

### PVDF フィルムを用いたクラック計測法の開発

茨城大学	学生会員	白土 和美
茨城大学	フェロー	横山 功一
茨城大学	正会員	田名部 菊次郎

1.はじめに 高度経済成長時に建設された橋やダムなどの土木構造物は補強・補修の時期を迎えている。そこで必要となるのは土木構造物の現状把握である。しかし、規模が大きいため、時間と労力がかかる大変な作業である。また、地震など災害時での被害状況の把握は目視で行わなければならない。したがって、精度や効率性の良いモニタリング技術の開発が重要になっている。これらから、橋梁や構造物でひずみやクラックの計測が簡単にでき、災害時にも迅速に損傷を自己判定できる方法として、PVDF フィルムから計測された出力電圧を使用し、クラックを求めることを目的とする。

本研究では、PVDFフィルムの静的・動的の基本特性の確認と、RC梁の静的実験において微小ひずみからひび割れ発生を検知<sup>1</sup>などの研究を参考にした。実験では、PVDF フィルムの基本性能の確認に始まり、鋼材よりも伸びのあるアルミニウムを用いてPVDFフィルムの計測限界の確認を行った。更にクラック計測の第1段階としてアルミニウム平板に予めノッチを入れておきクラックの成長を計測した。また、より実構造物に近づけるためにRC梁を用いて曲げ試験を行った。以下に実験の概要を示す。

#### 2. 鋼板の引張試験による PVDF フィルムの基本的性質の確認

2.1 実験概要 PVDF フィルムを貼り付けた鋼板の引張試験を行い、圧電基礎式を用いてひずみを求め、性能や弾性状態のひずみを確認することを目的とする。

実験方法は、鋼板に PVDF フィルム、ひずみゲージを縦方向、横方向にそれぞれ1枚ずつ貼り付け供試体を作成し、引張試験を行う。

2.2 データ整理方法 引張試験によって荷重(P)、ひずみゲージの縦、横ひずみ(  $\epsilon_1$ 、  $\epsilon_2$  )、PVDFフィルムの縦、横方向の出力電圧(  $V_1$ 、  $V_2$  )が得られる。 $V_1$ 、 $V_2$  からひずみを求めるには 式に代入する。式で使用する はポアソン比、 $F_1$ 、 $F_2$ は 式で求める。式の $k_x$ 、 $k_y$  は図1に示す出力電圧と縦ひずみのグラフを描いて求

める傾きである。1度求めた $F_1$ 、 $F_2$ は定数であるので、同一の材料で同じ値を使用してよい。

$$x = \frac{F_1 \cdot V_1 - F_2 \cdot V_2}{F_1^2 - F_2^2} \quad y = \frac{F_1 \cdot V_2 - F_2 \cdot V_1}{F_1^2 - F_2^2} \quad \dots$$

$$F_1 = \frac{k_x + \nu \cdot k_y}{1 - \nu^2} \quad F_2 = \frac{k_y + \nu \cdot k_x}{1 - \nu^2} \quad \dots$$

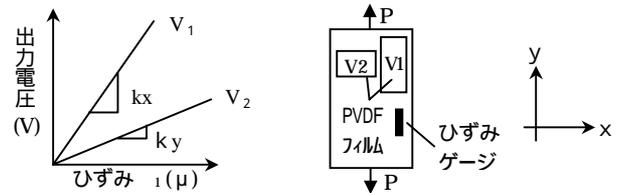


図1 予備実験による係数 $k_x$ 、 $k_y$ の求め方<sup>2)</sup>

2.3 実験結果 実験データを用いて、ひずみを求めた。図2に応力ひずみ図を示す。

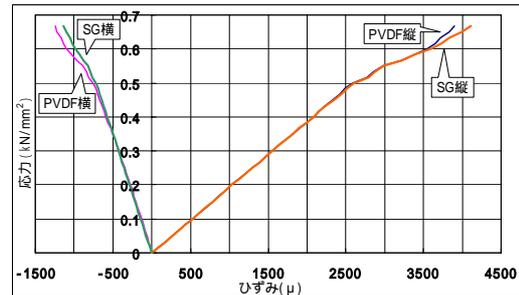


図2 応力ひずみ図

PVDF フィルムとひずみゲージのグラフを比較すると、ほぼ一致しており、弾性範囲の計測精度の確認ができた。

#### 3. アルミニウム平板の引張試験による PVDF フィルムのひずみ計測範囲の確認

3.1 実験概要 アルミニウム平板にひずみゲージ、PVDF フィルムを縦方向、横方向にそれぞれ1枚ずつ貼

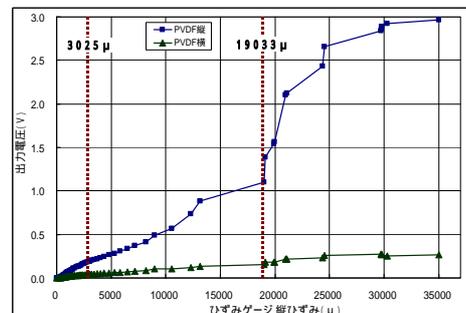


図3 出力電圧ひずみ図

り付け引張試験を行い、PVDF フィルムで正確に計測できる最大ひずみを確認する。

キーワード：圧電フィルム、ヘルスモニタリング、センシング技術、クラック計測

連絡先：〒316-851 茨城県日立市中成沢 4-12-1 TEL：0294-38-5172 FAX：0294-38-5268

### 3.2 実験結果

図3に実験データ全体の縦ひずみと出力電圧の関係を、

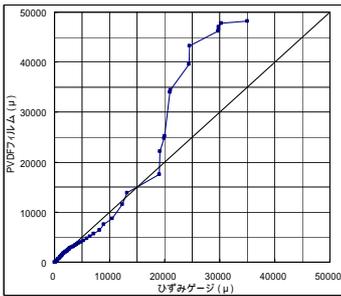


図4 縦方向のひずみゲージとPVDFフィルムの比較

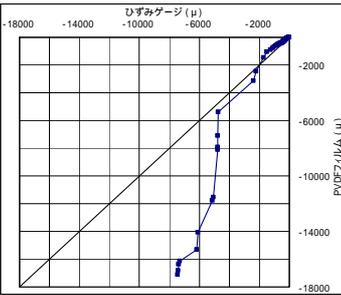


図5 横方向のひずみゲージとPVDFフィルムの比較

上正確に計測できないが、モニタリングにおけるひずみ計測には十分である。

### 4. ノッチを入れたアルミニウム平板の引張試験による亀裂成長の計測

#### 4.1 実験概要

図6のようにアルミニウム平板の両端に三角形のノッチを入れた供試体アルミニウム平板を破断まで引張り、どのように亀裂が生じるか観察した。

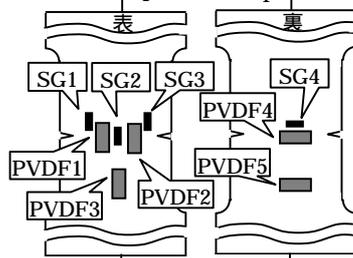


図6 PVDFフィルムとひずみゲージの貼り付け位置

#### 4.2 実験結果

ひずみゲージと出力電圧から算出したひずみを

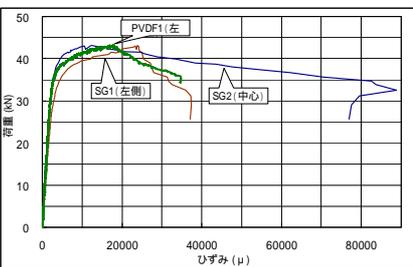


図7 縦方向の荷重ひずみ図

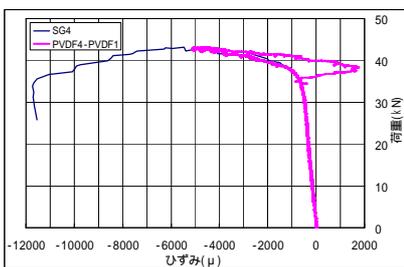


図8 横方向の荷重ひずみ図

出したひずみを図7(縦方向)図8(横方向)に示す。図7をみると、ノッチから伸びによる溝が発生したためSG1、PVDF2、SG2の順にノッチに近いほどひずみが大きくなった。図8を見ると、溝が進行して破断す

ると、グラフは圧縮方向を示していたが、約42kNから引張方向を示した。よって、右側のノッチから亀裂が成長する現象がみられ、この様子は計測でとらえられた。

### 5. RC梁の曲げ試験によるクラック計測の確認

#### 5.1 実験目的

RC梁にPVDFフィルムを貼りつけ、曲げ試験を行う。コンクリート表面でひび割れ計測ができるか確認する。実験は、RC梁下面、側面にPVDFフィルム、ひずみゲージを貼りつけ供試体を作成し、3点載荷で荷重を加える。

#### 5.2 実験結果

梁側面と梁底面に貼り付けたひずみゲージと

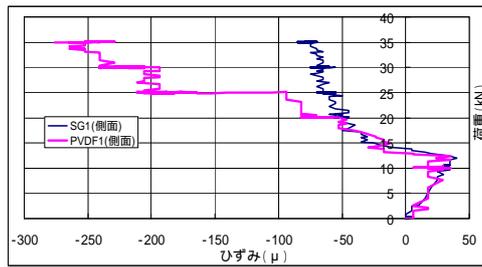


図9 梁側面の荷重ひずみ図

PVDFフィルムのグラフを図8、9に示す。

図8から、荷重が約13kN付近でひずみが引張方向から圧縮方向に変化していることが分かる。図9

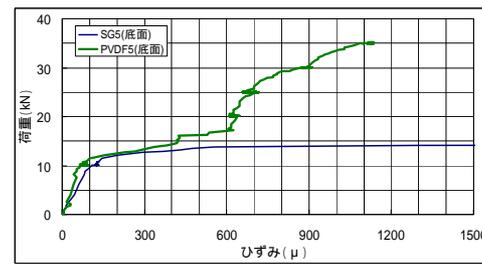


図10 梁底面の荷重ひずみ図

から約13kNでひずみが急激に増加している。また、約300μまではひずみゲージと算出したPVDFフィルムのひずみのグラフは近い値を示している。したがって、約13kNで梁側面、梁底面ともにひずみに変化がみられるため、クラックの計測ができたといえる。

### 6. おわりに

本研究では、PVDFフィルムとひずみゲージを用いて計測の比較を行った。ひずみゲージは1方向だが、PVDFフィルムは2方向の計測ができるため、点ではなく面の計測ができる。そのため、PVDFフィルムのどこかにクラックが発生すれば計測ができる。この特性を生かし、点検や災害時の役に立てれば幸いである。

### 7. 参考文献

- 1) 曾根原宏一：PVDFフィルムを用いた地震被災検知センサーに関する実験、社団法人日本機械学会 MOVIC2005 第9回「運動と振動の制御」シンポジウム
- 2) 黒崎茂：圧電高分子フィルムを用いたひずみ測定、金属 vol.72(2002)No.4, pp325-328