圧電フィルムを用いた省電力型橋梁異状検知モニタリングシステムの構築

東京都市大学大学院　学生会員　吉池主
東京都市大学　非会員　加藤真鳥
東京都市大学　非会員　淡路雄一
東京都市大学　正会員　白旗弘実

1. はじめに

近年，橋梁モニタリングの研究が行われている．橋梁のモニタリングは常時計測あるいはそれに非常に近い状態[1)]と，災害もしくは衝突などの異状時の臨時検査に相当するものがある．いずれのタイプにおいても，センサと計測器を結ぶ配線および電力の確保はモニタリングにおいては重要な検討項目であり，前者の問題に対しては，センサネットワーク[2),3)]などが開発されている．

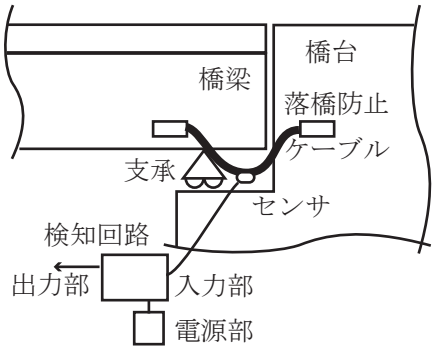
本研究では，省電力化[4),5)]を目的とした橋梁異状検知モニタリングシステムを試作したので，その概要および詳細を報告する．ここでは特に圧電フィルムを利用した発電部の特性について述べる．

2. モニタリングシステムの概要

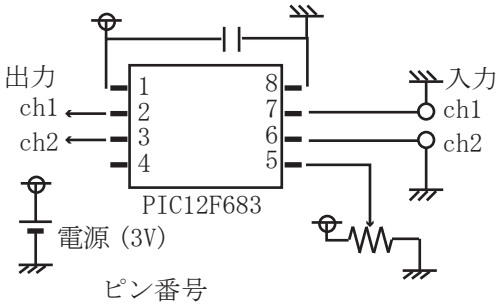
図-1 にシステムの概略を示す．このシステムはたとえば落橋防止装置などのケーブルに張力が作用するときを検知することを想定している．システムは，入力部，電源部，および検出部より構成される．入力部では入力信号を検出部へ送る．入力部はケーブルに圧電素子 (セラミックス) を貼りつけておいたものを想定しており，張力が圧電素子を伸ばすことにより，発生する電位を利用する．

検出部は，図-2 に示すように，マイクロコンピュータを利用している．入力チャンネルに電圧が作用すると，出力チャンネルに信号が出されるものである．マイコンは常時に入力信号を受信するのではなく，あるしきい値をこえた電圧が発生したときに動作するものとする．そのため，待ち受け時にはナノワットの消費電力を使用するマイコンを選択した．

電源部は構造物に生じるひずみなどを，圧電素子を利用して電気に変換し，充電池もしくはコンデンサに電気を蓄えたものを利用することを考えている．ここで使用する圧電素子はフィルム状のものとした．



図–1 試作した落橋検知システムの概略



ピン番号
1: 電源
2: 汎用目的 (出力 ch1)
3: 汎用目的 (出力 ch2)
4:
5: アナログ入力 (しきい値)
6: アナログ入力 (入力 ch2)
7: アナログ入力 (入力 ch1)
8: 接地

図–2 検出部の回路

3. 電源部回路

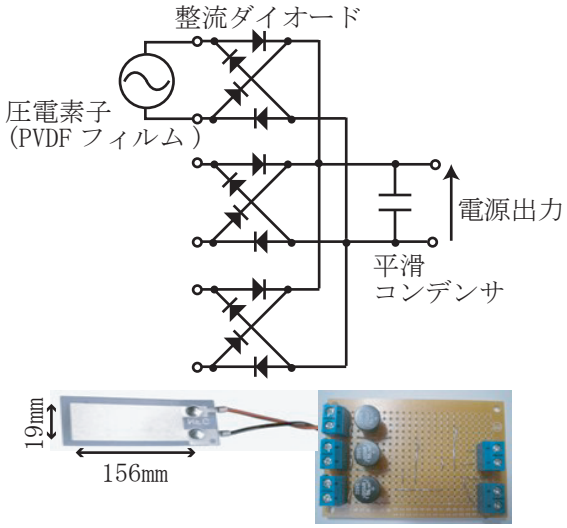
電源部の回路を図-3 に示す．圧電素子の伸縮により，正負の電圧が生じるので，ブリッジダイオードにより整流を行う．電流を調整するために，圧電素子を並列に 3 個まで接続できるようにした．コンデンサの静電容量は 1000μF とした．ここに電気を蓄え，平滑化を行う．

圧電フィルムの寸法は 19mm ×156mm で，ポリフッ化ビニリデン (PVDF) である．

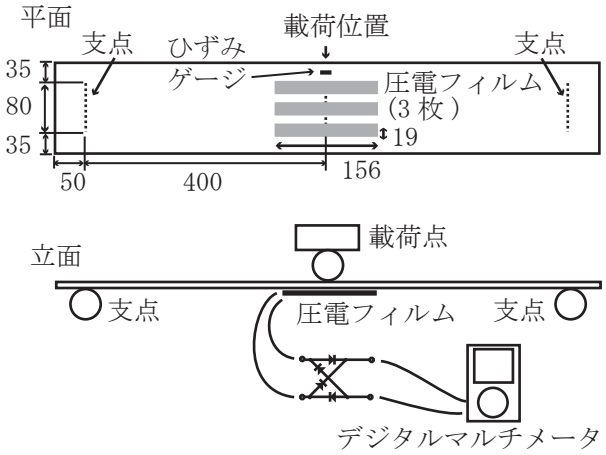
4. 発電実験および結果

繰り返し載荷試験機を用い，圧電フィルムの発電特性を調べた．載荷試験体および試験概略を図-4 に示す．

Key Words: 圧電素子，マイコン，モニタリングシステム，省電力
〒 158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1



図–3 電源部の回路



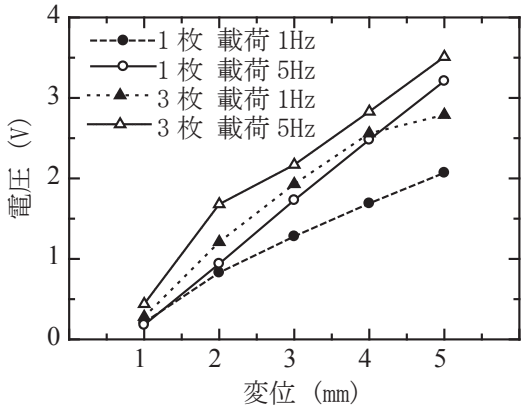
図–4 載荷試験体および試験概略

載荷試験体は厚さ 9mm の SM580 材であり，載荷は 3 点曲げで行った．載荷は変位制御で行った．試験体にはひずみゲージも貼付しているが，静的に 5mm 載荷した場合に生じるひずみは約 300μ であった．

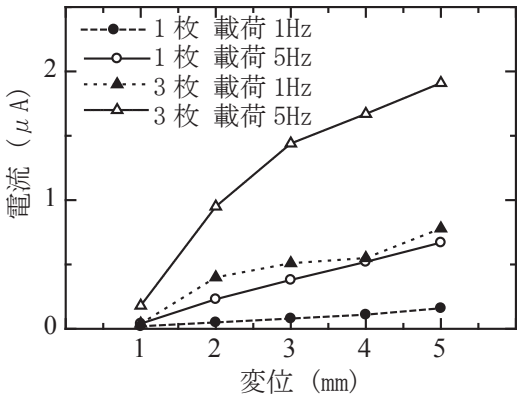
変位，載荷繰り返し周波数および圧電素子の枚数を変化させて，出力電圧および出力電流を測定した．測定には，デジタルマルチメータを使用し，図-3 に示すコンデンサをはずした状態で行った．

出力電位および電流をそれぞれ図-5，図-6 に示す．縦軸は出力電位あるいは電流で，横軸は載荷変位である．載荷周波数と圧電フィルム枚数をパラメータとしている．載荷周波数および変位が大きくなるにつれ，出力が増加することがわかるが，電流は 0.1μA のオーダーであった．

以上より，橋梁の固有振動数が 1Hz でひずみが 300μ 生じる箇所に圧電フィルムを 1 枚貼り付けると 0.3μW，3 枚貼り付けると 2.2μW の電力が得られると期待できる．待ち受け状態では nW オーダーの消費であるので，待ち受け時の電力を供給することは可能であると考えられる．



図–5 出力電圧



図–6 出力電流

5. おわりに

圧電フィルムを用いた橋梁モニタリングシステムの電源供給部の発電特性を調べた．待ち受けに時の電力を供給することのできる可能性は示された．電源として充電池を使用するには電力はきわめて低く，改善の必要がある．別の蓄電方法や発電方法などを調べていく予定である．

謝辞

本研究は科学研究費補助金 (基盤 C) の補助を受けました．ここに記して関係各位に謝意を表します．

参考文献

1) Wu, Z., Zhang, J., Lin, J., and Yao, B.: 世界最大斜張橋の建設とその取り組み～蘇通長江公路大橋 (中国)～, 土木学会論文集 F, Vol.65, No.2, pp.163-178, 2009.5.
2) 本多弘明，小国健二，井上純哉，堀宗朗：無線センサーネットワークの位置決めと時刻同期手法の開発～機動的な多点計測の実現に向けて～，構造工学論文集，Vol.53A, pp.794-804, 2007.3.
3) 長山智則, B. F. Spencer Jr., 藤野陽三：スマートセンサを用いた多点構造振動計測のためのミドルウェア開発, 土木学会論文集 A，Vol.65, No.2, pp.523-535, 2009.
4) 梅田幹雄，坂井康弘，中村健太郎：圧電素子を用いた衝撃・振動による自己発電型ドアアラームシステム，電気学会論文集 E, No.123-12, pp.534-539, 2003.
5) Ottman, G.K., Hofmann, H.F., Bhatt, A.C., and Lesieutre G.A.: Adaptive Piezoelectric Energy Harvesting Circuit for Wireless Remote Power Supply, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.17, No.5, pp.669-676, 2002.