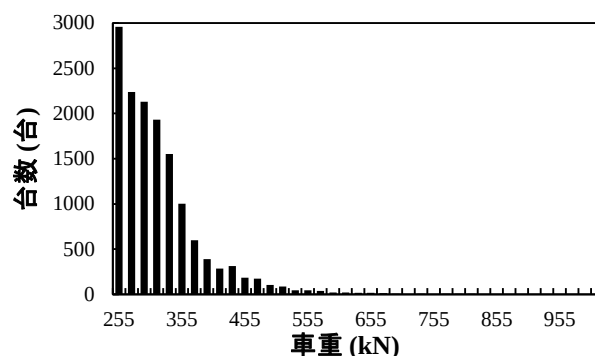


図-3 重車両の車重分布 (橋梁全体)

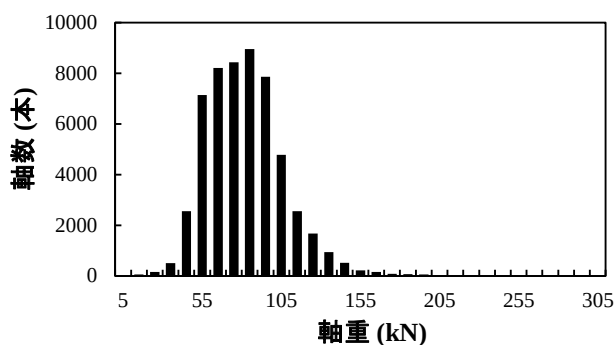


図-4 重車両の軸重分布 (橋梁全体)

また本手法を用いて、国道 201 号における重車両交通特性を求めた。連日、245kN を超える重車両、98kN を超える車軸が走行している。平均値が中央値を上回っており、大きな車重を有する車両、大きな軸重を有する車軸が頻繁に走行している。走行車線を走行する重車両の台数は全体の 85%を占めており、走行車線の方が厳しい疲労環境にある。

参考文献

- 1) 山口栄輝ら：鋼 I 桁橋の垂直補剛材ひずみを用いた BWIM, 土木学会論文集, Vol. 66, No. 2, pp. 251-260, 2010.
- 2) 玉越隆史ら：道路橋の設計自動車荷重に関する試験調査報告書 - 全国活荷重実態調査 - 国土技術政策総合研究所資料 No. 295, 2006.