

ชื่อเรื่อง	การศึกษาคุณสมบัติ-การประเมินวัฏจักรชีวิตของชิ้นส่วนโครงสร้างประกอบเชิงนิเวศน์เส้นใยสับปะรดและอ้อยของอุตสาหกรรม การเกษตรท้องถิ่นสำหรับบ้านอนุรักษ์พลังงานต้นทุนต่ำ
ผู้วิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประยูร ยงค์อำนวย และคณะ
สาขาวิชา	โยธาและสถาปัตยกรรม
ปีการศึกษา	2560

### บทคัดย่อ

การศึกษาด้านความสัมพันธ์ของการออกแบบสัดส่วนผสมและการศึกษาคุณสมบัติเส้นใยคาร์โบไฮเดรตของสับปะรดและอ้อยสำหรับพัฒนาเป็น Eco - composite structures นั้น ประกอบด้วยการศึกษาถึงคุณสมบัติด้านกายภาพ เคมี ของวัตถุดิบและร่วมกับดินตะกอนทรายแดงราชบุรีเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ดังกล่าวซึ่งจะประกอบด้วยคุณสมบัติทางกล-วิศวกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์ การนำความร้อน ความคงทนด้านการชะ การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ด้านสิ่งแวดล้อมของการเป็นพิษของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการใช้แบบจำลองและระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method) เพื่อร่วมในการวิเคราะห์ผลขั้นสูง รวมถึงมุมมองทางด้านเศรษฐศาสตร์และการมีส่วนร่วมฯ เป็นต้น จากการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินตะกอนทรายแดงแหล่งราชบุรี พบว่าผลรวมของออกไซด์ของวัตถุดิบมีซิลิกอนไดออกไซด์ ( $\text{SiO}_2$ ) เป็นส่วนประกอบหลักที่ร้อยละ 43.5681 และแคลเซียมออกไซด์ ( $\text{CaO}$ ) และอลูมินา ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) เพียงเล็กน้อยคือร้อยละ 0.379 และ 1.7114 ตามลำดับ สำหรับการทดสอบ Atterberg's limit ของดินตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM D4318 พบว่าเป็นวัสดุจำพวกไม่มีความเป็นพลาสติก (non plastic material, N.P.M) เช่นเดียวกับคุณสมบัติการกระจายตัวตามมาตรฐาน ASTM D422-63 พบว่าตัวอย่างดินที่นำไปทำการทดสอบมีความละเอียดจนถึงละเอียดค่อนข้างมาก (fine sand) ด้านคุณสมบัติทางกายภาพและสัณฐานของเส้นใยสับปะรดพบว่า มีลักษณะคล้ายรังผึ้งซึ่งประเด็นดังกล่าวจึงสามารถพอทราบได้ว่าตลอดความยาวของเส้นใยสับปะรดมีความพรุนและช่องว่างระหว่างเส้นใยมีขนาดประมาณ 3 ถึง 6 ไมโครเมตร เช่นเดียวกันกับเส้นใยอ้อยซึ่งวิเคราะห์ด้วย Scanning electron microscopy พบว่า พื้นผิวและลักษณะของอ้อยมีความพรุนรวมถึงช่องว่างระหว่างเส้นใยมีค่อนข้างสูงมากอีกทั้งเมื่อวิเคราะห์ทางภาคตัดขวางมีลักษณะคล้ายรังผึ้งเช่นเดียวกันกับเส้นใยสับปะรดแต่มีความเป็นโพรงที่ชัดเจนกว่า เมื่อพิจารณาตลอดทั้งความยาวของเส้นใยอ้อยมีความพรุนและช่องว่างระหว่างเส้นใยมีขนาด 16 ไมโครเมตร

คุณสมบัติด้านกำลังอัดและกำลังดัดภายใต้โมดูลัสการแตกหักของวัสดุของผลิตภัณฑ์บล็อกดินซีเมนต์เชิงประกอบ, CISCB (ควบคุม) พบว่ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่มากขึ้น

สำหรับการแทนที่ด้วยปริมาณปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 20 เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์บล็อกดินซีเมนต์เชิงประกอบเสริมเส้นใยอ้อย (ISCCSSB) และ เส้นใยสับปะรด (ISCCPSB) มีแนวโน้มด้านกำลังอัดและดัดที่ลดลงตามปริมาณการเสริมเส้นใยทั้งสองที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าสูงสุดที่ 56.60 และ 5.510 กก./ซม<sup>2</sup> สำหรับ ISCCSSB และ 65.64 และ 7.067 กก./ซม<sup>2</sup> สำหรับ ISCCSSB ที่สัดส่วนผสมปูนซีเมนต์คงที่ร้อยละ 10 แทนที่ปริมาณเส้นใยอ้อยและสับปะรด ที่ร้อยละ 1 ตามลำดับ และเช่นเดียวกับค่าด้านการนำความร้อนของผลิตภัณฑ์ทั้งสามมีความสอดคล้องและแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่ากำลังอัดและดัดกล่าวคือ CISCB (ควบคุม) การนำความร้อนสูงขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ที่มากขึ้นและสำหรับ ISCCSSB, ISCCPSB มีค่าที่ลดลงตามปริมาณการแทนที่ของเส้นใยอ้อยและสับปะรดที่สูงขึ้นทุกสัดส่วนผสม เช่นเดียวกับคุณสมบัติด้านการชะล้าง (พื้นฐานการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์) ซึ่งเป็นการจำลองการท่วมซัง (soaked) ของผลิตภัณฑ์ทั้งสาม (CISCB, ISCCSSB, ISCCPSB) เป็นระยะเวลา 1 วัน พบว่าค่าสูญเสียการชะของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามปริมาณการเพิ่มขึ้นทั้งเส้นใยอ้อยและสับปะรด ซึ่งจากประเด็นงานวิจัยนี้ยังพบอีกว่าการเพิ่มเส้นใยอ้อยที่มากกว่าร้อยละ 8 จะทำให้ผลิตภัณฑ์ ISCCSSB ไม่คงตัวและผิรุปร่างเนื่องจากการท่วมซัง และสำหรับเส้นใยสับปะรด จะเกิดการไม่คงตัวของ ISCCPSB ที่การแทนที่เส้นใยมากกว่าร้อยละ 5 สำหรับ CISCB มีค่าการชะที่ลดลงตามปริมาณซีเมนต์และอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้นและคงตัวอยู่ได้ทุกอัตราส่วนผสม

จากประเด็นดังกล่าวสอดคล้องกับคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์ทั้งสาม กล่าวคือ อัตราการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์ CISCB มีค่าที่ลดลงตามปริมาณซีเมนต์และอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น สำหรับผลิตภัณฑ์ ISCCSSB และ ISCCPSB มีค่าการดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ของเส้นใยที่เพิ่มขึ้นจากการศึกษาพบว่าค่าแรงกดสูงสุดของเส้นใยอ้อยมีค่าน้อยกว่า และเป็นไปแนวทางเดียวกันกับการทดลองจริงซึ่งอาจจะอธิบายได้ว่า ค่าความแข็งแรง (modulus) ของใยอ้อยมีค่าน้อยกว่าใยสับปะรด จึงส่งผลให้การรับแรงกดมีค่าน้อยกว่าสำหรับการเพิ่มปริมาณกากอ้อยลงไปในอิฐซีเมนต์ผลของแบบจำลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือความเค้นสูงสุดของวัสดุจะเกิดที่ใยไฟเบอร์ และนั่นเป็นสาเหตุให้อิฐเกิดการพังทลาย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าแรงกดสูงสุดของอิฐซีเมนต์ผสมใยอ้อยที่ปริมาณ 3% โดยน้ำหนัก จะมีค่าเท่ากับ 264,991 นิวตัน ซึ่งมีค่าลดลง 23 % เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐซีเมนต์ควบคุมที่เวลาระยะบ่ม 28 วัน ดังนั้นจากผลจากแบบจำลองการรับแรงกดอิฐซีเมนต์ผสมใยไฟเบอร์โดยใช้ไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finite element method) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถทำนายพฤติกรรมของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเปลี่ยนแปลงด้านขนาดจากการทดสอบผลิตภัณฑ์บล็อกดินซีเมนต์เชิงประกอบ, CISCB (ควบคุม) มีแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนที่ดีขึ้นตามปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมที่สูงขึ้นและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับคุณสมบัติด้านความหนาแน่น และน้ำหนัก พบว่ามีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่มากขึ้นทุกสัดส่วนผสม อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์บล็อกดินซีเมนต์เชิงประกอบเสริมเส้นใยอ้อย (ISCCSSB) และ เส้นใยสับปะรด (ISCCPSB) เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทั้งหมดดังที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า การเสริมเส้นใยอ้อยและสับปะรดที่มากขึ้นจะทำให้คุณสมบัติดังกล่าวมีแนวโน้มที่ลดลงตามปริมาณการเสริมเส้นใยทั้งสองที่เพิ่มขึ้นทุกสัดส่วนผสม จากการทดสอบคุณสมบัติด้านการชะได้ของโลหะหนักสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนประกอบโครงสร้างเชิงประกอบเสริมเส้นใยสำหรับเป็นวัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านอนุรักษ์พลังงาน พบว่าคุณสมบัติด้านการชะ

ของผลิตภัณฑ์ทั้งสามอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด สำหรับประเด็นการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ทั้งสามในมิติของสถานะโลกร้อนเนื่องจากการใช้วัสดุซึ่งจะประเมินค่าในรูปแบบของค่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในรูปของพื้นที่การก่อสร้างวัสดุเป็นตารางเมตรเปรียบเทียบกับอิฐซีเมนต์บล็อก, CB (cement block) จากการประเมินพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสามมีค่า carbon footprint, CF ที่มากกว่าอันเนื่องมาจากการใช้ปริมาณวัสดุต่อพื้นที่มากกว่า อิฐซีเมนต์บล็อก, CB ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า CISCB20, ISCCSSB10+1 และ ISCCPSB10+1 เมื่อเทียบกับการก่อสร้างผนังด้วยผลิตภัณฑ์วัสดุอิฐซีเมนต์บล็อก, อิฐมวลเบา, อิฐประสาน และ อิฐแดงท้องถิ่นที่ประกอบกันเป็นผนังเสร็จสมบูรณ์ พบว่าต้นทุนการผลิตทั้งสามดังที่กล่าวมามีความเหมาะสมด้านต้นทุนต่อหน่วยการติดตั้งและก่อสร้างเป็นระบบของผนังที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับทั้งหมด และบริบทด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีของงานวิจัยในรูปแบบของการมีส่วนร่วมต่อชุมชนกับมหาวิทยาลัยท้องถิ่นนั้นหน่วยงานท้องถิ่นภาครัฐฯที่ร่วมมือกันได้นำผลสัมฤทธิ์ด้านงานวิจัยของชิ้นส่วนประกอบโครงสร้างเชิงประกอบเสริมเส้นใยได้นำไปใช้ประโยชน์สำหรับก่อสร้างและปรับปรุงด้านโครงสร้างพื้นฐานองค์กรเพื่อเป็นวัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านอนุรักษ์พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม บทสรุปจากการศึกษาคุณสมบัติทั้งหมดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นอาจสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์บล็อกดินซีเมนต์เชิงประกอบเสริมเส้นใยอ้อย (ISCCSSB10+1) และเส้นใยสับปะรด (ISCCPSB10+1) ที่สัดส่วนการคงที่ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 แทนที่เส้นใยร้อยละ 1 ทั้งสองผลิตภัณฑ์ยังคงมีความแข็งแรงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าตามมาตรฐาน ASTM C 90-96 ว่าด้วยมาตรฐานเฉพาะสำหรับวัสดุก่อสร้างทำด้วยคอนกรีตรับน้ำหนัก (Standard specification for load bearing concrete masonry units) ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งสองก็ยังสามารถใช้เป็นวัสดุผนังแบบไม่รับแรงตามมาตรฐาน มอก.102-2517 และ มพช.602-2547 ซึ่งสามารถนำมาใช้สำหรับเป็นวัสดุก่อสร้างสำหรับบ้านอนุรักษ์พลังงานดังกล่าวได้

Research Title	A Study on Properties - Life Cycle Assessment of Eco Composite Structure Hybrid Waste of Pineapple and Sugar Cane Cellulose Sisals from Rural Agricultural Industry for Using Low Cost Energy Conservation House
Researcher	Asst. Prof. Prayoon Yongam-nuai et al.
Program	Civil Technology and Architecture
Academic Year	2017

### ABSTRACT

These are developed to the Eco-composite structure. The chemical and physical properties were carried associated with Ratchaburi red sand for product development. Also mechanical testing, thermal conductivity, leachability, environmental toxic and Finite element analysis were conducted for product evaluation including the economic point of view and social participation. For the physical and chemical properties of red sand sediments in Ratchaburi province, it was found that the sum of the oxides of the raw materials, Silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ ) was the major constituent of 43.5681 percent and calcium oxide ( $\text{CaO}$ ) and alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) were only 0.379 percent and 1.7114 percent, respectively. For the Atterberg's limit test according to ASTM D4318 was found as a non-plastic material (NPM). The distribution properties according to ASTM D422-63 showed that the soil samples were classified in fine to finer range. Similarly, physical and morphological properties of pineapple fibers were found that it looked like the honeycomb, which can be said that throughout the length of the pineapple fibers were porous and the gap between the fibers was about 3 to 6 micrometers. Similar to pineapple fiber, the sugar cane fiber analyzed by the scanning electron microscopy was found that the texture and appearance of sugar cane fiber was porosity and the gap between each fiber were quite high. When considering the throughout length of the fiber, the porosity and the gap between the fibers were approximately 16  $\mu\text{m}$ .

Compression and flexural properties under modulus of rupture of composite cement block, CISCB (Control), it was found to be likely to increase as increasing of cement contents. For replacement with 20% cement content, as well as composite soil cement mixed with sugar cane fiber block (ISCCSSB) and soil cement mixed with pineapple fiber block (ISCCPSB), there was a tendency for

compression and flexural strength to decrease with increasing fiber content with the maximum of 56.60 and 5.51 kg/cm<sup>2</sup> for ISCCSSB and 65.64 and 7.067 kg/cm<sup>2</sup> for ISCCPSB at a fixed cement mix ratio of 10 percent instead of cane and pineapple fibers at 1 percent respectively. For the thermal conductivity, results are similar trend to compressive strength and flexural strength. For CISCB (control) the thermal conductivity increases with increasing cement contents. On the other hand, for ISCCSSB and ISCCPSB, thermal conductivity has a lower value for substitution of higher sugar cane and pineapple fibers.

Similar to the leaching properties (product weight loss basis), the soaked simulation of the three products (CISCB, ISCCSSB, ISCCPSB) for 1 day, it was found that the leaching loss was likely to be higher due to the increase in both sugarcane and pineapple fiber contents. The research also found that increasing sugarcane fiber by more than 8% would make ISCCSSB products unstable and deformed due to soaking. For pineapple fiber, the ISCCPSB instability at fiber replacement is more than 5 percent. For CISCB, the leaching loss decreases with increasing cement content and the curing time. Also the product is stability at all mixing ratios. From this point of view, results show the consistent with the water absorption of the three products. That is, the absorption rate of CISCB products decreases with increasing cement content and curing time. For ISCCSSB and ISCCPSB products, the absorption increases with increasing fiber contents.

The study shows that the maximum compressive of composite sugarcane fiber bricks were lower than those of pineapple fibers. This may explain that the modulus of sugarcane fiber is less than that of pineapple. It can clearly see when comparing to the FEA results. It showed that the weak point occurred at the fiber. However, when comparing the maximum compressive force of 3% by weight of sugarcane bricks is 264.991N which was 23% lower than that of control brick at cured time of 28 days. It is clearly shown that the compressive simulation using finite element analysis can predict the behavior of bricks effectively.

Changes in the size of the composite Cement Block, CISCB (Control) product have a tendency for better tolerances with higher cement content. For the density and weight properties, it showed that the values increase with increasing cement contents. However, for ISCCSSB and ISCCPSB, when considering all of the above mentioned properties, found that increasing content of pineapple and sugar cane fibers were likely to decrease with increasing the amount of fiber. Testing of the leachability properties of the heavy metal for the suitable product for components of structures, reinforcing fibers for the saving energy house material, results showed

that all products passed the limit standard. Consideration of the life cycle evaluation in term of the CO<sub>2</sub> release comparing to cement block (CB)per squaremeter, it is found that the carbon footprint of all products are higher than that of CB which can be explained that the content of raw materials are higher when comparing to per square meter of the concrete block (CB). Consideration of economic factors, it found that CISC20, ISCCSSB10 + 1 and ISCCPSB10 + 1 compared to commercial products such as cement brick, light weight brick, composite brick and local red brick, it is found that the three production costs mentioned above are reasonable in terms of cost per unit, installation and construction are lower wall systems than all comparative products. By summary, results show that the strength of composite fiber cement brick (ISCCSSB10 + 1) and pineapple fiber cement (ISCCPSB10 + 1) products with a fixed proportion of cement content of 10% and replaces fiber of 1%, are still lower in accordance with ASTM C 90-96 (Standard specification for load bearing concrete masonry units).However, both still can be used as the non-bearing wall type according to TIS-102-2517 and TPCS.602-2547 which can also use as the materials regarding to the energy conservation house.