

Abstract

Project Code: RMU5080067

Project Title: Matrix-Fiber Interaction in Piezoelectric Fiber-Reinforced Composites with Imperfect Bonding

Investigator: Associate Professor Teerapong Senjuntichai, Ph.D.
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University

E-mail Address: fcetsj@eng.chula.ac.th

Project Period: 1 year

1-3 piezocomposites are made by embedding piezoelectric fibres/rods in polymeric matrix materials. This class of materials is used in a variety of engineering applications such as ultrasonic transducers, underwater hydrophones, and structural actuators due to their sensing and actuation capabilities. Their performance and reliability are governed by interaction between the piezoelectric phase and surrounding matrix material. It is then important to know the coupled electromechanical behavior of a piezoelectric fiber-matrix system to design composites with enhanced properties. In this research project, two classes of problem are examined. The first problem studies the electromechanical load diffusion from a piezoelectric fiber into a surrounding transversely isotropic elastic matrix due to an axial load and electric charge applied to the fiber. The fiber-matrix interface is assumed to be either mechanically perfect or imperfect, and either electrically open- or short-circuited. The second problem focuses on fracture analysis of the interface cracks in a 1-3 piezoelectric composite by using the displacement discontinuity method (DDM). The study starts with the derivation of analytical solutions for piezoelectric fiber and the transversely isotropic elastic matrix under various loading cases by using Fourier integral transform. These solutions are used to formulate the boundary-value problem of the load diffusion problem and served as a fundamental solution for the DDM in the analysis of interface crack problem. The results for the fiber axial force, electric fields, interfacial stresses and fracture parameters are investigated for representative 1-3 piezocomposites. It is found that the coupled electro-elastic response in piezoelectric fiber-reinforced composites is very complicated and significantly influenced by the properties of the fiber and the matrix, the electrical boundary conditions, and the interface conditions such as imperfect fiber-matrix bonding and the presence of interface cracks. The results from this study provides a fundamental understanding of the coupled electromechanical response from the fiber-matrix interaction in a 1-3 piezocomposite, which are useful for a better design of smart composite materials. In addition, the approach presented in this report can be extended to study more complicated problems such as the investigation of the fiber-to-fiber interaction and the determination of the effective properties of piezoelectric fiber-reinforced composites.

Keywords: Smart materials; piezocomposite; fiber-matrix interaction; imperfect bonding; interface cracks

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RMU5080067
ชื่อโครงการ: การรับแรงร่วมกันระหว่างวัสดุหลักและวัสดุเสริมที่ยึดติดกันแบบไม่สมบูรณ์ในวัสดุเชิงประกอบเสริมด้วยแท่งไฟโพลิเอทิลีนทริก
ชื่อนักวิจัย: รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ เสนจันทร์ดีไชย
 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
E-mail Address: fcetsj@eng.chula.ac.th
ระยะเวลาโครงการ: 1 ปี

วัสดุไฟโพลิเอทิลีนทริกมีคุณสมบัติในการตอบสนองผลทางกลควบคู่ไปกับผลทางไฟฟ้า ทำให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการรับส่งสัญญาณหรืออุปกรณ์รับรู้ (Sensor) และอุปกรณ์กระตุ้นเพื่อควบคุมการตอบสนอง (Actuator) ได้หลายประเภท เช่น ไมโครโฟน เครื่องวัดความดันและหน่วยแรง เครื่องวัดความเร่ง เป็นต้น พฤติกรรมของวัสดุเชิงประกอบประเภทนี้มีความซับซ้อนและขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของวัสดุเสริมและวัสดุหลัก คุณสมบัติของวัสดุแต่ละประเภทและคุณสมบัติของรอยต่อระหว่างวัสดุ ลักษณะและประเภทของแรงกระทำต่อวัสดุเชิงประกอบ เป็นต้น การศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว ต่อพฤติกรรมของวัสดุเชิงประกอบจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบวัสดุเชิงประกอบให้เหมาะสมกับการใช้งาน

โครงการวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ต่อพฤติกรรมการถ่ายแรงระหว่างวัสดุในวัสดุเชิงประกอบเสริมด้วยแท่งไฟโพลิเอทิลีนทริกภายใต้แรงกระทำทางกลหรือโหลดทางไฟฟ้า โดยพิจารณาทั้งกรณีที่วัสดุเสริมและวัสดุหลักของวัสดุเชิงประกอบมีการยึดติดกันแบบสมบูรณ์และแบบไม่สมบูรณ์ รวมทั้งพิจารณาเงื่อนไขขอบเขตทางไฟฟ้าทั้งแบบวงจรปิดและวงจรเปิด งานวิจัยนี้ใช้วิธีการแปลงฟูเรียร์เพื่อวิเคราะห์หาคำตอบทั่วไปสำหรับแต่ละวัสดุของวัสดุเชิงประกอบ จากนั้นนำคำตอบทั่วไปที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการถ่ายแรงในวัสดุเชิงประกอบ โดยพิจารณาเงื่อนไขตรงรอยต่อระหว่างวัสดุ และศึกษากรณีที่วัสดุเชิงประกอบเกิดรอยแตกที่รอยต่อระหว่างวัสดุหลักและแท่งไฟโพลิเอทิลีนทริก รอยแตกที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะทำให้เกิดหน่วยแรงที่มีความเข้มข้นสูงในวัสดุ และสามารถนำไปสู่ความเสียหายของวัสดุเชิงประกอบได้ องค์ความรู้ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้จะทำให้สามารถทำนายพฤติกรรมของวัสดุเชิงประกอบได้ดีขึ้น อันจะเกิดประโยชน์ในการพัฒนาการออกแบบสำหรับการประยุกต์ใช้วัสดุเชิงประกอบประเภทนี้ให้เหมาะสมกับงานประเภทต่างๆ ได้ดีขึ้น นอกจากนี้ หลักการที่ใช้ในโครงการนี้ยังสามารถนำไปใช้ศึกษาปัญหาที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น การรับแรงร่วมกันระหว่างวัสดุเสริมและการทำนายคุณสมบัติของวัสดุเชิงประกอบประเภทไฟโพลิเอทิลีนทริก

คำหลัก: วัสดุไฟโพลิเอทิลีนทริก; วัสดุเชิงประกอบ; การรับแรงร่วมกันระหว่างวัสดุเสริมและวัสดุหลัก; การยึดติดกันแบบไม่สมบูรณ์; รอยแตกที่รอยต่อ