

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG6180255

ชื่อโครงการ : สมบัติเชิงกลและสมบัติเพอร์โวลีอิกทรานซิสเตอร์ และสมรรถนะของวัสดุผสม เซรามิกโพไลโซอิลิกทรานซิสเตอร์/ซีเมนต์/PVDF สำหรับประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจจับสภาพที่ถูกฝังในโครงสร้างคอนกรีต

ชื่อนักวิจัย : ผศ.ดร. รัตติยากร เรียนยอย

E-mail Address : r.rianyoi@gmail.com

ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี (2 พฤษภาคม 2561 ถึง 1 พฤษภาคม 2563)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกล สมบัติเพอร์โวลีอิกทรานซิสเตอร์ และสมรรถนะของวัสดุผสม เซรามิกโพไลโซอิลิกทรานซิสเตอร์/ซีเมนต์/PVDF ด้วยระบบการจัดเรียงตัวแบบ 0-3 สำหรับประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจจับสภาพที่ถูกฝังในโครงสร้างคอนกรีต ในขั้นตอนแรกได้ทำการประดิษฐ์เซรามิกโพไลโซอิลิกทรานซิสเตอร์/ซีเมนต์ $0.94\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3-0.06\text{BaTiO}_3$ (BNT-BT) ขั้นตอนที่สองทำการขึ้นรูปวัสดุผสม BNT-BT/PC ในรูปแบบการจัดเรียงตัวแบบ 0-3 โดยผสมอนุภาคเซรามิก BNT-BT กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (PC) โดยใช้ปริมาณเซรามิก 30-60% โดยปริมาตร นอกจากนี้ทำการเตรียมวัสดุผสม BNT-BT/PC/PVDF ในรูปแบบการจัดเรียงตัวแบบ 0-3 โดยใช้อนุภาคเซรามิก BNT-BT ในปริมาณ 50% โดยปริมาตร และใช้โพลีไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride; PVDF) แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 1, 3, 5 และ 7% โดยปริมาตร จากนั้นทำการศึกษาค่ากำลังอัด, สมบัติเพอร์โวลีอิกทรานซิสเตอร์ รวมไปถึงการตอบสนองต่อสัญญาณทางไฟฟ้าของวัสดุผสม จากการทดลองพบว่าค่ากำลังอัดของวัสดุผสม BNT-BT-PC มีค่าอยู่ในช่วง 28.19-35.30 MPa ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีต นอกจากนี้เมื่อมีการใช้โพลีไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride; PVDF) แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ยังช่วยลดรูปพูนในรอยต่อระหว่างเฟสเซรามิกโพไลโซอิลิกทรานซิสเตอร์และเฟสซีเมนต์ จากการวัดค่ากำลังอัดยัง

พบว่าที่ปริมาณ PVDF มากกว่า 3% โดยปริมาตรค่ากำลังอัดของวัสดุผสมเพิ่มขึ้นอย่างเป็นได้ชัด และยังพบว่าวัสดุผสม เซรามิกโพธิโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่ว/ซีเมนต์/PVDF แสดงการเกิดวงวนฮีสเทอรีซิสซึ่งเป็นสมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริกที่อุณหภูมิห้องได้ โดยมีค่า instantaneous remnant polarization (P_{ir}) เมื่อให้สนามไฟฟ้าภายนอก เท่ากับ $22.36 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ ที่ปริมาณเซรามิก BNT-BT 60% โดยปริมาตร นอกจากนี้การใช้ PVDF แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ยังส่งผลให้ค่า P_{ir} ของวัสดุผสมลดลง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้ PVDF แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พบว่าทำให้ค่าการสูญเสียของวงวนฮีสเทอรีซิสลดลง สำหรับการศึกษาดอบสนองต่อสัญญาณทางไฟฟ้าของวัสดุผสม BNT-BT/PC ได้ทำการศึกษากายใต้ความถี่ 60 Hz พบว่ามีการตอบสนองของสัญญาณเกิดขึ้นค่อนข้างดี นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาผลของปริมาณ PVDF ต่อการตอบสนองต่อสัญญาณทางไฟฟ้าของวัสดุผสม BNT-BT/PC/PVDF ในมอร์ต้าภายใต้การให้แรงกระทบ (ตุ้มน้ำหนัก 200 g ที่ความสูง 20 cm ในแนวตั้งฉาก) พบว่าเมื่อมีปริมาณ PVDF เพิ่มขึ้นทำให้การตอบสนองต่อสัญญาณทางไฟฟ้าของวัสดุผสมเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเพิ่มปริมาณ PVDF สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นมีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

คำหลัก: เซรามิกโพธิโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่ว, วัสดุผสมซีเมนต์, สมบัติเชิงกล, สมบัติเฟอร์โรอิเล็กทริก, การตรวจสอบสภาพของโครงสร้าง

Abstract

Project Code : MRG6180255

Project Title : Mechanical and ferroelectric properties and performance of embedded lead-free piezoelectric ceramic/cement/PVDF composites sensor for Structural Health Monitoring in concrete structure

Investigator : Assistant Professor Dr. Rattiyakorn Rianyai

E-mail Address : r.rianyoi@gmail.com

Project Period : 2 years (May 1, 2018 to May 1, 2020)

This research project investigated mechanical, ferroelectric properties and performance of embedded lead-free piezoelectric ceramic/cement/PVDF composites sensor with 0-3 connectivity for Structural Health Monitoring in concrete structure. Firstly, lead-free piezoelectric ceramic material, $0.94\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3\text{-}0.06\text{BaTiO}_3$ (BNT-BT) was fabricated. Secondly, BNT-BT ceramic particles have been incorporated into Portland cement (PC) with ceramic particles content of 30-60 vol.% to form 0-3 connectivity pattern BNT-BT/PC composite. In addition, BNT-BT ceramic, and PC composites of 0-3 connectivity were produced using 50% BNT-BT by volume content. Portland cement was replaced by polyvinylidene fluoride (PVDF) at 1, 3, 5, and 7% by volume. The compressive strength, ferroelectric properties as well as electrical signal response of the composites were investigated. The compressive strength was found in the region of 28.19-35.30 MPa for these BNT-BT/PC composites is close to that of concrete. Moreover, Portland cement was replaced by polyvinylidene fluoride (PVDF) in composites show good connectivity by filling the pores at the interface region between

the piezoelectric ceramic phase and the cement phase. The compressive strength of these composites was found to be enhanced more clearly when the content of PVDF is more than 3 vol.%. In addition, lead-free piezoelectric ceramic/cement/PVDF composites with 0-3 connectivity show typical ferroelectric hysteresis loops at room temperature. The instantaneous remnant polarization (P_{ir}) at and applied external electrical field of 6 kV/cm, was found to increase as BNT-BT ceramic content increases, and that the highest value for P_{ir} of 22.36 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ was obtained for a BNT-BT content of 60 vol.%. Furthermore, the use of PVDF results in a lower P_{ir} value but a reduction in the lossy appearance of P-E loops is observed. For the electrical signal response of the lead-free BNT-BT/PC composites under frequency of 60 Hz were studied. The lead-free BNT-BT/PC composites exhibits good sensing response characteristics. Moreover, for the effect of PVDF on the electrical signal response of embedded BNT-BT/PC/PVDF in mortar under impact (200 g was released vertically at a height of 20 cm) increases significantly with an increase in PVDF content, however, background noise also increases with an increase in PVDF.

Keywords: Lead-free piezoelectric ceramics; Cement composites; Mechanical property; Ferroelectric property; Structural Health Monitoring