

อิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม Block Synchronization Mix with Palm Shell

จรรยา เจริญเนตรกุล¹

¹ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อทราย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000 โทรศัพท์: 084 468143 E-mail: charoon2515@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกะลาปาล์มมาแทนที่ทรายบางส่วน เพื่อผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม และเปรียบเทียบคุณสมบัติกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 การแทนที่ทรายด้วยกะลาปาล์ม ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 30 40 50 60 70 และ 80 โดยน้ำหนัก มวลรวมที่ใช้ในการผลิตคือ ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ ทราย และกะลาปาล์ม บ่มในอากาศ 28 วัน นำมาทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำ และทดสอบค่าการรับกำลังอัด จากผลการศึกษา พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มที่เป็นส่วนผสมในตัวอิฐ ทั้งนี้เนื่องจากกะลาปาล์มที่ผสมลงไปจะเป็นสิ่งที่ทำให้อิฐบล็อกประสานดูดกลืนน้ำมากขึ้น ในด้านของค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม พบว่า ได้ค่ากำลังอัดในแต่ละอัตราส่วนผสมดังนี้ 50.23 46.65 45.01 43.71 43.06 29.82 24.99 และ 22.98 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ จากค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการผสมกะลาปาล์มลงในอิฐบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมร้อยละที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ก็จะทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น ก็จะลดน้อยลงไปตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนักพบว่า มีเพียงอัตราส่วนผสมร้อยละ 70 เท่านั้นที่มีค่าการรับกำลังอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน กะลาปาล์ม การดูดกลืนน้ำ

Abstract

This project aims to study the possibility of bringing some palm shell instead of sand. To produce a mixture of palm shell concrete block synchronization, and communities to experiment with Standard 602/2547. Replacing the sand with palm shell in percentage of 10 20 30 40 50 60 70 and 80 weight aggregates used in air for 28 days, tested for water absorption and the compressive strength test. The results showed that the water absorption of concrete block with palm shell interface is increased by the amount of palm shell which is an ingredient in brick. This is because the mixture into the palm shell, the concrete block is in place to co-absorb more water. In terms of the strength of the concrete block to synchronize with palm shell was found the lower the compression ratio is as follows 50.23 46.65 45.01 43.71 43.06 29.82 24.99 and 22.98 kg per sq. cm. respectively. Values showed that when

a mixture of palm shells into a concrete block in the ratio between the percentages increases, respectively. It will be the strength of the concrete block to synchronize with palm shell; it will reduce the mixing ratio increased. When the values obtained were compared with standard community 602/2547 of the weight is found. A compound rate of 70 percent and 80 percent, only to have the strength do not meet the standard.

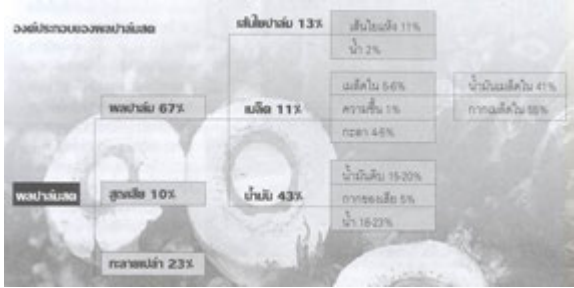
Keywords: Block synchronization, Palm shell, Absorption of water

1. บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งในระดับโลก และประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าพืชน้ำมันอื่น ๆ ทุกชนิด และสามารถผลิตได้เฉพาะในพื้นที่เขตร้อนชื้นเท่านั้น ซึ่งมีเพียง 42 ประเทศ จาก 223 ประเทศทั่วโลกที่สามารถปลูกได้ แต่มีเพียงไม่กี่ประเทศเท่านั้นที่สามารถปลูกปาล์มได้ผลดี เช่นมาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และไทย เป็นต้น สำหรับประเทศไทย ปาล์มน้ำมันได้ถูกนำเข้ามาปลูกในภาคใต้เมื่อประมาณ 40 ปีที่ผ่านมาและมีการขยายพื้นที่การเพาะปลูกจนในปัจจุบัน จากข้อมูลแผนพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มปี 2551-2555 [1] พบว่าในประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อการพาณิชย์ประมาณ 4 ล้านไร่ ซึ่งคิดเป็นปริมาณผลผลิต 9 ล้านตันต่อปี ผลปาล์มสดที่เหลือจากการแปรรูปเพื่อสกัดน้ำมันจะเหลือเศษวัตถุดิบที่เป็นกะลาปาล์มจำนวนมากดังรูปที่ 1 และจากรูปที่ 2 เป็นผังองค์ประกอบของผลปาล์มสด พบว่าจะมีปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันจำนวน 4-5 % ของผลปาล์มสดทั้งหมด ซึ่งโดยมากจะถูกนำไปเผาเป็นพลังงานความร้อน การนำกะลาปาล์มไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ นั้นมีน้อยมาก



รูปที่ 1 กะลาปาล์มน้ำมัน



รูปที่ 2 ผังองค์ประกอบของผลปาล์มสด

อิฐบล็อกประสานเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ก่อให้เกิดความสวยงาม คงทน และยังมีรูปแบบการจัดวางที่หลากหลายตามแต่ผู้ออกแบบ การผลิตนั้นเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ เช่น ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ที่มีความเหมาะสม ผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม นำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแท่ง บ่มด้วยความชื้นให้แข็งตัว จะได้บล็อกประสานที่มีความแข็งแรงสามารถนำมาใช้ในงานก่อสร้างอาคารในระบบผนังรับน้ำหนัก หรือก่อสร้างในรูปแบบอื่นๆ ได้อีกมากมาย

ทรายจัดเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตอิฐบล็อกประสาน ซึ่งทรายที่มีคุณภาพนั้นกำหนดให้ทรายากอยู่พอสมควร ทรายที่ด้นั้นจึงมีราคาสูง เป็นเหตุผลให้ต้นทุนการผลิตอิฐบล็อกประสานสูงขึ้นด้วย จึงได้มีแนวคิดที่จะนำกะลาปาล์ม ที่มีความละเอียด อีกทั้งเหลือใช้ มาแทนที่ทรายบางส่วน เพื่อเป็นการลดการใช้ทราย ซึ่งมีแนวโน้มราคาจะสูงขึ้น

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ในการนำกะลาปาล์มมาแทนที่ ทรายบางส่วนเพื่อผลิตอิฐบล็อกประสาน
- 2.2 เพื่อเปรียบเทียบการรับแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่ผสม กะลาปาล์มกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.602/2547)

3. ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 อิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดิน ลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุ อื่นๆ เช่น หินฝุ่น ทราย ผสมให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการ ออกแบบให้มีรูช่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว โดยได้ กำหนดนิยามของอิฐบล็อกประสานดังนี้

- 1) อิฐบล็อกประสาน ชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อก ประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้เช่น ก่อเสา ก่อผนัง
- 2) อิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐ บล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกันห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร
- 3) คุณลักษณะที่ต้องการ ตามมาตรฐาน มผช.(มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน) ลักษณะทั่วไป ต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้ เล็กน้อย มิติ ต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ที่ฉลาก โดยแต่ละมิติมีเกณฑ์ ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ความต้านแรงอัด ชนิดรับ น้ำหนัก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7 เมกะพาสคัล ชนิดไม่รับน้ำหนัก

ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล การดูดกลืนน้ำ (เฉพาะชนิด รับน้ำหนัก) ต้องเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การดูดกลืนน้ำ [2]

น้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง กิโลกรัม	การดูดกลืนน้ำสูงสุดเฉลี่ยจากอิฐบล็อกประสาน 5 ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
1680 และ น้อยกว่า	288
1681 ถึง 1760	272
1761 ถึง 1840	256
1841 ถึง 1920	240
1921 ถึง 2000	224
มากกว่า 2000	208

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วุฒินัย กกก้าแหง และนรา รัตนวงศ์ [3] ศึกษาความสามารถ ในการรับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานที่ผลิตจากหน้าดินจากเหมือง ดินขาว หน้าดินขาวเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตดินขาวเพื่อ อุตสาหกรรม ซึ่งมีจำนวนมาก และเป็นปัญหาในการกำจัดของเหมือง แร่ ขอบเขตของงานวิจัย จะใช้หน้าดินขาวจากเหมืองแร่ Mineral Resources Development จังหวัดระนอง เป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐ บล็อกประสาน ผสมวัตถุดิบที่อัตราส่วน หน้าดินต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1:5 1:7 และ 1:9 โดยน้ำหนัก ทดสอบกำลังอัดที่อายุการบ่มด้วย ความชื้น 3 7 14 และ 28 วัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับกำลังอัดที่ ระยะเวลาต่างๆ ผลการวิจัยพบว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้จากหน้าดิน ขาวมีความสามารถในการรับกำลังอัดสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ จากการวิจัยสรุปได้ว่าหน้าดินขาวสามารถนำมาใช้ผลิตอิฐบล็อก ประสานได้เป็นอย่างดี จึงนับได้ว่าเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาสร้าง มูลค่าเพิ่ม และเป็นการลดวัสดุเหลือทิ้งทำให้ลดผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ฐิติพงษ์ ชลธารักษ์ปนาท และคณะ [4] ศึกษาอิทธิพลของ ซีเมนต์ที่มีผลต่อคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสาน โดยมีส่วนผสมที่ แตกต่างกันไป โดยเพิ่มอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ต่อมวลรวม จาก 1:3 ถึง 1:11 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คงที่เท่ากับ 0.103 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นอิฐบล็อกประสาน 2 ร่อง ชนิด 3 รู เลียบ ขนาด 25x12.5x10 เซนติเมตร บ่มด้วยความชื้นที่อายุ 7 14 และ 28 วัน แล้วจึงทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและ การดูดซึมน้ำ จากผลการศึกษาพบว่า อิฐบล็อกประสานที่มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด คือ อัตราส่วนที่ 1:3 มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 204 กก./ชม.² และม ีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 10.77 % แต่จะใช้ซีเมนต์ในการผลิต มาก และมีค่าใช้จ่ายสูงและ อัตราส่วน 1:7 เป็นอัตราส่วนที่ผ่าน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 57-2553 และมีราคาประหยัดที่สุด ในการผลิต ค่ากำลังรับแรงอัด มีค่าเท่ากับ 91 กก./ชม.² และมีค่าการ ดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 14.94

วุฒินัย กกก้าแหง และวิทยา วุฒิจำนง [5] ยิปซัมสังเคราะห์ เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการ ผลิตไฟฟ้าจากน้ำมันดีเซล มีลักษณะเป็นผงมีความละเอียดสูง สีเทา ขาว บล็อกประสานเป็นวัสดุหนึ่งในงานก่อสร้างผลิตจากการนำดิน ลูกรัง ผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และน้ำ นำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัด แท่ง (Cinva Ram) การรับกำลังอัดของบล็อกประสานจะขึ้นอยู่กับ คุณภาพมวลรวม และปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นหลัก โดยมวลรวมที่มีขนาด

คละดีทำให้ความหนาแน่นต่อก่อนสูงส่งผลให้การรับกำลังอัดสูงตามไป ด้วย การผสมยิปซัมลงในมวลรวมเป็นการเพิ่มมวลรวมละเอียดให้มากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นต่อก่อนเพิ่มมากขึ้นการรับกำลังจึงสูงขึ้น ที่กำลังอัดเท่ากันการผสมยิปซัมจะทำให้การใช้ปูนซีเมนต์ลดลงได้ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการผสมยิปซัมลงในมวลรวม 5% สามารถเพิ่มค่าการรับกำลังอัดของบล็อกประสานได้ดีที่สุด โดยเมื่อเทียบกับที่ กำลังอัดเดียวกันการผสม ยิปซัม 5% จะสามารถประหยัดปูนซีเมนต์ลงได้ประมาณ 10% คิดเป็นมูลค่าต่อก่อนประมาณ 0.20 บาท หรือประมาณร้อยละ 5 ของราคารวม ซึ่งในอุตสาหกรรมบล็อกประสานที่มี กำลังผลิตสูงๆ จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก รวมทั้งยังเป็นการนำ วัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์แทนการนำไปทิ้งอีกทางหนึ่งด้วย

دنول دنโยلاس และ อภิชาติ พวงพี [6] ได้ศึกษาคุณสมบัติ ของมวลรวมจากกะลาปาล์มน้ำมัน โดยทดสอบค่าการกระแทก การสึกหรอบแบบสองแองเจิลิส วิเคราะห์รูปทรง และความหนาแน่นรวม ซึ่ง ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยใช้กะลาปาล์มเป็นมวลรวม และใส่หิน ฝุ่นแกรนิตเป็นแร่ผสมเพิ่มแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ใน อัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ทดสอบคอนกรีตทำ การบ่มที่อายุ 7 และ 28 วันในน้ำปูนขาวอิ่มตัว เปรียบเทียบกับ คอนกรีตควบคุม หาค่าการหดตัวแบบแห้ง ความหนาแน่นรวม การดูด ซึมน้ำ ความแข็งแบบชนิดดัด ความต้านทานไฟฟ้า และกำลังอัด สรุปได้ ว่าคอนกรีตกะลาปาล์มที่บ่มด้วยน้ำปูนขาวอิ่มตัว มีความหนาแน่นรวม และกำลังอัดอยู่ในช่วงเกณฑ์คอนกรีตมวลเบาชนิดโครงสร้าง การเติม หินฝุ่นแกรนิตแทนที่ปูนซีเมนต์ส่งผลต่อกำลังอัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยใน อัตราส่วนแทนที่ร้อยละ 10 ที่บ่ม 7 วัน มีค่ากำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 27.61 เมกะปาสคาล และอัตราส่วนอื่นลดลงราวอัตราส่วนร้อยละ 5 อย่างไรก็ตามกำลังอัดของคอนกรีต กะลาปาล์มบ่ม 7 วัน สามารถให้ ค่าเทียบเคียงกับบ่ม 28 วัน นั่นคือลดเวลาการบ่มคอนกรีตมี ประสิทธิภาพในการใช้งานได้เร็วขึ้น

Mannan and Ganapathy [7] ได้ศึกษาการออกแบบ ส่วนผสมคอนกรีตจากกะลาปาล์มน้ำมัน โดยใช้มาตรฐาน ACI ในการ ออกแบบ และทดสอบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน นั้นผลที่ได้มีค่าแตกต่างกันมากตามที่ได้ออกแบบไว้ จึงได้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตจากกะลา ปาล์มน้ำมันใหม่ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง โดยให้ปูนซีเมนต์คงที่และปรับ อัตราส่วนของทรายกับอัตราส่วนของกะลาปาล์มน้ำมัน ได้อัตรา ส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อกะลาปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 1:1.71:0.77 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.41 ทดสอบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 24.20 เมกะปาสคาล

4. วิธีดำเนินงาน

4.1 การเตรียมวัสดุและเครื่องมือ

การเตรียมวัสดุและเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ ได้นำ กะลาปาล์มจากจังหวัดสตูล ซึ่งวัสดุและเครื่องมือที่ใช้มีดังนี้

4.1.1 การเตรียมวัสดุ

- 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
- 2) กะลาปาล์มที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ที่มี ลักษณะแหลมคม มีความละเอียดสูง มีเส้นใยอยู่เล็กน้อย ดังรูปที่ 3 โดยทำการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ



รูปที่ 3 กะลาปาล์มที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8

- 3) ดินลูกรังจากบ่อดินในพื้นที่ อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา นำมาตากแดดให้แห้งแล้วร่อนดินผ่านตะแกรงเบอร์ 4 นำไปบดที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 24 ชั่วโมง และ นำไปทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรัง ซึ่งมีการทดสอบดังนี้

- (ก) ทดสอบการหาค่า Atterberg limit
- (ข) การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ
- (ค) การทดสอบหาค่าขนาดคละ
- (ง) การทดสอบหาค่า Compaction

- 4) น้ำสะอาด น้ำที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์ต้องเป็น น้ำสะอาด ปราศจากสารเจือปน หรือสารอินทรีย์ต่างๆ ไม่มีความเป็น กรดหรือด่าง หรือคราบน้ำมัน

4.1.2 เครื่องมือ

- 1) เครื่องอัดขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน เป็นเครื่อง อัดด้วยระบบไฮดรอลิก กำลังการผลิต 500 – 1,000 ก้อนต่อวัน กดได้ ครั้งละ 2 ก้อน เป็นเครื่องที่สามารถควบคุมแรงอัดที่อัดผลิตอิฐบล็อก ประสาน ทำให้แรงที่กดอัดแต่ละก้อนมีความสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องอัดขึ้นรูปอิฐบล็อกประสาน

- 2) เครื่องผสม ใช้ผสมวัสดุดิบให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวก่อน จะนำมาเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปเป็นอิฐบล็อกประสาน โดยในการผสมใช้ เวลาการผสมแห้ง 2-3 นาที แล้วใส่น้ำลงไปผสมอีก 1-2 นาที
- 3) เครื่องบดดินลูกรัง ใช้บดดินลูกรังให้มีขนาดผ่าน ตะแกรงเบอร์ 4 ได้เพื่อให้เนื้อดินมีความละเอียดทั้งก้อน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องบดดินลูกรัง

4) เครื่องชั่ง เป็นเครื่องชั่งที่สามารถอ่านค่าความละเอียดได้ถึง 0.01 กรัม

5) เครื่องลอสแองเจลิสใช้ย่อยกะลาปาล์ม โดยใช้จำนวนลูกเหล็กทรงกลม 11 ลูก น้ำหนัก 390-445 กรัม ความเร็วของการหมุนเครื่อง 30 รอบ/นาที จำนวน 500 รอบ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เครื่องทดสอบลอสแองเจลิส

4.2 ขั้นตอนการศึกษา

4.2.1 การออกแบบส่วนผสม

การออกแบบส่วนผสมใช้หลักการการแทนที่โดยน้ำหนัก ซึ่งอิฐบล็อกประสานประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ ทรายละเอียด และดินลูกรัง ได้ออกแบบโดยนำกะลาปาล์มน้ำมันที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 มาแทนที่ทรายบางส่วน (โดยน้ำหนัก) ในอัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 0 จนถึง ร้อยละ 80 ตามอัตราส่วนผสม 1:2:4 และ จึงได้อัตราส่วนผสมดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก) ปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : ดินลูกรัง : กะลาปาล์ม

ชุดทดลอง	อัตราส่วนร้อยละของการแทนที่	ปูนซีเมนต์ (kg)	ดินลูกรัง (kg)	ส่วนที่เป็นทราย (kg)	
				ทราย	กะลาปาล์ม
BP 00	-	1	4	2.0	-
BP 10	10	1	4	1.8	0.2
BP 20	20	1	4	1.6	0.4
BP 30	30	1	4	1.4	0.6
BP 40	40	1	4	1.2	0.8
BP 50	50	1	4	1.0	1.0
BP 60	60	1	4	0.8	1.2
BP 70	70	1	4	0.6	1.4
BP 80	80	1	4	0.4	1.6

BP 00 คือ อิฐบล็อกประสานที่ไม่มีการแทนที่ทรายด้วยกะลาปาล์ม
 BP XX คือ อิฐบล็อกประสานที่มีการแทนที่ทรายด้วยกะลาปาล์มในอัตราส่วนร้อยละ XX ของทราย

4.2.2 การผลิตอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม

1) เตรียมดินลูกรังที่บดกับเครื่องบด ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทรายละเอียด และกะลาปาล์ม ที่ย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 8 ใส่ในเครื่องผสม ตามอัตราส่วนที่ต้องการ แล้วเติมน้ำในอัตราส่วน 25% ของปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก

2) เมื่อผสมเข้ากันดี นำวัสดุที่ได้เข้าเครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน

3) เมื่อได้อิฐครบตามอัตราส่วนและจำนวนครบแล้ว ควรบ่ม ให้อิฐมีความชื้นตลอดเวลาเป็นเวลา 1 วัน ก่อนทำการขนย้ายได้

4) ทำการย้ายอิฐมาไว้ในที่รุ่มบ่มด้วยความชื้นเป็นเวลา 28 วันก่อนนำไปทดสอบต่อไป ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 อิฐบล็อกประสาน

4.2.3 การทดสอบคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสาน

1) การทดสอบกำลังอัด (Compressive Strength) ของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสาน ตามมาตรฐานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช.602/2547) โดยใช้เครื่อง Universal testing machine ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 เครื่องทดสอบ Universal testing machine

2) การทดสอบการดูดกลืนน้ำ (Water absorption) ของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสาน ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน (มผช.602/2547)

- (1) เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง
 - เครื่องมือซึ่งสามารถอ่านได้ละเอียดถึง

0.01 กรัม

- เครื่องมือวัด อาทิ ตลับเมตร, ไม้บรรทัดเหล็ก
- ตู้ไฟฟ้าควบคุมอุณหภูมิได้ 110 องศา

เซลเซียส

- (2) วิธีทดสอบ
 - คัดเลือกขนาดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจำนวน

ตัวอย่างละ 3 ก้อน โดยเลือกขนาดก้อนที่สมบูรณ์มากที่สุด

- วัดขนาด และชั่งตัวอย่าง
- นำตัวอย่าง เข้าตู้ไฟฟ้าปรับอุณหภูมิ 110

องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกมาชั่งน้ำหนักในแต่ละก้อนตัวอย่าง เป็น W_s

- นำตัวอย่างมาแช่ในภาชนะที่มีน้ำ โดยแช่ให้

ท่วมก้อนอิฐทุกก้อนตัวอย่าง แช่ทิ้งไว้ 1/2 ชั่วโมง

- นำตัวอย่างที่แช่ ขึ้นจากน้ำ นำผ้าขนหนูซับ

น้ำในแต่ละก้อนตัวอย่างให้แห้งซึ่งอยู่ในลักษณะอิมตัวผิวแห้ง แล้วนำมาชั่งในแล้วเสร็จภายใน 5 นาทีหลังจากที่ซับน้ำแล้วบันทึกค่า

- นำอิฐแช่ต่อไปอีก 24 ชั่วโมง นำผ้าขนหนูซับ

น้ำในแต่ละก้อนตัวอย่างให้แห้งซึ่งอยู่ในลักษณะอิมตัวผิวแห้ง แล้วนำมาชั่งในแล้วเสร็จภายใน 5 นาทีหลังจากที่ซับน้ำแล้วเสร็จ และบันทึกค่า

- (3) เปรียบเทียบคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานผสม

กษลาปาล์มกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.602/2547)

- (4) วิเคราะห์ข้อดีข้อเสียอิฐบล็อกประสานผสมกษลา

ปาล์ม

5. ผลการทดลอง

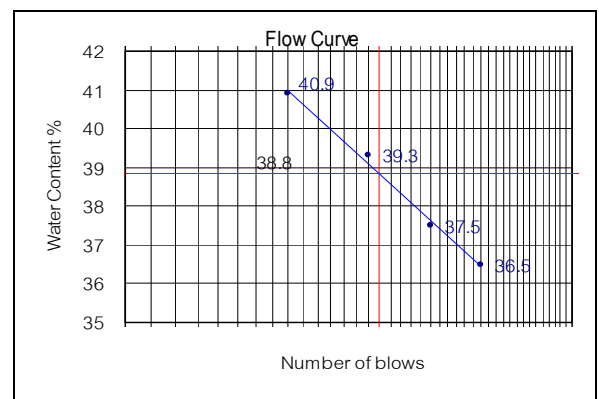
5.1 คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ ประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ ดินลูกรัง หยาบ และกษลาปาล์ม ซึ่งได้ผลการทดสอบ ดังนี้

การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมดินลูกรัง ในด้าน Atterberg limit เป็นการทดสอบเพื่อหาขีดความสามารถในการเปลี่ยนแปลงลักษณะของดินลูกรัง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3 และรูปที่ 9

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ Atterberg limit

TEST	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
Trail	1	5	6	4	5	6
Can No.	19	15	42	25	15	42
No. Of blows	18	24	30	36	-	-
Wet. Soil + can	32.39	26.54	26.89	31.5	26.54	26.89
Dry. Soil + can	26.47	23.83	24.11	26.29	23.83	24.11
Mass Of Water	5.92	2.71	2.78	5.21	2.71	2.78
Mass Of can	11.99	11.91	12.14	12.00	11.91	12.14
Mass Of Dry Soil	14.48	11.92	11.97	14.29	11.92	11.97
Water content	40.9	22.7	23.2	36.5	22.7	23.2
	L.L.= 38.8%				P.L.=23%	
	P.I.= L.L.-P.L. = 15.8%					



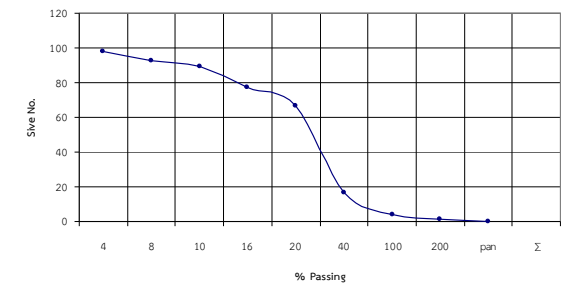
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำกับจำนวนครั้งที่เคาะ

จากตารางที่ 3 และรูปที่ 9 พบว่า ดินลูกรังมีค่า L.L. เท่ากับ ร้อยละ 38.8 ค่า P.L. เท่ากับ ร้อยละ 23 และค่า P.I. เท่ากับ ร้อยละ 15.8 จากค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าดินลูกรังที่นำมาทดสอบ มีความสามารถที่จะเปลี่ยนเป็นของเหลวค่อนข้างสูง นั่นคือหากมีการผสมน้ำในปริมาณมากจะทำให้ดินลูกรังชนิดนี้ไม่สามารถขึ้นรูปได้

การทดสอบคุณสมบัติมวลรวมดินลูกรัง ในด้านการหาขนาดกะเพื่อเป็นการทดสอบความหนาแน่นเมื่อทำการอัดขึ้นรูป ถ้าดินมีขนาดกะที่ตีช่องว่างก็จะน้อยลงส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นมากขึ้นตามไปด้วย ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4 และรูปที่ 10

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการหาขนาดกะของดินลูกรัง

Sieve No.	Wt.of sieve (gm)	Wt.of soil + sieve (gm)	Wt.of Retained (gm)	%Retained	Cumulative %Retained	%Passing
4	722.18	731.28	9.10	1.82	1.82	98.18
8	472.30	500.70	18.40	5.68	7.50	92.50
10	468.70	484.95	16.25	3.25	10.75	89.25
16	552.30	611.10	58.80	11.76	22.50	77.50
20	541.65	595.35	53.70	10.74	33.24	66.76
40	566.12	817.57	251.45	50.29	83.53	16.47
100	533.44	595.54	62.10	12.42	95.95	4.05
200	294.06	307.36	13.30	2.66	98.61	1.39
pan	283.20	290.25	7.05	1.41	100	0.00
Σ			500.15			



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่าง ตะแกรงร่อนกับเปอร์เซ็นต์ผ่าน

จากตาราง 4 และรูปที่ 10 พบว่า ดินลูกรังชนิดนี้มีขนาดละเอียดเท่าที่ควร มีความเป็นส่วนละเอียดอยู่มาก ซึ่งสอดคล้องกับค่า Atterberg limit ที่เมื่อดินลูกรังมีการผสมน้ำมากไปจะทำให้คุณสมบัติที่ไม่ได้ ทั้งนี้ก็มาจากขนาดละเอียดที่มีส่วนละเอียดมากนั่นเอง

การทดสอบคุณสมบัติมวลรวมดินลูกรัง ในด้านการหาความถ่วงจำเพาะ เพื่อเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน น้ำหนัก ค่าการดูดกลืนน้ำของดินลูกรัง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการหาความถ่วงจำเพาะของดินลูกรัง

Test No.	1	2	3	Average
น้ำหนักดิน B	450.00	453.25	456.55	
น้ำหนักขวด+ดิน+น้ำ C	981.93	986.80	990.40	
อุณหภูมิ	30	32	31	
น้ำหนักดินแห้ง A	445.04	449.25	452.42	
น้ำหนักขวด + น้ำ D	693.40	696.00	697.50	
Bulk Specific Gravity [Over-Dry]= (A/(B+D-C))	2.76	2.77	2.76	2.76
Bulk Specific Gravity [SSD]= (B/(B+D-C))	2.79	2.79	2.79	2.79
Apparent Specific Gravity (A/(D+A-C))	2.84	2.83	2.84	2.84
Percent Absorption (B-A)(100/A)	1.11	0.89	0.91	0.97

จากตารางที่ 5 พบว่า ดินลูกรังประเภทนี้โดยทั่วไปจะไม่แบ่งชั้นเหล็กออกไซด์สีแดงที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณต่าง ๆ กัน ขึ้นกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นดินที่ทับถม ดินลูกรังชนิดนี้มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.84 และค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.97

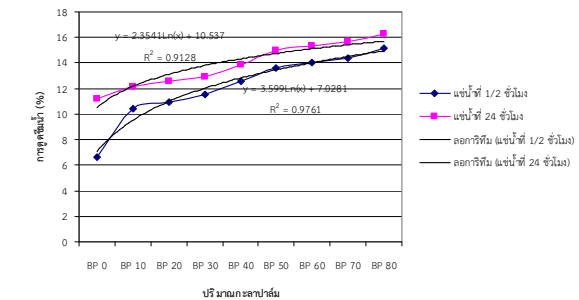
5.2 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำที่การบ่ม 1/2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มที่อายุ 28 วัน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 6 และรูปที่ 11

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นแห้งของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม

ตัวอย่าง	%การดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสาน		ความหนาแน่นแห้ง (kg/m ³)
	การบ่มที่ 1/2 ชั่วโมง	การบ่มที่ 24 ชั่วโมง	
BP 0	6.632	11.202	1,518
BP 10	10.416	12.143	1,502
BP 20	10.980	12.534	1,486
BP 30	11.570	12.940	1,461
BP 40	12.552	13.909	1,452
BP 50	13.648	14.983	1,447
BP 60	14.013	15.311	1,435
BP 70	14.384	15.639	1,428
BP 80	15.132	16.306	1,415

จากตารางที่ 6 พบว่าเมื่อมีปริมาณของกะลาปาล์มเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นแห้งของอิฐบล็อกประสานจะมีค่าน้อยลง นั้นหมายถึงว่าอิฐบล็อกประสานจะมีน้ำหนักที่เบาขึ้น



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมน้ำกับปริมาณของกะลาปาล์มของอิฐบล็อกประสาน

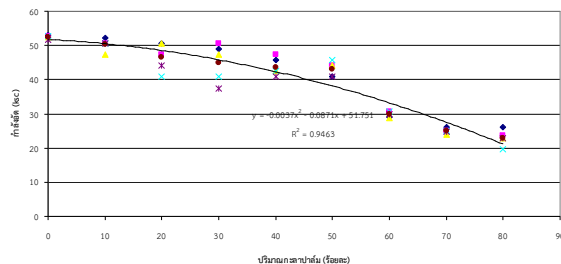
จากรูปที่ 11 พบว่า อิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มที่อายุการบ่ม 28 วัน มีอัตราการดูดซึมน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ตามอัตราส่วนผสมร้อยละ 10 20 30 40 50 60 70 และร้อยละ 80 ตามลำดับ สังเกตได้ว่า ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มที่เป็นส่วนผสมในตัวอิฐ ทั้งนี้เนื่องจากกะลาปาล์มที่ผสมลงไปจะเป็นสิ่งที่ทำให้อิฐบล็อกประสานดูดซึมน้ำได้มากขึ้น

5.3 ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม

จากการทดสอบหาค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มที่อายุ 28 วัน ในแต่ละอัตราส่วนผสม ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม

อัตราส่วน	กำลังอัด (ksc)					
	ตัวอย่างที่					
	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
BP 0	53.05	52.85	52.45	52.77	51.69	52.56
BP 10	52.19	50.56	47.30	50.56	50.56	50.23
BP 20	50.56	47.30	50.56	40.77	44.04	46.65
BP 30	48.93	50.56	47.30	40.77	37.51	45.01
BP 40	45.67	47.30	42.41	42.41	40.77	43.71
BP 50	40.77	44.04	44.04	45.67	40.77	43.06
BP 60	29.03	30.56	28.87	30.77	29.86	29.82
BP 70	26.10	25.12	24.05	25.04	24.66	24.99
BP 80	26.10	23.56	22.83	19.57	22.83	22.98



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณของกะลาปาล์มของอิฐบล็อกประสาน

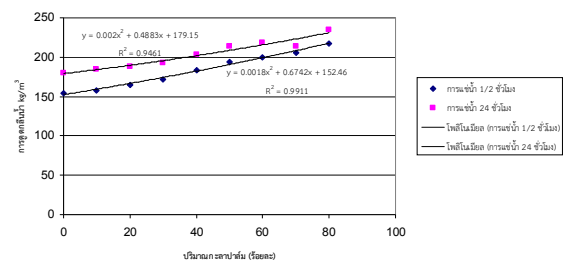
จากการทดสอบค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 10 20 30 40 50 60 70 และร้อยละ 80 ตามลำดับนั้น ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 7 และรูปที่ 12 จากผลการทดสอบดังกล่าว พบว่า กำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มที่อายุการบ่ม 28 วันได้ค่ากำลังอัด ดังนี้ 50.23 46.65 45.01 43.71 43.06 29.82 24.99 และ 22.98 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ จากค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการผสมกะลาปาล์มลงในอิฐบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมร้อยละที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ก็จะทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น ก็จะลดน้อยลงไปตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 พบว่า มีเพียงอัตราส่วนผสมร้อยละ 70 และร้อยละ 80 เท่านั้นที่มีค่าการรับกำลังอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

5.4 ผลการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม

จากการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำ ที่การบ่ม 1/2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม ที่อายุ 28 วัน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 8 และรูปที่ 13

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสาน (kg/m ³)	
	การบ่มที่ 1/2 ชั่วโมง	การบ่มที่ 24 ชั่วโมง
BP 0	154.66	180.23
BP 10	157.98	184.22
BP 20	164.91	188.27
BP 30	171.95	192.32
BP 40	183.15	202.99
BP 50	194.35	213.55
BP 60	200.22	218.88
BP 70	206.08	214.10
BP 80	217.71	234.56



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำกับปริมาณของกะลาปาล์มของอิฐบล็อกประสาน

จากการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม ในอัตราส่วนผสม ร้อยละการแทนที่ทรายด้วยกะลาปาล์มที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 นั้น พบว่าการเพิ่มปริมาณของกะลาปาล์มน้ำมันจะทำให้อิฐบล็อกประสานมีการดูดกลืนน้ำที่เพิ่มขึ้น

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม ในด้านการดูดกลืนน้ำ และในด้านการรับกำลังอัด ในอัตราส่วนผสมแทนที่ร้อยละ 10 20 30 40 50 60 70 และ 80 โดยกะลาปาล์มที่ใช้นั้นเป็นกะลาปาล์มที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8

ผลการดูดกลืนน้ำ พบว่า มีอัตราการดูดกลืนน้ำที่เพิ่มมากขึ้นตามอัตราส่วนผสม ร้อยละ 10 20 30 40 50 60 70 และร้อยละ 80 ตามลำดับ สังเกตได้ว่า ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มที่เป็นส่วนผสมในตัวอิฐ ทั้งนี้เนื่องจากกะลาปาล์มที่ผสมลงไปจะเป็นสิ่งที่ทำให้อิฐบล็อกประสานดูดกลืนน้ำได้มากขึ้น

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม พบว่า ได้ค่ากำลังอัดในแต่ละอัตราส่วนผสม ดังนี้ 50.23 46.65 45.01 43.71 43.06 29.82 24.99 และ 22.98 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ จากค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการผสมกะลา

ปาล์มลงในอิฐบล็อกประสานในอัตราส่วนผสมร้อยละที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ก็จะทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น ก็จะลดน้อยลงไปตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 พบว่า มีเพียงอัตราส่วนผสมร้อยละ 70 และร้อยละ 80 เท่านั้นที่มีค่าการรับกำลังอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การดูดกลืนน้ำ และการรับกำลังอัด รวมถึงการขึ้นรูปของก้อนตัวอย่าง ของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มนั้น มีกะลาปาล์มกับทรายเป็นสิ่งสำคัญ เมื่อลดทรายแล้วเพิ่มกะลาปาล์มลงไปแทนที่ จะทำให้อิฐบล็อกประสานขึ้นรูปได้ยาก ไม่ค่อยมีการยึดแน่นกันก็จะทำให้การรับกำลังอัดลดลง การดูดกลืนน้ำก็จะมากขึ้นตามกะลาปาล์มที่ใส่ลงไปแทนที่ทราย

ข้อดีของอิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์มคือ มีน้ำหนักเบา มีกำลังที่สามารถผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก แต่ก็มีข้อเสียคือการดูดซึมน้ำจะสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อการนำไปใช้ที่หลากหลายเพิ่มขึ้น ควรมีการศึกษาในหัวข้อดังนี้เพิ่มเติม การกันความร้อน ความคงทนของอิฐบล็อกประสาน ความต้านทานไฟ

7. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ให้ใช้สถานที่ ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ และขอขอบคุณคณาध्यศึกษา หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ช่วยกันเก็บตัวอย่าง และทดสอบวัสดุ สุดท้ายขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการศึกษาในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.moac.go.th> (15 มิถุนายน 2554)
- [2] สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์. 2547. มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน. มผช.602/2547
- [3] วุฒินัย กกก้าแหง และพิชิต เจนบรรจง. เทคโนโลยีบล็อกประสาน วว : เพื่อการสร้างอาคารราคาประหยัด.ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ
- [4] รุติพงษ์ ชลธารักษ์ปนาท, ชูเกียรติ นิรา, พุศิจิ จันทเขต, ราตรี สีสมนัติ, สมชายณักร วรายุทธ, สีนาด โกศลนันท์ และวรเชษฐ์ ป้อมเชียงพิณ. 2554. “การศึกษาอิทธิพลของซีเมนต์ที่มีผลต่อคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสาน” ปรินญา นิพนธ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- [5] วุฒินัย กกก้าแหง และวิทยา วุฒิจำนง. 2548. การประยุกต์ใช้ยับยั้งในการผลิตบล็อกประสาน : การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12

- [6] ดนพล ต้นโยภาส และ อภิชาติ พ่วงพี. 2548. **คอนกรีตมวลรวมกะลาปาล์มน้ำมันผสมหินฝุ่นแกรนิต**: การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12.
- [7] Mannan M.A. and Ganapathy C. 2001. **Mix design for oil palm shell concrete**: Cem & Concre Res.