

橋梁を用いた車両重量計測

国土技術政策総合研究所 道路研究部 橋梁研究室 研究員 石尾真理
室長 玉越隆史 研究官 中洲啓太

1. 目的

現在、道路橋の設計基準を部分安全係数設計法の書式に改訂する作業が進められている。道路橋の設計には、道路構造令で規定している設計自動車荷重に大型車の交通状況等を勘案して設定された活荷重を用いる。したがって、設計活荷重における基準の改訂を行うにあたって、実交通が橋梁に及ぼす影響を把握する必要がある。また、設計活荷重の検討にあたって必要な、交通荷重、車間距離などの交通特性の実績に基づくデータを取得する際には、全国多数の地点において、できるだけ安価に、必要な精度で計測するシステムが必要である。

現在、通行車両の重量を計測する場合、マット式ないしは埋め込み式の軸重計が用いられることが多い。しかしながら、これらの装置は、その設置に多額の費用を要するなどの課題も多い。

一方、橋梁部材の応答を用いた車両重量計測システム(以下、「BWIM(Bridge-Weigh-in-Motion)」という。)は、部材応答の測定機器として、ひずみゲージや変位形などの汎用的な製品を用いることができるため、軸重計などと比較して安価に計測できる場合が多ことから、国総研でも開発を行ってきた。

ここでは、大型車が橋梁に及ぼす影響について把握した。また、BWIMを用いた車両重量の計算には、载荷荷重の影響範囲が短い部材を用いる方法と、影響範囲が長い部材を用いる方法があり、それぞれの応答を用いた場合の留意点について考察した。

2. 大型車が橋梁に及ぼす影響

車両が、路面に及ぼす影響を計測するため、



図-1 試験車走行ルート(約30km)

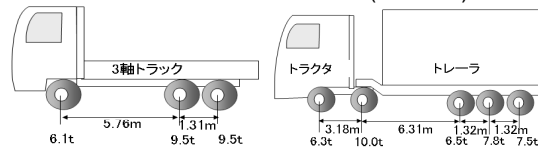


図-2 試験車

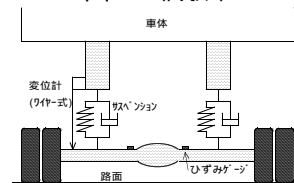


図-3 車両側計測位置

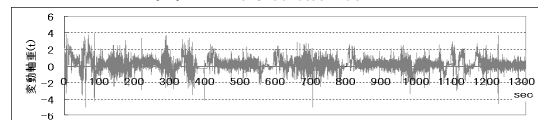


図-4 軸重の動的変動(5軸トレーラ駆動軸)

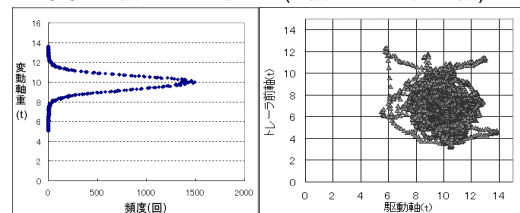


図-5 軸重頻度分布(駆動軸) 図-6 動的軸重の相関

図-3のように設置した車軸のひずみと軸重値の相関関係から動的軸重を計測した。図-2の5軸トレーラを茨城県つくば市の一般的な道路(図-1参照)を、時速約35kmで走行させて得られた、トラクタ駆動軸の動的軸重値を図-4に、軸重頻度分布を図-5に示す。

大型車両走行中は、車両振動特性や路面の凹凸の影響を受けて激しく変動し、静的軸重10tに対して4t前後変動していることがわかる。また、図-6は同じ車両にある軸同士の動的軸重の相関を示したものである。大型車両走行中は、動的軸重の変動に、位相的な相関はほとんど見られず、各車軸間で激しく変動していることがわかる。

3. 影響範囲が短い部材の応答

床版のように载荷荷重の影響範囲が短い部材を用いた方法は、他車線の影響や、車線数、橋梁形式といった条件の制約が少ないと考えられる。

しかしながら、载荷荷重の影響範囲が短い部材で得られる軸重に対応する応答値には、激しく増減する軸重変動波形から、ある瞬間的な値を取り出した値しか得られず、その値から静的軸重を精度良く推定することは困難と考えられる。さらに、得られた軸重値から車両総重量を求める場合には、車軸相互間の軸重変動波形の相関関係を明らかにした上で考慮しなければ適切に推定できない。

そこで、図-8に示す国総研所内の試験橋梁(単純鉸桁橋)にて図-2の試験車を走行させ、表-1に示す部材応答を計測した。図-9に示すひずみ応答のピーク値は、それぞれ計測条件が同じになるよう、走行速度や車線内の走行位置をできるだけ同じにするようにした複数回の走行を行ったが、各走行回ごとにばらつきが大きい

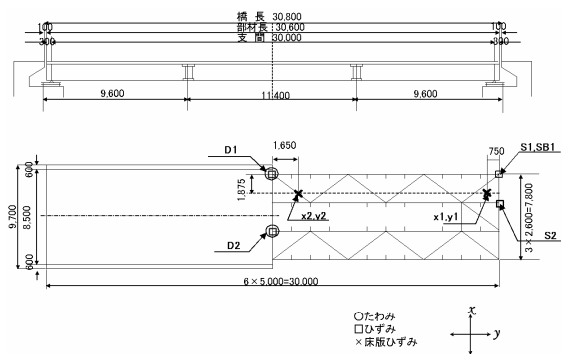


図-8 試験橋梁

表-1 計測位置

| 測点記号 | 種類 | 単位 |
|------|-------------------|-------|
| D1 | G1桁たわみ | mm |
| D2 | G2桁中央たわみ | mm |
| X1 | 床版ひずみ(橋軸直角方向) | μ |
| X2 | 支間中央床版ひずみ(橋軸直角方向) | μ |
| Y1 | 床版ひずみ(橋軸方向) | μ |
| Y2 | 支間中央床版ひずみ(橋軸方向) | μ |
| S1 | G1支承部補剛材ひずみ | μ |
| S2 | G2支承部補剛材ひずみ | μ |
| SB1 | 端対傾構ひずみ | μ |

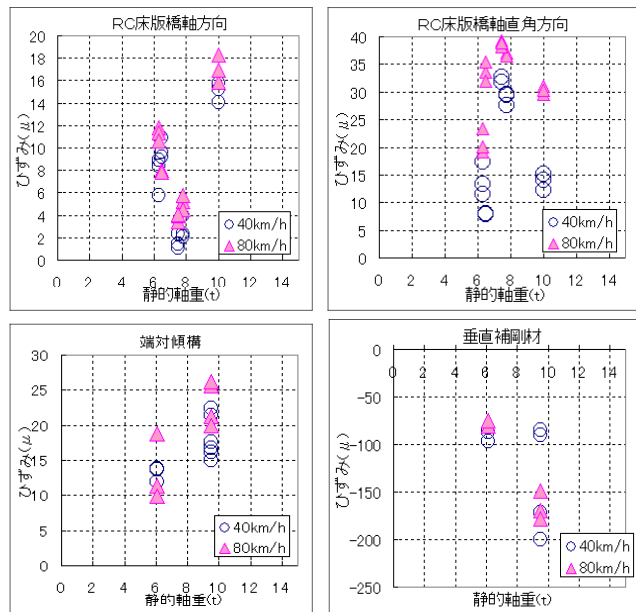


図-9 部材応答のばらつき

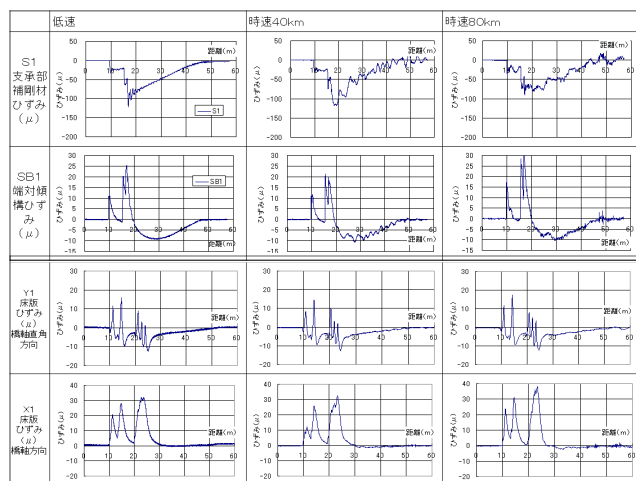


図-10 走行速度の違いによる部材応答波形

い。さらに、走行速度が上がると、応答波形が乱れ(図-10)、ピーク値のばらつきが大きくなっている。

したがって、影響範囲の短い部材を用いて静的軸重値を精度良く推定することは困難である。

4. 影響範囲が長い部材の応答

上げたように影響範囲が長い部材を用いる場合、計測されるひずみの応答は、そのとき載荷されている荷重それぞれに対応したひずみの影響線の重ね合わせとなっていることを用いて求める方法が考えられる。

国総研では、上げた下フランジのひずみ応答値とあらかじめ軸重が既知である荷重車を走行させ、一次式で求めておいた影響線を用いる(図-11参照)。

上げたにおいては、図-13の上段に示すように、橋梁の振動の影響を受けていることがわかる。そこで、無載荷時の主桁の振動成分をフーリエスペクトル解析により分析したところ(図-12参照)、固有振動数が2Hzを超える成分が存在していた。2Hz以下のローパスフィルター処理を行った上で、計測ケースT-40における精度の比較を行った結果、フィルター処理による振動成分が除かれる一方で(図-12参照)、重量算出結果(表-2参照)には顕著な差が現れなかった。これは、影響線形状を一次式で近似していることから、橋梁の振動の影響は相殺されていると考えられる。

しかし、計測区間で車両の走行速度が変化する場合、任意時刻の車両位置が2点の床版計測位置間の異動時間から推定した、影響線の重ね合わせと乖離することで、重量算出過程で重要な誤差を持つことがわかった(図-14～16参照)。

以上のように、主桁のひずみ応答による方法では、大型車の動的軸重の影響を受けにくく、橋梁の振動が顕著に現れたとしても重量算出の精度に影響は少ないが、計測区間で車両の走行速度が変化する

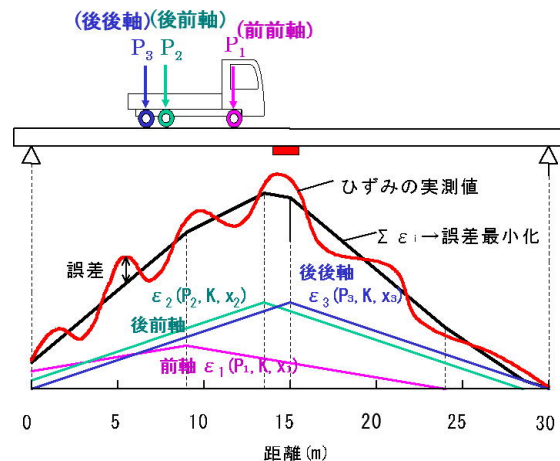


図-11 影響範囲が長い部材の重量算出方法

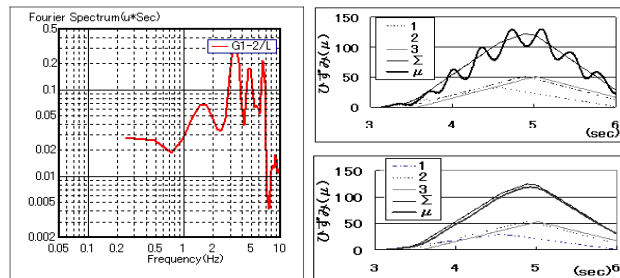


図-12 FFT結果 図-13 フィルター処理波形比較
表-2 フィルター処理による比較の結果

| 解析ケース | P1 | P2 | P3 | ΣP | 精度(%) |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|
| フィルターなし | 6.1 | 9.71 | 9.71 | 25.53 | 102 |
| フィルターあり | 5.57 | 10.14 | 10.14 | 25.84 | 103 |
| 実軸重 | 6.29 | 9.36 | 9.36 | 25.01 | - |

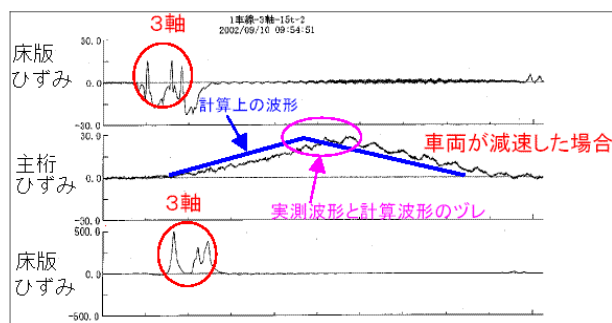


図-14 速度変化したときの波形

場合には、軸重算出時に著しい誤差が生じる。したがって、計測に用いる橋梁の選定の段階で、付近に信号が内筒所やキャンバーの少ない橋梁を選ぶなどの配慮が必要である。

5. 結論

試験車両を用いた調査により、設計活荷重における基準の改訂を行うにあたって必要な、実交通が橋梁に及ぼす影響及び部材応答についての知見を得た。

路面凹凸を受けて、車両重量は各車軸で常に変動している。

影響範囲の短い部材は、衝撃や変動軸重の影響を受けやすい。

影響範囲の長い部材を用いた算出方法は、衝撃や変動軸重の影響を受けにくく、重量算出精度に及ぼす影響は少ないが、車両の速度変化が重量算出時に著しい誤差を生じるため、橋梁選定の段階で注意が必要である。

また、国内外で開発されているBWIMは、用いる部材や計算方法によって誤差の要因が異なるため、目的に応じて選定すればよいが、全国の交通実態を反映する設計自動車荷重の検討には、同じ方式のBWIMを使用すべきである。

6. 今後の課題

以上をふまえて、主げた下フランジの応答を重量計算に利用した国総研BWIMを用いて、計測した結果例を図-17に示す。総重量の頻度分布は、大型車交通量及び大型車混入率が高くなるほど、重量の高い方へシフトしている。

今後は、全国通行実態調査を行うことにより、このような交通特性や橋梁各部の応答を分析し、各種設計基準への反映、ならびに橋梁の耐荷力、耐久性評価の検討を行っていく必要がある。

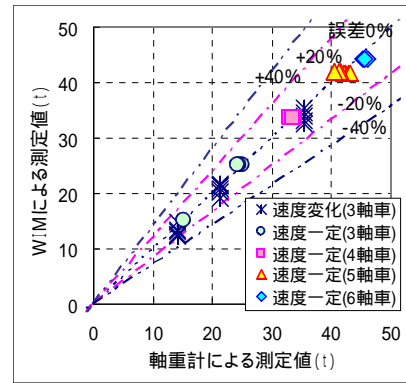


図-15 総重量算出結果

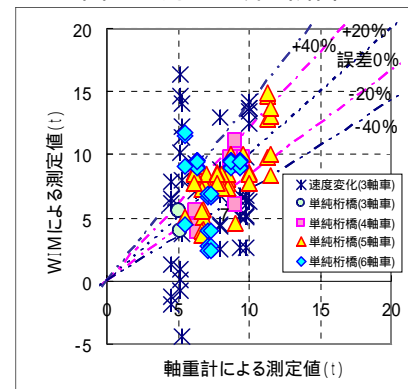


図-16 軸重算出結果

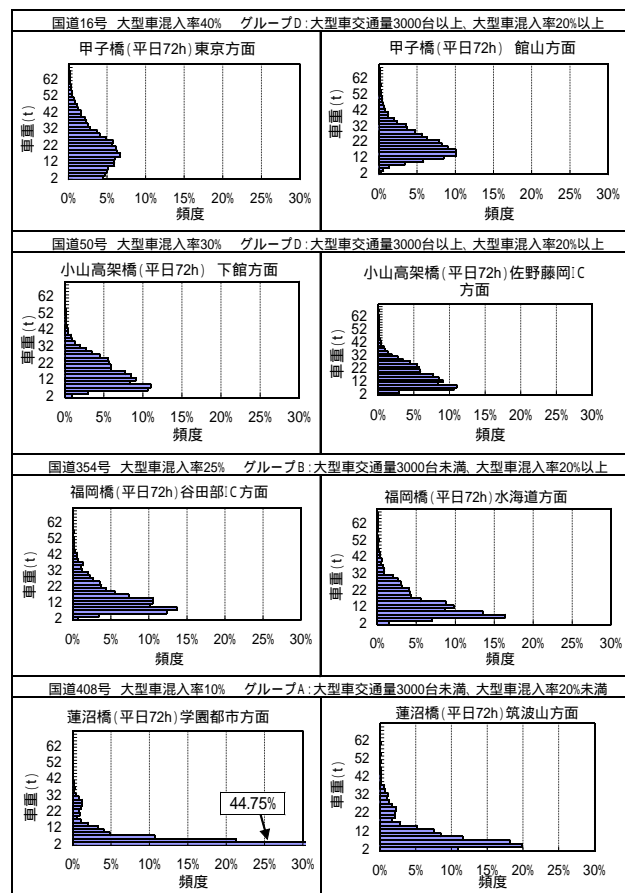


図-16 実橋の交通特性計測結果