

疲労き裂に対する圧電材料を用いた余寿命延命化に関する研究

産技高専 宮川研究室では、「技術だけではよい社会は生まれない。都市工学の観点から、持続可能な発展を支える技術」を研究テーマとしています。都市工学とは、人間と科学技術、そしてそれらの活動の場としての地球や都市の間のダイナミックな関係を生かし、人間が安全・快適に過ごすことのできる都市を構築するための技術を学ぶ学問です。

研究の目的

我が国の社会基盤整備は高度経済成長期に急速に行われてきたため、劣化や疲労に起因する損傷や事故が顕在化しつつある。今後、これらの事象の発生は諸外国に例を見ないスピードで増大することが予測される。事実、首都高速道路において、鋼製橋脚や鋼製の床版、主桁に生じた疲労き裂など橋の重要部位に多くの疲労き裂が発見されている。本研究では、構造物全体に影響が及ぶ損傷や第三者に被害が及ぶ恐れがあるなど、重度の疲労損傷を受けた鋼橋に対する点検、診断、措置からなる一連のリハビリテーション技術の確立を目的とする。すなわち、高精度で定量的な余寿命診断技術の開発、構造的な補修補強方法、疲労強度改善方法などの要素技術を明らかにする。本研究の特色として、電気-力学変換デバイスとして有用な圧電材料を機械・構造物の表面付近に接合・接着し、振動制御、破壊制御およびひずみモニタリングに用いる試みに関する研究を行うところにある。

研究の結果期待される成果

初期応力やき裂進展量の推測を行い、安定破壊から不安定破壊に至る余寿命診断および劣化予測を行うため、疲労試験を用いた余寿命診断プログラムの開発および圧電アクチュエーターによる余寿命延命化の技術開発を行う。具体的には、

① PVDFフィルムおよびPiezoケーブルを用いたひずみゲージによる余寿命診断の技術開発

精度の高い余寿命診断が可能となり、橋梁の延命化や補修・更新費用の平準化・最小化を図ることが期待できる。

② 緊急補修対策として期待できる積層圧電アクチュエーターを用いた余寿命延命化の技術開発

応力集中部に圧電アクチュエーターを設置し、応力緩和を目的とした余寿命延命化を行う。これにより、施工条件による制約を受けにくくなり、補修対策としての適用箇所が広がると期待できる。

③ 疲労き裂の余寿命診断および余寿命延命化のシステムのパッケージ化

これらのシステムを統合し、疲労き裂の余寿命診断および余寿命延命化を理論的に推測するシステムを提供できる。

研究計画

既往の研究において、①に相当する余寿命診断の技術開発に一定の成果が得られている。引き続き高い精度の予測が得られるように、新たに図1に示すPiezoケーブルを用いて研究を行う予定である。Piezoケーブルは芯線と編み線間の絶縁体にPiezoフィルムを使用し、外被はポリエチレンで被覆してある。これによりケーブルに衝撃を加えたり、引っ張ったりすると力の大きさに比例して電圧が生じる圧電材料である。これにより、[1]衝撃や振動にも強く、[2]被覆の耐久性が高く環境に左右されにくく、[3]測定物に合わせて長さを調節できる利点がある。また、②に相当する余寿命延命化の技術開発を行う。図2に示す本研究で使用する圧電セラミックスは電気的エネルギーを加えると、機械的エネルギーを発生する(逆圧電効果)機能を有する材料である。例として、図3に示すようにき裂先端の応力集中部に圧電アクチュエーターを設置し、印加することで発生する力を利用してき裂先端の応力集中を緩和し、図4に示すようにき裂の進展を抑制することができると考えている。なお、本研究で使用するNECTーキングの積層圧電アクチュエーターは高歪率圧電セラミック材料を用いており、独自の素子構造設計により従来の圧電アクチュエーターに比べ小型・低電圧で大きな変位・力を発生させる。

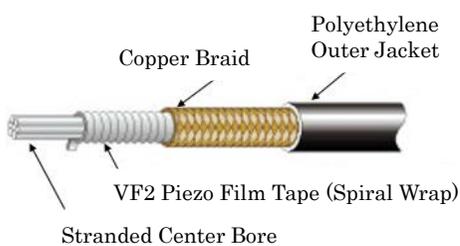


図1. Piezoケーブルの概略図

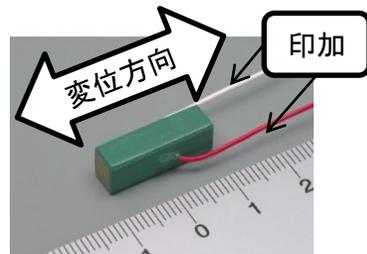


図2. NECトーキン製AE1010D16F

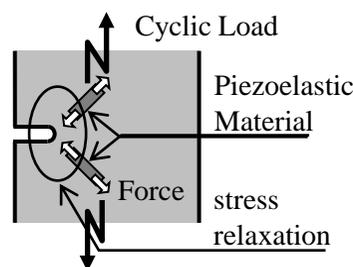


図3. 試験片モデル例

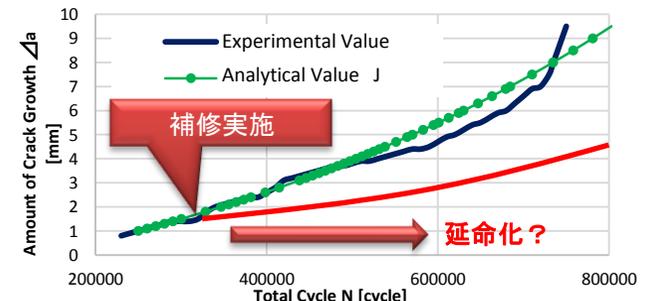


図4. き裂進展予測および延命化予想