

# I - A191

## 変位計を利用した簡易応力計測センサの開発

三菱重工業広島研究所\* 正会員 村井 亮介  
 同 上 藤井 正直  
 三菱重工工事技術本部\*\* フェロー 勝野 壽男  
 菱 明 技 研 \*\*\* 正会員 佐伯 輝夫  
 三菱重工業広島研究所\* 正会員 梶本 勝也

### 1. まえがき

橋梁など鋼構造物の応力計測には通常ひずみゲージが用いられるが、足場の設置などが必要な上に、塗膜の除去、ひずみゲージの貼付、ケーブル配線、計測後の除去ならびに再塗装と準備・後処理に多くの手間がかかり、期間・費用増大の要因となっている。そこで、応力計測を迅速化する1手段として、塗膜上から磁石固定するだけで応力計測が可能な簡易応力センサについて検討した。

### 2. 簡易応力計測センサの原理ならびに試作

鋼構造物の部材に一樣な引張応力が作用している場合の応力 $\sigma$ は、図1に示すように基準長さ $\ell_0$ からの伸び $\Delta\ell$ を計測することで、(1)式より求まる。

$$\sigma = E \cdot (\Delta\ell / \ell_0) \quad (1)$$

ここで、E：被計測物の縦弾性係数

大型鋼構造物では基準長さ $\ell_0$ がある程度大きくても公称応力は計測可能と考え、変位計を磁石で固定する方式で伸び $\Delta\ell$ を計測し、これより応力を求める簡易応力計測センサを考案した。試作したセンサは図2に示すとおりで、変位計としてパイ型変位計（型式：P1-5、東京測器研究所）を用いたものとレーザ変位計（型式：LB-02/LB-62、キーエンス）を用いたものの2種類である。いずれのセンサも永久磁石を用いて塗膜上から被計測物に固定する。

### 3. 予備試験

試作したセンサの出力感度を調べるため、図3に示すように直径42mmの丸棒(SCM440)に上述の2種類の簡易応力センサとひずみゲージ(GL=2mm)を

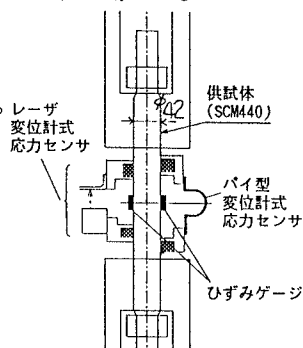


図3 予備試験要領

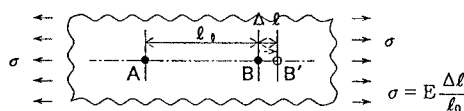


図1 簡易応力計測センサの原理

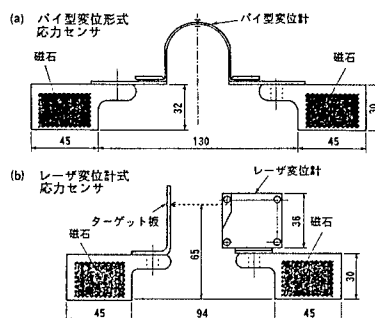


図2 試作した応力センサ

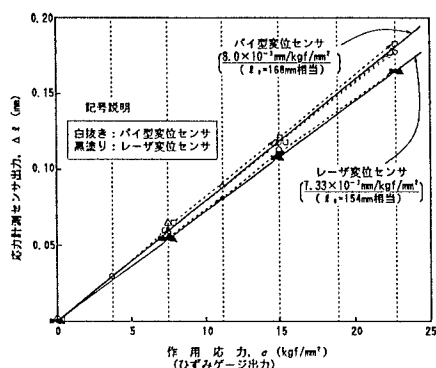


図4 作用応力と応力センサ出力の関係

キーワード：応力，計測，センサ，変位計，鋼構造物

\* 〒733 広島市西区観音新町4-6-22 TEL 082-294-9825 FAX 082-294-8944  
 \*\* 〒108 東京都港区芝5-34-6 TEL 03-3451-4761 FAX 023-3451-4692  
 \*\*\* 〒733 広島市西区観音新町4-6-22 TEL 082-294-2336 FAX 082-294-7442

取付けて静的載荷試験を実施した。ひずみゲージ出力と簡易応力計測センサの出力は図4に示すように線形関係を示し、1軸応力の場合には変位計を利用する方法で応力計測が可能ながわかった。試験結果より、簡易応力計測センサの基準長さ $l_0$ としてパイ型変位計を用いたものでは168mm、レーザ変位計を用いたものでは154mmを用いると、ひずみゲージ出力に対応した応力が得られる。これは磁石固定部分中央の間隔に近い値で、磁石固定の場合の基準長さを考える場合の目安となる。

#### 4. 実橋による適用性確認試験

実橋における適用性を確認するため、図5に示すように実橋（橋長115m）のI桁下フランジに塗膜上より2種類の簡易応力センサを取り付け、供用下での応力計測を実施した。なお、実際の応力を確認するため、同一箇所にはひずみゲージも貼付し、同時に計測した。

計測結果の例を図6に示す。大きな応力変化（周波数0.1Hz程度）は乗用車ならびにトラックの通行によるものであるが、各簡易応力センサの波形はひずみゲージのものとよく対応している。

いずれのセンサ出力とも大きな応力変化の前後で0点移動が見られないことから、塗膜上からの永久磁石による固定方式には問題がないと考えられる。

レーザ変位計を用いた簡易応力計測センサの出力にはひずみゲージに無い高周波成分がみられるが、これは主桁の振動によって変位計のターゲット板も振動しているためと思われる。

図6の出力波形より、自動車通行時の応力範囲を各応力センサについて算出した結果を表1に示す。ひずみゲージの値が1.2~2.9kgf/mm<sup>2</sup>であるのに対し、レーザ変位計ではその約0.65倍、パイ型変位計では約0.8倍の出力となっている。

この原因について計測後に検討した結果、応力センサの変位検出位置が被計測面から30~65mm高いため、主桁の曲げ変形の影響を受けていることがわかった。そこで、変位検出位置を改良したセンサを製作し、実験室で追加試験を行った。その結果より、パイ型変位計について変位検出高さを補正したものを表1の（ ）内に示す。

#### 5. まとめ

塗膜上から磁石で固定するだけで鋼構造物の部材に作用する公称応力を計測できる簡易応力計測センサを考案・試作し、その適用性について検討した。

その結果、供用中の橋梁に発生する応力変化に十分追従できるセンサ開発の見通しを得ることができた。

今後は、曲げ変形の影響を受けないセンサ構造への改良による高精度化、センサの振動防止によるノイズの低減、基準長さ $l_0$ がより小さいタイプの検討などを進め、これらのセンサの実用化を進めてゆきたい。

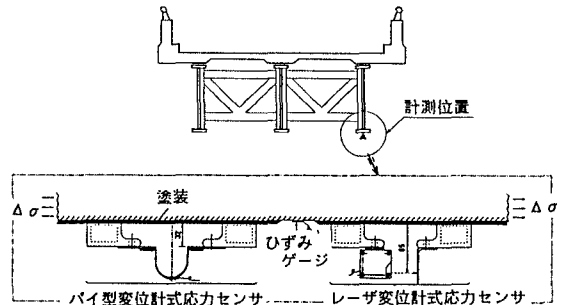


図5 実橋での応力計測試験

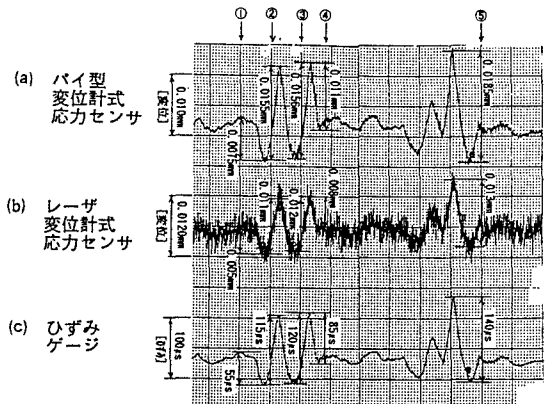


図6 実橋における計測結果の一例

表1 応力算出結果

| 計測項目 | ひずみゲージ                              |                                      | レーザ変位計           |                                      |                        | パイ型変位計*          |                                      |                        |
|------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------|
|      | ひずみ $\epsilon$ ( $\times 10^{-4}$ ) | 応力 $\sigma_0$ (kgf/mm <sup>2</sup> ) | 変位 $\delta$ (mm) | 応力 $\sigma_1$ (kgf/mm <sup>2</sup> ) | 比率 $\sigma_1/\sigma_0$ | 変位 $\delta$ (mm) | 応力 $\sigma_1$ (kgf/mm <sup>2</sup> ) | 比率 $\sigma_1/\sigma_0$ |
| ①    | 55                                  | 1.2                                  | 0.0050           | 0.7                                  | 0.62                   | 0.0075           | 0.9 (1.2)                            | 0.84 (1.01)            |
| ②    | 115                                 | 2.4                                  | 0.0110           | 1.5                                  | 0.65                   | 0.0155           | 1.9 (2.4)                            | 0.83 (1.00)            |
| ③    | 120                                 | 2.5                                  | 0.0120           | 1.6                                  | 0.68                   | 0.0156           | 1.9 (2.4)                            | 0.80 (0.96)            |
| ④    | 85                                  | 1.8                                  | 0.0080           | 1.1                                  | 0.60                   | 0.0110           | 1.4 (1.7)                            | 0.78 (0.94)            |
| ⑤    | 140                                 | 2.9                                  | 0.0130           | 1.8                                  | 0.63                   | 0.0185           | 2.3 (2.8)                            | 0.81 (0.97)            |

\*: ( ) 内は曲げ変形補正値