บทความวิจัย

บทความจากงานประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26 (TIChE2016)

การกระจายตัวของใยบะซอลต์ในสารละลาย

เทียนไชย ตันไทย* เกรียงไกร พงษ์กิจการุณ และ มุกฑิดา คงรักษา
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
อภิรัฐ ธีรภาพวิเศษพงษ์
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-2218-7521 อีเมล: tienchai.ton@mahidol.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.01.011
รับเมื่อ 1 มิถุนายน 2560 ตอบรับเมื่อ 30 สิงหาคม 2560 เผยแพร่ออนไลน์ 12 มกราคม 2561
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การศึกษาการกระจายตัวของเส้นใยบะซอลต์ในสารละลายเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกระจายตัวของเส้นใยบะซอลต์ การเลือกใช้เส้นใยบะซอลต์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้แร่ใยหินซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกาย แต่จากการนำไปใช้งานในวัสดุก่อสร้างพบปัญหาเรื่องการเกาะกลุ่มของเส้นใยบะซอลต์ การศึกษาการกระจายตัวจะสามารถช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ มีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความขุ่นของสารละลาย ซึ่งเป็นค่าบ่งบอกถึงการกระจายตัวของเส้นใยบะซอลต์ ในการทดลองเปรียบเทียบอัตราส่วนเส้นใยบะซอลต์ต่อน้ำพบว่า ที่ปริมาณเส้นใยบะซอลต์ 1 เปอร์เซ็นต์โดยมวล เส้นใยจะมีการกระจายตัวดีที่สุด สารกระจายตัวคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสามารถช่วยให้เส้นใยบะซอลต์กระจายตัวได้ดีขึ้น พบว่าที่พีเอชและสัดส่วนของสารช่วยกระจายตัวเดียวกัน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่าการเติมลาเท็กซ์ ในกรณีคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่พีเอชของสารละลายเท่ากับห้า เจ็ด และเก้า ค่าความต้านทานไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกันมาก

คำสำคัญ: ใยบะซอลต์, การกระจายตัว, ความต้านทานไฟฟ้า, ความขุ่น

การอ้างอิงบทความ: เทียนไชย ตันไทย เกรียงไกร พงษ์กิจการุณ มุกฑิดา คงรักษา และ อภิรัฐ ธีรภาพวิเศษพงษ์, "การกระจายตัวของใยบะซอลต์ในสารละลาย," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,* ปีที่ 28, ฉบับที่ 1, หน้า 3–8, ม.ค.–มี.ค. 2561.

-17-0000(003-008)P5.indd 3 4/10/61 BE 1:24 PM

Research Article

Selected Paper from the 26th TIChe National Conference "Innovative Technology toward Sustainable Development"

Dispersion of Basalt Fibers in Solution

Tienchai Tonthai, Kriengkrai Phongkitkarun and Mookthida Khongruksa
Faculty of Engineering, Mahidol University, Nakorn Pathom, Thailand

Apirat Theerapapvisetpong
Department of Materials Science, Faculty of Science, Chulalongkorn Univesity, Bangkok, Thailand

*Corresponding Author, Tel. 0-2218-5061, E-mail: tienchai.ton@mahidol.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2018.01.011
Received 1 June 2017; Accepted 30 August 2017; Published online: 12 January 2018
© 2018 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

A study of basalt fibers dispersion in solution was to find the suitable conditions of dispersion. Using basalt fibers is the other way to decrease asbestos which is dangerous for human health. The problem of using basalt fibers in construction material was agglomeration of fibers. The investigation of dispersion can solve this problem. This work measured the electrical resistivity and turbidity of solution which were the indicator of basalt fibers dispersion. The comparison of various ratio of basalt fibers and water found that at 1% by weight the dispersion was good. Carboxy Methyl Cellulose (CMC) improved the dispersion. At the same pH and ratio of dispersant, the electrical resistivity of CMC was lower than of latex. pH at 5, 7 and 9 did not affect to the electrical resistivity as using CMC.

Keywords: Basalt Fibers, Dispersion, Electrical Resistivity, Turbidity

Please cite this article as: T. Tonthai, K. Phongkitkarun, M. Khongruksa, and A. Theerapapvisetpong, "Dispersion of basalt fibers in solution," *The Journal of KMUTNB,* vol. 28, no. 1, pp. 3–8, Jan.–Mar. 2018 (in Thai).

-17-0000(003-008)P5.indd 4 4/10/61 BE 1:24 PM

1. บทนำ

การใช้แร่ใยหิน (Asbestos) เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น กระเบื้องกันความร้อน กระเบื้องมุงหลังคา ฝ้าเพดาน ภาชนะพลาสติกบรรจุแบตเตอรี่รถยนต์ เป็นต้น เนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีความเหนียว ทนทานต่อแรงดึงได้สูง ทนความร้อนได้ดี มีความทนทานต่อกรดด่าง และสารเคมีหลายชนิดได้ดี แต่หากแร่นี้เข้าไปอยู่ในปอด สามารถก่อให้เกิดโรคที่ร้ายแรงในมนุษย์ได้ โรคที่มีสาเหตุมาจากแร่ใยหิน ได้แก่ แอสเบสโตสิส (Asbestosis) มะเร็งปอด และเมโสเธลิโอมา (Mesothelioma) แม้จะเป็นที่ทราบดีเกี่ยวกับอันตรายของแร่ใยหินและมีความพยายามที่จะควบคุมหรือหลีกเลี่ยงไม่ใช้แร่นี้ เช่น ประเทศที่พัฒนาแล้วบางประเทศได้พยายามลดการใช้และห้ามนำเข้าแร่ใยหิน ตลอดจนพยายามหาสารอื่นมาใช้ทดแทน ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการนำเข้าแร่ใยหินมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมเป็นระยะเวลามากกว่า 30 ปี โดยนำเข้าจากประเทศต่างๆ ได้แก่ รัสเซีย บราซิล แคนาดา ซิมบับเว และจีน เฉลี่ยประมาณ 100,000 ตันต่อปี [1] ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีการห้ามการใช้แร่ใยหิน เริ่มมีการรณรงค์ให้ใช้วัสดุอื่นทดแทนแร่ใยหินมากขึ้น [2] เพื่อช่วยลดการใช้แร่ใยหินในอุตสาหกรรมต่างๆ ลดมลพิษและปัญหาที่เกิดขึ้นจากแร่ใยหินซึ่งเส้นใยจากแร่บะซอลต์ก็เป็นอีกหนึ่งวัสดุที่จะสามารถนำมาแทนแร่ใยหินได้ [3]

เส้นใยบะซอลต์ (Basalt Fiber) ถูกผลิตขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1985 ที่ประเทศยูเครน โดยมูลค่าของใยบะซอลต์จะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และลักษณะของเส้นใย คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเส้นใยที่ได้จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของวัตถุดิบ โดยทั่วไปใยบะซอลต์มีส่วนประกอบทางเคมี SiO_2 42–55%, Al_2O_3 14–18%, Fe_2O_3 10–12%, CaO 7–9%, MgO 4–10%, Na_2O 2–4%, TiO_2 1–3% และ K_2O 1–3% [3] กระบวนการผลิตใยบะซอลต์จะมีกระบวนการผลิตที่คล้ายกับการผลิตใยแก้ว (Glass Fiber) แต่ใช้พลังงานน้อยกว่าและไม่เติมสารเติมแต่ง ในการผลิตใช้หินบะซอลต์จากธรรมชาติเป็นวัตถุดิบ ใยบะซอลต์จะถูกผลิตโดยหลอมหินบะซอลต์ที่อุณหภูมิ 1450–1500 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำมาผ่านรูที่ทำจากแพลตตินัมเพื่อผลิตเป็นเส้นใย และมีกระบวนการผลิตใยบะซอลต์แบบสั้น (Short Fibers) โดยการหลอมเหลวหินบะซอลต์ที่เป็นวัตถุดิบที่อุณหภูมิเดียวกันกับการผลิตแบบเส้นใยต่อเนื่อง และใช้กระบวนการเป่าเพื่อให้ได้เส้นใย เส้นใยที่ได้จะเป็นแบบสั้นและมีราคาถูกกว่าแบบต่อเนื่อง [3], [4] แต่จะกระจายตัวได้ไม่ดี จึงได้ทำการศึกษาการกระจายตัวของเส้นใยบะซอลต์

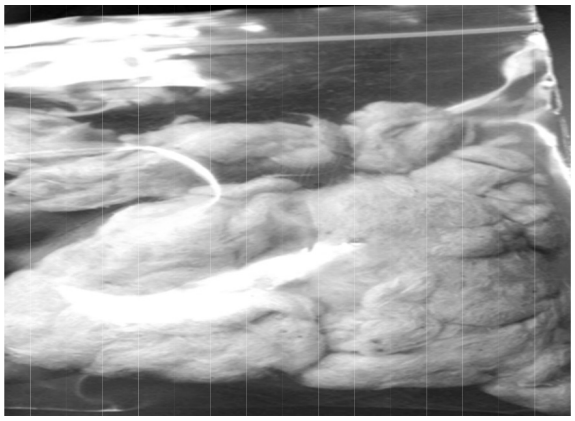
มีการศึกษาการกระจายตัวของเส้นใยสั้นคาร์บอนในซีเมนต์มาผสมกับ *Methylcellulose, Acrylic, Styrene Acrylic* และ *Latex* ที่ปริมาณต่างๆ ทำการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าแรงดึง พบว่าการเติมส่วนผสมทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้ามีค่าลดลง แสดงว่ามีการกระจายตัวของเส้นใยคาร์บอนเพิ่มขึ้น [5]

งานวิจัยนี้ศึกษาสารกระจายตัว *Carboxy Methyl Cellulose* และ *Latex* ที่มีผลต่อการกระจายตัวของใยบะซอลต์ โดยวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความขุ่นของสารละลาย ซึ่งเป็นค่าบ่งบอกถึงความสามารถในการกระจายตัว

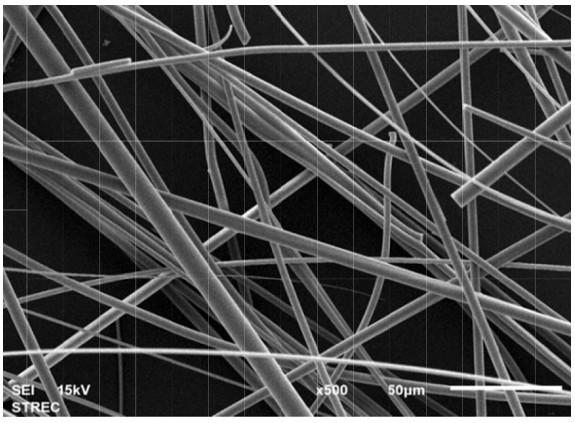
2. วิธีการวิจัย

เส้นใยบะซอลต์ประเภทเส้นใยสั้น เป็นผลผลิตจาก บริษัท สยามฟริท จำกัด ผสมกับน้ำกลั่นในบีกเกอร์ที่อัตราส่วนเส้นใยบะซอลต์ต่อน้ำที่ปริมาณเส้นใยบะซอลต์ตั้งแต่ 0 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กวนสารละลายให้เข้ากันโดยใช้เครื่องกวนของผสม ที่ความเร็วรอบ 750 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ทำการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (Siemens; S^{-1}) ด้วยเครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า และค่าความขุ่น (Nephelometric Turbidity Units; NTU) ด้วยเครื่องวัดค่าความขุ่นของสารละลาย ซึ่งเป็นค่าบ่งบอกถึงการกระจายตัวของเส้นใยบะซอลต์ ค่าความต้านทานไฟฟ้าและค่าความขุ่นของสารผสมเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัดสามหรือสี่ครั้ง แปรเปลี่ยนชนิดและปริมาณของสารช่วยกระจายตัว ได้แก่ สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxy Methyl Cellulose; CH_2CO_2H) หรือสารลาเท็กซ์ (Latex, LANKO751) ที่มีปริมาณความเข้มข้นตั้งแต่ 0 ถึง 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ศึกษาปัจจัยค่าพีเอชของสารละลายที่ค่า 5, 7 และ 9

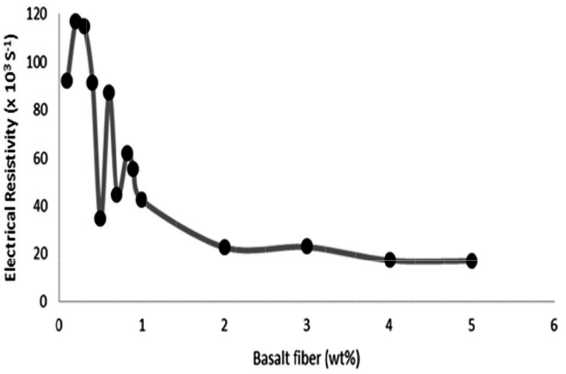
-17-0000(003-008)P5.indd 5 4/10/61 BE 1:24 PM



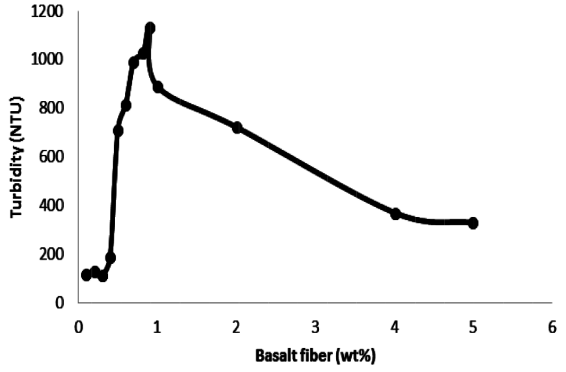
รูปที่ 1 เส้นใยบะซอลต์แบบสั้น



รูปที่ 2 เส้นใยบะซอลต์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน x500



รูปที่ 3 ความต้านทานไฟฟ้าที่อัตราส่วนเส้นใยบะซอลต์ต่อน้ำต่างๆ



รูปที่ 4 ค่าความขุ่นที่อัตราส่วนเส้นใยบะซอลต์ต่อน้ำต่างๆ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

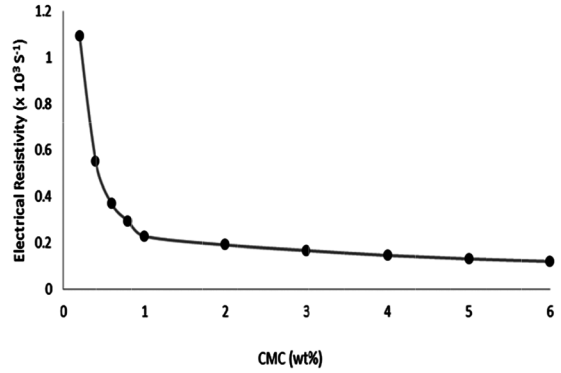
เส้นใยบะซอลต์แบบสั้นมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 1 และจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน จะเห็นว่าเส้นใยจะมีผิวเรียบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณห้าไมโครเมตร ดังรูปที่ 2

จากการศึกษาผลของปริมาณเส้นใยบะซอลต์ที่มีต่อการกระจายตัว โดยทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเส้นใยบะซอลต์ต่อน้ำ ที่มีต่อค่าความต้านทานไฟฟ้า และค่าความขุ่น ดังรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

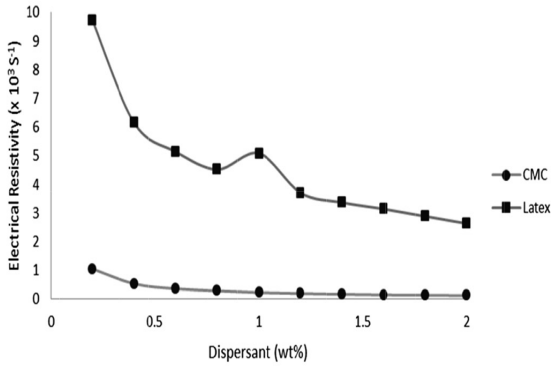
จากการทดลองพบว่า การเพิ่มปริมาณเส้นใยบะซอลต์จะส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงหรือมีการนำไฟฟ้ามากขึ้น เนื่องจากการเติมเส้นใยเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ดีขึ้น และเมื่อทำการเพิ่มปริมาณเส้นใยบะซอลต์จะทำให้ค่าความขุ่นเพิ่มขึ้นเพราะมีอัตราส่วนของแข็งมากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยบะซอลต์มากกว่า 1 wt% ค่าความขุ่นจะมีค่าลดลงเนื่องจากเส้นใยบะซอลต์เริ่มไม่กระจายตัวและจับตัวกันเป็นก้อน (Agglomeration)

ปริมาณ Carboxy Methyl Cellulose (CMC) ที่มีผลต่อการกระจายตัวของใยบะซอลต์โดยการเปรียบเทียบอัตราส่วนโดยน้ำหนักของ CMC กับน้ำค่าต่างๆ ที่ปริมาณใยบะซอลต์ 0.3% โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 5 และ 6 จะเห็นว่าการเพิ่มปริมาณ CMC ส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงเพราะมีการกระจายตัวของเส้นใยบะซอลต์มากขึ้น เนื่องจาก

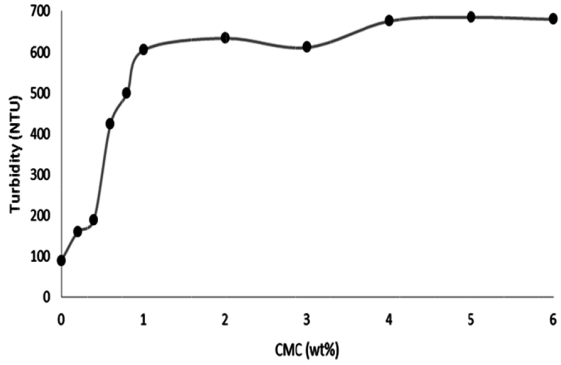
-17-0000(003-008)P5.indd 6 4/10/61 BE 1:24 PM



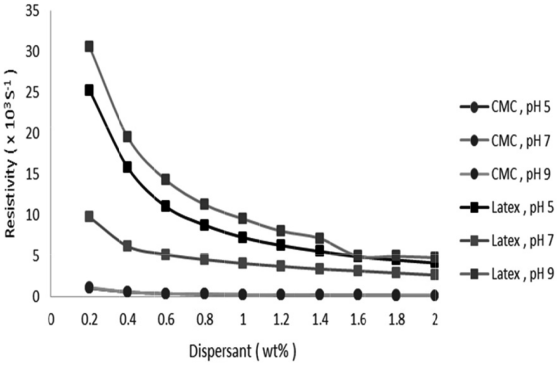
รูปที่ 5 ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่อัตราส่วน CMC ต่อน้ำต่างๆ



รูปที่ 7 ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่อัตราส่วนสารกระจายตัวต่อน้ำต่างๆ



รูปที่ 6 ค่าความขุ่นที่อัตราส่วน CMC ต่อน้ำต่างๆ



รูปที่ 8 ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่อัตราส่วนสารกระจายตัวต่อน้ำต่างๆ ที่พีเอช 5, 7 และ 9

CMC มีลักษณะโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์แบบมีขั้ว เมื่อไปจับที่เส้นใยบะซอลต์ ส่งผลให้โมเลกุลเกิดการผลักกัน และการเติม CMC จะส่งผลให้ค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น สารละลายมีค่า pH โดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.26

การศึกษาเปรียบเทียบชนิดของสารกระจายตัวระหว่าง CMC กับ Latex ที่มีผลต่อค่าความต้านทานไฟฟ้า โดยมีปริมาณใยบะซอลต์ 0.3% มีค่าพีเอชของสารละลายเท่ากับเจ็ด ดังรูปที่ 7 พบว่าการใช้ CMC ทำให้สารละลายมีค่าความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่าการใช้ Latex ซึ่งบ่งบอกได้ว่า CMC ช่วยให้ใยบะซอลต์กระจายตัวได้ดีกว่า Latex

การเปรียบเทียบอิทธิพลของค่าพีเอชต่างๆ ต่อการกระจายตัวของใยบะซอลต์ ดังแสดงรูปที่ 8 พบว่าที่พีเอชค่าต่างๆ ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่มีการใช้ CMC มีค่าต่ำกว่าการใช้ Latex ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่มีการใช้ CMC ที่พีเอชทั้งสามค่า (5, 7 และ 9) จะมีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้เส้นกราฟซ้อนกันคล้ายเป็นเส้นเดียวกัน ค่าพีเอชมีผลต่อประสิทธิภาพของ CMC ในการกระจายตัวใยบะซอลต์น้อย แต่มีผลต่อสาร Latex

4. สรุป

การกระจายตัวของเส้นใยบะซอลต์ในน้ำพบว่า เมื่อปริมาณเส้นใยบะซอลต์เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงที่ปริมาณเส้นใยบะซอลต์ 1 wt% ค่าความขุ่นมีค่ามากที่สุดก่อนจะลดลงแสดงว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยบะซอลต์จะทำให้การกระจายตัวของเส้นใยลดลง เพราะ

-17-0000(003-008)P5.indd 7 4/10/61 BE 1:24 PM

มีการเกาะตัวของเส้นใย มีการกระจายตัวดีที่สุดที่ปริมาณเส้นใยบะซอลต์ 1 wt% จากการศึกษาผลของ

ปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีต่อการกระจายตัวของเส้นใยบะซอลต์พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลงและค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น แสดงว่าคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสามารถช่วยให้เส้นใยบะซอลต์กระจายตัวได้ดีขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบชนิดของสารช่วยกระจายตัวได้แก่คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและลาเท็กซ์ พบว่าที่พีเอชและสัดส่วนของสารช่วยกระจายตัวเดียวกัน การใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่าการเติมลาเท็กซ์ ในกรณีคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่พีเอชของสารละลายต่างๆ ความต้านทานไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าพีเอชมีผลต่อสารกระจายตัว CMC น้อย แต่มีผลต่อลาเทกซ์

จากผลการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์การใช้ใยบะซอลต์ในซีเมนต์ เพื่อเป็นการทดแทนการใช้แร่ใยหินหรือเอสเบสทอสที่อันตรายต่อสุขภาพ โดยมีสมมติฐานปัจจัยที่ทำให้ใยบะซอลต์กระจายตัวได้ดีในสารละลาย ย่อมทำให้กระจายตัวได้ดีในซีเมนต์ด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทสยามฟริท จำกัด ที่ให้ใยบะซอลต์เป็นวัตถุดิบในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Occupational Health Section, Mahidol University. Asbestos. (2015, October) [Online]. Available: htppt:// www.si.mahidol.ac.th/Th/division/ophs/admin/files/31_34_1.doc

[2] Department of Communicable Disease Control, Ministry of Public Health. Asbestos in Thailand (2015, October) [Online]. Available: http://www.envocc.org/html/modules.php?name=Downloads&d_op=viewdownload&cid=11

[3] V. Fiore, T. Scali, and A. Valenza, "A review on basalt fiber and its composites," *Composites Part B,* vol. 74, pp. 74–89, December 2014.

[4] Department of Primary Industries and Mines. (October, 2015). Development of Basalt for Asbestos Substitution. Department of Primary Industries and Mines. Thailand [Online]. Available: htppt://www.dpim.go.th/service/download?articleid=6017

[5] D. D. L. *Chung, "Dispersion of short fibers in cement," Journal of materials in Civil Engineering,* vol. 17, no. 4, pp. 379–383, July 2005.

-17-0000(003-008)P5.indd 8 4/10/61 BE 1:24 PM