http://journal.rmutp.ac.th/

คุณสมบัติด้านกำลังอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเปลือกหอยนางรมบดไม่ผ่านกระบวนการเผา

ทวิช กล้าแท้* และ ประสาร จิตร์เพ็ชร

วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
99 หมู่ 4 ตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช 80210

รับบทความ 17 พฤษภาคม 2561 แก้ไขบทความ 8 กรกฎาคม 2561 ตอบรับบทความ 16 กรกฎาคม 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) มาผสมในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก เพื่อทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (OPC) บางส่วนในอัตราร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน โดยทำการทดสอบกำลังอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกที่อายุการบ่ม 7, 14, 28, 56 และ 90 วัน ผลการวิจัยพบว่าคอนกรีตบล็อก ซึ่งทำการแทนที่ OPC ด้วย OS ที่อัตราส่วนร้อยละ 10 ที่อายุการบ่ม 28 วัน นั้น มีค่ากำลังอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 58-2533, คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก) ในขณะที่คอนกรีตบล็อกซึ่งทำการแทนที่ OPC ด้วย OS ที่อัตราส่วนร้อยละ 20 และ 30 มีค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกเทียบเท่ากำลังอัดที่ 28 วันตามเกณฑ์ มอก. 58-2533 ที่อายุการบ่ม 56 และ 90 วันตามลำดับ และมีการลดลงของกำลังอัดเมื่อทำการเพิ่มขึ้นของ OS ที่ร้อยละ 40 และ 50 ตามลำดับ ในส่วนของการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก พบว่าคอนกรีตบล็อกซึ่งทำการแทนที่ OPC ด้วย OS นั้น มีค่าสูงกว่าคอนกรีตบล็อกที่มี OPC เป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียว และเพิ่มมากขึ้นเมื่อทำการเพิ่มร้อยละการแทนที่ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ ในเชิงเศรษฐศาสตร์คอนกรีตบล็อกที่มี OPC เป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียว มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 2.60 บาท ในขณะที่คอนกรีตบล็อกซึ่งทำการแทนที่ OPC ด้วย OS ที่อัตราส่วนร้อยละ 10-30 มีต้นทุนผลิตเพียง 2.12-2.44 บาทเท่านั้น

คำสำคัญ : คอนกรีตบล็อก; เปลือกหอยนางรมบด; ไม่ผ่านการเผา; กำลังอัด; การดูดกลืนน้ำ

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร.: +668 4149 7426, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: tawich.k@rmutsv.ac.th*

http://journal.rmutp.ac.th/

Compressive Strength and Water Absorption Properties of Concrete Block Containing Crushed Oyster Shell Not Process Burning

Tawich Klathae* and Prasan Jitpat

College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of Technology Srivijaya
99 Moo 4, Thongnian, Khanom, Nakhon Si Thammarat, 80210

Received 17 May 2018; Revised 8 July 2018; Accepted 16 July 2018

Abstract

The research aims to investigate the possibilities of crushed oyster shell (OS) not have to go through the process of burning as a substitution cement for concrete blocks. The cement was replaced with crushed oyster shell not process burning (OS) at 0%, 10, 20, 30, 40 and 50% by the weight of the binder. After that the concrete blocks were tested to determine the compressive strength and moisture absorbed of the concrete blocks cured for 7, 14, 28, 56 and 90 days The result showed that the compressive strength of the concrete blocks which replaced cement with OS (at the proportion of 10% by the weight of the binder) at 28 days had the compressive strength and water absorbed accordance with the TIS 58-2533 on non-load bearing concrete blocks. Moreover, the concrete blocks which replaced cement with OS at the proportion of 20% and 30% had the compressive strength equivalent to 28 days compressive strength of TIS 58-2533 standard at 56 and 90 days, respectively and decreased when the percentage in addition to OS in concrete blocks of 40 and 50%. Tested results also showed that the water absorbed of concrete blocks increased when the percentage of replacement of OS in binder increased at 10, 20, 30, 40 and 50%. The economical of concrete blocks it has manufactured unit cost is 2.60 baht. Whereas the concrete block containing crushed oyster shell at 10-30 % it has manufactured unit cost at 2.12-2.44 baht, respectively.

Keywords : Concrete Blocks; Crushed Oyster Shell; Not Process Burning; Compressive Strength; Water Absorbed

** Corresponding Author. Tel.: +668 4149 7426, E-mail Address: tawich.k@rmutsv.ac.th*

1. บทนำ

ปัจจุบันการสร้างอาคารที่มีการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Green Building) เริ่มได้รับความสนใจจากเจ้าของอาคาร ผู้ออกแบบ วิศวกร และผู้อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ขณะที่ภาครัฐเองก็เร่งผลักดันมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานในอาคารฉบับใหม่ เพื่อให้ครอบคลุมการออกแบบโดยรวมของอาคาร ดังนั้น ผู้ประกอบการวัสดุก่อสร้างควรนำหลักเกณฑ์การประเมิน Green Building ตามมาตรฐาน LEED และTREE1 มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาวัสดุก่อสร้างเพื่อรองรับการเติบโตของอาคารสีเขียวในอนาคต อาทิ การพัฒนากระจกประหยัดพลังงาน การพัฒนาวัสดุก่อสร้างให้มีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิล หรือการนำขยะเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมาเป็นผลิตภัณฑ์ในการก่อสร้าง เป็นต้น [1] คอนกรีตบล็อก (Concrete Block) เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 5-6 กิโลกรัมต่อก้อน ใช้ปูนซีเมนต์ หินฝุ่นหรือทราย และน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก โดยผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกส่วนใหญ่เป็นวิสาหกิจชุมชน ชาวบ้าน และโรงงานขนาดเล็ก ผลิตโดยใช้เครื่องจักรที่สร้างขึ้นเองภายในประเทศ โดยใช้ในการก่อผนังหรือกำแพงเนื่องจากเป็นวัสดุที่ผลิตง่ายและสะดวกในการก่อสร้าง จึงเป็นที่นิยมในการก่อสร้าง คอนกรีตบล็อกมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ ขนาดและคุณภาพที่เป็นมาตรฐาน มีความแข็งแรงและทนทานดี มีคุณสมบัติทนไฟและระบายความร้อนในตัวอาคารให้กับตัวอาคารได้ ทั้งยังง่ายและสะดวกต่อการวางแผนใช้เวลาในการก่อน้อยกว่าการก่ออิฐมอญมาก [2] ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยมีการศึกษาพัฒนาคอนกรีตบล็อก และวัสดุที่นำมาทดแทนปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตบล็อกมากมาย เช่น W. Bamrungthai [3] ได้ทำการศึกษาเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะมาทดแทนปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตบล็อกเพื่อการก่อสร้างอาคารทั่วไปตามมาตรฐาน มอก. 53-2533 คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนผสมของเถ้าลอยที่นำมาแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 50 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่มีการรับแรงอัดเกินมาตรฐาน มอก. 53-2533 ที่ 28 วัน มีผลให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกลดลง 0.35 บาทต่อก้อน ต่อมา V. Munsrakest [4] ได้ศึกษาความเป็นได้ของการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าลอยในการผลิตบล็อกเพื่อใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ ผลการศึกษาพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการทำคอนกรีตบล็อกคือ อัตราส่วนระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์กับเถ้าลอยที่เท่ากับ 40:60 และอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำและวัสดุเชื่อมประสานที่เท่ากับ 0.75 โดยคอนกรีตบล็อกที่เตรียมด้วยส่วนผสมนี้มีกำลังอัดได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 58-2533 จากนั้น S. Garaged [5] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เปลือกหอยเชอรี่บดในการแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตบล็อกประสานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก โดยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเชอรี่บดเท่ากับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 ผลการทดสอบพบว่า กำลังอัดของตัวอย่างมีค่าลดลงตามปริมาณเปลือกหอยเชอรี่บดที่เพิ่มขึ้น และอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเปลือกหอยเชอรี่บดที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตบล็อกประสานในงานโครงสร้างรับน้ำหนักคือ 70:30 ที่อายุบ่ม 7 และ 28 วัน ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.937 บาทต่อก้อน ในขณะที่ W. Kroehong [6] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกล โครงสร้างจุลภาค และการนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยด้วยวัสดุยึดประสาน : ทราย : หินฝุ่นในอัตราส่วน 1 : 2 : 8 โดยน้ำหนัก แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุยึดประสาน และใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุยึดประสานเท่ากับ 0.70, 0.80 และ 0.90 จากการศึกษาพบว่าคอนกรีตบล็อกผสม

เถ้าลอยที่ร้อยละ 30 มีกำลังอัดต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกควบคุม อย่างไรตาม การดูดกลืนน้ำและความพรุนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเถ้าลอย คอนกรีตบล็อกที่แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนด้วยเถ้าลอยมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกควบคุม นอกจากนี้การนำความร้อนมีค่าลดลงตามอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุยึดประสานที่เพิ่มขึ้น อีกทั้ง S. Hirunmasuwan and S. Isarangkul Na Ayuthaya [7] ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้เถ้าแกลบและเถ้าลอยเป็นวัสดุปอตโซลานสำหรับการปรับเสถียรและการหล่อแข็งกากตะกอนโครเมียมจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานชุบโลหะให้อยู่ในรูปของอิฐบล็อกประสานที่มีค่ากำลังต้านแรงอัดสูงเทียบเท่ามาตรฐานคอนกรีตบล็อกเชิงตันรับน้ำหนัก มอก. 60-2516 ชั้นคุณภาพ ค-2 สำหรับใช้ในการก่อสร้างกำแพงที่มีการฉาบปูน โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ วัสดุปอตโซลาน (เถ้าแกลบหรือเถ้าลอย) และหินฝุ่นในอัตราส่วน 1:1:7 โดยน้ำหนัก (กากตะกอนโครเมียมทดแทนหินฝุ่นในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยปริมาตร) ผสมรวมกับน้ำร้อยละ 15 ของน้ำหนักรวม ผลการทดสอบพบว่าอิฐบล็อกที่อัตราการทดแทนกากตะกอนโครเมียมในหินฝุ่นทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 5 มิลลิกรัม/ลิตร หลังจากการบ่มชื้น 28 วัน อิฐบล็อกประสานที่ผ่านเกณฑ์ค่ากำลังต้านแรงอัดที่กำหนด คือ อิฐบล็อกผสมเถ้าแกลบที่อัตราทดแทนกากตะกอนโครเมียมในหินฝุ่นร้อยละ 30 และอิฐบล็อกประสานผสมเถ้าลอยที่อัตราทดแทนกากตะกอนโครเมียมในหินฝุ่นร้อยละ 20

จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นจังหวัดที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศไทย สินค้าประมงที่สร้างชื่อเสียงให้กับสุราษฎร์ธานี ได้แก่ หอยตะโกรม หรือหอยนางรม กุ้ง ปลา ปู กั้ง หอยขาว และสัตว์น้ำอื่นๆ ส่งผลทำให้จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นแหล่งผลิตอาหารทะเลที่สำคัญของประเทศ สินค้าเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากการเพาะเลี้ยงไม่ว่าจะเป็นการเพาะเลี้ยงในทะเลหรือในบ่อเพาะเลี้ยงที่อยู่ในแผ่นดิน ก็ตามการเพาะเลี้ยงเหล่านี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะเลี้ยงหอยตะโกรมหรือหอยนางรม กุ้ง และปลา ภายในจังหวัดสุราษฎร์ธานีประสบความสำเร็จ และมีความก้าวหน้าในระดับหนึ่ง [8] โดยจังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นจังหวัด 1 ใน 3 จังหวัดที่มีจำนวนฟาร์มเลี้ยงหอยมากที่สุด รองลงมาจากจังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดเพชรบุรี จาก 22 จังหวัดชายทะเล รวมถึงกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจำนวนฟาร์มเลี้ยงหอยรวมทั้งสิ้น 6,015 ฟาร์ม โดยสุราษฎร์ธานีมีจำนวนฟาร์มเลี้ยงหอย 932 ฟาร์ม มีเนื้อที่ในการเลี้ยงหอยทั้งสิ้น 25,238.12 ไร่ โดยหอยทะเลที่นิยมเลี้ยงกันมากที่สุด ได้แก่ หอยแครง หอยแมลงภู่ และหอยนางรม โดยในปี 2558 จังหวัด สุราษฎร์ธานีมีผลผลิตของหอยทะเลทั้งหมด 35,593.71 ตัน โดยเมื่อจำแนกผลผลิตออกตามชนิดพบว่าเป็น ผลผลิตหอยแครง 31,161.75 ตัน หอยแมลงภู่ 415.26 ตัน และหอยนางรม 4,016.70 ตัน [9] จากปริมาณผลผลิตที่สูง ส่งผลให้มีปริมาณเปลือกหอยนางรมที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมประมงจำนวนมาก ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้ด้วยการเผาไหม้ ทำได้เพียงกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบเท่านั้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา ดังนั้นบทความวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเสนอผลศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) มาผสมในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก เพื่อทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (OPC) บางส่วน แล้วทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.58-2533 เพื่อความปลอดภัยเมื่อนำไปใช้งานจริง และเพื่อเป็นนำวัสดุเหลือทิ้งมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ก่อสร้าง เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่าย และยังเพิ่มมูลค่าให้แก่ของเหลือทิ้ง อีกทั้งยังเป็นการช่วยจัดการของเสีย และสามารถสร้างเป็นอาชีพเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (OPC), ASTM C150 [10]

2.1.2 เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) จากพื้นที่ อ. กาญจนดิษฐ์ จ. สุราษฎร์ธานี

2.1.3 หินฝุ่นจากโรงโม่หินผาทอง อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช ใช้ขนาดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4

2.1.4 น้ำสะอาด

2.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.2.1 การเตรียมเตรียมตัวอย่างเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา โดยนำเปลือกหอยนางรมมาทำความสะอาด และทำให้แห้ง จากนั้นทำการบดเปลือกหอยโดยไม่ผ่านการเผาด้วยเครื่องบดหยาบเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อเปลือกหอยบดสามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.47 มิลลิเมตร) แล้วนำไปบดต่อด้วยเครื่องบดอนุภาคแบบบอลมิลล์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 100 (0.149 มิลลิเมตร) แล้วนำเปลือกหอยบดมาอบให้แห้งในตู้อบ ที่มีอุณหภูมิ 110± 5 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.2.2 อัตราส่วนผสมระหว่างผงเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยนำมาทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก (วัสดุประสาน : หินฝุ่น เท่ากับ 1 : 8) จำนวน 6 อัตราส่วนผสม คือร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (w/b) ที่ใช้ในการทดสอบของแต่ละอัตราส่วนผสม หาได้จากการทดสอบความข้นเหลวโดยกำหนดให้ค่าความข้นเหลวที่ได้จากการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตล้วนเป็นตัวควบคุม โดยอัตราส่วนผสมวัสดุประสานและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย แสดงในตารางที่ 1

2.2.3 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (XRF), การสูญเสียน้ำหนักจากการเผา (LOI), ความถ่วงจำเพาะ ASTM C188 [11] และลักษณะทางจุลภาค (SEM)

2.2.4 การทดสอบหน่วยน้ำหนักคอนกรีตบล็อกได้จากการทดสอบ 5 ก้อนตัวอย่าง ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [12]

ตารางที่ 1 Mix proportions (Binder : Stone dust, 1:8)

Concrete block Symbols	kg/m^3				w/b
	OPC	OS	Stone dust	Water	
OPC100	300	-	2,240	291.6	0.972
OPC90OS10	270	30	2,240	305.7	1.019
OPC80OS20	240	60	2,240	312.6	1.042
OPC70OS30	210	90	2,240	321.3	1.071
OPC60OS40	180	12000	2,240	347.1	1.157
OPC50OS50	150	150	2,240	400.0	1.333

Remark : OPC: Ordinary Portland Cement Type I, OS: Crushed Oyster Shell

2.2.5 การทดสอบกำลังรับแรงอัด ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ผลิตได้มีขนาด 70×190×390 มิลลิเมตร เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 58–2533 [13] ที่อายุ 7, 14, 28, 56 และ 90 วัน โดยค่าเฉลี่ยของกำลังอัดได้จากการทดสอบ 5 ก้อนตัวอย่าง ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [12]

2.2.6 การดูดกลืนน้ำ (Water Absorption) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 109–2517 โดยค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำ ได้จากการทดสอบ 5 ก้อนตัวอย่าง ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 [12] โดยจำนวนตัวอย่างของคอนกรีตบล็อกแสดงในตารางที่ 2

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อก ได้แก่ เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 (OPC) และหินฝุ่น (SD) จากจังหวัดนครศรีธรรมราช ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า OS มีลักษณะเป็นผงละเอียด มีสีคล้ายคลึงกับ OPC คือสีเทาแต่มีสีอ่อนกว่าเล็กน้อย โดย OS มีค่าความถ่วงจำเพาะ ประมาณ 2.41 ในขณะที่ OPC และ SD มีค่าความถ่วงจำเพาะ ประมาณ 3.15 และ 2.65 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 Number of concrete block

Mixture	Compressive strength					Water absorption	Total (Block)
	7 Days	14 Days	28 Days	56 Days	90 Days	28 Days	
OPC100	5	5	5	5	5	5	30
OPC90OS10	5	5	5	5	5	5	30
OPC80OS20	5	5	5	5	5	5	30
OPC70OS30	5	5	5	5	5	5	30
OPC60OS40	5	5	5	5	5	5	30
OPC50OS50	5	5	5	5	5	5	30
Total	30	30	30	30	30	30	180

ตารางที่ 3 Physical properties of materials

Sample	Specific gravity
OPC	3.15
OS	2.41
SD	2.65

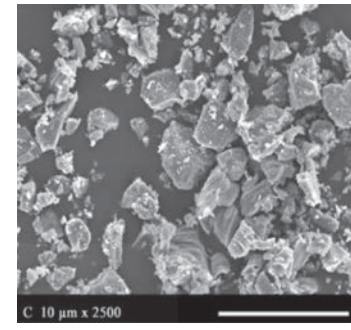
ตารางที่ 4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ ได้แก่ เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 (OPC) โดยพบว่า OS มีองค์ประกอบหลักเป็น CaO โดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 48.85 แต่ CaO ใน OS นั้นจะอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตเนื่องจาก OS ไม่ได้ผ่านกระบวนการเผา ทำให้ความชื้นและปริมาณคาร์บอนอิสระในเปลือกหอยนางรมบดยังคงมีอยู่มาก โดยปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) อยู่ในช่วงร้อยละ 95.60–97.13 [14] อย่างไรก็ตาม OS มีปริมาณค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการเผา (LOI) สูงถึงร้อยละ 40.37 ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการเผา OS จะเปลี่ยนวัตถุจาก $CaCo_3$ ไปเป็น CaO และ CO_2 จากผลดังกล่าวจะส่งผลให้วัสดุมีความต้องการน้ำสูงขึ้น หรืออาจส่งผลต่อสภาพการใช้งานที่มีความร้อนสูงหรืออุณหภูมิสูง และในส่วนของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เท่ากับร้อยละ 4.31 ในขณะที่มีอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3) มีปริมาณต่ำมาก มีเพียงร้อยละ 1.17 และร้อยละ 0.40 ตามลำดับ ในขณะที่ OPC มีปริมาณของ CaO เท่ากับ ร้อยละ 64.97 ส่วนองค์ประกอบของ SiO_2 ใน OPC มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 20.80 สำหรับแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และค่า LOI ตามที่มาตรฐาน

ASTM C 150 [10] กำหนดไว้ต้องไม่เกินร้อยละ 6 ร้อยละ 3.5 และร้อยละ 3 ตามลำดับ ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 จะเห็นได้ว่า OPC มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทั้งหมด

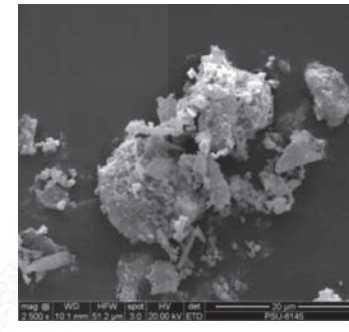
ตารางที่ 4 Chemical composition (%) of portland cement and crushed oyster shells [15]

Chemical composition (%)	OPC	OS
Silicon dioxide (SiO_2)	20.80	4.31
Aluminum oxide (Al_2O_3)	5.50	1.17
Ferric oxide (Fe_2O_3)	3.16	0.40
Calcium oxide (CaO)	64.97	48.85
Magnesium oxide (MgO)	1.06	0.99
Potassium oxide (K_2O)	0.55	0.14
Sodium oxide (Na_2O)	0.08	0.87
Sulfur trioxide (SO_3)	2.96	0.62
Loss on ignition (L O I)	1.40	40.37

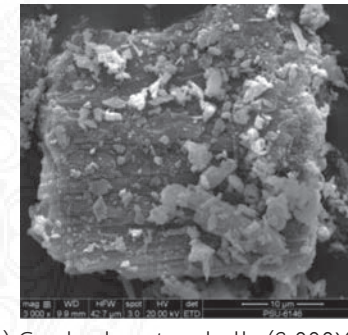
ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุ (SEM) จากรูปที่ 1(a) - 1(d) แสดงผลการศึกษาลักษณะอนุภาคของเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 (OPC) ที่กำลังขยาย 2,500 3,000 และ 10,000 เท่า ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope พบว่า OS อนุภาคมีลักษณะเป็นเหลี่ยมหลายมุม และบางส่วนมีลักษณะเป็นรูปร่างเรียวยาว มีขนาดอนุภาคเล็กใหญ่คละกัน พื้นที่ผิวค่อนข้างขรุขระแต่บางส่วนค่อนข้างเรียบ พรุน และมีช่องว่างภายใน อาจเป็นเพราะขนาดของอนุภาคที่ไม่ละเอียดมากนัก โดยประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ เกาะกันเป็นกลุ่มอย่างหลวมๆ [15]



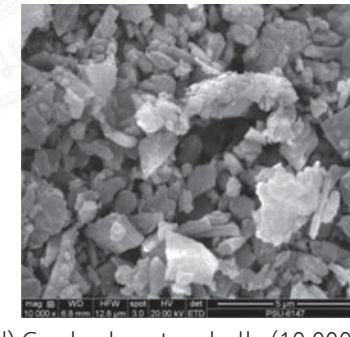
(a) Portland cement type 1 (2,500X)



(b) Crushed oyster shells (2,500X)



(c) Crushed oyster shells (3,000X)

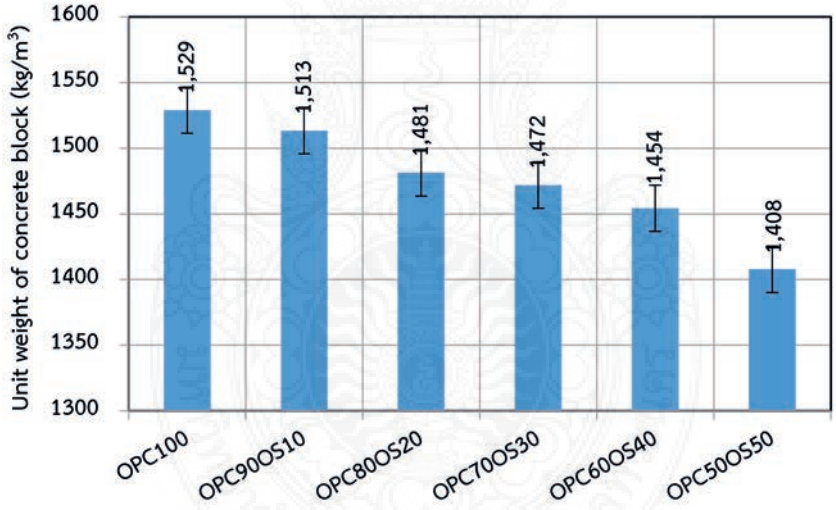


(d) Crushed oyster shells (10,000X)

รูปที่ 1 The image of materials from SEM [15]

3.2 ผลการทดสอบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก

รูปที่ 2 แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกซึ่งทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ด้วย เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) มาผสมในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก ในอัตราร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน พบว่าเมื่อทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ด้วยเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลงตามลำดับ และมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปรกติที่มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียว สาเหตุสำคัญของการลดลงดังกล่าว มาจากค่าความถ่วงจำเพาะของเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.41 ต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.15 ดังนั้นเมื่อคิดที่เงื่อนไขการขึ้นเป็นรูปของบล็อก (Formation Conditions) ด้วยการแทนที่ด้วยเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาในปูนซีเมนต์ทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลง และมีค่าลดลงมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนของการแทนที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยจากรูปที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อทำการแทนที่เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา ในปูนซีเมนต์ร้อยละ 20-50 จะทำให้น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลงอย่างเห็นได้ชัด

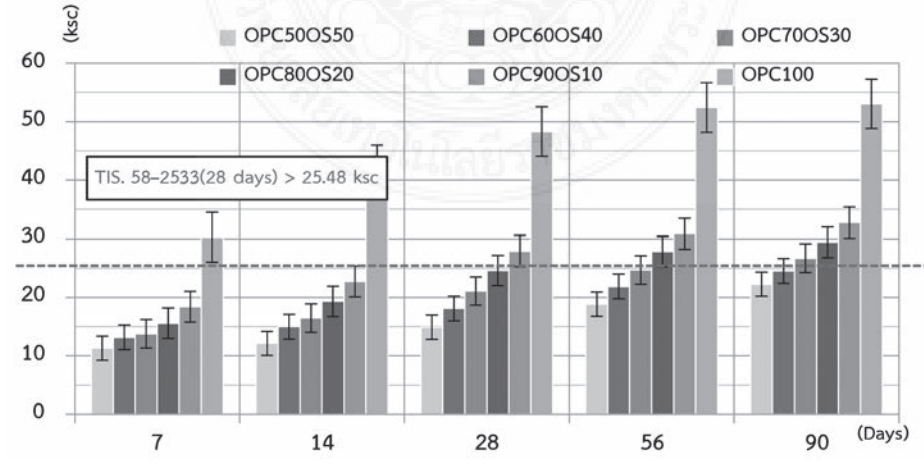


รูปที่ 2 Unit weight of concrete block

3.3 ผลการทดสอบกำลังรับอัดของคอนกรีตบล็อก

รูปที่ 3 แสดงค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) ที่ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน พบว่ากำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียว จะให้กำลังรับแรงอัดมากกว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาผสมอยู่ และเมื่อมีปริมาณเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาผสมอยู่เพิ่มมากขึ้นก็จะยิ่งทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง โดยสาเหตุที่ทำให้

กำลังรับแรงอัดลดลงเป็นผลมาจากคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา เนื่องจากเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา ไม่มีคุณสมบัติปอซโซลาน และไม่มีคุณสมบัติซีเมนต์กล่าวคือ เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา เมื่อนำมาตรวจสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางเคมีและทางกายภาพตามข้อกำหนดใน ASTM C618 [16] ซึ่งข้อกำหนดนี้ใช้สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าลอย ถ่านหินและสารปอซโซลานธรรมชาติ สำหรับใช้เป็นสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่มเพื่อควบคุมคุณภาพและคัดเลือกเถ้าลอยมาใช้ในงานคอนกรีต [17] จากการตรวจสอบคุณสมบัติตามข้อกำหนดแล้วพบว่าเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มตามข้อกำหนดมาตรฐาน ASTM C618 [16] อีกทั้งหากพิจารณาเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาจะพบว่ามีส่วนประกอบทางแร่พวก $CaCO_3$ (Calcite) และ $CaSO_4$ (Anhydrite) ซึ่งเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยา จึงอาจจัดให้เป็นสารผสมเพิ่ม (Admixture) ประเภทสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) ในกลุ่มวัสดุเฉื่อย (Inert) ในงานคอนกรีต นอกจากนี้ลักษณะรูปร่างอนุภาคของเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา ที่มีขนาดอนุภาคเล็กใหญ่คละกัน พื้นที่ผิวค่อนข้างขรุขระแต่บางส่วนค่อนข้างเรียบ พรุน และมีช่องว่างภายใน ทำให้ดูดซึมน้ำสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีความต้องการปริมาณน้ำในส่วนผสมมากขึ้น และอาจยังทำให้ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มีร้อยละของการดูดกลืนน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งโดยปกติลักษณะของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักชนิดนี้ก็มีการดูดกลืนน้ำในปริมาณสูงอยู่แล้ว โดยความสามารถในการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา มีค่าการทดสอบการรับกำลังแรงอัดเฉลี่ย 5 ก้อน ที่อายุ 28 วัน อยู่ในช่วงระหว่าง 14.90-27.91 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งจะพบว่ามีเพียงการแทนที่ร้อยละ 10 เท่านั้น ที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2533 ซึ่งมีการกำหนดให้ค่าเฉลี่ยการรับกำลังแรงอัดคอนกรีต 5 ก้อน และคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ที่อายุ 28 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 25.48 และ 20.38 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อทำการพิจารณาคอนกรีตบล็อกซึ่งทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา ที่อัตราส่วนร้อยละ 20 และ 30 มีค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเทียบเท่ากำลังอัดที่ 28 วันตามเกณฑ์ มอก. 58-2533 ที่อายุการบ่ม 56 และ 90 วันตามลำดับ



รูปที่ 3 Compressive strength of concrete block

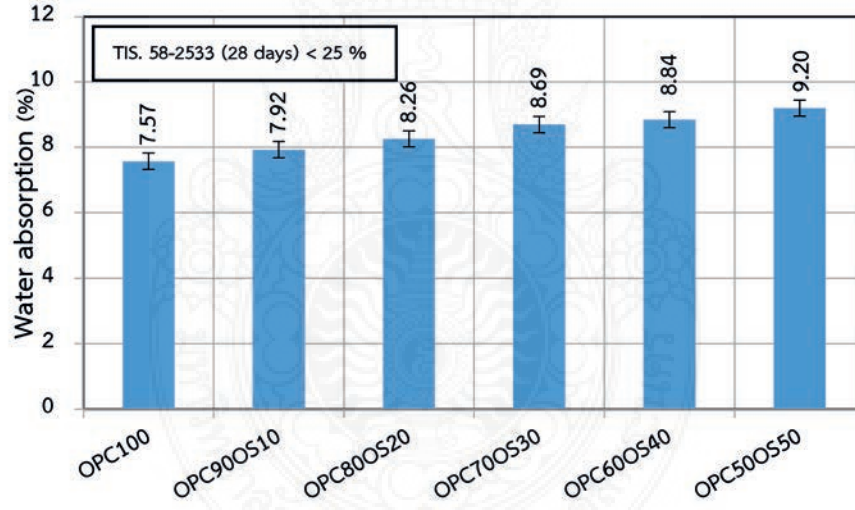
3.4 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก

จากผลการทดสอบหาปริมาณการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 109–2517 อ้างจาก ASTM C140–70 Standard Methods of Sampling and Testing Concrete Masonry Units ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 7.92-9.20 โดยสังเกตได้ว่าเมื่อทำการเพิ่มอัตราส่วนการแทนที่ของเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา มีผลทำให้การดูดกลืนน้ำภายในก้อนคอนกรีตบล็อกเพิ่มขึ้น จากคอนกรีตบล็อกปกติที่มีปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานเพียงอย่างเดียว และเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง เมื่อมีการแทนที่เพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดกลืนน้ำดังกล่าว อาจเนื่องจากด้วยอนุภาคส่วนละเอียดของเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา มีส่วนในการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งการดูดกลืนน้ำที่ปรากฏชี้ให้เห็นถึงระดับความพรุนของคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของวัสดุ (SEM)

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (OPC100) และคอนกรีตบล็อกซึ่งทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) ที่ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน พบว่าร้อยละการดูดกลืนน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการแทนที่ด้วยเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผานั้นไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของโพรงภายในเพสต์มากนัก โดยการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกันในแต่ละอัตราส่วนผสม พบว่าส่วนผสมที่มีการแทนที่เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาในปริมาณมากขึ้นค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แล้วคอนกรีตบล็อกที่ผสมเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา มีการดูดกลืนน้ำมากกว่า เนื่องจากเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผานั้น มีความละเอียดน้อยกว่าปูนซีเมนต์ จึงทำให้อนุภาคของเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา ไม่สามารถแทรกสอดเข้าไปในช่องว่างระหว่างปูนซีเมนต์ได้ ทำให้โครงสร้างภายในไม่หนาแน่น และโพรงภายในมากขึ้น การดูดกลืนน้ำจึงมีค่าเพิ่มขึ้น หากพิจารณาค่าการดูดกลืนน้ำ ซึ่งมีการกำหนดให้ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน ที่อายุ 28 วัน ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 25 ซึ่งเป็นเกณฑ์ต่ำสุดที่กำหนดในการพิจารณา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2533 พบว่าคอนกรีตบล็อกผสมเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา มีค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผ่านเกณฑ์ มอก. 58-2533 ทุกอัตราส่วนร้อยละการแทนที่

ตารางที่ 5 Compare water absorption of concrete block with crushed oyster shell (OS) and concrete block control (OPC100) at 7, 14, 28, 56 and 90 days.

Specimen	Water absorption (%)< 25 % (TIS. 58-2533 (28 days))				
	7 days	14 days	28 days	56 days	90 days
OPC100	7.36	7.36	7.57	7.63	8.43
OPC90OS10	7.33	7.44	7.92	8.02	8.54
OPC80OS20	7.45	7.81	8.26	8.36	8.81
OPC70OS30	7.81	8.02	8.69	8.99	9.18
OPC60OS40	8.84	8.84	8.84	9.33	9.62
OPC50OS50	9.20	9.20	9.20	9.65	9.78



รูปที่ 4 Water absorption of concrete block at 28 days

4. การวิเคราะห์ราคาต้นทุนในการผลิต

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) ซึ่งไม่ผ่านกระบวนการเผามาผสมในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก เพื่อทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (OPC) บางส่วน ในอัตราร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน โดยอัตราส่วนผสมวัสดุประสาน : หินฝุ่น 1 : 8 โดยน้ำหนัก เมื่อนำมาวิเคราะห์หาราคาต้นทุนในการผลิต ดังตารางที่ 6 พบว่าการใช้เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) ซึ่งมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 0.40 บาท (ผลเฉลี่ยการบดเปลือกหอยในเวลา 60 นาที น้ำหนักที่บดได้ 60.7 กิโลกรัม ใช้พลังงานไฟฟ้า 231.3 โวลล์ กระแสไฟฟ้า 5.31 แอมแปร์ ขนาดที่บดได้เล็กกว่า 5 มิลลิเมตร

คิดเป็นต้นทุนการผลิตมี ค่าใช้จ่าย 3.57 บาทต่อชั่วโมง โดยคิดจากค่าไฟหน่วยละ 3 บาท โดยใช้เวลาในการบดประมาณ 6 ชั่วโมง และเปลือกหอยนางรมซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจึงไม่มีค่าใช้จ่าย แต่อาจจะมีในส่วนของค่าขนย้ายรวมถึงค่าแรงในการทำความสะอาด) [18] ในขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ซึ่งมีราคาประมาณ 2.93 บาทต่อกิโลกรัม (ราคากลาง ณ เดือนกันยายน 2560) ในขณะที่เปลือกหอยนางรมเป็นวัสดุเหลือทิ้งจึงไม่มีมูลค่า อาจจะมีเพียงต้องใช้แรงงานคนในการขนย้ายและทำความสะอาดเท่านั้น ดังนั้นการใช้เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผาจึงเป็นวัสดุทางเลือกในการนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ ซึ่งนอกจากจะสามารถประหยัดพลังงาน และลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์โดยตรงแล้ว ยังสามารถประหยัดต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกลงได้อีกด้วย

ตารางที่ 6 The economical of concrete blocks

Specimen	Mixture proportions (Binder : Stone dust, 1:8) [kg *(Baht/kg)*]			
	OPC	OS	Stone dust	Baht/Block
OPC100	0.630 *(2.93)*	-	5.04 *(0.15)*	2.60
OPC90OS10	0.567 *(2.93)*	0.063 *(0.40)*	5.04 *(0.15)*	2.44
OPC80OS20	0.504 *(2.93)*	0.118 *(0.40)*	5.04 *(0.15)*	2.28
OPC70OS30	0.441 *(2.93)*	0.189 *(0.40)*	5.04 *(0.15)*	2.12
OPC60OS40	0.378 *(2.93)*	0.252 *(0.40)*	5.04 *(0.15)*	1.96
OPC50OS50	0.315 *(2.93)*	0.315 *(0.40)*	5.04 *(0.15)*	1.80

Remark: OPC: Ordinary Portland Cement Type I, OS: Crushed Oyster Shell

5.สรุป

5.1 การใช้เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อก ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกลดลง ตามลำดับ ส่งผลให้น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกต่อก้อนลดลงไปด้วย ซึ่งเป็นการลดน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อโครงสร้างได้

5.2 การใช้เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อก ในอัตราส่วนร้อยละ 10 มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2533 ซึ่งมีการกำหนดให้ค่าเฉลี่ยการรับกำลังแรงอัดคอนกรีต 5 ก้อน และคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อน ที่อายุ 28 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 25.48 และ 20.38 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วนร้อยละ 20 และ 30 มีค่ากำลังรับแรงอัดเทียบเท่ากำลังอัดที่ 28 วันตามเกณฑ์ มอก. 58-2533 ที่อายุการบ่ม 56 และ 90 วันตามลำดับ

5.3 การใช้เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อก มีค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผ่านเกณฑ์ มอก. 58-2533 ซึ่งมีการกำหนด

ให้ค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน ที่อายุ 28 วัน ต้องไม่สูงกว่าร้อยละ 25 ซึ่งเป็นเกณฑ์ต่ำสุดที่กำหนดในการพิจารณา ตามมาตรฐานทุกอัตราส่วนร้อยละการแทนที่

5.4 การใช้เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อก ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน คือ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน เนื่องจากมีค่าเฉลี่ยการรับกำลังแรงอัด และค่าการดูดกลืนน้ำ ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2533

5.5 การใช้เปลือกหอยนางรมบดที่ไม่ผ่านกระบวนการเผา (OS) แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อก ส่งผลทำให้ต้นทุนราคาในการผลิตคอนกรีตบล็อกลดลง

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนเงินงบประมาณโครงการวิจัย ประเภทเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทดลองวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Kasikorn Research. (2017, May 15). Government Plan Support Construction Materials 2017. [Online]. Available: https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/Government Plan Support Construction Materials 2017.pdf

[2] S. Srisang, U. Suwakantagul and S. Ngaosiprai, "Study of the optimum ratio of composite materials. For non-weighted concrete blocks containing Portland cement, sand and coconut fiber," *Journal of Industrial Education*, vol. 1, no. 1, pp. 77-87, 2007.

[3] W. Bamrungthai, "The Experiment on using Mae Moh EGP's Fly Ash to replace some percents of Portland Cement in Concrete Block Manufacturing for general building construction," Bachelor Degree of Industrial Technology in Mining Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Mai, Thailand, 2008.

[4] V. Munsrakest, "Strength development in concrete block manufactured from calcium carbide residue and fly ash," M.S. thesis, School of Civil Engineering Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, 2011.

[5] S. Garaged, "Compressive Strength of Interlocking Block Manufactured From Cement and Crushed Golden Apple Snail Shell," M.S. thesis, School of Civil Engineering Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, 2014.

[6] W. Kroehong, S. Sangpaen, P. Sitkanarak and J. Wilairat, "Mechanical Properties, Microstructure and Thermal Conductivity

of Concrete Block Containing Fly Ash," *KMUTT Research and Development Journal*, vol. 39, no. 3, pp. 407-424, 2016.

[7] S. Hirunmasuwan and S. Isarangkul Na Ayuthaya, "The Utilization of Rice Hush Ash and Fly Ash as Pozzolanic Materials for Stabilization and Solidification of Chromium Sludge in the Form of Concrete Interlocking Block for Using as Construction Materials," *Journal of Science and Technology*, vol. 25, no. 6, pp. 1072-1082, 2017.

[8] Surat Thani Provincial Administrative Board, Surat Thani Provincial Office, "Surat Thani Town Plan (2018-2021)," p. 227, 2016.

[9] Fishery Statistics Analysis and Research Group, Information and Communication Technology Center, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives 2017, "Statistics of Marine Shellfish Culture Survey 2015," p. 34, 2017.

[10] ASTM Standard C150, American Society for Testing and Materials, Standard Specification for Portland Cement, Annual Book of ASTM Standard, vol. 4.01, PA, USA., 2015.

[11] ASTM Standard C188, American Society for Testing and Materials, Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement, Annual Book of ASTM Standards, 2009.

[12] Thai Industrial Standards Institute (TISI), Standard for Sampling and Testing, Concrete Mansory Units TIS.109-2517, Ministry of industry, Bangkok, 1974.

[13] Thai Industrial Standards Institute (TISI), Standard of concrete block on non-load bearing concrete blocks TIS. 58-2533, Ministry of industry, Bangkok, 1990.

[14] P. Lertwattanaruk, N. Makul, and C. Siripattarapravat, "Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering," *J. environ. Manage.*, vol. 111, pp. 133-141, 2012.

[15] T. Klathae, "Utilization of Crushed Oyster Shell on Interlocking Block," *RMUTP Research Journal,* vol. 11, no. 2, pp. 167-177, Jul.-Dec. 2017.

[16] ASTM Standard C618, American Society for Testing and Materials, Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete, Annual Book of ASTM Standard, vol. 04.02, PA, USA., 2011.

[17] C. Jaturapitakkul, S. Jeangkaseamchokchai and W. Kunavanakij, "Chemical and Physical Properties of Fly Ash," in *Seminar on the use of fly ash in concrete*, pp. 7-19, 1999.

[18] C. Boonchar, P. Parnsab and A. Maneechai, "Cockle Shell Grinder," Thesis for Bachelor of Industrial Education Program in Industrial Education mechanical engineering Faculty of Technical Education, Rajamangala Institute of Technology Krungthep, Bangkok, p. 107, 2015.