

1. 緒言

圧電セラミックスの代表的材料に PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)がある。本材料は大きな圧電定数を持っており、アクチュエータやセンサに多く用いられている。典型的なアクチュエータとして、バイモルフアクチュエータがある。シムを挟むように圧電セラミックスを貼りつけ、電圧を印加することによって横方向の変形効果によりシムを上下にたわませることができる。しかし、長期間の使用で、圧電セラミックスにき裂が発生し、性能低下を招くことが知られている⁽¹⁾。

本研究ではバイモルフアクチュエータを模擬した試験片を用いて、引張りや繰返し電圧負荷など各種外力下での挙動について調査を行った。

2. 実験方法

2-1 試験片の検討

本研究で対象としたアクチュエータは、編み機を選針のためのバイモルフ型アクチュエータで 60×20 mm のシムの表裏に 0.18 mm 厚さの PZT が貼り付けられている。これに対し、種々の評価実験を行うため、図 1 に示す形状寸法の試験片を用いることにした。シムは板厚 0.1 mm の 42 アロイで、アクチュエータに使用されているものと同じ PZT を片面に貼り付けている。一部、SUS301 のシムに、17×17 mm の PZT を貼り付けたものも用いた。

試験片には、引張り荷重を負荷した時、損傷領域を限定させる目的で、両面に曲率半径 10 mm の切欠きをつけた。この時の試験片中央断面に沿っての応力分布を有限要素解析により求めた。結果を図 2 に示す。応力集中係数は 1.8 程度で、PZT の縁部で、公称応力の 1.5 倍の応力となることが確かめられた。

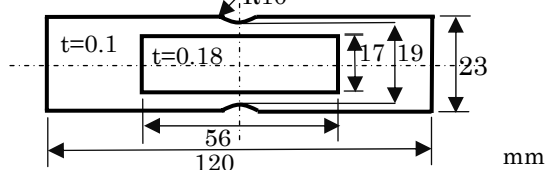


図 1 試験片の形状寸法

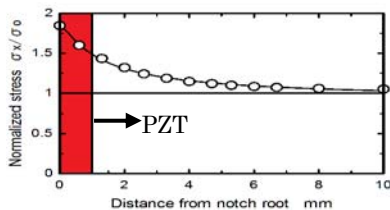


図 2 応力分布

2-2 引張り試験

静的負荷下での PZT の損傷挙動をインストロタイプ万能試験機を用いて調査した。50N ずつ荷重を増加させ、PZT 表面をレプリカにより観察した。また 750N の一定荷重下でも同様の観察を行った。

2-3 繰返し電圧負荷

PZT にビッカース圧子により予き裂を導入した試験片を変形拘束した状態で、片振り矩形波電圧(20Hz)を繰返し負荷した。この時の PZT 表面状態の変化について観察を行った。

3. 実験結果および考察

引張り荷重 P を徐々に負荷しながら、PZT の挙動を観察した結果、P=750N において、PZT に損傷が観察された。

シム板と PZT の接着層でのクリープ現象について調べるため、P=750N 一定とした時のシム板と PZT のひずみ変化を測定した。図 3 に初期のひずみで標準化したひずみ変化を示す。シム板はひずみが増加するのに対し、PZT は若干低下する傾向があり、引張り定荷重試験では静疲労特性を評価するのは困難であることがわかった。

繰返し電圧負荷試験の結果を表 1 にまとめて示す。電圧幅 ΔV が 150V までは最大 202×10⁴ 回の繰返しでも PZT に変化は見られなかった。ΔV=170V では 603×10³ 回後、き裂が生じているのが観察されたが、予き裂からの進展ではなかった。図 4 にき裂の位置を表したスケッチとき裂の顕微鏡写真を示す。

表 1 電圧負荷の結果

※周波数は全て 20Hz

| | 総繰返し数 | 表面状況 |
|--------------|-----------------------|------|
| 矩形波 (0~96V) | 202×10 ⁴ 回 | 変化なし |
| 矩形波 (0~120V) | 146×10 ⁴ 回 | 変化なし |
| 矩形波 (0~150V) | 171×10 ⁴ 回 | 変化なし |
| 矩形波 (0~170V) | 607×10 ³ 回 | き裂あり |

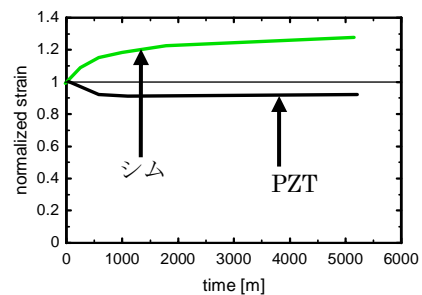


図 3 標準ひずみ

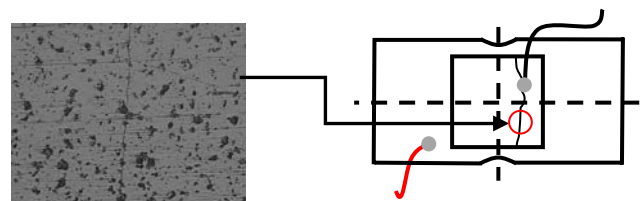


図 4 き裂の位置と顕微鏡観察

4. まとめ

PZT アクチュエータを模擬した試験片について、繰返し電圧負荷による損傷の調査を試みたが今回の実験の範囲では、PZT に損傷が生じたが、その挙動を定量的に評価できなかった。