

บทคัดย่อ

ในการศึกษาได้นำดินท้องถิ่นจากแหล่งราชบุรีและถ้ำเตาเผาแคลเซียมซิลิเกตจากอุตสาหกรรมเซรามิกส์แหล่งราชบุรี เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อิฐดินแคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate ceramic kiln ash composite brick, CSCACB) โดยทำการศึกษาคูณสมบัติด้านเคมีและฟิสิกส์ คุณสมบัติทางกล รวมถึงคุณสมบัติด้านการนำความร้อน (Thermal conductivity) ที่อายุการบ่ม 3, 7, 14, 28, 60, 90, 120, 150 และ 180 วัน ที่ปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1.ที่ร้อยละ 3 และ และถ้ำเตาเผาแคลเซียมซิลิเกตที่ปริมาณร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 เปรียบเทียบกับอิฐดินผสมปูนซีเมนต์ควบคุม(Unreinforced soil cement composite brick., USCCB) ปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1. ร้อยละ 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43, 48 และ 53 ณ ปริมาณน้ำที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 9.74, 10.29, 10.52, 10.75, 10.88, 11.01, 11.38, 11.74, 13.31 และ 14.87 ตามลำดับ ด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมได้ทำการทดสอบการชะได้ (Leachability test) ด้านโลหะหนักสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ผลิตเชิงพาณิชย์ได้ การประเมินวัฏจักรชีวิต(Life cycle assessment) ของขบวนการผลิตอิฐที่มีความเหมาะสมโดยเปรียบเทียบกับขบวนการผลิตอิฐซีเมนต์บล็อกตามท้องตลาด(CB) และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ด้านราคาของผลิตภัณฑ์พิจารณาถึงผลรวมของออกไซด์หลักพบว่า ซิลิกอนไดออกไซด์(SiO_2) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และอลูมินา(Al_2O_3) ถ้ำเตาเผาแคลเซียมซิลิเกต(CSCA) จากแหล่งจังหวัดราชบุรี มีค่าร้อยละ 48.32, ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1. ร้อยละ 90.61 และ ดินท้องถิ่นจากจังหวัดราชบุรีร้อยละ 80.25 และค่าสูญเสียเนื่องจากการเผาไหม้ที่ร้อยละ 29.12, 2.31 และ 2.19 ตามลำดับ สำหรับค่าความเป็นพลาสติก (Plasticity) ดินท้องถิ่นราชบุรี พบว่า ไม่มีความเป็นพลาสติก(Non Plastic, NP) ซึ่งจำแนกเป็นวัสดุจำพวก Non Plastic Materials และอยู่ในกลุ่ม SP เป็นวัสดุไม่มีความเชื่อมั่นเมื่อจำแนกตามมาตรฐาน Unified Soil Classification System (USCS)

คุณสมบัติด้านกำลังอัดและดัดมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อคงที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1.ที่ร้อยละ3 และแทนที่ด้วยถ้ำเตาเผาแคลเซียมซิลิเกตมากกว่าร้อยละ 5 (CSCACB5+C3, w=9.74%) และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มที่มากขึ้นซึ่งส่วนผสมดังกล่าวสามารถใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมเชิงพาณิชย์, คุณสมบัติด้านน้ำหนักและความหนาแน่นพบว่ามีแนวโน้มที่ลดลงตามปริมาณถ้ำเตาเผาแคลเซียมซิลิเกตที่เพิ่มขึ้น, ด้านการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์พบว่ามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ถ้ำเตาเผาแคลเซียมซิลิเกตที่มากขึ้นและมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่ออายุการบ่มที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการจำลองด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์(FEM) พบว่าเมื่ออยู่ในสภาพ Composite System ผนังที่จำลองด้วย CSCACB5+C3 สามารถรับแรงได้ 70 tons (48.11 kg.cm^{-2}) และเมื่อเปรียบเทียบกับ CSCACB5+C3 ที่ filled mortar 1:3 มีกำลังอัดเฉลี่ย 49.61 kg.cm^{-2} (จากห้องปฏิบัติการ) ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนของการจำลอง 3.02 %

อย่างไรก็ตามคุณสมบัติการนำความร้อนมีแนวโน้มที่ลดลงตามปริมาณถ้ำเตาเผาแคลเซียมซิลิเกตและระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตามคุณสมบัติการชะได้ของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตของ CSCACB5+C3 พบว่ามีค่าของ Carbon footprint, CF ($10.4762 \text{ kg CO}_2\text{-e.m}^{-2}$)ที่มากกว่า 1.82 เท่า เมื่อเทียบกับการประเมิน

กระบวนการผลิตของ CB ซึ่งมีค่า Carbon footprint เพียง 5.7101 kg CO₂-e/m² ด้านการประเมินต้นทุนของผลิตภัณฑ์พบว่าผนังที่ก่อสร้างด้วยอิฐแดงท้องถิ่น อิฐซีเมนต์บล็อกท้องถิ่น อิฐมวลเบา และอิฐดินประสานท้องถิ่นเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าก่อสร้างของผนังอิฐดินผสมเก้าเตาเผาแคลเซียมซิลิเกตจะเป็นร้อยละ 60.97, 77.06, 59.71 และ 62.15 ตามลำดับ

This work studies the possibility to produce the new novel Calcium silicate ceramic kiln ash composite brick, CSCACB by mixing between combinations of the local Ratchaburi soil and Calcium silicate kiln ash(CSCA) wasted from ceramic industry. The chemical and physical properties of the soil brick are investigated. Also, the mechanical properties such as the compressive strength and flexural strength as well as thermal conductivity are tested at the cure time of 7, 14, 28, 60, 90, 120, 150 and 180 days. Varying Calcium silicate kiln ash (CACA) contents of 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 and 50 % mixed with a constant Portland cement type I (OPC) of 3 %. Results are compared with the Unreinforced soil cement composite brick, USCCB (Control) with varying cement contents of 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43, 48 and 53 % by weight of soil basis at water content of 9.74, 10.29, 10.52, 10.75, 10.88, 11.01, 11.38, 11.74, 13.31 and 14.87, respectively. Consideration of sustain environment factor, the leachability test and life cycle assessment are evaluated and proved that it shows enough quality to produce as commercial product. In order to study the chemical property, the total main oxide of Calcium silicate kiln ash(CSCA), Ordinary Portland Cement type I (OPC) and Local soil such as SiO_2 , CaO and Al_2O_3 from Ratchaburi source are observed. Values are given as 48.32, 90.61 and 80.25 % for CSCA, OPC and Local soil respectively. The loss on ignition are also tested which values are given as 29.12, 2.31 and 2.19 respectively. For the plasticity of Local soil, it is found that the material is Non-plastic materials and SP type for considerate by Unified Soil Classification System (USCS).

For the compressive and flexural strength on Modulus of rupture(MOR) properties, results show that strength values increase with increasing Calcium silicate kiln ash(CA) content up to 5% (CSCACB5+C3 filled mortar 1:3 ratio, $w=9.74\%$ is appropriated proportion) and also increase with cured time. The unit weights and density are measured and found that they decrease with increasing CA content. Next, the water absorption increases with increasing CA content but decrease with cured time. Therefore, the Finite Element Method(FEM) by composite system wall pattern model, also which load capacity is given as 70 tons (48.11 kg.cm^{-2}) compared with the CSCACB5+C3 (filled mortar 1:3 ratio) compressive strength value is 49.61 kg.cm^{-2} in laboratory tested and defected of the model as 3.02 %.

Finally, the thermal conductivity decreases with both increasing Calcium silicate kiln ash(CSCA) and cured time. The leachability of appropriated product value is 0.15 and 0.10 mg/L of Arsenic and Chromium which is considered qualifying the standard respectively. To evaluate the life cycle assessment of CSCACB5+C3 shows that Carbon footprint (CF) on greenhouse gases effect value is equal to $15.3938 \text{ kg CO}_2\text{-e.m}^{-2}$ which is considered as 2.26 times compared with the soil cement block. Consideration for the commercial factor shows that the cost of CSCACB is 60.75% of the Local red brick, 76.80 of the Local

cement block, 62.06 of the Commercial light weight block and 59.75% of the Local soil cement brick.