

建設省技術事務所における

# 技術開発

## 橋梁部材のひずみによる 道路活荷重のモニタリング

No. 126

建設省中部地方建設局中部技術事務所長

てらかわ あきら  
寺川 陽

中部技術事務所技術課長

ふるたに けんぞう  
古谷 健蔵

技術課計画係長

とみた なおき  
富田 直樹

### 1. はじめに

これまで、わが国の経済発展と生活水準の向上を支えてきたさまざまな社会基盤施設の多くが今後更新時期を迎えるのを背景に、いわゆる「管理の時代」の到来が指摘されている。今後新たに建設する構造物の設計・施工に当たって、初期コスト、すなわち目先のコストだけでなく、将来の維持管理コストや寿命をも加味したライフサイクルコストの観点から妥当性を評価することが大切であるのはこのためである。また、今現在機能している施設を適切に維持・管理することで、いかに

長持ちさせるかも重要な視点である。橋梁についてみれば、たとえば中部地方建設局管内の国が管理する橋梁については、10年に1回程度の頻度で橋梁点検車（写真 1 参照）等を用いた点検が行われており、必要な箇所について、維持・補修作業が実施されている。さて、橋梁の場合、部材のさびによる劣化もさることながら、設計の前提となる外力（通行する車両の荷重、地震荷重、自重など）を超える力が継続的に作用することも寿命に大きく影響する要因であると考えられる。特に通行する車両の重量についてみれば、車両の大型化や性能向上も相まって、規定されている積載荷重をはるかに上回る、いわゆる過積載車両の通行

写真 1 橋梁点検状況



がしばしば社会問題としてとりあげられており、違反に対する指導・取締りは橋梁管理の観点からも重要な課題である。

従来、通行車両の重量の測定は、道路面に埋設したセンサーによって直接計量する方法が用いられているが、機器の設置等に要するコストが高く、設置場所が限られるのが現状である。

それに対し、最近、橋梁自体をいわば「はかり」として活用し、部材に生じるひずみから通行車両の重量を推定する手法が研究レベルで提案されている。この手法は、汎用の測定機器を用いることから、測定費用が安い、橋面上に測定機器などを設置する必要がないなどの利点を有している。橋梁のひずみにより車両重量を推定する手法としてはいくつかの手法があり、たとえば、建設省土木研究所橋梁研究室<sup>1)</sup>では、鋼橋の主桁下フランジ等に生じるひずみを用いて車両重量等を推定するシステムの開発を行っている。しかし、従来の方法は、求める荷重等と応答との因果関係を補完する情報である着目部材の影響線や影響面

把握する必要がある、また、応答波形の分解にはサンプリング数分の次数のマトリクス計算が必要である。

それに対して、今回、適用した手法<sup>2)3)</sup>は、荷重走行時の影響面積を荷重の指標とする順解析的な推定理論に基づく手法で、重量推定に必要な情報は、応答波形と通過速度であり、解析は応答の積分操作を行うのみで簡便なものである。また、荷重検出部材は、鋼ワーレントラスの垂直材、床組の縦桁等であり、他の手法の測定部材と異なることから、測定可能な橋梁部材が増え、車両の活荷重のモニタリング可能な測定地点が多くなる。もし、本手法の実用化が可能となれば違法車両取締りの一助としての活用はもちろん、橋梁の性状の長期的なモニタリング指標となる可能性も秘めている魅力的な手法である。

本稿では、名古屋大学と共同で橋梁部材のひずみに着目した自動車活荷重モニタリングシステムの現地実験を通じて、フィジビリティスタディを行った結果について報告したい。

図 1 速度の推定の概念

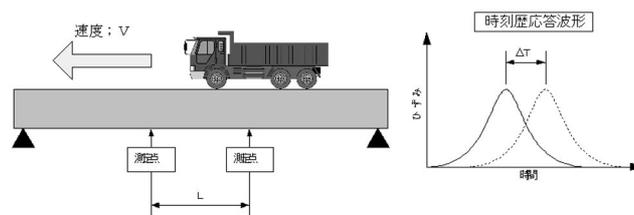
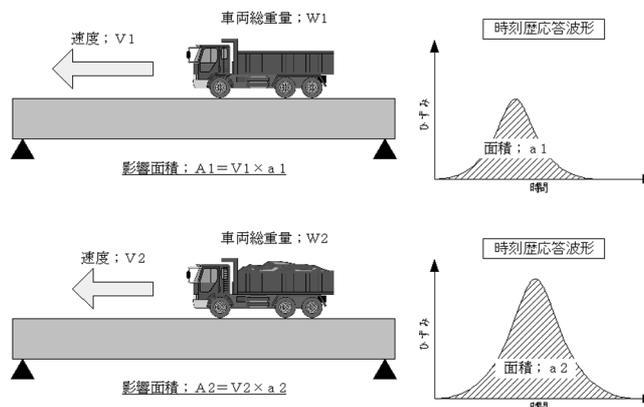


図 2 車両総重量の推定の概念



## 2.

### 計測の原理

今回、現地試験で採用した手法は、名古屋大学山田健太郎教授および小塩達也助手のアイデアによるものである。『橋面上を走行する車両によって生じる応答波形の影響面積（あるポイントでの

経時的なひずみ応答波形の積分値に走行速度を乗じたもの）は車両総重量に比例する』ことに着目して車両重量を推定するため、従来提案されている逆解析手法と異なり橋梁の剛性を評価する必要のないところに特徴がある。本手法では、図 1 に示すように同じ影響線をもつ二つの測定点の応答波形から  $V = L/\Delta T$  によって走行車両の速度を

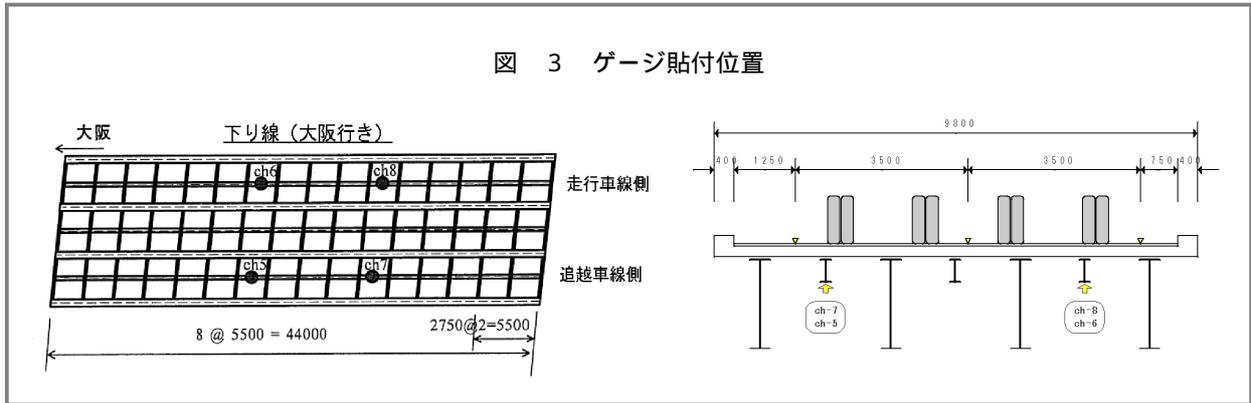


写真 2 ゲージ取付作業状況と測定作業状況



①ひずみゲージ設置状況



②ひずみゲージ設置



③重量既知車両走行試験

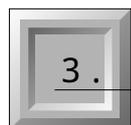


④ブリッジボックス



⑤データ測定状況

求め、また、あらかじめ既知の重量の車両を走行させた場合の影響面積との比を乗じることによって通行車両の総重量を簡易に求めることができる。ただし、適用にあたっては、1台の車両の通過に応答するひずみが発生する部材をもつ構造の橋梁である必要があるため、床版補強増設縦桁を有する鈹桁橋やワーレントラス橋の垂直材などが適している<sup>2)</sup>。



### 3. 現地測定

#### (1) 現地測定概要

前述の手法を用いて、一般国道25号亀山大橋（4径間連続鋼鈹桁橋：三重県亀山市）の上下線第3径間において現地測定を実施した。測定方法は、ひずみゲージを床版補強増設縦桁のスパン中央部にゲージ間距離11mで設置（図3、写真2参照）、ビデオカメラ・測定装置を設定した後、初日に重量既知車両走行試験を、2日目から3日目にかけて一般車走行試験を行った。本モニタリングを適用するには、あらかじめ重量が既知の車両を走行させ、ひずみを計測する必要がある。計量所において計量された重量既知の試験車2台（25tf、20tf程度）を用い、橋面上は交通規制を行わず、一般供用下で調査を行った。また、

推定速度の検証を行うためにストップウォッチを利用し試験車の走行速度も記録した。測定回数は、試験車が対象橋梁に進入し、退出するまでの計測機器の始動・停止作業を1ケースとし、上り線（名古屋行き）では走行車線で8ケース、追越車線で5ケースを、下り線（大阪行き）では走行車線で8ケース、追越車線で6ケースを各荷重車で実施した。一般車走行試験では、重量既知車両走行試験で得られたひずみ値から、約15tf以上の重量をもつ走行車のひずみを想定し、そのひずみ値以上を感知すると自動で測定を開始するトリガシステムを用いて無人状態での自動測定（22時

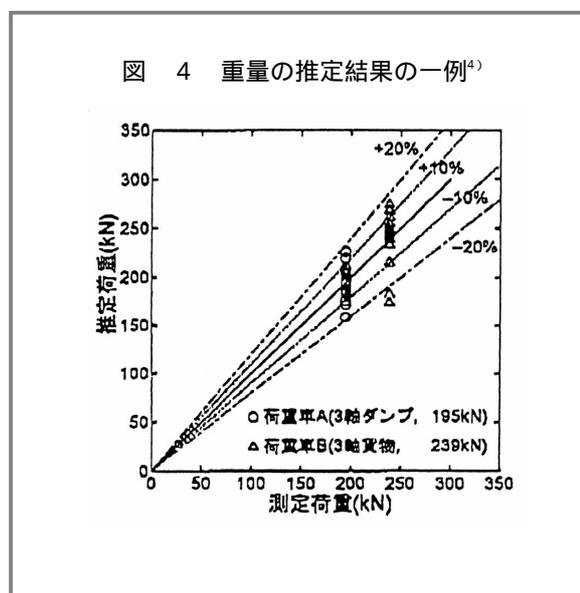


表 1 測定使用機器

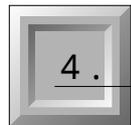
測定項目	測定機器	規格	数量等
ひずみ	動ひずみ計測器	東京測器研究所 DRA 101C	2台
	ブリッジボックス		8台
	ひずみゲージ	一軸ひずみゲージ	8個
時刻計測	ストップウォッチ		4台
データ処理	ノート型パソコン	Windows95対応	2台
	計測用インターフェイス	GPiBinterface	2台
	計測ソフトウェア	名古屋大学開発	1式
撮影	ビデオカメラ		3台
その他	発動発電器	2 kW/100V	1式
	高所作業車	NH 15M (13.5m型)	1台
	大型車両 3軸ダンプ	車重(積荷含) 20~25t	1台
	3軸貨物	"	1台

間)を行った。また、同時にビデオ撮影を実施し、走行車両とひずみ波形の確認を行っている。

#### (2) 使用測定機器

測定機器は、いずれも広く用いられている市販品であり、可搬である(表 1 参照)。

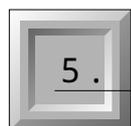
ひずみゲージの貼付は容易であり、短時間で作業が可能である。ゲージの貼付位置は、橋梁下面に設置すれば交通規制が不要である。具体的には、ひずみが最も顕著に発生すると考えられる床版補強材の縦桁下フランジ下面部で、張付け箇所を塗装を削り、シアノアクリレート系の接着剤を使用して張り付けた。長期観測を行う場合、鋼部材に溶接するタイプのひずみゲージを用いることも考えられる。また、このひずみ計に接続する測定機器は、汎用のひずみ測定システムで十分である。したがって、橋梁下部工のゲージ取付作業が容易な環境であれば、短時間ですべての観測機器を接続して、計測を開始することができる。



## 4. 現地測定結果の分析・解析

現地試験で得られたひずみ計測結果を用いて、名古屋大学大学院山田研究室において、車両の速度、最遠軸距離、および荷重についてデータ分析が行われた。

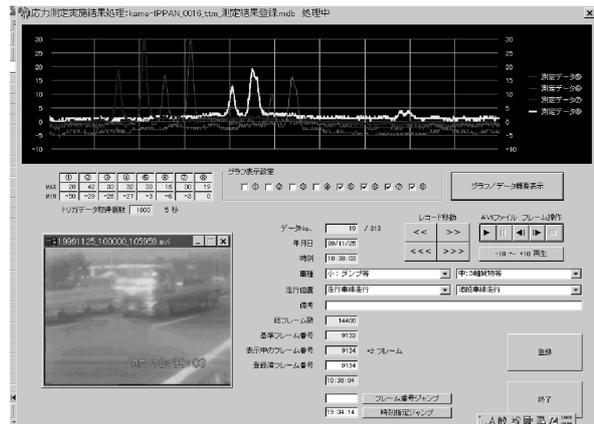
図 4 は、データ分析結果の一例である<sup>4)</sup>。これは、下り車線(大阪方面行き)において2種類の荷重車を走行させた場合のひずみ測定値から推定した車両重量と計量所で計量された値を縦・横軸にとって表示したものであるが、おおむね±20%程度の誤差に収まっていることがわかる。



## 5. まとめ

橋梁部材に生じるひずみに着目して、通行車両の重量等を推定する手法について、実際の橋梁における現地試験を実施した。その結果、一定の精度で車両重量の推定が可能であることが示された。本手法は、簡便であり、機動性に優れ、かつ、いわゆる「はかり」による車両重量測定と比

図 5 道路活荷重のリアルタイムモニタリングシステムのイメージ



べてずっと低コストであることから、幹線道路に多くの自動車重量観測点を設定して、道路網レベルで活荷重調査を行う手段としての適用が考えられる。また、既設橋梁の補強検討の際に、実際に部材に作用している応力や変形を同時に測定し、部材の老朽度の照査や異常値の検出によってその発生原因の把握などに活用することへの発展も魅力的である。

今後、現地での測定データを積み重ねることによって、測定精度や信頼性についての検証を続けるとともに、ひずみ計測値をリアルタイムで解析し、道路活荷重等をモニタリングできるシステムの開発を進めていく予定である。

最後に、本検討に際し、多大なご指導・ご協力をいただいている名古屋大学大学院山田健太郎教授、小塩達也助手および新海英昌、小林直人の諸氏に感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 西川和廣, 村越潤, 宮崎和彦: 橋梁を用いた車両重量の計測(WIM)システムの開発, 土木技術資料38 1, 1996
- 2) 新海英昌, 小塩達也, 山田健太郎他: トラス部材を用いた走行車両の重量推定, 土木学会中部支部平成10年度研究発表会講演概要集, 1998
- 3) 小塩達也, 新海英昌, 山田健太郎他: 橋梁部材の影響面積を用いた走行車両の重量推定に関する研究, 土木学会年次学術講演会概要集, 1999
- 4) 小塩達也, 山田健太郎, 小林直人: プレートガーダー橋の縦桁を用いた Bridge Weigh In Motion システムの開発, 土木学会年次学術講演会概要集, 2000(投稿中)