ผลของการปรับปรุงเถ้าไม้ยางพาราที่มีต่อกำลังอัดของอิฐ
Effect of Improvement of Para-Rubber Wood Fly Ash on Compressive Strength

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ ยูวารีเยาะ กาแบ อาตีก๊ะ นิอาลี ซารียะ รีบู
พาอีซะ มามะแตหะ และ ยาวาเฮ สาแม
Abedeen Dasaesamoh, Yawareeyoh Kabae, Ateekah Nialee, Sareeyah Reebu,
Paesah Mamataeha and Yawahea Samae
คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อ.เมือง จ.ยะลา
E-mail: abedeen.d@yru.ac.th โทร 089-6569681

บทคัดย่อ

การงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเร่งการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานของปูนซีเมนต์ของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา ด้วยการปรับปรุงเถ้าไม้ยางพาราด้วยสารเคมี โดยเลือกสารเคมีกลุ่มซัลเฟตได้แก่ Na_2SO_4 และ $CaSO_4$ และสารเคมีกลุ่มอัลคาไลด์ ได้แก่ NaOH และ $Ca(OH)_2$ ศึกษาที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol จากผลการวิจัยพบว่า การปรับปรุงเถ้าไม้ยางพาราด้วยสารเคมีกลุ่มอัลคาไลด์ โดยเฉพาะ NaOH ที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol มีค่ากำลังอัดสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 1505-2541 และที่ความเข้มข้นของ NaOH ที่ 10 และ 12 mol ช่วยเร่งปฏิกิริยาปอซโซลานทำให้มีค่ากำลังอัดสูงกว่าอิฐที่ไม่ได้รับการปรับปรุงของเถ้าไม้ยางพารา ซึ่งสรุปได้ว่าการปรับปรุงเถ้าไม้ยางพาราด้วย NaOH ความเข้มข้น 10 และ 12 mol สามารถเพิ่มค่ากำลังอัดของอิฐซึ่งมีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราได้

คำสำคัญ: ปฏิกิริยาปอซโซลาน เถ้าไม้ยางพารา

Abstract

The aim of this research was to accelerate the pozzolanic reaction of cement bricks with a mixture of para-rubber wood fly ash by chemical improvement. The sulfate group of Na_2SO_4 and $CaSO_4$ and alkali halides group of NaOH and Ca $(OH)_2$ with concentrations of 8, 10 and 12 mol were used to study. Results show that only a para-rubber wood fly ash improved with 8, 10 and 12 mol concentrations of NaOH higher compressive strength values than TIS 1505-2541 standard. Moreover, the compressive strength of brick with 10 and 12 mol concentration of NaOH was higher than the of bricks that was not improved para-rubber wood fly ash. It can be concluded that the improvement of para-rubber wood fly ash with 10 and 12 mol of NaOH increase the compressive strength of para-rubber wood fly ash containing brick.

Keywords: Pozzolanic reactive, Para-rubber wood fly ash

1. บทนำ

วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) เป็นวัสดุที่นิยมใช้ในการผลิตอิฐ แทนที่บางส่วนของปูนซีเมนต์ โดยช่วยในการลดต้นทุนของการผลิตอิฐหรือเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของอิฐให้ดีขึ้น วัสดุปอซโซลานตามคำจำกัดความหมายของมาตรฐาน ASTM C 618 หมายถึง วัสดุที่มีซิลิกาหรือซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ววัสดุปอซโซลานจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน แต่ถ้าวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดมากและมีน้ำหรือความชื้นที่เพียงพอ จะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ที่อุณหภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน (สหลาภและนาวิน, 2554) ประเภทของวัสดุปอซโซลานที่นำมาผสมกับปูนซีเมนต์มีมากมาย เช่น ผงถ่านหิน เถ้าแกลบ เถ้าลอย ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เถ้าไม้ยางพาราที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้ากัลฟ์ ยะลากรีน ซึ่งประกอบด้วยออกไซด์ของแร่ธาตุต่างๆ หลายชนิด ได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อนำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการเชื่อมประสานทำให้อิฐบล็อกประสานมีความแข็งแรงมากขึ้น (อาบีดีนและคณะ, 2554) ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์กับน้ำโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ จากปฏิกิริยาไฮเดรชันเป็นสารตั้งต้นและทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกาออกไซด์และอลูมินาออกไซด์ ในวัสดุ

ปอซโซลาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลาน คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + H_2O \longrightarrow xCaO.ySiO_2.zH_2O \quad (1)$$

$$Ca(OH)_2 + Al_2O_3 + H_2O \longrightarrow xCaO.yAl_2O_3.zH_2O \quad (2)$$

ค่า x, y และ z ในสมการที่ 1 และ 2 เป็นค่าที่แปรไปตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ซึ่งทั้งสารประกอบทั้งที่เกิดจากปฏิกิริยาปอซโซลานนี้ มีคุณสมบัติในการยึดประสาน ทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดเพิ่มขึ้น และลดช่องว่างระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ ทำให้คอนกรีตเนื้อแน่นขึ้น (วิฑูรย์และธนัชชา, 2552) จากงานวิจัยของวรากร (2554) ได้นำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ซึ่งมี $Ca(OH)_2$ เป็นจำนวนมากมาผสมกับเถ้าถ่านหินซึ่งมี SiO_2 และ Al_2O_3 ทำเป็นวัสดุประสานในงานคอนกรีตแทนปูนซีเมนต์ โดยอาศัยปฏิกิริยาปอซโซลาน ของเถ้าถ่านหินและ กากแคลเซียมคาร์ไบด์ พบว่าคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยมีการพัฒนากาลังอัดในช่วงต้น (อายุบ่มน้อยกว่า 7 วัน) ช้ากว่าคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับปรุงเถ้าไม้ยางพาราที่มีผลต่อกำลังอัดของอิฐ โดยทำการศึกษาการเร่งปฏิกิริยาปอซโซลาน ของเถ้าไม้ยางพาราด้วยวิธีการทางเคมี และในการวิจัยนี้ได้มีการผสมสารเคมีกลุ่มซัลเฟตและกลุ่มอัลคาไลด์เพื่อเร่งปฏิกิริยาปอซโซลานทำให้อิฐมีกำลังอัดและมีความคงทนแข็งแรง

2. วิธีการทดลอง

วัสดุในการทำอิฐในการวิจัยนี้ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ทรายน้ำจืด และเถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้ากัลฟ์ยะลากรีน ต.พร่อน อ.เมือง จ.ยะลา ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อกำจัดความชื้น และคัดขนาด 4 ขนาด ได้แก่ 48.37 75.84 131.2 และ 331.2 μm

ขั้นตอนการเตรียมอิฐ

1. เตรียมอิฐที่มีขนาดของเถ้าไม้ยางพารา แตกต่างกัน 4 ขนาด ได้แก่ 48.37 75.84 131.2 และ 331.2 μm และมีสัดส่วนของเถ้าไม้ยางพารา: ปูนซีเมนต์ : ทราย ในสัดส่วน 50 : 45 : 5 โดยน้ำหนัก (อาบีดีนและคณะ, 2554) สัดส่วนการเติมน้ำต่อซีเมนต์ (W/B) 0.80 คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกันจาก นั้นบรรจุลงในแบบขนาด $10 \times 10 \times 10$ cm^3 ทิ้งส่วนผสมให้แห้งและแข็งตัว เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดถอดออกจากแบบ บ่มในอากาศหรือในน้ำเป็นเวลา 28 วัน

2. ปรับปรุงสมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา เลือกใช้เถ้าไม้ยางพาราขนาด 75.84 μm เป็นส่วนผสม ทำการปรับปรุงโดยใช้สารเคมีกลุ่มซัลเฟต ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) หรือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และกลุ่มอัลคาไลน์ ได้แก่ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ศึกษาที่ความเข้มข้นของสารละลายที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol โดยมีสัดส่วนของเถ้าไม้ยางพาราต่อสารละลาย 1 : 1

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐ ได้แก่ ความหนาแน่น และอัตราการดูดซึมน้ำที่อายุการบ่ม 28 วัน และทดสอบกำลังอัด ณ แผนกวิชาก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคยะลา ทำการทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์, 2541) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและกำลังอัดตามมาตรฐานการทดสอบ มอก. 1505-2541

สมบัติ	หลักการการทดสอบ
ความหนาแน่น (kg/m^3)	ความหนาแน่นในสภาพแห้งของชิ้นทดสอบซึ่งได้จากผลหารของมวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบกับปริมาตรของชิ้นทดสอบ
ร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)	คำนวณสัดส่วนของน้ำหนักของน้ำที่ถูกดูดกลืนต่อปริมาตรชิ้นทดสอบ
กำลังอัด (kg/cm^2)	กดชิ้นทดสอบด้วยอัตราการเพิ่มแรงอัดที่คงที่ในแนวตั้งฉากจนได้ค่าสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตกเสียหาย

ที่มา: (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ สำนักงาน, 2541)

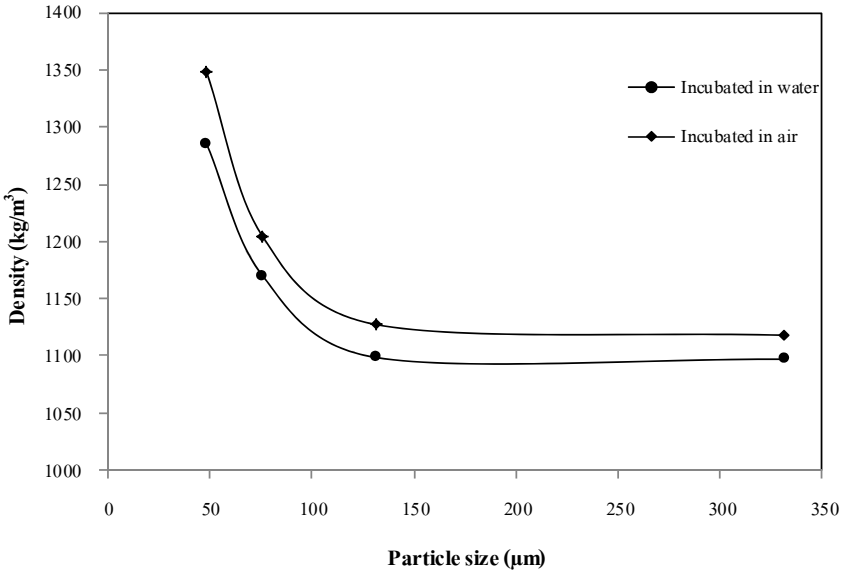
นำค่าที่ได้จากการทดสอบทางกายภาพและกำลังอัด เปรียบเทียบผลการปรับปรุงอิฐเถ้าไม้ยางพาราด้วยสารเคมีกลุ่มซัลเฟตและ กลุ่มอัลคาไลด์ กับอิฐที่ยังไม่ได้ปรับปรุงด้วยสารเคมี (อาบีดีนและคณะ, 2554) ซึ่งมีคุณสมบัติตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติของอิฐที่ยังไม่ได้รับการปรับปรุงด้วยสารเคมี

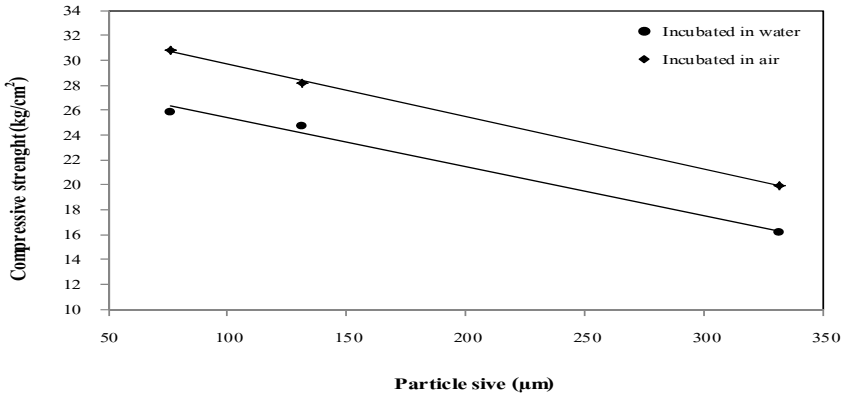
คุณสมบัติ	
ความหนาแน่น (kg/m^3)	1204.20
ร้อยละการดูดซึมน้ำ (%)	20.99
กำลังอัด (kg/cm^2)	30.81

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและกำลังอัดของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราขนาด 48.37 75.84 131.2 และ 331.2 μm และทำการปรับปรุงสมบัติทางเคมีของเถ้าไม้ยางพารา โดยเลือกใช้ขนาดของเถ้าไม้ยางพาราขนาด 75.84 μm ที่ผ่านการปรับปรุงด้วยสารเคมีกลุ่มซัลเฟต ได้แก่ $CaSO_4$ หรือ Na_2SO_4 และกลุ่มอัลคาไลน์ ได้แก่ NaOH หรือ $Ca(OH)_2$ ได้ผลการทดลองดังนี้

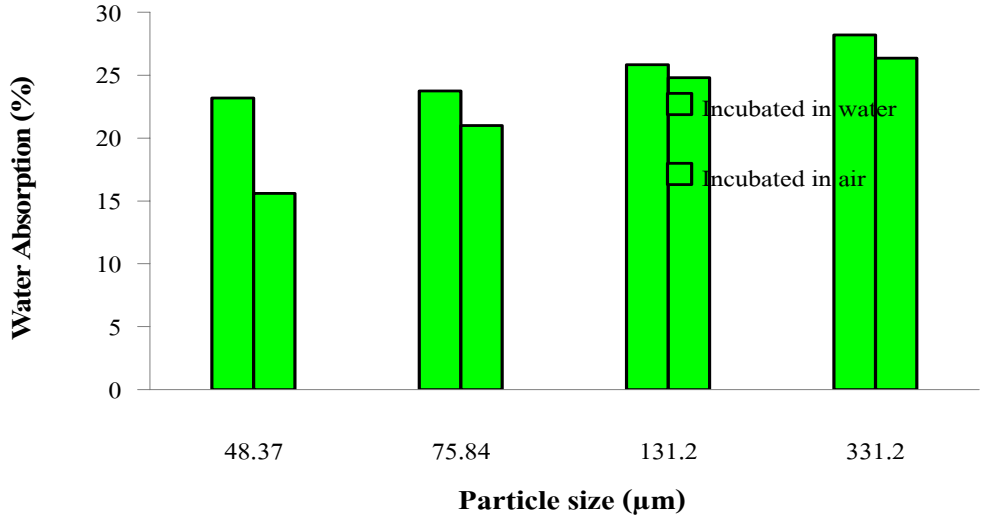


ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับขนาดอนุภาคของเถ้าไม้ยางพารา



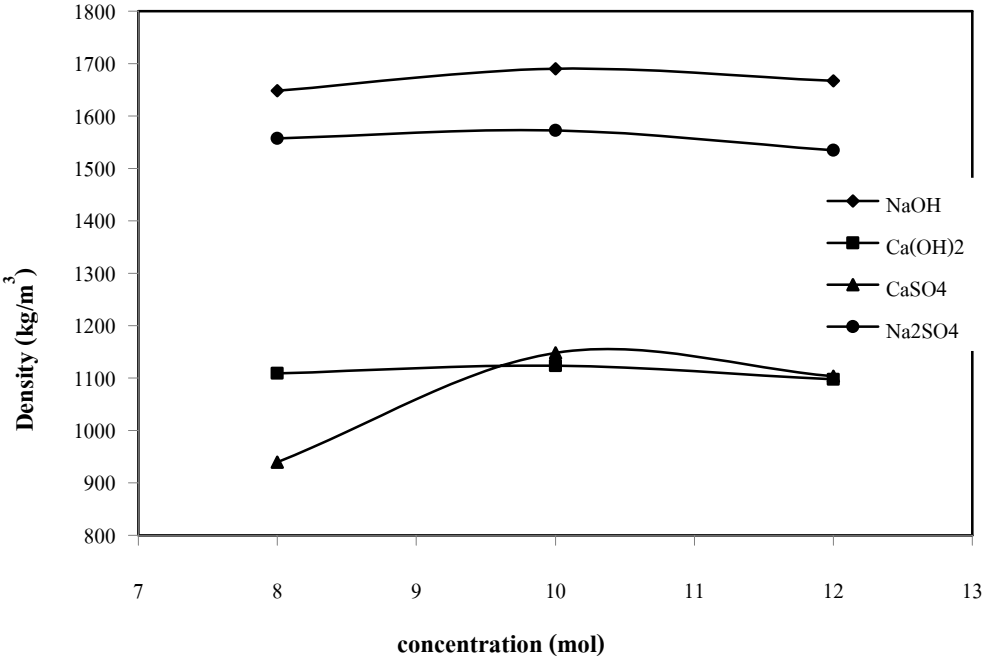
ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับขนาดอนุภาคของเถ้าไม้ยางพารา

จากภาพที่ 1 – 2 จากการเลือกใช้เถ้าไม้ยางพาราที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 48.37 75.84 131.2 และ 331.2 μm พบว่าเมื่อเถ้าไม้ยางพารามีขนาดเล็กลงค่าความหนาแน่นและกำลังอัดของอิฐมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการบ่มอิฐระหว่างการบ่มในอากาศ และการบ่มในน้ำพบว่า การบ่มในน้ำทำให้ความแข็งแรงของอิฐมีค่าลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าไม้ยางพารามีค่าความถ่วงจำเพาะสูง ทำให้มีการดูดซึมที่สูงจึงทำให้อิฐมีการกักเก็บน้ำไว้ ส่งผลให้อิฐมีการพองตัวเสียรูป ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองภายหลังจากบ่มในน้ำเป็นเวลา 28 วัน



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำกับขนาดอนุภาคของเถ้าไม้ยางพารา

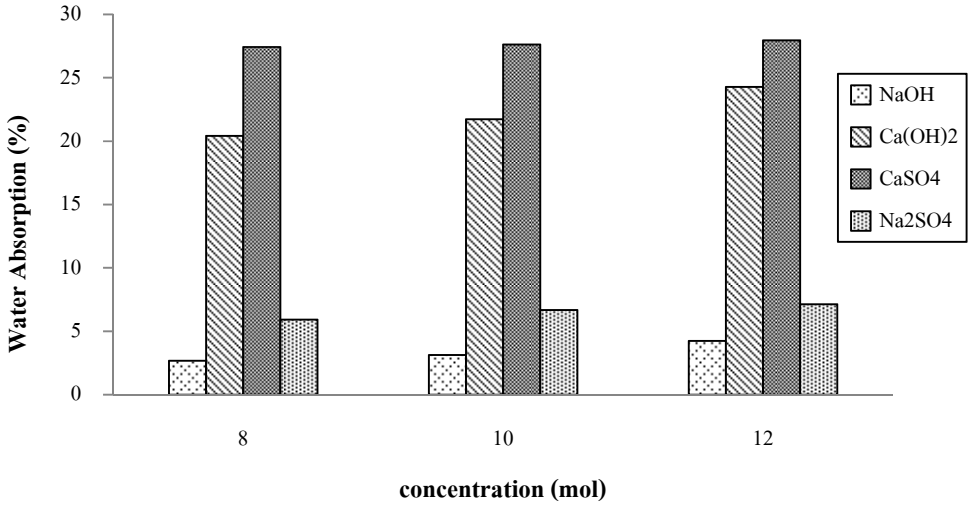
จากภาพที่ 3 พบว่า ค่าอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยของเถ้าไม้ยางพารา 48.37 75.84 131.2 และ 331.2 µm เมื่อเถ้าไม้ยางพารามีขนาดเล็กลงค่าอัตราการดูดซึมน้ำมีค่าสูงขึ้น โดยอิฐที่บ่มในน้ำมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 28.18 25.82 23.75 และ 23.18% ตามลำดับ ส่วนอิฐที่บ่มในอากาศมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 26.36 24.79 20.99 และ 15.59% ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบวิธีการบ่มระหว่างในน้ำกับในอากาศพบว่าอิฐที่บ่มในน้ำมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำมากกว่าอิฐที่บ่มในอากาศ เนื่องจากอิฐที่มีอนุภาคเฉลี่ยของเถ้าไม้ยางพาราที่มีความละเอียดน้อยที่สุด เมื่อทำการบ่มในน้ำทำให้อิฐมีค่าความหนาแน่นน้อยลง ซึ่งจะแปรผันกับอัตราการดูดซึมน้ำ จึงทำให้อิฐที่บ่มในน้ำมีอัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความเข้มข้นของสารเคมี

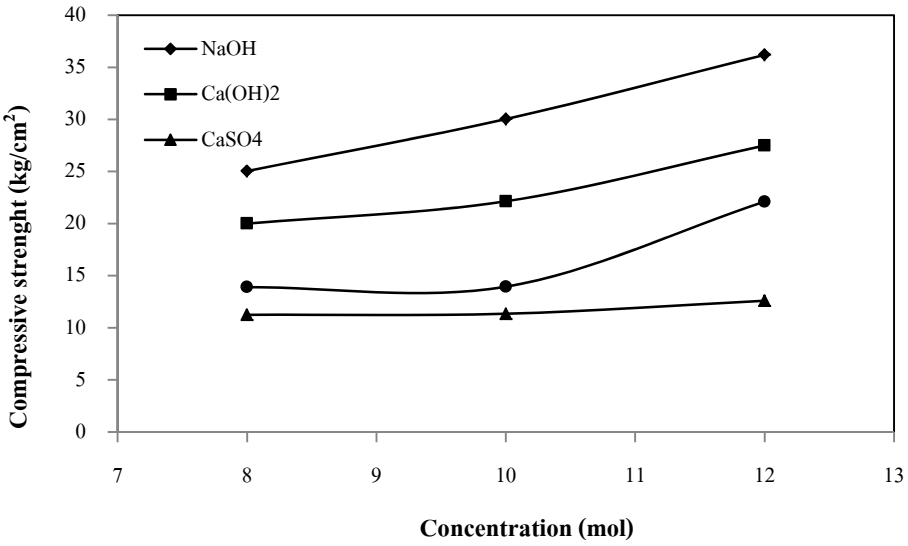
จากภาพที่ 4 พบว่าความหนาแน่นของอิฐที่มีส่วนผสมสารเคมีกลุ่มซัลเฟต และกลุ่มอัลคาไลด์ที่มีความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดอยู่ที่ความเข้มข้นของการเติมสารเคมี 10 mol เมื่อเทียบกับความหนาแน่นของกลุ่มซัลเฟต พบว่าความหนาแน่น Na_2SO_4 มีค่ามากกว่า $CaSO_4$ ประมาณ 300 – 600 kg/m^3 ส่วนความหนาแน่นของกลุ่มอัลคาไลด์ พบว่า NaOH มีค่ามากกว่า

$Ca(OH)_2$ ประมาณ 500 – 600 kg/m^3 เมื่อเทียบกับความหนาแน่นทั้งสองกลุ่ม จะเห็นได้ว่าสารเคมีกลุ่มอัลคาไลด์จะมีความหนาแน่นสูงกว่ากลุ่มซัลเฟต โดยมีความหนาแน่นมากที่สุดอยู่ที่ 1690 kg/m^3



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำกับความเข้มข้นของสารเคมี

จากภาพที่ 5 พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำที่มีส่วนผสมสารเคมีกลุ่มซัลเฟตและกลุ่มอัลคาไลด์ที่มีความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้น อัตราการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นซึ่งพบว่า $CaSO_4$ ที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol มี 5.93 6.68 และ 7.13 kg/m^3 ตามลำดับ และมี Na_2SO_4 ที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol มีค่า 27.42 27.62 และ 27.97 kg/m^3 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มอัลคาไลด์ ได้แก่ NaOH ที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol มีค่า 2.68 3.12 และ 4.22 kg/m^3 ตามลำดับ และ $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol มีค่า 20.42 21.74 และ 24.28 ตามลำดับ



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความเข้มข้นของสารเคมี

จากภาพที่ 6 พบว่ากำลังอัดของอิฐที่มีการปรับปรุงด้วยสารเคมีกลุ่มซัลเฟตและกลุ่มอัลคาไลด์ที่มีความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol พบว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นเพิ่มขึ้น กำลังอัดจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำมาเทียบค่ากำลังอัดของแต่ละกลุ่มพบว่า กำลังอัดของกลุ่มซัลเฟต Na_2SO_4 มีค่าสูงกว่า $CaSO_4$ ประมาณ 2-10 kg/cm^2 สำหรับกลุ่มอัลคาไลด์ NaOH มีค่าสูงกว่า $Ca(OH)_2$ ประมาณ 5-9 kg/cm^2 เมื่อเทียบกำลังอัดของทั้งสองกลุ่มพบว่า กลุ่มอัลคาไลด์มีค่ากำลังอัดสูงกว่ากลุ่มซัลเฟต เนื่องจากการปรับปรุงผิวเถ้าไม้ยางพาราด้วย

สารเคมีกลุ่มอัลคาไลด์เมื่อทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์และน้ำ ทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดขึ้น ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับปฏิกิริยาของ C_3S ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและลดลง เนื่องจากการเกิดชั้นของเอทริงไกต์หุ้มเม็ดปูนและจากการที่สารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้นจะทำให้เกิดผลึกและปฏิกิริยาของ C_3S และ C_2S จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิด CSH เพิ่มขยายเข้าไปในโพรง และเมื่อมีปริมาณมากขึ้นจะเชื่อมโยงถึงกันและเกิดการยึดเกาะกันขึ้นจึงทำให้ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดของอิฐที่ไม่ได้ปรับปรุงด้วยสารเคมี (ตารางที่ 2) พบว่า การปรับปรุงด้วยสารเคมีกลุ่มอัลคาไลด์ ได้แก่ NaOH ที่ความเข้มข้น 10 และ 12 mol มีค่ากำลังอัดสูงกว่าอิฐที่ไม่ได้ปรับปรุงด้วยการผสมสารเคมี และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 1505-2541 พบว่าการปรับปรุงด้วยสารเคมีด้วย NaOH ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol มีค่ากำลังอัดสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ไม่ต่ำกว่า 25 kg/cm^2 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์, 2541) ทั้งนี้เนื่องจาก NaOH มีคุณสมบัติที่เป็นด่าง เมื่อทำปฏิกิริยากับไม้ยางพาราจึงทำให้เกิดการปรับปรุงผิวเถ้า และเมื่อไปทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์และน้ำทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานที่เป็นตัวเชื่อมประสานเกิดขึ้น จึงส่งผลทำให้อิฐมีความแข็งแรงและมีคุณสมบัติด้านการรับแรงอัดที่สูงขึ้น

4. สรุป

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ (ความหนาแน่นและอัตราการดูดซึมน้ำ) และกำลังอัดของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราขนาด 331.2 131.2 75.84 และ 48.37 µm พบว่าค่าความหนาแน่นและกำลังอัดของอิฐมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มขนาดของเถ้าไม้ยางพาราส่วนค่าอัตราการดูดซึมน้ำมีค่าสูงขึ้น และเมื่อมีการปรับปรุงของเถ้าไม้ยางพาราด้วยวิธีการทางเคมี ที่ผสมสารเคมีกลุ่มซัลเฟตได้แก่ Na_2SO_4 และ $CaSO_4$ และกลุ่มอัลคาไลด์ ได้แก่ NaOH และ $Ca(OH)_2$ ที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol พบว่า ค่าความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำ และค่ากำลังอัด มีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเคมีมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังอัดในกลุ่มอัลคาไลด์ การปรับปรุงด้วย NaOH มีค่าสูงกว่า $Ca(OH)_2$ ในขณะที่กลุ่มซัลเฟต การปรับปรุงด้วย Na_2SO_4 มีค่าสูงกว่า $CaSO_4$ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานทั้งหมด มอก. 1505-2541 พบว่า การปรับปรุงด้วยสารเคมี NaOH ความเข้มข้น 8 10 และ 12 mol มีค่ากำลังอัดสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ไม่ต่ำกว่า 25 kg/cm^2

5. เอกสารอ้างอิง

วรากร หมั่นสระเกษ. 2554. การพัฒนากำลังอัดของบล็อกคอนกรีตที่ผลิตจากกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

วิฑูรย์ ศรีวรา และ ธนัชชา พิศาลวาเลิศ. 2552. การใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ในงานคอนกรีต. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

สหลาภ หอมวุฒิวงศ์ และ นาวิน เกขุนทด. 2554. งานวิจัยเรื่องการต้านทานการสึกกร่อนของปอซโซลานคอนกรีต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม : มหาสารคาม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์. 2541. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541 ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม : กรุงเทพมหานคร.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ จินดา มะมิง โนรีสะ ราแดง และ ยาเซ็ง อาแว. 2554. สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 6(1): 25-35.