

圧電フィルムによる変動応力頻度簡易観測システムの開発 （第二報：装置設計と現地試験による歪計測精度検証）

三菱重工業（株）横浜研究所* 正会員 勝浦 啓
三菱重工業（株）横浜研究所* 荒川 卓哉
三菱重工業（株）広島研究所** 坪井 守
三菱重工業（株）横浜製作所*** 河合 良彦

1. まえがき

従来、橋梁など鉄構造物の疲労被害度を把握するためには、歪ゲージとデータ収録装置の組み合わせによる観測が行なわれているが、商用電源が不要になれば、準備作業の簡素化、コストダウンにより、観測が容易なものとなることから、数多くの観測を実施することができる様になると考える。

そこで、歪計測センサーとして採用した、歪速度が加わることで自ら電圧を発生する圧電フィルムと、消費電力を少なくしたアナログ回路データ収録装置とで構成される、変動応力レベルとその頻度を長期間観測するシステムを開発中である。

前報⁽¹⁾では、室内正弦波試験による圧電フィルムの歪計測精度の検証とデータ収録装置の試設計を行ない、約3ヶ月間の長期間、応力レベルと頻度を観測できるシステム開発の目処がつけられた。本報告では、観測装置の設計結果、並びに試作した装置を実橋に設置し、実橋での発生応力に対する計測精度について、歪ゲージとの比較により検証を行なったので、その結果について報告する。

2. データ収録装置の仕様と概要

データ収録装置は、図1に示す様に、初段増幅器、積分回路、後段増幅器、応力レベルカウンタ部で構成され、各々の仕様を以下のように決定した。

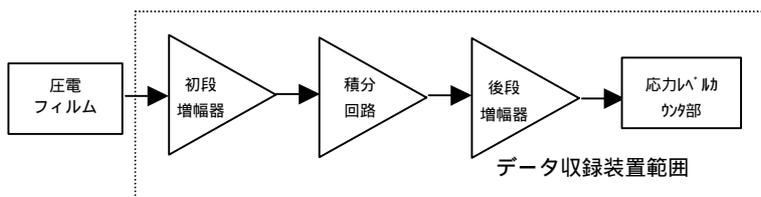


図1 データ収録装置概要図

(1) 初段増幅器

初段増幅器は圧電フィルムで発生する微小電圧を増幅して積分回路に入力する役割を持ち、観測する歪振幅に適切に増幅できるように2.5倍から1000倍のゲインに設定した。

(2) 積分回路

積分回路の仕様で最も重要なのはカットオフ周波数である。本周波数は、歪速度の時刻歴波形の積分精度を左右するからである。積分回路のカットオフ中心周波数は、事前に収録してあった歪速度実測データの再生速度を変化させた波形積分結果では現象の周波数/カットオフ中心周波数 約10の関係を満たせば、少ない誤差で積分できる性能を持つことが明らかであったことと、並びに、目標下限周波数を支間長100[m]の主桁上を車速40[km/h]で走行する場合に発生する応力とし、(1)式で計算されるその周波数が0.056Hzであることから、図2に特性を示す様に0.003Hzに設定した。

$$f_m = \frac{1}{2L} \times \frac{V}{3.6} \cdots (1)$$

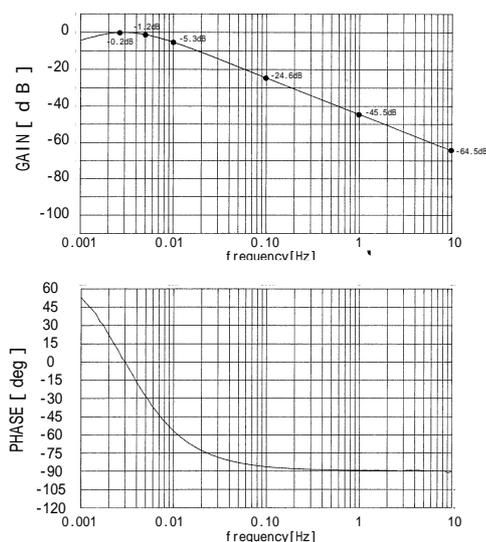


図2 積分回路周波数特性

キーワード：圧電フィルム 疲労被害度 アナログ積分回路

* 〒231-8765 横浜市中区錦町12番地 TEL:045-629-1483 FAX:045-629-1487

** 〒733-8553 広島市西区観音新町4丁目6番22号 TEL:082-294-0279 FAX:082-294-9179

*** 〒231-8765 横浜市中区錦町12番地 TEL:045-629-1387 FAX:045-629-1398

（3）後段増幅器

後段増幅器は積分回路からの出力信号を20倍から1000倍に増幅できる様に設定した。

（4）応力レベルカウンタ部

応力レベルカウンタは正・負側各々5段階のレベルを超えた場合の回数をカウントする機能を有するもので、各レベルは5ボルトまで自由に設定が可能である。

（5）消費電力

長期間計測するためには、消費電力を極力少なくすることが肝要であることから、本収録装置では約5mAに抑えている。

写真1に製作したデータ収録装置の外見を示す。寸法は横300mm×高さ220mm×幅100mmである。



写真1 装置外観

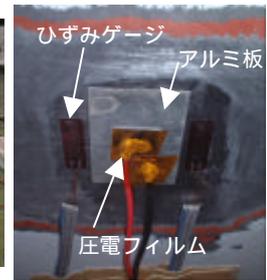


写真2 現地施工状況

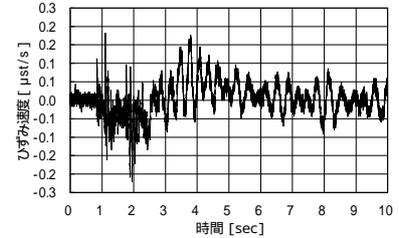


図3 歪速度時刻歴波形例

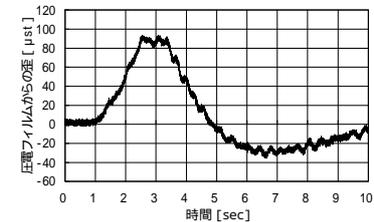


図4 積分後歪時刻歴波形例

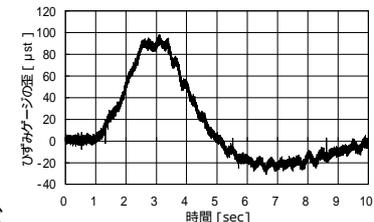


図5 歪ゲージ時刻歴波形例

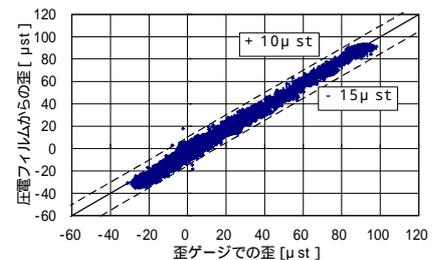


図6 歪ゲージと圧電フィルムの比較 (時刻歴領域での比較)

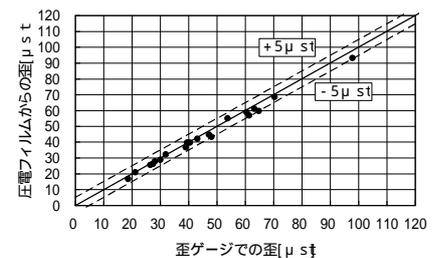


図7 歪ゲージと圧電フィルムの比較 (計測最大歪値の比較)

3. 現地試験での歪計測精度の検証

現地試験は支間長35mの2径間連続鋼箱桁橋アプローチ部を対象に実施した。歪計測精度を検証するため、支間中央の下フランジ部の橋軸方向に、0.1mmのアルミ板上に貼り付けた厚さ110 μ mの圧電フィルムとその両側に歪ゲージを貼り付けた。写真2に現地施工状況を示す。

現地試験は、一般車輛走行時計測にて実施した。図3に圧電フィルムから出力される歪速度時刻歴波形、図4に歪速度を積分した歪の時刻歴波形を、図5に歪ゲージの時刻歴波形の一例を示す。また、図6には、同時刻の圧電フィルムと歪ゲージの計測結果の比較を示す。

歪ゲージと圧電フィルムの時刻歴領域での比較から、圧電フィルムでの歪は歪ゲージに対して、+10 μ st、-15 μ st以内で計測できていることが分かった。この誤差は、高周波成分のノイズによるものであること、並びに歪ゲージでも発生していることから、観測装置内以外で発生している現象である可能性が高い。一方、図7には、試験で観測した20ケースについての、歪ゲージと圧電フィルムの最大歪値の比較をしめすが、最大値で圧電フィルムの精度を評価すると、 $\pm 5\mu$ st以内の計測精度があることが分かった。

4. まとめ

圧電フィルムとカットオフ中心周波数0.003Hzの積分回路を持つアナログ回路データ収録装置を設計・製作し、実橋での観測により、計測精度を評価した結果、最大歪値での比較では、 $\pm 5\mu$ st以内であることがわかった。

現在、センサーの耐久性、精度変化、バッテリー寿命確認のために、現地での長期的な観測試験を継続中であり、その結果については、後報のことしたい。

（参考文献）

（1）勝浦啓、坪井守他：圧電フィルムによる変動応力頻度簡易観測システムの開発（第1報）第56回土木学会年次学術講演集