

## 垂直補剛材を用いた積分法 BWIM に関する検討

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 内藤 靖  
九州工業大学 正会員 山口栄輝  
九州工業大学大学院 学生員 松木勇太

### 1. はじめに

わが国では道路橋の老朽化が急速に進展している。これらの橋梁群を今後とも安全に供用し、我が国の社会基盤を維持していくためには、橋梁にどのような荷重が作用しているかを把握し適切な維持管理を行う必要がある。しかしながら、供用中の道路橋に作用する交通荷重を知ることは容易ではない。したがって、橋梁の変形を利用し、交通流を乱すことなく、簡便に走行車両の総重量を計測する技術であるBWIM (Bridge Weigh-In-Motion)の研究が進められている。松尾ら<sup>1)</sup>は垂直補剛材のひずみを用いた積分法BWIMの車両総重量推定について検討を行ったが、車線により精度が大きく異なる結果となった。その結果をもとに、本研究では、積分法BWIMを新たな橋梁に適用する場合の留意点を検討する。

### 2. 対象橋梁と測定位置

対象橋梁の概要を図-1 に示す。これは河川を跨ぐ 2 径間連続の鋼桁橋であり、平面形状は斜橋である。平面図中、二重線は横桁を、横桁と平行な実線は対傾構を示す。垂直補剛材上端部（図中の白丸位置）にひずみゲージが取り付けられており、鉛直方向のひずみを測定した。このひずみからは、総重量推定に必要な走行車線位置、走行速度などの情報も求めることができる。

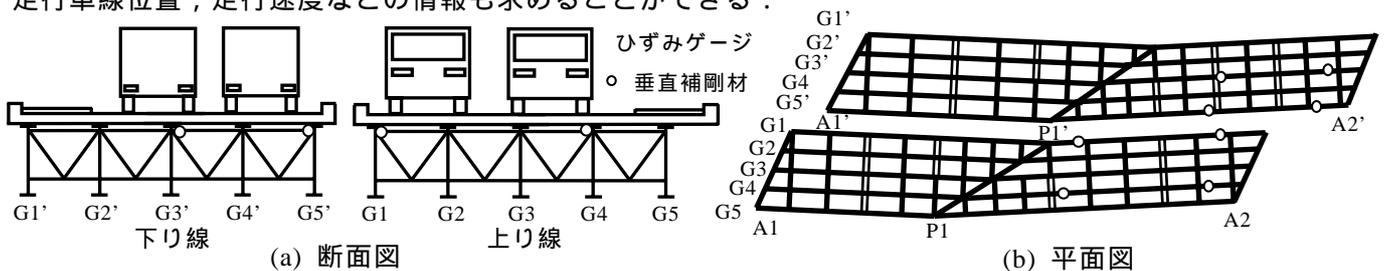


図-1 対象橋梁の概要と測定位置

### 3. 積分法による総重量推定方法と総重量推定結果

ひずみ波形を位置の関数で積分したものを影響面積と呼ぶことにすると、どのような軸数、軸配置になっている走行車両であっても車両総重量が同じであれば影響面積は等しい。総重量が既知( $W_c$ )である試験車両の影響面積 $A_c$ を算出しておき、この値をキャリブレーション値とすれば、任意の車両の総重量( $W$ )は、影響面積 $A$ を測定することで算出できる<sup>2)</sup>。松尾ら<sup>1)</sup>は総重量が既知の試験車両を用いて、この手法による総重量推定を行い、精度を検討した。その結果、上り線では最大でも誤差は 10%程度と良好な結果が得られたが、下り線では 2 台の試験車両が走行した場合に誤差が大きくなり、最大で 70%程度の誤差となった。

図-2 に下り線の走行車線を試験車両が単独走行した際の垂直補剛材の実測ひずみを示す。直上を車両が走行するため、走行車線の垂直補剛材に大きなひずみが発生しているが、追越車線の垂直補剛材にもかなり大きなひずみの発生が認められる。一方、上り線においては、試験車両が走行しない側の車線に発生するひずみは非常に小さい。この違いが、下り線では併走走行時に積分法 BWIM の推定誤差が大きくなる原因と考えられる。

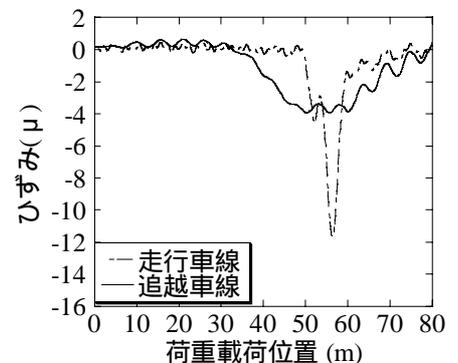


図-2 垂直補剛材の実測ひずみ  
(下り線)

キーワード Weigh-In-Motion, 交通荷重, 垂直補剛材

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑仙水町 1-1 九州工業大学工学部 TEL093-884-3110 FAX093-884-3100

4. 立体FEM解析による検討

下り線走行車線の車両走行を模擬するため、G3' 桁直上の複数点で载荷し、立体 FEM 解析を行う。下り線追越車線の実測ひずみ計測位置（図-3 の G5'-S）の垂直補剛材上端でひずみを算出する。

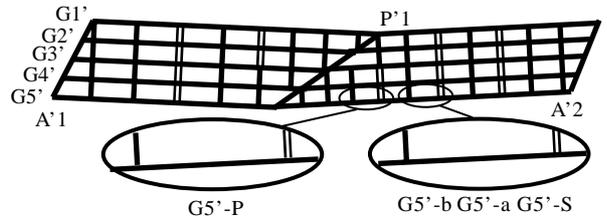


図-3 ひずみを算出する垂直補剛材

4.1 解析結果と実測データの比較

解析結果として、図-4 に下り線追越車線の垂直補剛材に発生するひずみを、実測結果とともに示している。これより、本研究での検討には、立体 FEM 解析で十分な精度の解が得られると判断される。

4.2 垂直補剛材のひずみ

横桁あるいは対傾構と接合している垂直補剛材の間に、いずれにも接合されていない3つの垂直補剛材が配置されている。図-3 に示すように、これらの垂直補剛材を G5'-S, G5'-a, G5'-b と名付け、発生するひずみを算定する。上述の通り、G5'-S が実橋での測定位置である。算定結果を図-5(a) に示す。横桁に近い G5'-S でひずみは最も大きく、対傾構に近い G5'-b の

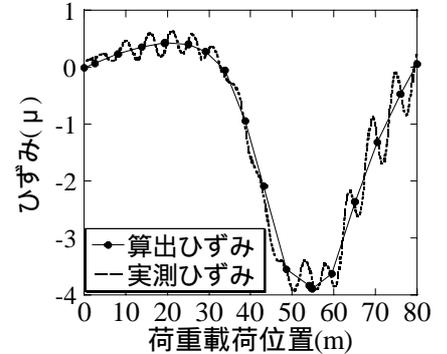
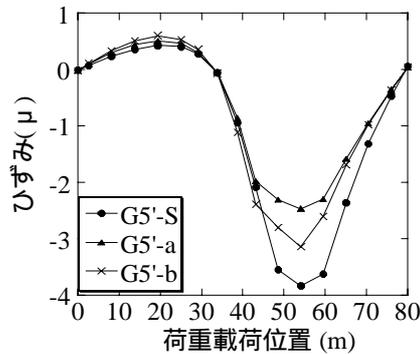
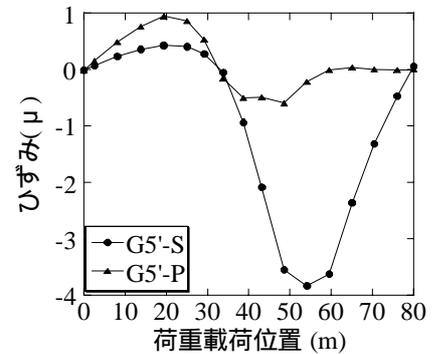


図-4 垂直補剛材ひずみ（下り線追越車線）

ひずみがそれに次ぎ、G5'-a でのひずみが最も小さくなっている。これらのことより、垂直補剛材のひずみには、横桁や対傾構による荷重分配効果が大きく関与していると考えられる。そこで、G5' 桁内で対傾構や横桁から離れたところに位置する垂直補剛材のひずみを算出し、比較したところ、図-3 の G5'-P でのひずみが最も小さいことが判明した。この点でのひずみを図-5(b) に示す。



(a) G5'-S, G5'-a, G5'-b



(b) G5'-P

図-5 垂直補剛材のひずみ

4.3 G5'-Pでのひずみを用いた総重量推定

G5'-P における実橋での計測結果はないため、ここでは立体 FEM 解析で車両走行を模擬して必要なデータを算出し、総重量推定を試みた。その結果、2 台の車両が併走走行する場合においても、推定された総重量の誤差は 9.4% に過ぎず、G5'-S でのひずみをもとにした総重量推定に比して、大きく改善された結果となった。

5. まとめ

立体 FEM 解析によって、下り線の走行車両が、追越車線の垂直補剛材に発生させるひずみの検討を行った。その結果、走行車両の重量推定には横桁や対傾構の荷重分配効果が大きく影響することが明らかとなった。次いで、横桁や対傾構の荷重分配効果の影響が最も小さくなる垂直補剛材を見つけ出し、そこでの垂直補剛材のひずみを用いて総重量推定を行えば、精度が改善されることを示した。これより、適切な垂直補剛材に着目すれば、積分法 BWIM で精度良く車両総重量推定を行い得ると考えられる。

参考文献

1) 松尾, 山口, 河村: 垂直補剛材を用いた走行車両の重量推定, 土木学会第 60 回年次学術講演会講演概要集, pp.121-122, 2005 年  
 2) 小塩, 山田, 小林, 水野: 鋼 I 桁橋の縦桁を用いた Bridge Weigh-In-Motion システムの開発, 構造工学論文集, Vol.47A, 2001-3, pp1083-1091.