

PZT の曲げ強度におよぼす電界の影響

論文要旨

機能性材料工学研究室

和田 鍊太郎

1. 緒言

PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)は、優れた圧電性を有する圧電セラミックスであることからセンサーやアクチュエータとして広く用いられている。しかし、脆性材料であり強度信頼性が低いという問題点がある。

これまでの研究において PZT の 4 点曲げ試験において高温高湿の環境下で強度が低下し、電界を負荷することで更に著しく低下する、電界の正負により強度の低下度合が異なるなどが明らかになった。この原因として、水分子の分極と電界の関係が考えられる。そこで本研究では、強度低下が著しい 40℃、80%の環境下で、PZT の 4 点曲げ静荷重負荷における応力と電界の相互の組合せの影響を検討した。

さらに、曲げ強度におよぼす分極反転の影響を考察するため、分極反転のし易さの異なる材料を用いて比較を行った。

2. 実験方法

実験に用いた材料は 2 種類の PZT 分極材(日本セラテック社 D 材および G 材)で、曲げ試験片として 38×5×1(mm)の形状に加工した。曲げ試験には内スパン 10mm、外スパン 30mm で 4 点曲げ静荷重が負荷できる自作の 4 点曲げ試験機を用いた。恒温恒湿機内で温度 40℃、湿度 80%に保持し、電界を与えつつ曲げ負荷をかけた。D 材を用いた応力と電界の相互の影響に関する実験①および D 材と G 材で負電界の影響を比較した実験②それぞれの試験条件を表 1 に示す。

所定の荷重を負荷してから試験片が破壊に至るまでの時間を計測した。このとき負荷途中で破断した場合は静的破壊強度とした。また、破断せず 48 時間経過した場合は未破断として実験を打ち切った。

表 1 試験条件

	材料	電界 (V/mm)	応力符号	電界符号
実験①	D	+400	-	+
実験②	D, G	-200, -300	+	-

3. 実験結果および考察

3.1. 応力と電界の相互作用

D 材において、分極方向に電界をかけた時の曲げ試験において、正極側を引張りとする時と負極側を引張りとする時の負荷曲げ応力と破断までの時間を比較して図 1 に示す。静的破壊強度に対応するデータは 10⁰ 秒の軸上にプロットした。また、荷重負荷後、ある程度時間が経過した後に破断したデータの応力の平均値を遅れ破壊強度 σ_d として図中に示した。

負極を引張りすると、図 2 に示すようにき裂内の水分子の水素原子が引き寄せられる。この極性の違いで強度に差が生じるかを調査したが、差は見られなかった。すなわち、水分子の極性が強度に影響している可能性は低いと考えられる。

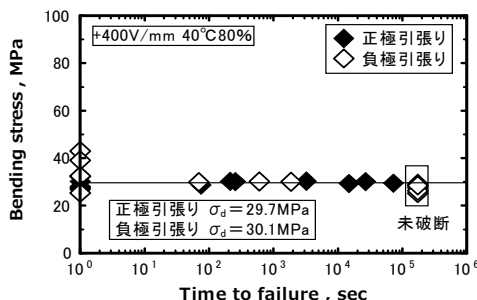


図 1 D 材の正極引張りとは負極引張り比較

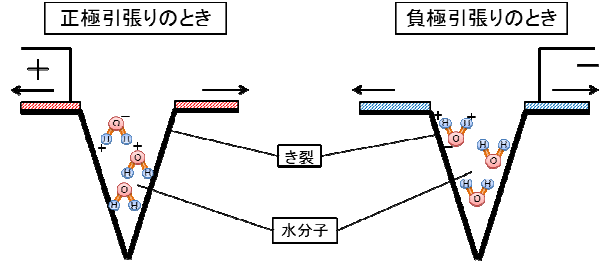


図 2 き裂内の水分子と電界

3.2. 材料の比較

D 材において、-200V/mm、-300V/mm の電界を負荷した時の曲げ試験の結果を図 3 に示す。比較のため電界 0V/mm と +200V/mm の場合の σ_d を実線で示す。ばらつきはあるが、強度は 0V/mm よりは低く、+200V/mm よりは高い結果となった。

この結果とこれまでの研究で得られている結果を用いて、D、G 材の各電界条件の σ_d を比較して図 4 に示す。正電界の場合、D、G 材共に強度低下は著しい。負電界の場合、-400V/mm 下の強度は 0V/mm に比べ D 材は 41%低下、G 材は 44%低下とほとんど変わらないが、D 材は電界が大きくなるに従い強度が低下し、G 材は-400V/mm の電界下で急激に低下するという結果となった。D 材は分極反転し易いため、一部反転により徐々に強度低下したのだと考えられる。

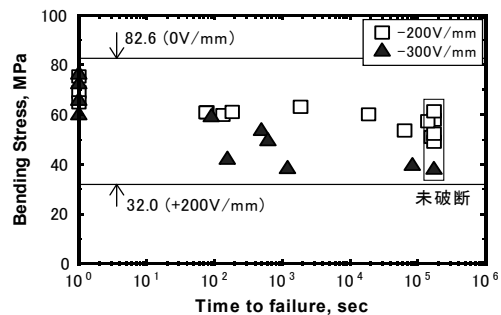


図 3 D 材、電界-200V/mm と -300V/mm の結果

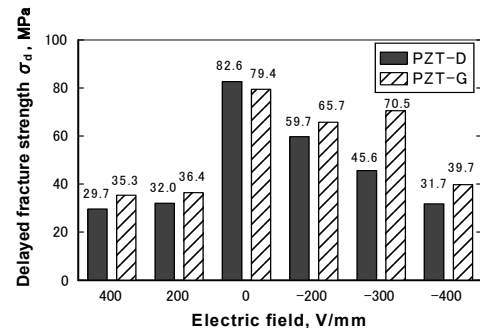


図 4 遅れ破壊強度 σ_d 比較

4. 結言

- (1) 強度の低下度合に水分子の分極が影響している可能性は低いと考えられる。
- (2) 2 種類の材料において、負の高電界負荷時の強度低下率に差はないが、分極反転のし易さにより、強度低下度合に相違が生じた。