

加速度を利用した簡易な走行車両重量測定手法(B-WIM)の検討

株式会社 TTES
岐阜大学

正会員 ○菅沼 久忠, 梅川 雄太郎
正会員 木下 幸治 学生会員 小野友暉

1. はじめに

橋梁を用いた走行車両重量測定手法 (Bridge Weigh-In-Motion 以下 B-WIM) は、車両通過時の橋梁に発生した物理量変化 (主にひずみ) から、通過時刻・重量・速度・軸数などを逆解析する手法である。過積載車両の検出、活荷重特性の把握、交通特性の把握等の要望から、需要が増している。日本国内では、3 つのひずみゲージを用いた手法が広く知られている。2 つのゲージで車両の入退出を把握し、1 つのゲージで車両の重量を把握する。この内、重量を把握するゲージは、影響線長が長い箇所が適するため、主桁 支間中央付近に設置することが多い。設置には足場の準備や、長い配線を要するなど、費用増加および所要日数増加の大きな原因となる。

交通特性の把握や過積載車のスクリーニングなどでは、多点での情報が望まれるが、1 箇所毎に必要なデータは、総台数、大中小など 2~3 レベルの重量区分程度である。現行の B-WIM ではオーバースペックといえる。一方、加速度計および動的波形処理の進歩から、橋梁のたわみを簡易に取得する方法が確立されつつある¹⁾。橋面上への加速度計の設置でたわみの算出が可能であり、設置コストの大幅な縮減が可能である。

そこで、センサの設置が容易な加速度計のデータを変換して得られる「たわみ」を用いて、実施目的に合致した、最低限の情報が得られる簡易 B-WIM システムを提案する。

2. 試験の概要

対象橋梁と加速度計の配置について図 1 に示す。対象橋梁は交差通行で利用される 1 車線の橋梁である。支間長 24[m]、幅員 4.6[m] の 2 主桁 RC 床版であり、コンクリート舗装が施されている。試験は、絶対変位を計測するための、突き当て式変位計の設置できる位置である必要があった。そのため、支間中央から 3[m]離れた位置の下フランジに、変位計設置治具と隣接して加速度計を設置した。試験車両は軸間距離 4570[mm] 総重量 6.23[ton] の 2 軸トラックである。

得られた加速度は、弊社が作成した変換システムを用いて、データの取得周波数のみを入力して、自動的にたわみを得た¹⁾²⁾。

4. たわみを用いた簡易 B-WIM

従来手法と提案する簡易な B-WIM 手法の違いについて図 2 に示す。従来手法では、侵入退出を検知する波形から、橋梁上の複数の車両の軸位置を把握し、複数台の車両を同時に考慮しながら解析した。提案する手法では、橋梁内には 1 台の車両のみが存在することを仮定する。1 車両のたわみの総面積が、単位重量あたりの面積の何倍に当たるかを計算し重量を得る。この総面積は速度の影響を受けるため、

$$\text{速度} = (\text{支間長} + \text{車両最長軸距}) / \text{通過時間}$$

で得られる速度を考慮することで正規化している。一般通行時には車両最長軸距は未知数であるが、今回は車両が既知なため適当な値を利用した

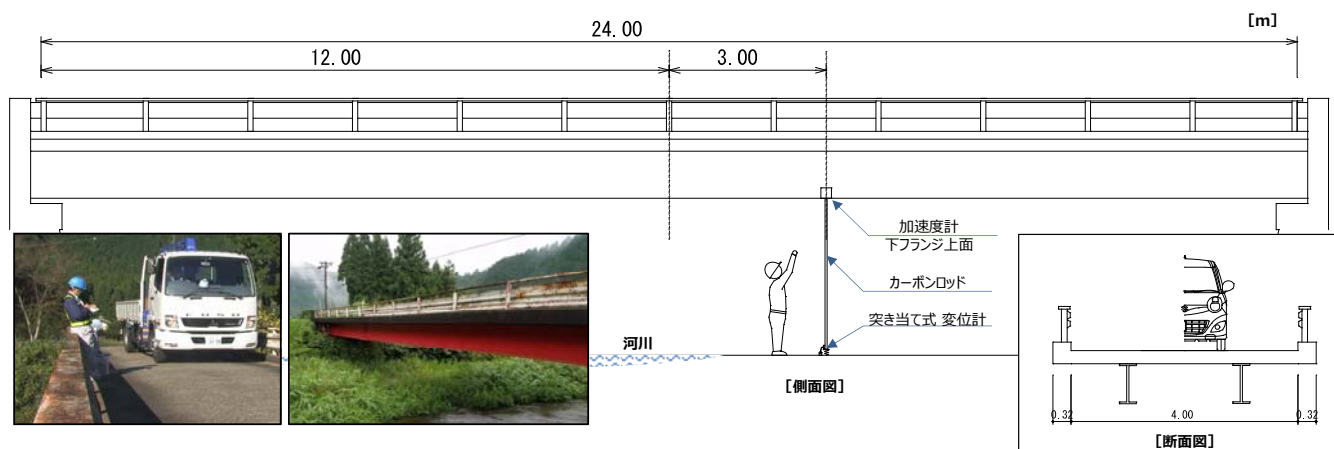


図 1 計測概要

キーワード B-WIM, モニタリング, 桁たわみ, 維持管理, 加速度応答, 変位応答

連絡先 〒153-0051 東京都目黒区上目黒 3-30-8 (株)TTES TEL:03-5724-4011

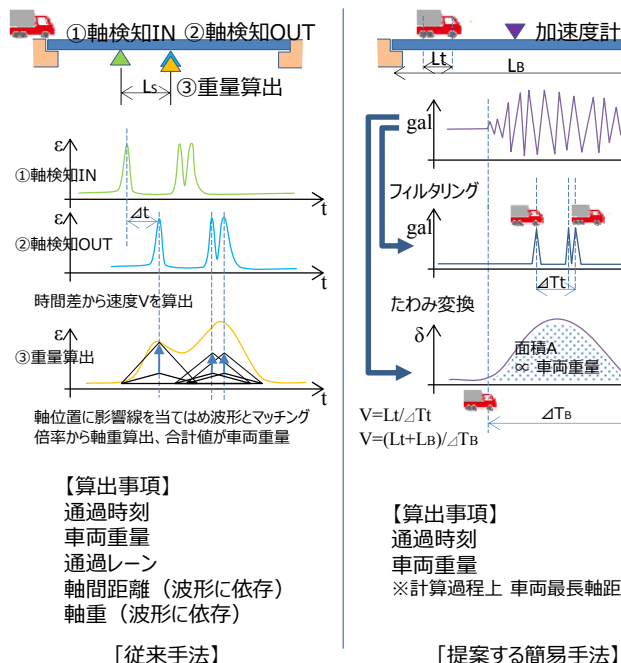


図2 B-WIM 手法について

が、加速度の波形から、軸の通過成分を得て車両長さも逆解析が可能である。

実際のたわみ波形（ひずみ波形）は、車両の振動と橋梁の振動の組み合わせとなり、長周期のたわみの波形に、高周波の揺れが加わる。そのため、最大値を利用すると、車両や橋梁特性の影響を受けて値がバラつくことが多い。その点、面積を利用すると、高周波の揺れの成分は相反することで、安定した結果を得ることが可能である。また、最大値は、車両長さに比べて支間長が短い場合には、軸重としての挙動が大きくなり、車両重量との誤差が大きくなる。

4. 簡易 B-WIM の結果と考察

車両通過時に得られた「加速度」と「たわみ」を図3に示す。たわみの大きな半波長の波形に、車両が侵入するに連れて、高周波の成分が加味されていき、車両通過後には減衰波形が見られた。この間、突き当て式変位計の値と、加速度から変換された変位は概ね同じ結果を示していた。

簡易 B-WIM の結果を表1に示す。10回の走行試験結果の分析で、車両重量の平均値は6.49[t]（計量結果6.23[t]）であったが、重さの標準偏差0.53[t]、誤差の標準偏差8.57[%]であった。速度は10~20[km/H]と大きく違っていたが、速度補正が適切に効いたことで、ある程度バラつきを押さえた結果を得ることができた。バラつきの主要因は、橋梁内での車両走行速度の変化であろうことはビデオで確認している。

参考文献

- 1) 梅川ら: “橋梁の車両通行に伴う加速度データを用いた変位モニタリングに関する検討”, 土木学会年次学術講演会 2017
- 2) Infra Studio: <http://infra-studio.com>

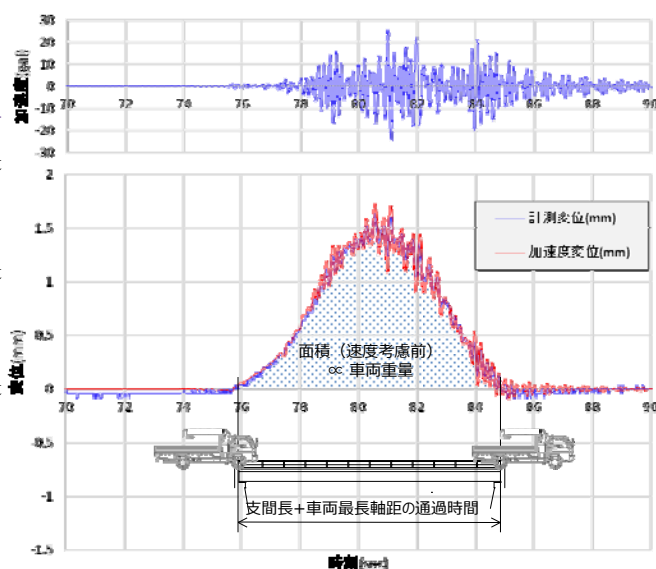


図3 加速度波形と変位算出例

表1 簡易 B-WIM の結果一覧

車種	走行	速度 (Km/H)	面積 Sec・mm	面積 比率	面積 比率 (速度 調整済)	推定 重量 (面積 比率)	誤差
コンクリート車	基準ケース	14.91	4.16	1	1	6.23	0.0
	順方向1	15.51	4.38	1.05	1.10	6.82	9.5
	順方向2	18.01	3.05	0.73	0.89	5.52	-11.4
	順方向3	20.99	3.07	0.74	1.04	6.47	3.9
	順方向4	16.94	4.06	0.98	1.11	6.91	10.9
	順方向5	17.46	3.71	0.89	1.04	6.51	4.4
	順方向6	13.53	5.11	1.23	1.11	6.94	11.5
	逆方向1	9.98	6.8	1.63	1.09	6.82	9.4
	逆方向2	15.51	3.85	0.93	0.96	6.00	-3.7
	逆方向3	18.73	3.05	0.73	0.92	5.74	-7.9
	逆方向4	10.12	7.08	1.70	1.16	7.20	15.5
	分散			0.11	0.01	0.29	73.5
乗用車	標準偏差			0.34	0.09	0.53	8.6
	平均値			1.06	1.04	6.49	4.2
	順方向	20.99	0.72	0.17	0.24	1.52	おかげ車両重量 1.35ton

また、試験期間中に通過した一般乗用車の波形を解析したところ、1.52[t]（カタログ車両重量1.35[t]）と運転手や荷物を考慮すると、概ね妥当と思われる重量を得た。

5. まとめおよび今後の展望

加速度計を橋面上に簡易に設置して、得られた波形を活用する簡易な B-WIM 手法を提案した。

車両を重量で大型・中型・小型に分類する程度を想定していたが、橋梁内に単一車両という適用仮定の影響もあり、誤差10[%]に迫る精度で重量を算出することができた。

今後は、従来方式との比較、車両長さの考慮、様々な重さの車両を用いてデータを収集し、非常に簡易な B-WIM 手法を確立し、誰にでも利用できる環境を構築していく所存である。