

# OSMOSシステムによる 実橋モニタリング報告（その2）

## Bridge Monitoring with the OSMOS System (Part 2)

山下久生\*<sup>1</sup> 能登宥愿\*<sup>2</sup>  
Hisao YAMASHITA Hiroyoshi NOTO

### Summary

In Japan, a number of bridges have been erected as part of infrastructure improvements since the 1960s and it is necessary to ensure that bridges which have been in service for 40 to 50 years are safely and properly used. In order to extend the service life of such bridges with limited budget, it is important to investigate them with reliable techniques. The authors carried out experimental monitoring aiming at inspection and investigation with the OSMOS system which uses optical fibers as a sensor. This paper reports the outline of such monitoring and the findings gained from the measurement results.

キーワード：OSMOS、光ファイバー、点検・調査、モニタリング、動的計測

### 1. はじめに

供用を始めてから40年～50年経過する橋梁が、これから一挙に増加してくる。これらの橋梁を安全に、そして快適に使い続ける必要がある。限られた予算で延命化を計るために、信頼性のある手法で点検・調査を行い、最適な時期に補修・補強を実施することが重要と考える。

OSMOSシステムは、光ファイバーをセンサーとして用いたモニタリングシステムである。部材に取付けたセンサー固定点間（通常1～2m）の相対変位を精密に計測するものである。筆者らはこれまでに、OSMOSシステムの概要、使用法について宮地技報<sup>1),2)</sup>や土木学会年次学術講演会<sup>3),4)</sup>に発表してきた。宮地技報の前号(20号)<sup>5)</sup>では、約6ヶ月間におよぶ既設橋梁の動的計測について報告した。この中では、補修工事における部材の挙動、また長期計測を行うことによって得られた温度・地震・台風そして重車両通過時の特徴について述べた。本号では、別の既設橋梁において新たに実施したモニタリング、すなわち健全度評価へ繋げる第1歩として、主桁、床版での計測例、また評価の手段となる中立軸位置の算出、そして他のセンサーとの動的計測の検証結果について報告する。

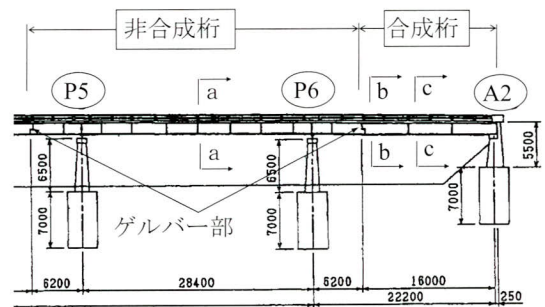


図-1 側面図 P5～A2

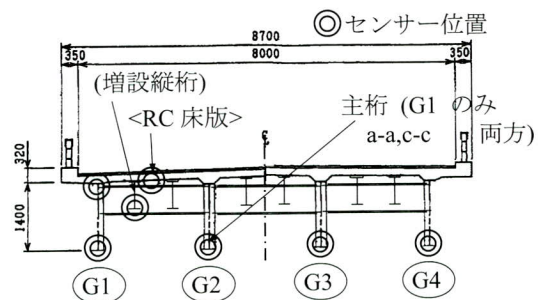


図-2 a-a(b-b)<c-c>断面図

### 2. 計測対象橋梁

今回のモニタリング対象の橋梁は、7径間ゲルバー鋼鈑

\*<sup>1</sup>生産本部技術研究所技術開発課課長代理

\*<sup>2</sup>生産本部技術研究所長

桁（4主桁）で供用開始後44年経過している。既に増設縦桁の設置、支取替え、床版増厚等の補修・補強工事が実施されてきている。この橋梁の端部2径間（図-1、2）を対象として、動的計測を実施した。

P5-P6橋脚間28.4mおよびゲルバー部までの両張出し区間それぞれ6.2mは連続した非合成桁であり、P6橋脚-A2橋台間22.2mの内ゲルバー部からA2橋台までの16.0mは合成桁となっている。

### 3. 計測概要

センサーの設置箇所を図-1、2に示す。非合成桁部 a-a断面と合成桁部 c-c断面のG1主桁は、中立軸の位置を確認するため上下FLGに設置した。また、a-a断面では荷重の分配作用状況を確認するためG2、G3、G4主桁下FLGにも設置してある。増設縦桁は、b-b断面下FLGに1箇所設置した。床版は、c-c断面に橋軸直角方向と橋軸方向の2方向にセンサーを設置した。計測時のサンプリング周波数は20Hzとした。

実際の設置状況を写真-1、2に示す。写真-1は、主桁上FLG下面にシリコン被覆（SI）タイプ2mのセンサーを設置した状況である。塗膜の劣化や浮きがない状態で、塗膜を剥がすことなくそのまま接着剤で定着治具を固定し、センサー定着部をその治具にナットで固定している。写真-2は、RC床版下面へ設置した状況である。橋軸方向は、スパイラルスチール被覆（ST）タイプ1mのセンサーを設置した。橋軸直角方向は、光学伸縮計エクステンソメーター（EX）タイプ0.5mのセンサーを設置した。

なお計測当日はフリー走行の他、車重が既知の4種類の荷重車を通過させその時の動的応答値を計測した。

### 4. 計測結果

#### (1) 主桁、床版および縦桁のひずみ

図-3に荷重車単独走行時の a-a断面および c-c断面のG1主桁の上下FLGに設置したセンサーの計測値を示す。a-a断面に設置したセンサーは、荷重車がc-c断面を通過時にも連続桁としての応答を示しているが、c-c断面のセンサーは、荷重車がa-a断面通過時には反応がないことからゲルバー部が有効に働いていることがわかる。

図-4は、b-b断面の縦桁、c-c断面の床版に設置したセンサーの応答値を示す。縦桁は、先の主桁と異なりピ

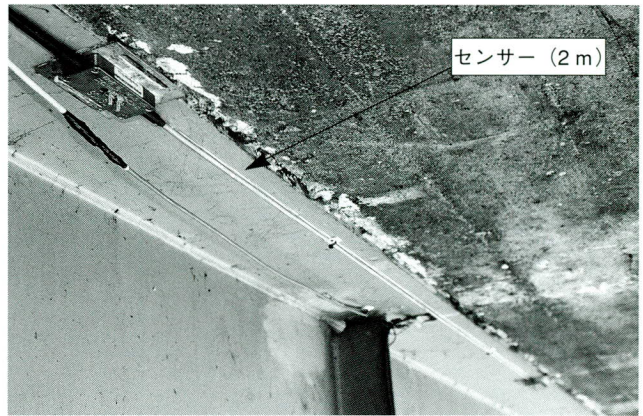


写真-1 主桁上FLGの設置状況

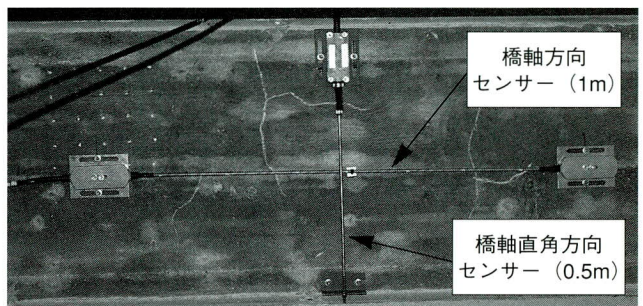


写真-2 床版下面の設置状況

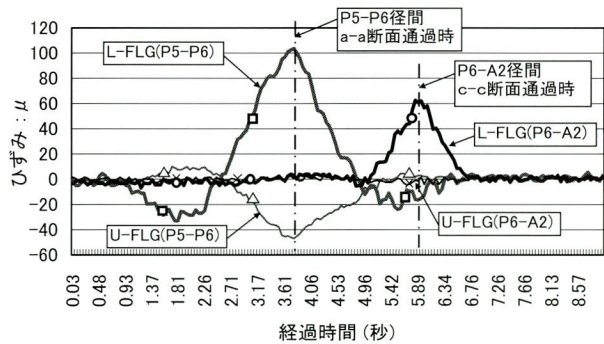


図-3 主桁ひずみ

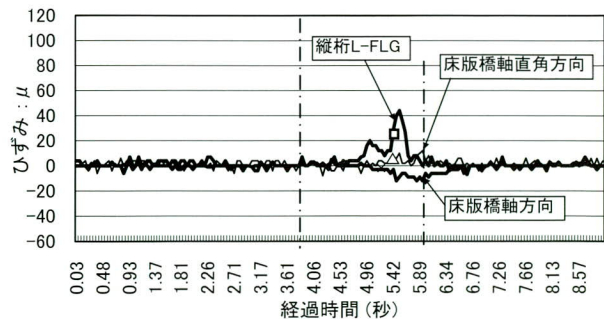


図-4 縦桁、床版ひずみ

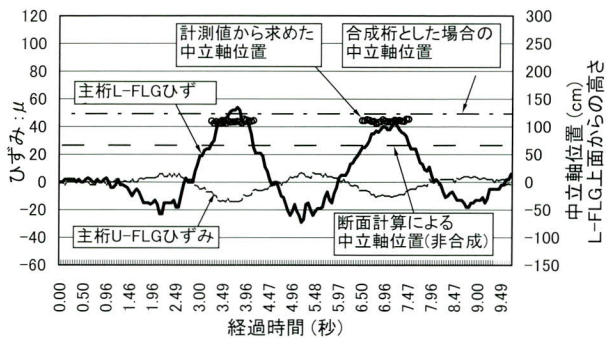


図-5 a-a断面G1主桁中立軸位置

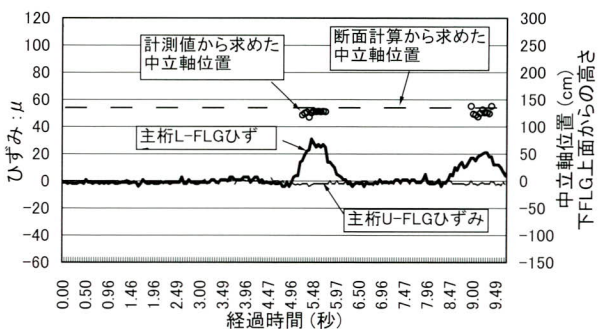


図-6 c-c断面G1主桁中立軸位置

ークが2回現れている。主桁は連続しているため影響範囲内の応答値を図-3では連続して示している。しかし縦桁は横桁位置で縁が切れているため、車軸が横桁を通過し次のパネルに移動することにより複数のピークすなわち車軸通過時の状況が現れている。床版の応答値は、非常に小さかった。主鉄筋が配置されている橋軸直角方向の方が、配力筋が配置されている橋軸方向よりも小さくなっている。当初の床版スパンが、増設縦桁2本の設置により1/3になった効果が顕著に現れている結果と考えられる。

## (2) 中立軸位置

図-5は、a-a断面のG1主桁上下FLGの応答値をグラフ化したものである。フリー走行時の10秒間をピックアップしている。a-a断面は、非合成桁であるが上下FLGのひずみ計測値から算出した中立軸位置は、断面計算上の中立軸位置よりも合成桁として計算したときの中立軸位置に近いことがわかった。c-c断面の状況を図-6に示す。こちらの計測値から求めた中立軸位置は、断面計算上の中立軸位置の近辺に分散していることがわかる。

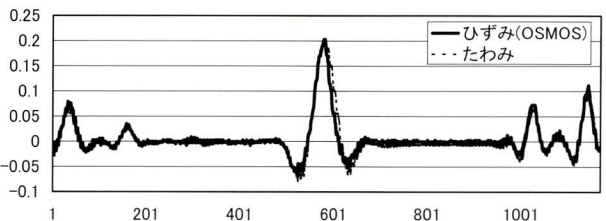
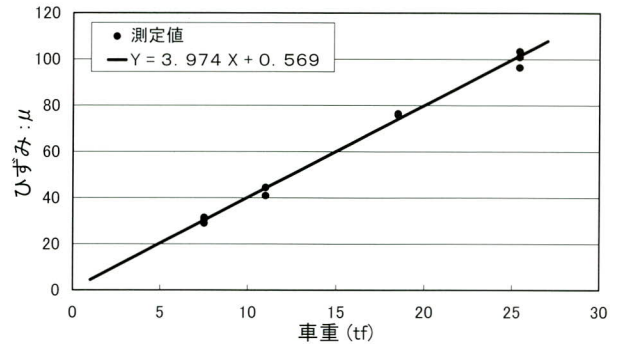
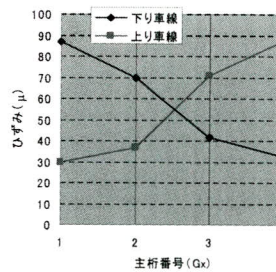
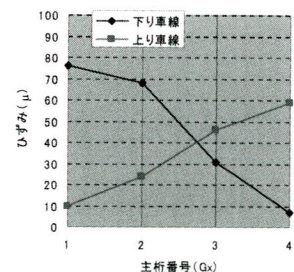


図-8 ひずみとたわみの相関



(1) a-a 断面 : OSMOS



(2) c-c 断面 : ひずみゲージ

図-9 4主桁の計測値比較

## (3) 車重とひずみの相関

車重の異なる4種類の各荷重車通過時の車重XとひずみYの相関関係を図-7に示す。ここでピックアップした計測値は、a-a断面のG1主桁下FLGに設置したセンサーの数値である。今回計測した橋梁の対象箇所との誤差は、平均3%、最大7%であり、近似式 $Y=3.974X+0.569$ が得られた。

## (4) ひずみと鉛直たわみの相関

OSMOSセンサーで計測したひずみとたわみセンサーで計測した鉛直たわみの相関関係を図-8に示す。今回の現場(計測位置)では、両者の関係を次式でほぼ表現できる。

$$\text{近似式 OSMOS} = 0.07365 \times (\text{たわみ}) - 0.013257$$

このような関係式が求められると、ひずみ計測値から鉛直たわみを推定することが可能となる。

### (5) 荷重分配状況

荷重車単独走行時の各主桁のひずみをプロットしたグラフを次に示す。図-9(1)は、a-a断面での4主桁それぞれの下FLGの計測値である。下り線走行時と上り線走行時が幅員中心位置すなわちG2主桁とG3主桁の真ん中でほぼ左右対称となっている。これに対し図-9(2)に示すc-c断面の計測値は、下り線走行時と上り線走行時で対称とはならなかった。直橋かつ幅員方向に対称な構造であれば、図-9(1)のような結果となるはずであるが、c-c断面では対称になっていない。これは既に施工されている様々な補強工事により当初の荷重分配が変化したためと考えられる。もし、補強工事が実施されていない橋梁で同様の現象が現れた場合、構造に何らかの異常が発生している可能性が考えられる。

## 5. まとめ

OSMOSシステムは、先にも述べたが部材に取付けたセンサー固定点間の相対変位を精密に計測するものである。そしてその計測精度は $\pm 0.02\text{mm}$ であり、ひずみゲージと異なり電気ノイズの影響を受けることがない。また、リアルタイムで長期的に計測することが可能である。今回の計測は、試験計測のため1回の計測は1~2日とし合計3回実施した。その間、最長3ヶ月に渡って計測を休止（スリーピング）したが、システム動作に問題はまったくなかった。今回の動的現場計測により得られた知見を以下にまとめる。

中立軸位置、荷重分配状況を確認しその変化を見極めることにより、構造物の変状を察知することができる。ただし、補修・補強状況を十分確認し、別途変状箇所を探索し、要因分析を行う必要がある。

車重とひずみ、ひずみと鉛直たわみにそれぞれ相関関係があり、ひずみから車重、鉛直たわみを推定することができる。

既設橋のモニタリングは、様々なセンサーを使い、色々な角度から検討されている。今回の計測により、光ファイバーを用いたOSMOSシステムによる動的計測の有効性が確認できたと考える。しかし一般的に、健全度評価の方法はまだ、十分確立されてはいない。鋼材の場合、疲労強度による評価の方法が考えられるが、その他に発生応力度と許容応力度にある安全率を乗じた管理値を定めて、それらを比較することにより簡便に評価する方法を確立したいと考え、引き続き検討を進める計画である。

最後に本計測は、産学官共同研究プロジェクト新都市社会技術融合創造研究会「既設構造物の延命化技術に関する研究」<sup>6)</sup>の一環として行ったものである。また現場計測は間組との共同計測であり、OSMOS技術協会の支援を受けている。本報告で使用している、鉛直たわみ計測データは計測技研、c-c断面ひずみゲージ計測データは京都大学より提供いただいていることを記すと同時に、関係各位に紙上を借りてお礼申し上げます。

### <参考文献>

- 1) 能登宥愿・中島一浩・澁谷敦：光センサーによるモニタリングシステム（OSMOS）の特徴と有効性，宮地技報No.16, pp.80-82, 2000
- 2) 能登宥愿：OSMOSの使用法とその特徴，宮地技報No.17, pp.127-130, 2001
- 3) 能登宥愿・山下久生：モニタリングシステム（OSMOS）の特徴と使用方法，第57回土木学会年次学術講演会概要集, pp.1455-1456, 2002
- 4) 山下久生・蓮井昭則・能登宥愿・大島義信：光学ストランドによる既設橋梁の動的モニタリング，第60回土木学会年次学術講演会概要集, pp.853-854, 2005
- 5) 岩下宏・山下久生・能登宥愿：OSMOSシステムによる実橋モニタリング報告，宮地技報No.20, pp.90-99, 2005
- 6) 新都市社会技術融合創造研究会：第2回新都市社会技術セミナー・テキスト，2004

2005.12.20 受付