บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : TRG5880071

ชื่อโครงการ : การพัฒนาและประสิทธิภาพของวัสดุผสมเซรามิกพิโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่ว-ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์-พอลิเมอร์ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจจับสภาพของโครงสร้างคอนกรีตตามเวลาจริง

ชื่อนักวิจัย : อ.ดร. รัตติยากร เรียนยอย

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

ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี (1 กรกฎาคม 2558 ถึง 30 มิถุนายน 2560)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค สมบัติทางกายภาพ สมบัติไดอิเล็กทริก และสมบัติพิโซอิเล็กทริกของวัสดุผสมเซรามิกพิโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่ว-ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์-พอลิเมอร์ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในระบบการจัดเรียงตัวแบบ 0-3 และ 1-3 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจจับสภาพของโครงสร้างคอนกรีตตามเวลาจริง ในขั้นตอนแรกได้ทำการประดิษฐ์เซรามิกพิโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่ว $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNBT) จากการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์พิโซอิเล็กทริกของเซรามิก $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNBT) พบว่ามีค่า 188 pC/N ขั้นตอนที่สองได้ทำการเตรียมวัสดุผสม $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNBT) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในระบบการจัดเรียงตัวแบบ 0-3 โดยใช้ปริมาณของ BNBT ร้อยละ 50 โดยปริมาตรในระบบ และใช้โพลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride; PVDF) แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 1-10% โดยปริมาตร จากนั้นทำการเตรียมวัสดุผสม $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNBT) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในระบบการจัดเรียงตัวแบบ 1-3 โดยใช้ปริมาณของ BNBT ร้อยละ 50 โดยปริมาตรในระบบ และใช้อีพอกซีแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 1-7% โดยปริมาตร และทำการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค

ของวัสดุผสม BNBT-PC-Polymer ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกและพิโซอิเล็กทริกของวัสดุผสม

จากผลการทดลองพบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกของวัสดุผสม BNBT-PC-PVDF ในระบบการจัดเรียงตัวแบบ 0-3 มีค่าลดลงตามปริมาณของ PVDF ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณ PVDF ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกต่ำและเป็นฉนวนในวัสดุผสม นอกจากนี้การใช้โพลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride; PVDF) แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ยังช่วยลดรูพรุนในรอยต่อระหว่างเฟสเซรามิกพิโซอิเล็กทริกและเฟสซีเมนต์ จากการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์พิโซอิเล็กทริก (d_{33}) ของวัสดุผสม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์พิโซอิเล็กทริกดีขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อมีปริมาณ PVDF มากกว่าร้อยละ 2 โดยปริมาตร และค่า (d_{33}) ของวัสดุผสมมีค่าสูงสุด 62 pC/N เมื่อมีปริมาณ PVDF ร้อยละ 5 โดยปริมาตรในวัสดุผสม (ภายใต้สนามไฟฟ้า 1.5 kV/mm และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำขั้ว 80°C) นอกจากนี้การใช้โพลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ (Polyvinylidene fluoride; PVDF) แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ยังช่วยลดระยะเวลาในช่วงของกระบวนการทำขั้ว (poling process) และยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต่างศักย์พิโซอิเล็กทริก (g_{33}) ของวัสดุผสมที่มีปริมาณ PVDF ร้อยละ 5 โดยปริมาตร มีค่า g_{33} สูงสุด 33.59 mV·m/N สำหรับการตรวจสอบสมบัติของวัสดุผสม BNBT-PC-Epoxy ในระบบการจัดเรียงตัวแบบ 1-3 พบว่าค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมลดลงตามปริมาณของ PVDF ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความต่างศักย์พิโซอิเล็กทริก (g_{33}) ของวัสดุผสม BNBT-PC-Epoxy ในระบบการจัดเรียงตัวแบบ 1-3 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของอีพอกซี และพบว่าที่ปริมาณของอีพอกซีในวัสดุผสมร้อยละ 7 โดยปริมาตร มีค่า g_{33} เท่ากับ 34.31 mV·m/N ดังนั้นจากการทดลองวัสดุผสมเซรามิกพิโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่ว-ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์-พอลิเมอร์ชนิดใหม่นี้มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจจับสภาพของโครงสร้างคอนกรีตตามเวลาจริง

คำหลัก: เซรามิกพิโซอิเล็กทริก, ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, พอลิเมอร์, วัสดุผสม, สมบัติพิโซอิเล็กทริก, สมบัติไดอิเล็กทริก

Abstract

Project Code : TRG5880071

Project Title : Development and Performance of Environmental Friendly Lead-Free Piezoelectric Ceramics-Portland Cement-Polymer Composites for Real-Time Health Monitoring of Concrete Structure

Investigator : Dr. Rattiyakorn Rianyoi

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

Project Period : 2 years (July 1, 2015 to June 30, 2017)

This research project investigated the microstructural, physical, dielectric and piezoelectric properties of environmental friendly lead-free piezoelectric ceramics-Portland cement-polymer composites with 0-3 and 1-3 connectivity for real-time health monitoring of concrete structures applications. Firstly, lead-free piezoelectric ceramic material, $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNBT) was fabricated. Piezoelectric coefficient value of ceramic materials $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNBT), is 188 pC/N. Secondly, $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNBT) and Portland cement (PC) composites of 0-3 connectivity were produced using 50% BNBT by volume content. Portland cement was replaced by polyvinylidene fluoride (PVDF) at 1-10% by volume. In addition, $0.94Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$-$0.06BaTiO_3$ (BNBT) and Portland cement (PC) composites of 1-3 connectivity were produced using 50% BNBT by volume content. Portland cement was replaced by epoxy for 1-7% by volume. Microstructure of BNBT-PC-Polymer composites was investigated by using scanning electron microscope (SEM). The dielectric and piezoelectric properties were also investigated.

The dielectric constant and dielectric loss of BNBT-PC-PVDF composites of 0-3 connectivity were found to decrease as the PVDF content increase due to the increase in low dielectric constant and insulative of PVDF content in composite. 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 piezoelectric coefficient (d_{33}) of composites was found to be enhanced more clearly when the content of PVDF is more than 2 vol.%. The d_{33} results of composites showed an optimum increase of 62 pC/N when 5 vol.% PVDF was used (under the electrical poling field of 1.5 kV/mm and poling temperature of 80^{O}C). Moreover, these composites with PVDF show an enhanced poling behavior in that PVDF can reduce the total period of poling process. Interestingly, the piezoelectric voltage coefficient (g_{33}) of composite with 5 vol.% PVDF content exhibits highest value of 33.59 mV·m/N. For BNBT-PC-epoxy composites of 1-3 connectivity, the dielectric constant and dielectric loss of the composites were found to decrease with increasing epoxy content. The piezoelectric voltage coefficient (g_{33}) of BNBT-PC-epoxy composites of 1-3 connectivity was noticeably increased when the epoxy content was increased. For BNBT-PC-epoxy composites of 1-3 connectivity with epoxy of 7% by volume, g_{33} was found at 34.31 mV·m/N. Therefore, this new kind of environmental friendly lead-free piezoelectric ceramics-Portland cement-polymer composites has potential to be used in concrete as sensors for real-time structural health monitoring applications.

Keywords: Piezoelectric ceramic, Portland cement, Polymer, Composites, Piezoelectric properties, Dielectric properties