

# 橋梁管理支援システムの開発について

九州地方整備局 福岡国道事務所 管理第二課 深浦 貴之

## 1. はじめに

わが国では、高度成長期に集中的に建設された道路構造物が、今後一斉に高齢化時代を迎える。これに伴い、これら道路構造物の補修や更新需要が増大すると予測され、計画的かつ効率的な維持管理の確立が重要課題となっている。

維持管理計画にあたり、道路構造物の主な劣化要因の一つである“交通荷重の実態”を把握することは重要である。そこで、供用中の橋梁に「秤(はかり)」の役割をさせることで、低コストかつ交通流を乱すことなく走行荷重の把握が可能である走行車両重量計測システム (Bridge-Weigh-In-Motion: 以下 BWIM という) の開発検討を行った。

また、橋梁の適切な補修・補強の実施に際し、適正な橋梁の損傷予測を行う上で不可欠である“橋梁の実応力”を把握する手法として、3次元 FEM 解析の有効性を検証した。

## 2. 走行車両重量計測システム (BWIM) の概要

BWIM とは、走行車両により橋梁部材に発生するひずみとその部材の影響線から走行荷重を逆解析し、交通流を乱すことなく、簡便に走行車両の重量を計測する技術である。具体的には、始めに、重量が既知の試験車両を走行させ、測定点 (主桁下フランジ) のひずみ応答から影響線を求める。次に、任意の時刻における走行位置の影響線縦距と軸荷重とを乗じ、主桁ひずみの理論値を得る。この理論値と実測値との差が最小となるように走行荷重を算出する。BWIM の概念図を図-1 に、影響線のイメージを図-2 に、それぞれ示す。

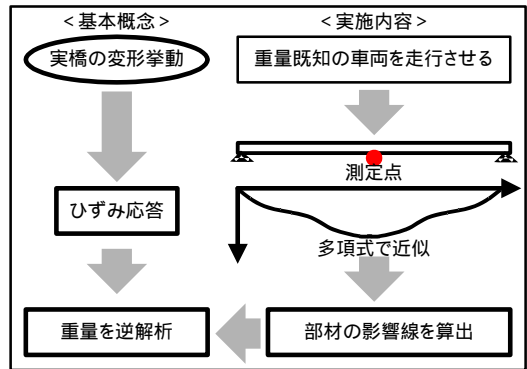


図-1 BWIM の概念

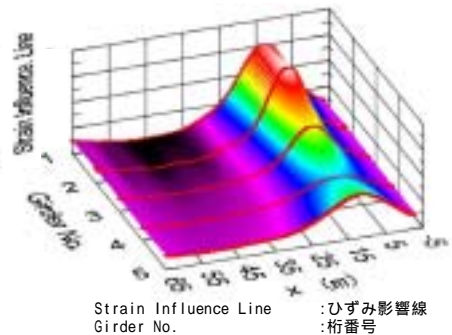


図-2 主桁の影響線 (上り線)

## 3. 対象橋梁

検討対象橋梁としては、明確なひずみ応答値が得られる鋼橋が適するため、大型車混入率が比較的高く、供用開始前に静的載荷試験が実施できる、一般国道 201 号の篠栗橋を対象橋梁として選定し

表-1 橋梁諸元

項目	下り線	上り線
道路種別	第3種1級	
上部工型式	鋼2径間連続鈹桁橋 (RC床版/5主桁)	
下部工型式	逆T式橋台、張出式橋脚	
架設年度	2002年度	1988年度
橋長	80.5m	69.4m
支間長	26.50m+53.00m	38.85m+29.80m
斜角	[A1] 71° 25' 27"	[A1] 70° 31' 40"
	[P1] 32° 00' 00"	[P1] 32° 00' 00"
	[A2] 60° 00' 00"	[A2] 60° 00' 00"

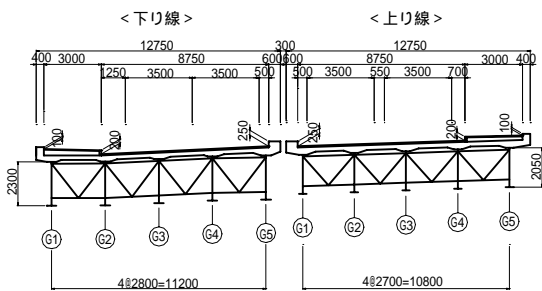


図-3 篠栗橋上部工断面図

た。表-1 に橋梁緒元、図-3 に断面図を示す。

#### 4. BWIMの開発検討

BWIMの開発検討にあたり、重量が既知の車両を走行させることで影響線を算出するとともに、種々の走行パターンに対する重量推定精度を把握する目的で、試験車両走行試験を実施した。試験車両（20t、15t ダンプトラック）を各種パターンで走行させ、影響線の算出に必要な下フランジのひずみ、および補足情報（速度の算出、走行車線の判別）に必要な垂直補剛材のデータを取得した。図-4 に計測箇所を示す。実施した走行パターンを表-3 に、状況写真を図-5 に示す。走行試験結果のうち、パターン1及びパターン4の結果を図-6 に示す。パターン4の並走時に最大誤差15%程度となっているものの、平均値としては誤差がほぼ0に収束する傾向にあり、良好な精度が得られている。また、一般車混入の走行パターン5~7においても、同様の精度で車両重量が推定された。

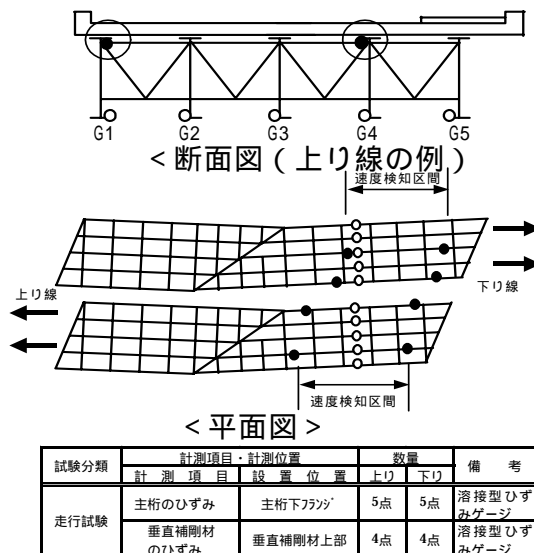


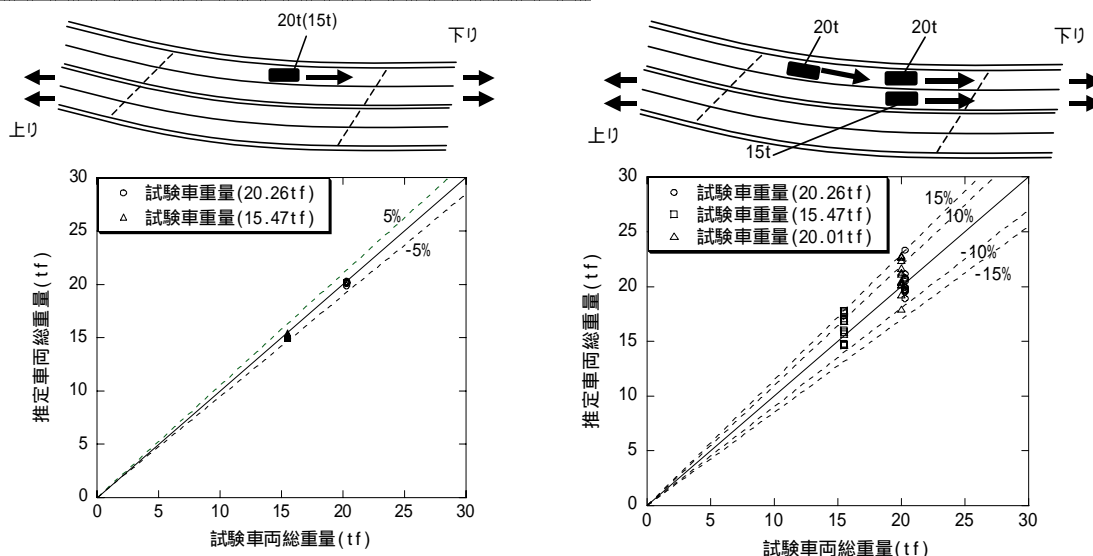
図-4 測定箇所

表-3 走行パターン

パターン名	走行状態	
パターン1	単独走行	20t及び15t各々の単独走行
パターン2	連行	20tと15tの連行
パターン3	並走	20tと15tの並走
パターン4	連行+並走	20tと15tの連行+20tの並走
パターン5	一般車両混入状態での単独走行	20t
パターン6	一般車両混入状態での単独走行連行	20tと15tの連行
パターン7	一般車両混入状態での並走	20tと15tの並走



図-5 走行試験状況



パターン1 (単独走行)

パターン4 (並走+連行)

図-6 走行試験結果 (走行パターン図及び精度検証グラフ)

## 5. 自動計測システムの開発

BWIM を用い、重車両の重量、画像、速度、走行車線の情報を、長期間にわたって蓄積する“自動計測システム”を開発した。本システムは、常時、上下線計4車線に対して走行車両による測定点のひずみ応答を監視し、ある一定以上の車両重量を検知して、車両重量、走行速度、走行車線を算出するとともに、該当車両のCCTV映像を自動で蓄積するものである。また、光ファイバーを活用することで、リアルタイムでの遠隔地モニタリングを可能とした。本システムのブロック図及び画像処理状況を図-7に示す。

プログラムは、維持出張所・通信機械室内PCにおける“画像収録プログラム”と、現場観測小屋内PCにおける“動ひずみ計測プログラム”とから成り、動ひずみ計測プログラムには“BWIMによる重量推定プログラム”をサブルーチンとして組み込んでいる。

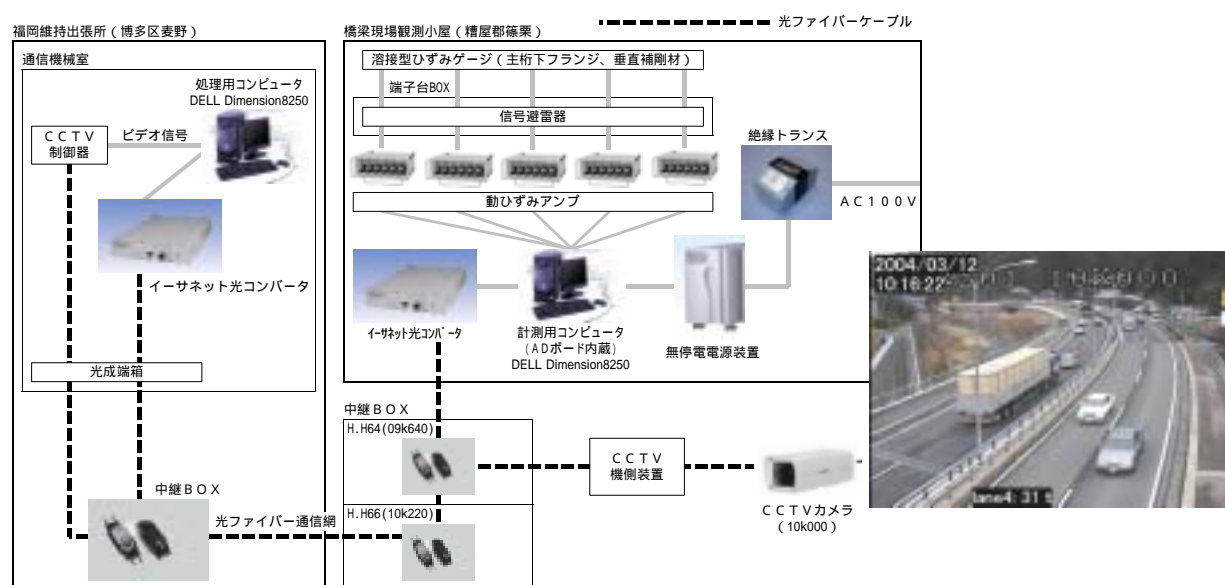


図-7 システムブロック図と画像処理状況

本システムの有効性を確認後、3ヶ月間の長期計測を実施した。長期計測により収集したデータを車両重量ごとに整理した結果を図-8に示す。20t以上の重車両のうち、65%以上が20~25tであるが、設計活荷重を上回ると考えられる車両の走行が確認されている。

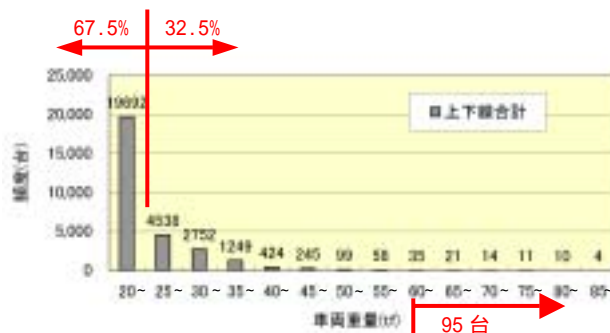


図-8 車重別頻度グラフ(90日間)

## 6. 3次元FEM解析

篠栗橋上下線各々に対して、3次元FEM解析モデルを作成し、載荷試験により得られた実測値と解析結果とを比較して、FEM解析の有効性を検証した。下フランジのひずみに着目した実測値と格子解析との比較結果を図-9に示す。なお、実測値は、供用開始前に実施した静的載荷試験結果を示す。

図-9より、FEM解析と実測値は、各主桁下フランジのひずみ値が良く一致しており、FEM解析が実挙動を良く捉えている。また、格子解析においては、下フランジの応答値の傾向は概ね一致しているものの、ひずみ値が1.5倍以上となっている。これは、格子解析は非

合成桁、FEM 解析は合成桁として解析しているため、床版の主桁作用により、FEM 解析結果は格子解析と比較してひずみ値が小さくなっていることに起因している。すなわち、篠栗橋は合成桁としての挙動を示していることが明らかである。

この結果より、FEM 解析の有効性が検証されたとともに、補修補強設計を実施するにあたり、一般的に用いられる格子解析ではなく、FEM 解析を用いることで、過大な補修補強工事を避け、実挙動に適合したコストミニマムの補修補強計画立案への可能性が得られた。

## 7. BWIMの今後の活用方法と課題

BWIM の今後の活用方法と、実用化に向けた課題点を、以下に整理する。

### 7.1 今後の活用方法

#### 7.1.1 維持管理への活用

橋梁の疲労損傷や舗装の損傷と交通荷重との相関関係を明らかにすることで、当該橋梁や同路線の舗装など個別の道路施設についての的確な補修計画を立案することや、管内の主要ポイントに本システムを設置し、面的な交通荷重を把握することで、管内路線全体の的確な維持修繕計画を立案することなどが考えられる。

#### 7.1.2 過積載車両の注意喚起及び取り締まり方法としての活用

過積載車両の注意喚起及び取り締まり方法のひとつとして、活用することが挙げられる。路肩に情報板を設置し、車両重量をドライバーに告知することで、過積載車両の通行の抑制を図ることなどが考えられる。また、関係機関と協力して特殊車両の取り締まりの効率化が図られると考えられる。

### 7.2 実用化に向けた課題点

実用化に向けての課題点としては、以下の項目が挙げられる。

- ・現在の BWIM は試験車両（ダンプトラック）をベースとして構築しているため、多軸車等の各車種毎の走行時の精度を確認する必要がある。
- ・自動計測システムで得られるデータの今後の活用方法を検討し、適切なフォーマットに整理する必要がある。
- ・連続計測を行う際の維持管理コストを算出し、連続計測の費用対効果を明らかにし、今後の適切な計測計画を立案する必要がある。
- ・アセットマネジメントへの活用における具体的な手法を立案し、管内の道路における本システムの配置計画を検討する必要がある。

## 8. まとめ

BWIM および FEM 解析の有効性が検証されたとともに、自動計測システムにより、容易に実交通荷重を取得することが可能となった。今後、BWIM を道路施設の維持管理へ活用する方法を具体化し、実用的なツールとして活用していく予定である。

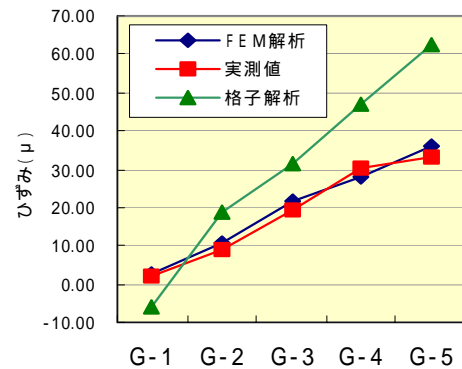


図-9 荷重载荷図と比較グラフ