

PZT 分極材の遅れ破壊におよぼす電界負荷の影響

1. 緒言

優れた圧電性を示すチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)はセンサやアクチュエータに広く使用されているが、脆性材料であるため強度信頼性が低い。

実際に PZT を用いたバイモルフ型アクチュエータを高温高湿の環境下で使用すると、PZT の破壊が頻繁に生じる。このような破壊は繰返し荷重によるいわゆる疲労と、静荷重下でも破壊に至る、遅れ破壊の両者を考慮する必要がある。本研究では電界を荷した状態で使用される PZT アクチュエータを念頭におき、PZT 分極材の 4 点曲げ静荷重負荷試験を行い遅れ破壊強度に及ぼす電界負荷の影響について調査した。

2. 実験方法

実験に用いた材料は $38 \times 5 \times 1 \text{ mm}$ の PZT 分極材である。荷重負荷には自作の 4 点曲げ試験機を用いた。実験は温度と湿度を制御した環境下で行った。また、電界をかけながらの試験も行った。試験片が破断に至るまでの時間を、リミットスイッチを用いて計測した。また、荷重を負荷後 48 時間経過しても破断しない場合は未破断として実験を打ち切った。

3. 実験結果および考察

実験室環境下における寿命試験結果を図 1 に示す。縦軸に負荷曲げ応力、横軸に破断までの時間をとった。 10^0 時間のデータは負荷の途中で破断が生じた、すなわち瞬間破断応力である。遅れ破壊が生じた応力の平均値 σ_{af} を図中に破線で示す。電界負荷無しの場合 σ_{af} は 92.9 MPa で、 400 V/mm の電界を荷した時の σ_{af} は 38.6 MPa であった。電界負荷が強度を著しく低下させることがわかった。

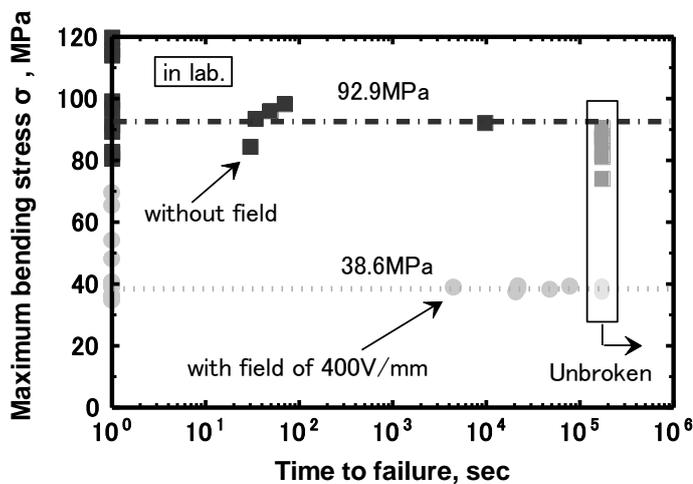


図 1 実験室環境下における遅れ破壊寿命

400 V/mm の電界負荷のもと温度 40°C 一定とし、湿度 25%、50%、および 80% に変えて試験結果を図 2 に示す。湿度を 25%

から 50% に増加することで遅れ破壊強度は約 26% 低下し、80% まで増加させると約 64% 低下した。

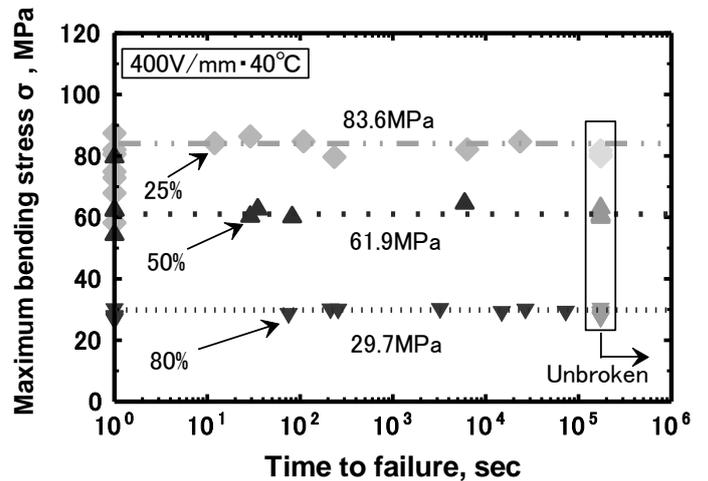


図 2 電界負荷下における遅れ破壊寿命に及ぼす湿度の影響

湿度を 40°C 、および湿度を 80% 一定とした環境下で、電界を 200 V/mm 、 400 V/mm 、および無負荷と変えた場合の結果を図 3 に示す。 200 V/mm の電界負荷でも 400 V/mm の場合と同様に遅れ破壊強度が低下した。この強度低下に負荷電界の強さはあまり影響をもたないことがわかった。

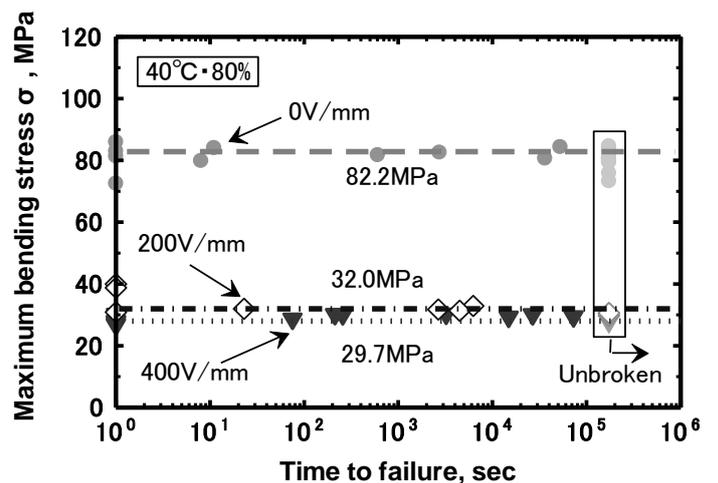


図 3 遅れ破壊寿命に及ぼす電界強度の影響

4. 結言

電界負荷下における PZT 分極材の遅れ破壊寿命試験を行った。その結果、電界負荷により遅れ破壊強度が著しく低下することがわかった。特に、高湿度環境下であるほどその傾向は大きくなった。また、強度の低下は電界強度の大きさに関係なく、電界の有無によることがわかった。