

PVDF (ピエゾフィルム) のセンサ利用に向けた特性試験報告

大成建設(株) 技術センター 先進技術開発部 正会員 ○近藤 高弘

1. はじめに

PVDF (ピエゾフィルム) はユニークな素材で、圧電効果を持つ柔軟性のあるフィルム素材である。従来型の圧電素材としては圧電セラミックス素子を用いた多くの利用例があり、超音波発信素子から電子ライターの着火素子と広く利用されている。対して PVDF 素材は圧電セラミックスより圧電常数が 1 桁高いにも関わらずその利用は未だ少ない。その要因として、圧電セラミックスより出力インピーダンスが高く、歪方向と圧電方向が直角方向にあり、フィルム素材であるため何らかの工夫をしないと使用できない等の理由から利用が遅れていると推察される。

しかし、素材は軽量であり、自由な形状加工が可能な素材であり、膜状の加速度センサとしての有効利用が期待できる素材である。

そこで PVDF 素材の基本的な特性試験を行った。

2. PVDF の概要

PVDF(Polyvinylidene fluoride) はフッ化ビニリデン樹脂であるポリマー素材として開発された高分子圧電・焦電体で力学的または熱的に刺激を与えると電気が発生する機能樹脂の高分子強誘電材料である。

PVDF ピエゾフィルムの特徴は高分子の特徴を備えた圧電体といえる。高分子の特徴である軟らかく、軽い。電気物理的特徴として圧電歪定数や比誘電率がセラミックスに比べ小さいなどが上げられる。



図1 PVDF 圧電のメカニズム

PVDF の特徴

1. 高分子フィルムであるため、薄い、軽い、柔軟性がある。(フィルム厚さ: 40~200 μm)

2. 無機圧電体に比べ、比誘電率が低く、高い電圧定数を示す。

3. 音響インピーダンスが水に近い。

4. 共振が強く出なく、応答周波数帯域が広い。

表1に物性比較表を示す。

表1 PVDF の物性

物性比較	単 位	PVDFピエゾフィルム	圧電セラミックス
密度 (ρ)	$\times 10^3 \text{Kg/m}^3$	1.78	7.5
固有音響インピーダンス	$\times 10^9 \text{Kg/m}^2\text{S}$	4.02	34.8
圧電歪定数 (d)	$\times 10^{-12} \text{C/N}$	25	274
比誘電率 (ϵ/ϵ_0)	(at 1KHz)	13.1	3480
圧電定数 (g)	Vm/N	0.22	0.0088

PVDF ピエゾフィルムはその圧電性により、外部からの刺激が加わると内部の残留分極が変化し、電場が生じフィルム表裏面に電圧が発生する。しかし留意点として、誘電率が小さいため、静電容量が小さくなり低周波数域でインピーダンスが大きくなり、周波数特性に影響を及ぼす。そのため高い入力インピーダンスの測定機を用いる必要がある。

3. 特性試験の概要

PVDF ピエゾフィルムの出力インピーダンスおよび周波数特性の影響を確認するため、MEAS 社 (Measurement Specialties, Inc.) の LDTO-028K, SDT-028K, ACH-01 の三種類の PVDF 素子に周波数の異なる振動を与えその時の出力電圧の測定を行う。磁歪素子を利用した加振機に外部信号としてバイポーラ電源 BP4610 (エヌエフ回路設計ブロック) を用いて正弦波信号を発生して加振機に出力する。振動プレートは 30×40cm, 厚さ 10mm のアルミ板で、三軸加速度センサを設置しプレートの振動を直接計測した。PVDF 素子を振動プレート上に両面テープで貼り付け加振時のピエゾフィルム出力電圧と三軸加速度センサを同時に計測する。

また PVDF の出力インピーダンスが高いため出力信号をインピーダンス変換増幅器を介し出力した。図2にインピーダンス変換器の回路図を示す。

キーワード PVDF, ピエゾフィルム, 柔軟圧電素材, 振動センサ, KF ポリマー, 高分子強誘電材料

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設技術センター TEL 045-814-7247

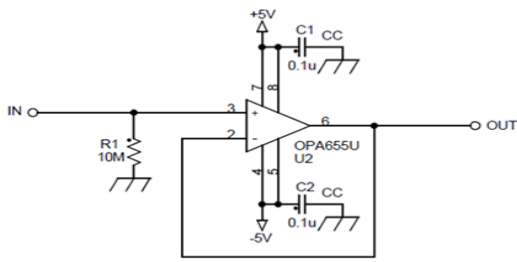


図2 インピーダンス変換回路

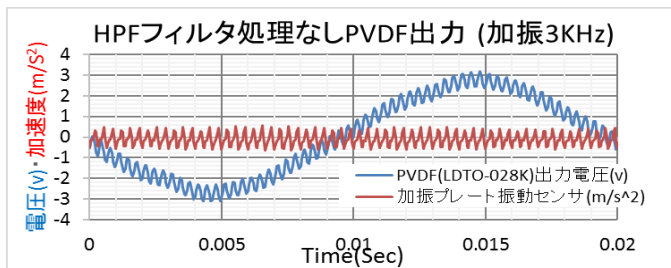
特性試験の計測仕様条件

- ・三軸加速度センサ(NP-3574)小野測器(Z軸のみ計測)
- ・加速度センサアンプ(PS-1300)小野測器
- ・PVDF素子 MEAS 社(Measurement Specialties Inc.)
- ・磁歪素子加振機(加振周波数 100Hz~10KHz)
- ・測定サンプリング周波数(20KHz)

4. 試験結果

加振特性試験でPVDFの出力インピーダンスが極めて大きいため外乱ノイズとして電力線の電磁波の影響を受けるため計測データは図3に示すような50Hzのノイズ上にPVDFの出力電圧が乗ってしまう。

図3 電磁波ノイズの影響を受けるPVDF出力



そのためデジタルフィルタで90HzのHPF(ハイパスフィルタ)処理を行った。HPFの仕様を以下に示す。

HPFの仕様
 フィルタの種類: HPF
 フィルタの特性: バタワース
 フィルタの次数: 44
 セクション数: 22
 サンプリング周波数: 20000 [Hz]
 ストップバンド周波数: 80 [Hz]
 パスバンド周波数: 90 [Hz]
 パスバンド端減衰量: 0.5 [dB]
 ストップバンド端減衰量: 35 [dB]

25Hzの加振では明確なPVDFの出力を得ることができなかった。

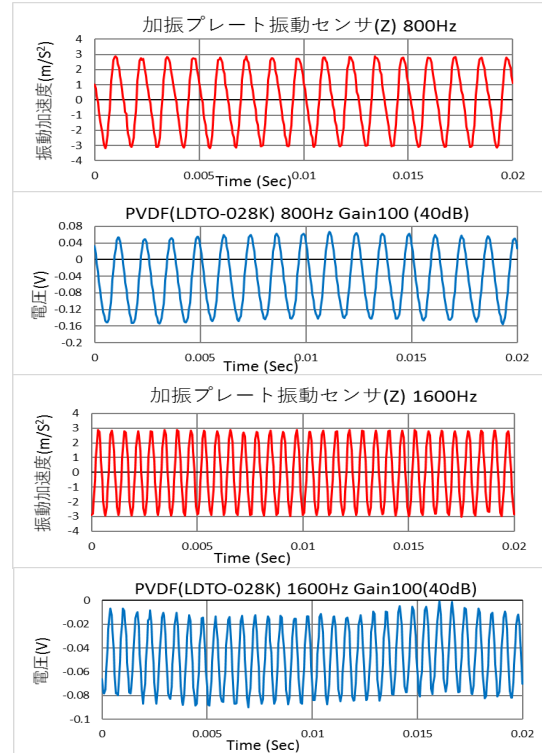
100Hz以降から最大加振周波数10KHzまでは加振信号をPVDF素子で捉えることができた。図4に800Hzと1600Hzの周波数で加振したプレートの振動加速度(m/s^2)とPVDF出力(V)をHPF処理した結果を示す。

両方とも同じ振動加速であるが、PVDFの出力は800Hz時の電圧振幅は約0.2Vに対して1600Hzの電圧振幅

幅は約0.08Vと加振周波数によって出力電圧が異なる。この事はPVDF素子を加振プレートに単に貼り付け測定した事によると推察される。

振動加速度の大きさとPVDFの出力電圧の関係で周波数が違うと同じ振動加速度でも出力電圧が異なり振動加速度との相関は少ないが、周波数の再現性は観測された。

図4 加振プレートとPVDF出力の結果



5. おわりに

・PVDF素材は高周波(数KHz)の周波数帯域の測定に適した素材である。一方低周波域(100Hz以下)の観測は不得意で、何らかの工夫が必要である。

・PVDF素材を貼付ける事で振動検出(周波数波形検出)の振動波形センサとしての使用する事ができ有効な方法である。

・PVDFの出力インピーダンスが高いため環境ノイズの影響を受けやすい。測定にはインピーダンス変換増幅器、および周波数フィルタを用いる事で有効な振動測定が可能になる。

・PVDF素子を加速度センサとして利用する場合、PVDF素子の取り付け方等の工夫が必要である。

参考文献

- 1) 森山信宏: PVDF ピエゾフィルムの特徴とその応用, シーエムシー出版刊, 機能材料, 2013. Vol.33, No.10, pp.37-46