

平成 21 年 6 月 16 日現在

研究種目：若手研究(スタートアップ)

研究期間：2007～2008

課題番号：19860081

研究課題名(和文) 圧電接合体界面近傍の特異挙動評価手法の開発

研究課題名(英文) Singularity behavior near the interface of bonded piezoelectric dissimilar materials

研究代表者

佐々木 徹 (SASAKI TORU)

長岡工業高等専門学校・機械工学科・助教

研究者番号：60435419

研究成果の概要：本研究は、高付加価値製品の創出を可能とし各種産業分野に利用されるが、未だ十分な評価法が確立したとは言えない、圧電材料を用いた異材接合体の特異性挙動評価法の確立を目標とするものである。‘圧電/圧電接合体’および‘圧電/弾性(非圧電)接合体’の特異応力・電気変位解析を行ない、いくつかの特異性消失条件を明らかにした。さらに、特異性挙動の評価実験を提案し、いくつかの特異性挙動を示すデータを確認することができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,340,000	0	1,340,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,140,000	240,000	2,380,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学 ・ 機械材料・材料力学

キーワード：特異性、異材接合体、特異応力解析、圧電材料、特異応力場、電気変位

1. 研究開始当初の背景

近年、機械や構造物の使用環境はますます厳しくなり、強度だけでなく、耐食性、耐熱性、耐摩耗性および軽量化・高機能化などが同時に要求されることが多くなってきている。このような様々な過酷な環境下における種々の要求は、単一の材料では満足させられない場合が多く、高付加価値創出のために機械的性質の異なる幾つかの材料で構成される‘異材接合体’が各種産業分野に利用される。ここで、異材接合体における接合界面および界面端近傍では、理論上、応力は無限大

になる‘応力特異性’と呼ばれる現象が生じる。これが各種機械・構造物の思わぬ破壊や強度低下を導くことがあり、実際に近年でもこれが原因の一端となる事故が起こっている。

他方、我が国の第3期科学技術基本計画の政策目標の一つとして、「安全が誇りとなる国」が挙げられているように、「安全」に対する考えがグローバル化・国際化しているといえる。したがって、安心・安全設計のための‘異材接合体’の強度評価ならびに安全性の確立が急務となっており、機械・構造物の

信頼性を確保する上で重要な部位となる異材接合体の界面上および界面端近傍での力学的取り扱いに大きな関心が寄せられている。しかしながら、異材接合体は材質の異なる材料を接合する問題のために従来の均質体に対する力学や強度評価法とは異なるアプローチが必要となり、広範かつ多様な技術が要求され、現在までに広い範囲において適用可能な評価法は確立されているとは言えない。

2. 研究の目的

本研究では、電気-力学変換デバイスとして有用であり、‘知的材料’として応用が期待される圧電材料を用いた異材接合体について検討を行なった。

最初に、過酷な条件下でもより良い機能性を持たせることが求められ、圧電材料同士を接合して使われることを想定した‘圧電/圧電接合体’の特異応力・電気変位解析を行なった。

次に、高強度化および設計の都合上、セラミックスである圧電材料と圧電性を持たない金属などの異種弾性材料を接合する‘圧電/弾性（非圧電）接合体’の特異応力・電気変位解析を行なった。

さらに、圧電効果により生じる電圧場を測定することにより、特異性挙動を測定する実験法の提案を行なった。

3. 研究の方法

(1) 特異応力・電気変位解析

図1(a)および(b)に示す、圧電/圧電接合体および圧電/弾性（非圧電）接合体に対して、特異応力・電気変位解析を行なった。

圧電材料の構成方程式、平衡方程式等の各種基礎関係式に応力関数および電気ポテンシャル関数を導入し、支配方程式を導出し、応力・電気変位の式を応力関数および電気ポテンシャル関数で表示した。さらに、境界条件および連続条件から特性方程式を導出し、特異解および端部近傍の各物理量の諸式を求めた。なお、境界条件は、端部で応力および電気変位が零とした。また、接合面での連続条件は、圧電/圧電接合体の場合は、応力、変位、電気ポテンシャルおよび電気変位が連続とし、圧電/弾性接合体の場合は、応力、変位が連続であり、電気変位が零とした。

(2) 特異性評価実験

使用する圧電材料 [富士セラミックス製 C-2 材] の基本特性を調査し、圧電材料 [30×30×40mm] とアクリル樹脂 [50×50×25mm] で構成される図2に示すような異材接合体を

製作した。ここで、微小な領域で発生する特異性挙動を効率よく計測するために、スクリーンマスクを用いて、図3に示すよう圧電体に微小で多数の電極ペーストを塗布した。

また、端部より縦方向(CASE I)および横方向(CASE II)とし、プローブを接触させることにより端部との電位差を計測した。

実験装置は、図4に示すように、制御用パソコン、アンプ、デジタルマルチメータ、デジタル油圧サーボ材料試験機で構成した。

そして、いくつかの条件下において、繰り返し荷重を負荷し、接合界面近傍に生じる電圧場の特異性挙動を計測した。

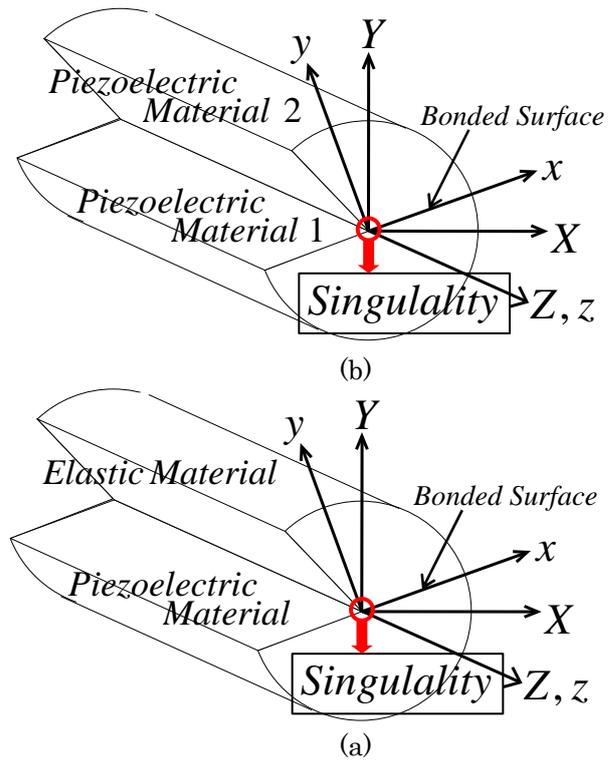


図1 解析モデル

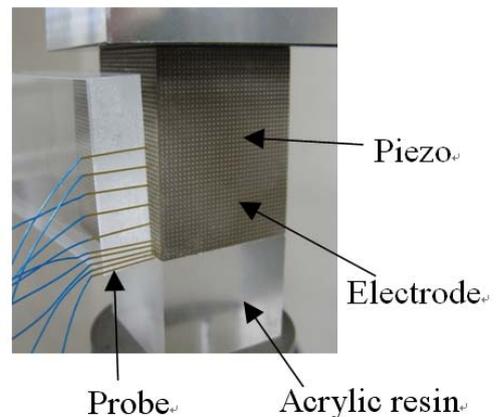


図2 圧電/アクリル異材接合体

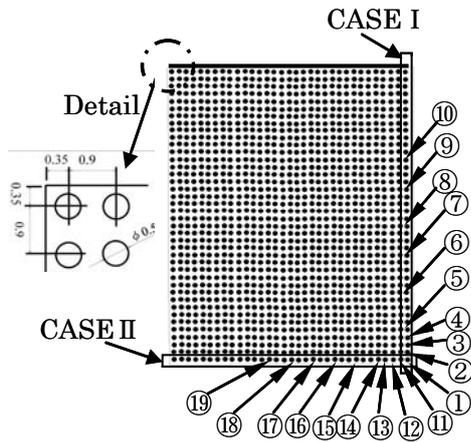


図3 電極パターン

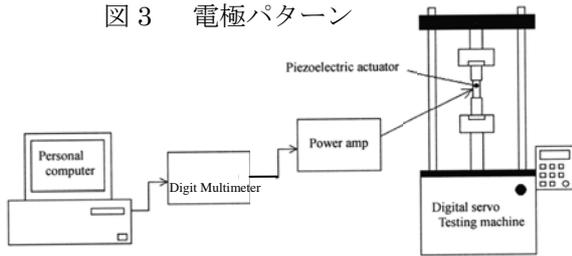


図4 特異性評価実験の装置構成

4. 研究成果

(1) 特異応力・電気変位解析

解析結果から形状（接合角度）と材料定数（圧電定数、弾性係数および誘電率）が特異性挙動に与える影響について検討し、いくつかの特異性消失条件を明らかにした。さらに、圧電/圧電接合体および圧電/弾性接合体の特異性挙動の特性にはある相関関係があることを明らかにした。なお、これらの詳細は学術論文として、近日発表予定である。

(2) 特異性評価実験

特異性評価実験の実験結果を図5、6に示す。解析結果と同様に端部より10%程度の位置で特異性挙動が確認できた。また、両対数でプロットしたグラフにおいて、特異性挙動の傾向を表す、線形的な関係になっていることが確認できた。なお、いくつかの特異性挙動を示すデータを確認することができたが、より詳細な検討を行なうために、実験装置および実験方法等において改良する必要があることも明らかになった。

(3) 今後の展望

(1)において、圧電/圧電接合体および圧電/弾性接合体の特異性の特性にある相関関係があること分かり、(2)において特異性挙動を本実験手法において評価できることを示した。本研究で明らかになったこの2点を発展させることより、機械・構造物中に多用される、金属/金属や金属/セラミックス等の異材接合体の新しい特異性評価法の提案を予定している。

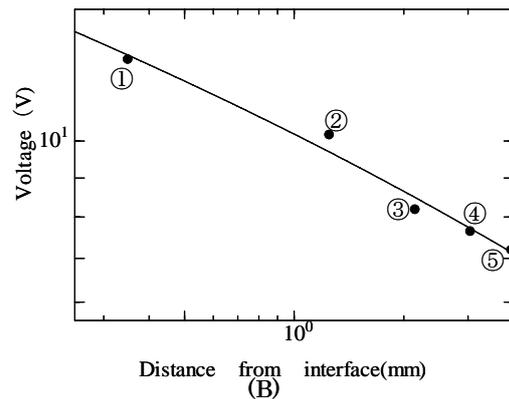
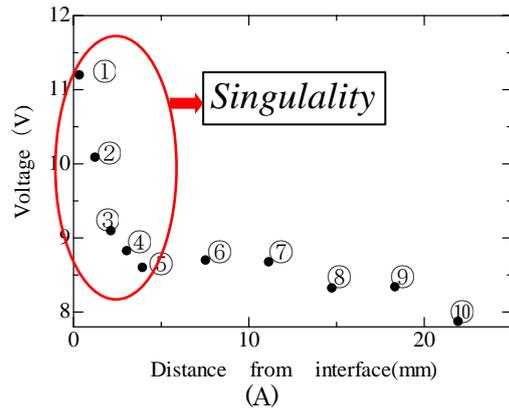


図5 特異性評価実験の実験結果(CASE I)

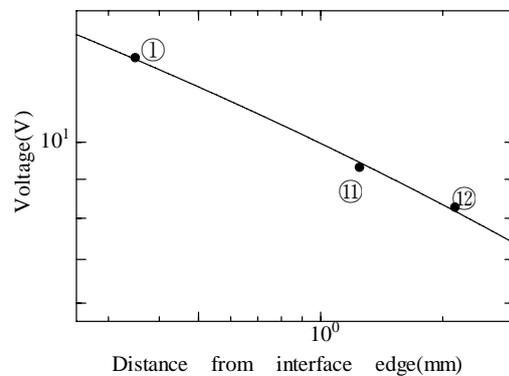
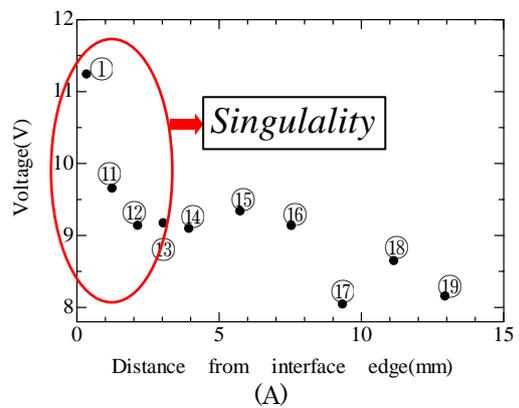


図6 特異性評価実験の実験結果(CASE I)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① Toru SASAKI, Makoto KASAI, Toshimi KONDOU, Singularity behavior near the interface of bonded piezoelectric dissimilar materials, 2nd Asian Symposium on Materials and Processing, Conference proceedings (CD), June 2009, 査読有.

② 佐々木徹、近藤俊美、異方性材料と圧電材料に関する力学解析およびその基本解の類似性、日本機械学会 2007 年度年次大会講演論文集、日本機械学会 2007 年度年次大会講演論文集、Vol.1、pp.463-464、2007、査読無

[学会発表] (計 2 件)

① Toru SASAKI, Makoto KASAI, Toshimi KONDOU, Singularity behavior near the interface of bonded piezoelectric dissimilar materials, 2nd Asian Symposium on Materials and Processing, Penang Malaysia, June 2009.

② 佐々木徹、近藤俊美、異方性材料と圧電材料に関する力学解析およびその基本解の類似性、日本機械学会、関西大学、2007 年 9 月

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 徹 (SASAKI TORU)

長岡工業高等専門学校・機械工学科・助教

研究者番号: 60435419

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し