

変位量およびその繰返し数を計測する簡易センサーの開発

トピー工業株式会社 正員 ○山田 聡 名古屋大学 正員 山田健太郎
名古屋大学 正員 小塩 達也

1. はじめに

既存の標識柱・照明柱は、近年の交通量の増大、風荷重などにより、予想以上の繰返し応力を受け、場合によっては疲労損傷を生じ、倒壊することもある。このため、この種の構造物の耐久性評価および保守点検が重要課題となっている。標識柱等の疲労損傷としては、基部のガセット付近に疲労き裂が発生するケースが多い。従来、こうした標識柱基部ガセット端の疲労寿命を推定するためには、基部ガセット端部付近にひずみゲージを貼付し、ヒストグラムレコーダー、パソコン等を用いた応力頻度計測を行って検討をしてきた。しかしながら、これらの機器を用いた頻度計測は、計測にあたって機器設置時の作業のために交通規制を要し、また、電源・足場の確保などコストがかかり、必然的に計測箇所が限られていた。

そこで、本研究では標識柱基部などの疲労寿命を求めるため、作用する応力とその繰返し数を簡易に計測するセンサーを開発したので、これを報告する。

2. センサーの原理と概要

振動により標識柱の基部に作用する応力は、構造物の変位量と線形関係にある。したがって、柱のある高さの変位量がわかれば、基部に作用する応力は柱の断面諸元をもとに構造解析を行って求めることができる。よって、一定期間にわたる柱の変位量とそれが作用した繰返し数を計測すれば、応力頻度に換算することができ、応力頻度計測と同等の結果を得ることができる。

今回開発したセンサーは、写真-1 に示すように、16×8×6cm の箱状の密閉容器に加速度計、マイクロコンバーター、および電源を組み込んだもので、加速度波形から間接的に変位を推定し、その変位量をレベルごとに区分けして、作用した繰返し数を蓄積するものである。市販の乾電池で駆動するため、外部電源が不要で、4 週間程度持続可能であり、図-1 に示すようにセンサーを標識柱の基部から 2m 程度（人の手で設置可能）のところにバンド等で固定して一定期間設置しておくことで、その間の変位の頻度計測を行う。また、センサーの入出力端子からパソコンへ計測結果を転送して頻度計測結果を得ることができるため、従来のひずみゲージによる方法に比べて非常に簡易で安価なセンサーとなる。

3. センサーの検証試験

通常、高架橋等に設置される標識柱は 3Hz 程度で振動しているといわれている。また、その変位量は大きいものでも数 mm 程度であると推測されるため、これを参考に先の原理に基づいて製作したセンサーについて、その測定精度を検証するため、一定振幅振動計数試験と変動振幅計数試験を行った。

3.1 一定振幅振動計数試験

a) 試験方法

はじめにセンサーの精度確認のため、通常の疲労試験機を変位制御で振幅を一定として、数種類の周波数ごとに一定回数動作させ、試験機に取り付けたセンサーがその数を検出するかを検証した。変位量は 0.1～2.1mm、周波数は 1～

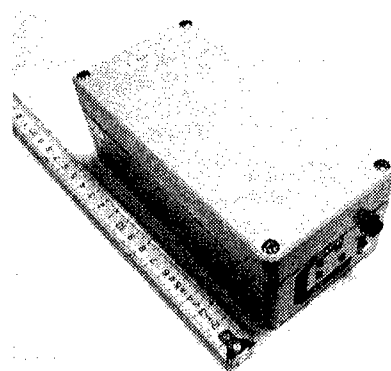


写真-1 センサー概観図

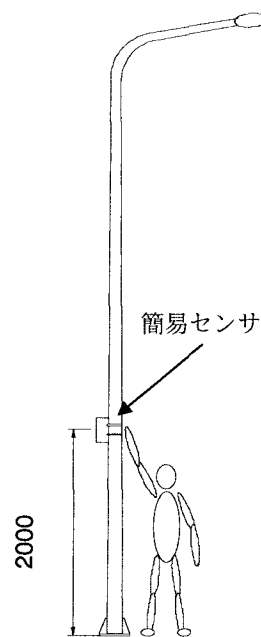


図-1 設置イメージ

4Hz, 繰返し数は 1000 回とした。

b)試験結果

試験結果を図-2 に示す。横軸は変位置量, 縦軸は計測率を表している。計測率とは (センサーの計数) /1000 回である。この図より, 周波数 1Hz では精度はやや劣り, 変位 1.5mm 以下で 8 割以下の検出率となるが, 周波数が 2Hz 以上なら 0.3mm 以上の変位を 95%程度は検出することができる。したがって, 3Hz 程度で振動するものであれば, 0.3mm 以上はほぼ正確に計数できると考えられる。

3.2 変動振幅計数試験

次に, 疲労試験機で 0~2.5mm の変位をランダムに 270 回発生させて変動振幅を与え, センサーがレベルごとに区分けした回数を検出するかを確認した。センサーのカウントレベルは 0~2.5mm までを 5 等分し, 周波数を 1~3Hz で行った。計測結果を図-3, 表-1 に示す。おのおの変位レベルのカウント数にやや差はあるものの, 各周波数ともに合計の振動数は 1 割以内の誤差で検出している。

また, 各レベル(1~5)の値を各変位に対する応力範囲の代表値とみなしたときに, その頻度分布から得られる等価応力範囲は 5%程度の誤差で推定ができています。これらを基に, 仮に 1000 回疲労強度を 5MPa とおくと, このセンサーを使うことにより, 疲労寿命は 1 割程度の誤差で推定が可能である。

4. まとめ

標識柱の基部に作用する応力頻度分布を計測する方法として, 標識柱の振動による変位を加速度に着目して求め, さらにその繰返し数を計数する装置を開発した。その結果,

- 1)外部電源の必要がなく, 4 週間程度計測可能,
- 2)周波数約 2Hz 以上, 変位 0.3mm 以上が計測可能,
- 3)上記範囲で 10%程度の誤差で疲労寿命が推定可能, なことを確認した。

以上の条件は主に内部の加速度計の性能に依存するため, より高性能な加速度計を用いればさらに検出能力は向上すると考えられる。今後は, 実構造物への適用試験およびひずみゲージ, 変位計を併用した確認試験を行い, 検出精度, 条件をさらに詳細に検討する予定である。

<謝辞>

本装置の開発にあたりご協力を頂いた(有)ローム理研の関係各位に感謝いたします。

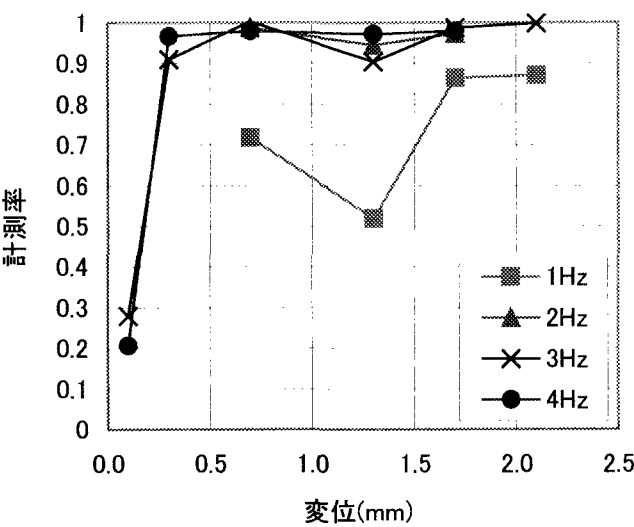


図-2 一定振幅計数試験結果

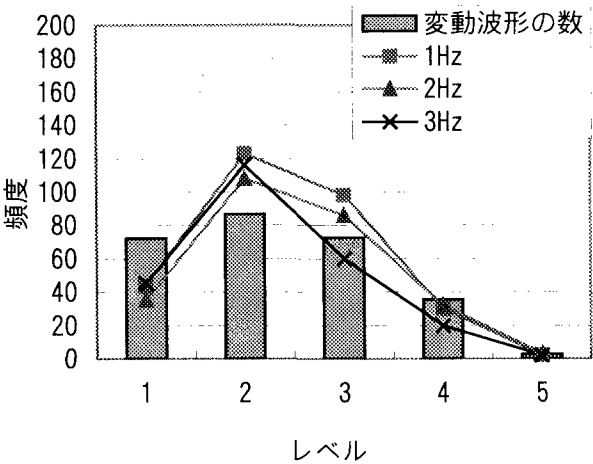


図-3 変動振幅計数試験結果

表-1 変動振幅計測結果と疲労寿命の試算

レベル	変位(mm)	頻度	1Hz	2Hz	3Hz
1	0~0.5	72	44	35	45
2	0.5~1.0	87	123	108	116
3	1.0~1.5	73	98	86	60
4	1.0~2.0	36	30	32	20
5	2.0~2.5	3	2	3	2
合計		269	297	264	243
比率			110%	98%	90%
等価応力範囲		2.70	2.70	2.78	2.57
比率			100%	103%	95%
疲労寿命		6,337	6,353	5,847	7,367
比率			100%	92%	116%

*等価応力範囲は各レベルの値を応力の代表値と仮定
*疲労寿命は 5MPa で 1000 回と仮定