

## การประยุกต์ใช้ขยะซีเมนต์และเปลือกหอยในการแทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อผลิตอิฐคอนกรีต

Application of Cement Waste and Shellfish as an Alternative Cement in the Production of Concrete Brick

จรรยา พันธมา<sup>1</sup> วรพจน์ กนกกันทพงษ์<sup>2</sup> และ นูตา ศุภกต<sup>2</sup>

Chanya Punthama<sup>1</sup> Vorapot Kanokkantapong<sup>2</sup> and Nuta Supakata<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตอิฐคอนกรีตผสมกับขยะซีเมนต์ เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่ ซึ่งใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.5 และใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วนต่อทราย 3 ส่วน เมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยขยะซีเมนต์ พบว่าเมื่อปริมาณขยะซีเมนต์เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดลดลงและค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อขยะซีเมนต์ที่เหมาะสมคือ 0.9 : 0.1 โดยน้ำหนัก มีค่าความต้านทานแรงอัด 8.08 MPa และค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 7.88 จากนั้นแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และขยะซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยแครงและหอยแมลงภู่ พบว่าเมื่อปริมาณเปลือกหอยเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดลดลงและค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น อัตราส่วนปูนซีเมนต์ ขยะซีเมนต์และเปลือกหอย (หอยแครงและหอยแมลงภู่) ที่เหมาะสมเท่ากับ 0.855 : 0.095 : 0.05 ค่าความต้านทานแรงอัดและร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐคอนกรีตผสมกับหอยแครงและหอยแมลงภู่เท่ากับ 6.41 MPa และ 7.44% กับ 6.30 MPa และ 7.91% ตามลำดับ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำไปผลิตเป็นอิฐคอนกรีตตามมาตรฐานอุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกับน้ำหนักชั้นคุณภาพ ค ได้แก่ ปูนซีเมนต์ : ขยะซีเมนต์ : เปลือกหอย : ทรายหยาบ : น้ำ เท่ากับ 0.855 : 0.095 : 0.05 : 3 : 0.5

คำสำคัญ : อิฐคอนกรีต, ขยะซีเมนต์, เปลือกหอยแครง, เปลือกหอยแมลงภู่

### ABSTRACT

The objective of this research was to study the properties of concrete bricks produced from green mussel and cockle seashell mixed with cement waste. To produce bricks, water and cement were mixed into ratio of 0.5 : 1 and cement and sand were mixed into ratio 1 : 3. In substituting cement by cement waste, it was found that compressive strength was decreased while water absorption was increased when increasing cement waste. The optimum ratio of cement and cement waste was 0.9 : 0.1 by weight obtaining 8.08 MPa of compressive strength and 7.88% of water absorption. In replacement cement and cement waste by shellfish, the result showed that addition of shellfish content decreasing compressive strength while increasing water absorption. The optimum mixture of cement : cement waste : shellfish was 0.855 : 0.095 : 0.05 by weight. Compressive strength and water absorption of bricks produced from bloody cockle shellfish was 6.41 MPa and 7.44% and from green mussel shellfish was 6.30 MPa and 7.91% respectively. In conclusion, the optimum ratio of cement : cement

<sup>1</sup> หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, เบอร์ : 0895431372 E-mail: calo\_farin@windowslive.com

<sup>1</sup> Biotechnology Program, Faculty of science, Chulalongkorn University, Tel. 0895431372, E-mail: calo\_farin@windowslive.com

<sup>2</sup> ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, เบอร์ : 022185187, E-mail: nuta.s@chula.ac.th

<sup>2</sup> Environmental Science, Faculty of science, Chulalongkorn University, Tel: 022185187, E-mail: nuta.s@chula.ac.th

waste : shellfish : sand : water was (0.855 : 0.095 : 0.05 : 3 : 0.5 by weight) compliant with TIS 57-2533 with C level (standard for hollow load-bearing concrete masonry units).

**Keyword** : Concrete brick, Cement waste, Bloody cockle shellfish, Green mussel shellfish

E-mail: calo\_farin@windowslive.com

## คำนำ

จังหวัดชลบุรีตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย อีกทั้งยังเป็นสถานที่ที่มีการเพาะเลี้ยงหอยทะเลซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่สำคัญทางเศรษฐกิจ โดยในปี 2557 ได้มีการสำรวจปริมาณการเพาะเลี้ยงหอยทะเล พบว่าจังหวัดชลบุรีมีปริมาณการเลี้ยงหอยแมลงภู่มากกว่า 20,668 ตัน หอยแครง 2,011 ตัน และหอยนางรม 72 ตัน ตามลำดับ (กรมประมง, 2558) ทำให้ในแต่ละวันอาจมีการเกิดขึ้นของเปลือกหอยที่เกิดจากการบริโภคเป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นยังพบว่าจังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดที่มีการเกิดของมูลฝอยเป็นอันดับที่สองรองจากกรุงเทพมหานคร มีปริมาณมูลฝอยเกิดขึ้น 2,487 ตันต่อวัน ในประเทศไทยการกำจัดมูลฝอยได้จัดทำโดยองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น พบว่ามีการกำจัดมูลฝอยอย่างถูกวิธีคิดเป็นร้อยละ 54 ของปริมาณมูลฝอยที่เก็บได้และที่เหลืออีกปริมาณร้อยละ 46 ยังมีการกำจัดที่ไม่ถูกวิธี ได้แก่ การเผากลางแจ้ง การเทกองในบ่อดินเก่าหรือพื้นที่รกร้าง (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) ซึ่งการกำจัดมูลฝอยแบบไม่ถูกต้องนี้ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การปนเปื้อนในดินและในแหล่งน้ำ สูญเสียทัศนียภาพ เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคหรือพาหนะนำโรค เป็นต้น (Thniya, 2009) นอกจากนี้เกาะสีชังซึ่งเป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดชลบุรี เนื่องจากพื้นที่บนเกาะที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้มีการประสบปัญหาในการกำจัดมูลฝอย โดยมูลฝอยที่เกิดขึ้นมีปริมาณ 12-15 ตันต่อวัน องค์ประกอบขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นได้แก่ เศษอาหาร พลาสติก หิน/กระเบื้อง กระดาษ และเศษไม้ อีกทั้งบริเวณโดยรอบของเกาะสีชังยังเป็นจุดที่มีการขนถ่ายสินค้าทางเรือ จึงทำให้เกิดปัญหาขยะที่ทิ้งลงทะเลจากเรือที่สัญจรบริเวณรอบเกาะอีก 10-15 ตันต่อวัน ซึ่งขยะส่วนใหญ่เป็นจำพวก ปูนซีเมนต์ ปุ๋ยยูเรีย ไชตาแอส ถ่านหิน และแป้งมันเส้น เป็นต้น (เทศบาลตำบลเกาะสีชัง, 2557) เพื่อเป็นการลดปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น ได้มีการนำมูลฝอยที่มีความเป็นไปได้มาเป็นองค์ประกอบในการทำอิฐคอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุที่สำคัญอย่างหนึ่งของการสร้างอาคารบ้านเรือน (Saeed *et al.*, 2012) อีกทั้งยังมีส่วนประกอบในการทำคอนกรีตบล็อกนั้นทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ วัสดุผสมที่เหมาะสม และสารอื่นๆ ผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ (มอก. 57, 2533) นอกจากนั้นในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ยังมีการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ออกมาสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน เพื่อลดผลกระทบดังกล่าว จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้วัสดุที่มาทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดังเช่น จากงานวิจัยของ Pusit *et al.* (2012) ได้นำเปลือกหอยทั้งสี่ชนิดได้แก่ หอยลาย หอยแมลงภู หอยแครง และหอยนางรม มาทำการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเปลือกหอยในการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (5%, 10%, 15% และ 20% โดยน้ำหนัก) เพื่อผลิตเป็นซีเมนต์มอร์ตาร์ พบว่ามอร์ตาร์ที่ผสมกับเปลือกหอยหอยนางรมให้ค่ากำลังรับแรงอัดมากกว่าเปลือกหอยชนิดอื่น มอร์ตาร์ที่มีสัดส่วนของเปลือกหอยเพิ่มขึ้นทำให้ลดปริมาณน้ำที่ใช้ผสม เนื่องจากอนุภาคของเปลือกหอยที่มีความแบนและความเป็นรูพรุนต่ำ นอกจากนี้สมบุรณ์และนิรัตน์ (2549) ได้ทำการศึกษาการนำยิปซัมสังเคราะห์มาผสมเพื่อทำเป็นอิฐคอนกรีต พบว่าเมื่อนำมาผลิตอิฐคอนกรีตขนาด 195x95x65 มิลลิเมตร ใช้อัตราส่วนยิปซัมสังเคราะห์ต่อน้ำหนักปูนซีเมนต์เท่ากับ 5.5 : 1 ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดเป็น 12 MPa การดูกลิ่นน้ำ

ร้อยละ 15 และความต้านการสึกหรอมีค่าร้อยละ 95.7 นำไปผลิตเป็นอิฐคอนกรีตชั้นคุณภาพ ค-1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐคอนกรีต (มอก.59-2516) ได้

ดังนั้นเพื่อลดปริมาณมูลฝอย การกำจัดมูลฝอยที่ผิดวิธี และเพื่อเป็นทางเลือกในการจัดการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการจัดการมูลฝอย การศึกษาในครั้งนี้จึงนำมูลฝอยที่เกิดปัญหาบนเกาะสี่ซึ่งมาศึกษาเพื่อผลิตเป็นอิฐคอนกรีต โดยทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของขยะซีเมนต์ร่วมกับเปลือกหอยในการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จากนั้นเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุด มาทำการแทนที่ด้วยเปลือกหอยแครงและเปลือกแมลงงู แล้วทำการศึกษาลักษณะสมบัติของอิฐคอนกรีต ได้แก่ การทดสอบความต้านทานแรงอัด ค่าการดูดกลืนน้ำเทียบกับค่าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58-2533) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการขยะบนเกาะสี่ซึ่งอย่างยั่งยืนต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง

ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราเอสซีจี ทราายหยาบแม่น้ำตราลู้ซู้ตัง เปลือกหอยแครงและหอยแมลงงูจากจังหวัดสมุทรสงคราม นำมาล้างทำความสะอาด ตากแดด 1 วัน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมงจนแห้ง จากนั้นจึงนำไปบดและร่อนผ่านตระแกรงเบอร์ 100 แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ขยะซีเมนต์ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีดำจากเทศบาลตำบลเกาะสี่ซึ่งร่อนผ่านตระแกรงเบอร์ 100 และใช้แม่พิมพ์ขนาด 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร

### 2. การศึกษาลักษณะสมบัติเชิงเคมีฟิสิกส์

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอยแครง เปลือกหอยแมลงงู ปูนซีเมนต์ เศษแก้วและขยะซีเมนต์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์โดยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence Spectrometer: XRF) แล้วศึกษาชนิดของสารประกอบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction: XRD)

### 3. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์และขยะซีเมนต์

กำหนดอัตราส่วนผสมมวลอัตรา โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่อทรายหยาบเท่ากับ 0.5 : 1 : 3 โดยน้ำหนัก จากนั้นแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยขยะซีเมนต์ในอัตราส่วน 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 ตามลำดับ จากนั้นทำการผสมวัตถุดิบ ได้แก่ น้ำ ขยะซีเมนต์ ปูนซีเมนต์และทรายหยาบ จึงเติมน้ำและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ใส่แม่พิมพ์ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างออกจากแม่พิมพ์ นำก้อนอิฐคอนกรีตที่ได้ไปทำการบ่มโดยการแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นทำการทดสอบความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ตามวิธีของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและทดสอบอิฐและอิฐกลวง (มอก. 243-2520) เทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก.58-2533)

### 4. การแทนที่ขยะซีเมนต์และปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกหอย

นำเปลือกหอยแมลงงูมาแทนที่ขยะซีเมนต์และปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 2.5, 5, 10, 15, และ 20 จากนั้นทำการผสมวัตถุดิบ ได้แก่ น้ำ ขยะซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ เปลือกหอยและทรายหยาบ จึงเติมน้ำและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ใส่แม่พิมพ์ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างออกจากแม่พิมพ์ นำก้อนอิฐคอนกรีตที่ได้ไปทำการบ่มโดยการแช่น้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นทำการทดสอบความ

ด้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำ ตามวิธีของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและทดสอบอัฐ และอัฐกลวง (มอก. 243-2520) เทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก.58-2533) ทำการทดลองอีกครั้งหนึ่งโดยเปลี่ยนจากเปลือกหอยแครงเป็นเปลือกหอยแมลงภู่

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์

จากผลการวิเคราะห์วัสดุที่ใช้ในการทดลองดังแสดงใน Table 1 พบว่าปริมาณปูนซีเมนต์และขยะซีเมนต์ มีปริมาณองค์ประกอบหลักทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน ได้แก่แคลเซียมออกไซด์มีค่าเท่ากับ 62.40 และ 59.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือปริมาณของซิลิกอนไดออกไซด์มีค่าเท่ากับ 15.90 และ 16.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าขยะซีเมนต์มีแนวโน้มที่สามารถนำมาเป็นวัสดุทางเลือกในการทดแทนปูนซีเมนต์ได้ นอกจากนั้นเปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่ยังมีองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมออกไซด์ใน ปริมาณเท่ากับ 71.90 69.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับปูนซีเมนต์และขยะซีเมนต์

**Table 1** Chemical composition of Portland cement, cement waste, bloody cockle shellfish burning at 850 °C and green mussel shellfish burning at 850 °C

Chemical composition (%)	Materials			
	Portland cement	Cement waste	Bloody cockle 850 °C	Green mussel 850 °C
SiO <sub>2</sub>	15.90	16.80	0.07	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.73	3.22	0.03	0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.99	2.73	0.04	0.02
CaO	62.40	59.90	71.90	69.40
MgO	0.88	1.11	0.11	0.12
K <sub>2</sub> O	0.62	0.31	0.01	0.02
Na <sub>2</sub> O	0.24	0.25	1.28	1.43
SO <sub>3</sub>	3.49	0.36	0.11	0.23
Cl	0.03	0.02	0.02	0.08
TiO <sub>2</sub>	0.23	0.22	-	-
SrO	-	-	0.16	0.22

#### 2. ลักษณะทางภาพภาพ รูปแบบและโครงสร้างผลึก

จากผลการวิเคราะห์โดยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ดัง Figure 1 พบว่ารูปแบบการเกิดพีคที่มีความแหลมของทุกวัสดุที่นำไปวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าวัสดุนั้นประกอบด้วยสารที่มีโครงสร้างเป็นผลึก จากกราฟพบว่าปูนซีเมนต์และขยะซีเมนต์มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน จากตำแหน่งการเกิดพีคที่แกนนอนของกราฟ ประกอบกับแคลเซียมซิลิเกตซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักเกิดประมาณพีคที่ตำแหน่ง 29.5, 30, 32, 32.5, 34, 38.5,

41, 51.9, 56.5, 62.5 องศา รวมทั้งวัสดุทั้งสี่ชนิด ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ขยะซีเมนต์ เปลือกหอยแครงและหอยแมลงภู่ ที่ผ่านกระบวนการเผาที่อุณหภูมิสูงมีการเกิดพีคที่ตำแหน่งเดียวกันอยู่หลายจุด ได้แก่ 18, 28.5, 34, 47, 51, 54, 62.5, 64.5, 71.9 และ 84.5 องศา ซึ่งเป็นพีคของแคลเซียมไฮดรอกไซด์  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้ทำให้ขยะซีเมนต์ เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่มีความเหมาะสมที่นำมาทดแทนปูนซีเมนต์ได้

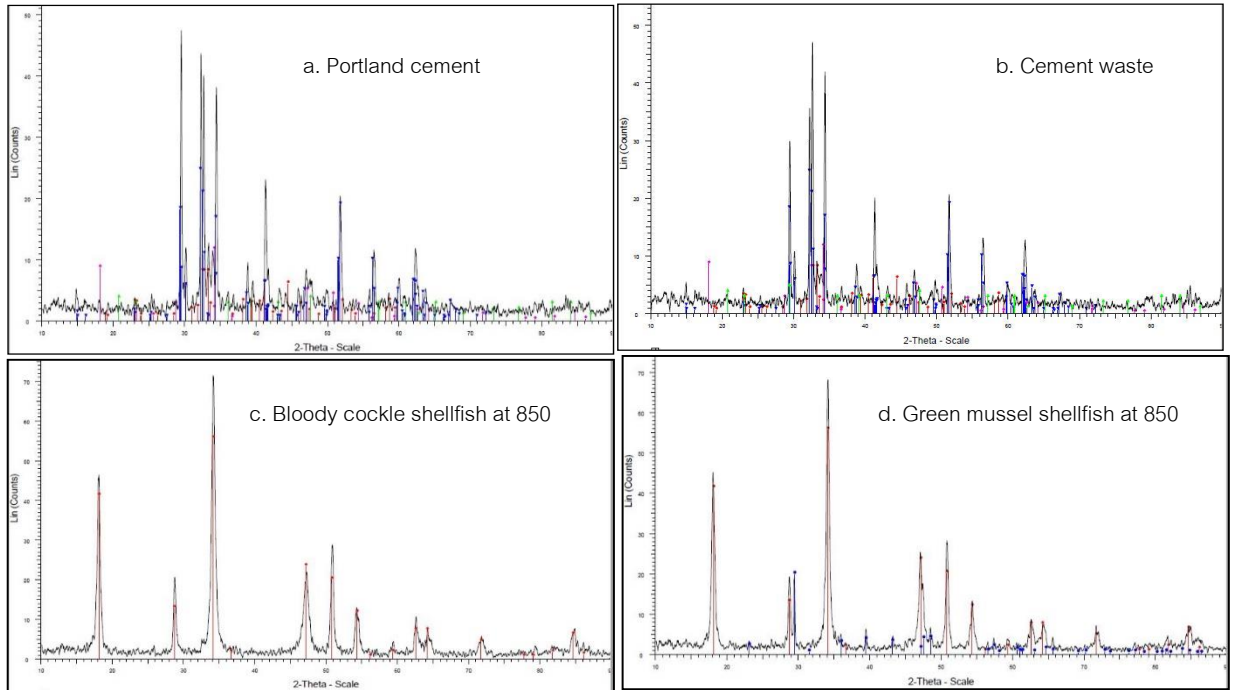


Figure 1 X-ray Diffraction patterns of Portland cement, Cement waste, Bloody cockle shellfish burning at 850 °C and Green mussel shellfish burning at 850 °C

### 3. อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างปูนซีเมนต์และขยะซีเมนต์

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดใน Figure 2 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณขยะซีเมนต์ทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดลดลง เนื่องจากปริมาณปูนซีเมนต์ที่ลดลงทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันลดลงประกอบกับขยะซีเมนต์มีแคลเซียมออกไซด์ ( $\text{CaO}$ ) ที่น้อยกว่าปูนซีเมนต์ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันช้าลง จึงทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดลดลงเช่นเดียวกัน (Hydration reaction; เป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อซีเมนต์สัมผัสกับน้ำแล้วสามารถเกิดการก่อตัวและการแข็งตัวได้) (CPAC, 2016; Olivia *et al.*, 2015) ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ใน มอก. 57-2533 มีค่าความต้านทานแรงอัดที่มากกว่า 5 MPa พบว่าปูนซีเมนต์ที่ถูกแทนที่ด้วยขยะซีเมนต์ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าการดูดกลืนน้ำเป็นดัง Figure 3 พบว่าในแต่ละอัตราส่วนมีค่าการดูดกลืนน้ำที่ใกล้เคียงกัน แต่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปริมาณขยะซีเมนต์เพิ่มขึ้น โดยค่ามาตรฐานของการดูดกลืนน้ำไม่เกิน 17.14% (มอก. 57-2533) เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าทุกอัตราส่วนที่ทำการทดลองผ่านเกณฑ์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงค่าความต้านทานแรงอัดและมีการนำเอาขยะซีเมนต์มาใช้ในการผสมทำอิฐคอนกรีต แล้วพบว่าที่อัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยร้อยละ 10 ของขยะซีเมนต์ มีค่าความต้านทานแรงอัด 8.08 MPa และค่าการดูดกลืนน้ำร้อยละ 7.88 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดลองขั้นต่อไป

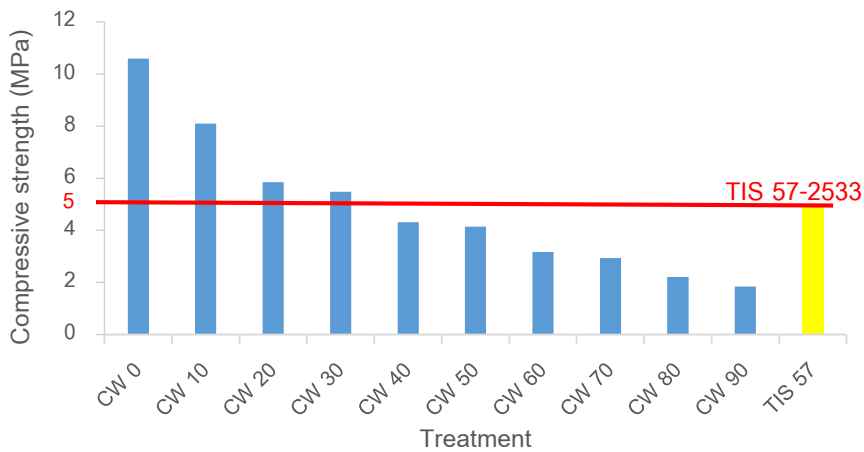
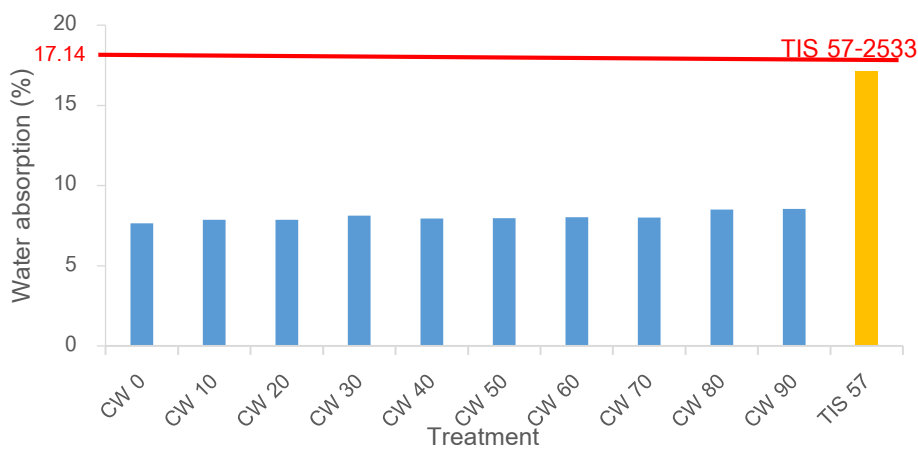


Figure 2 Compressive strengths of mortars concluding cement waste (CW)



Figure

3 Water

absorption of mortars concluding cement waste (CW)

#### 4. อัตราส่วนเปลือกหอยแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และขยะซีเมนต์ที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดใน Figure 4 พบว่าจากการทดสอบความต้านทานแรงอัดลดลงเมื่อปริมาณเปลือกหอยทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้น ซึ่งผลเป็นไปตามการศึกษาของ Pusit *et al.* (2012) เนื่องจากเมื่อทำการศึกษาโครงสร้างขนาดเล็ก พบว่าโครงสร้างของเปลือกหอย (13.33 ไมโครเมตร) มีขนาดใหญ่กว่าปูนซีเมนต์ (9.22 ไมโครเมตร) ทำให้เกิดการจัดเรียงตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลต่อความต้านทานแรงอัดที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ใน มอก. 57-2533 มีค่าความต้านทานแรงอัด 5 MPa พบว่าปูนซีเมนต์และขยะซีเมนต์ที่ถูกแทนที่ด้วยเปลือกหอยทั้งสองชนิดในร้อยละ 2.5, 5, 10 และ 15 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ถ้าเปรียบเทียบเปลือกหอยต่างชนิดกัน พบว่าอิฐที่มีส่วนผสมของเปลือกหอยหอยแครงมีค่าความต้านทานแรงกดอัดมากกว่าเปลือกหอยแมลงภู่เล็กน้อย เนื่องจากเปลือกหอยแมลงภู่ (6186 cm<sup>2</sup>/g) มีพื้นที่ผิวที่น้อยกว่าเปลือกหอยแครง (8299 cm<sup>2</sup>/g) ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันได้น้อยกว่า (Pusit *et al.*, 2012; Olivia *et al.*, 2015) ส่วนค่าการดูดกลืนน้ำเป็นดัง Figure 5 พบว่าในแต่ละอัตราส่วนมีค่าการดูดกลืนน้ำที่แตกต่างกันเล็กน้อย แต่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปริมาณของเปลือกหอยทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการจัดเรียงตัวที่ต่างกันของอนุภาค ทำให้ค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น (Pusit *et al.*, 2012) โดยค่ามาตรฐานของการดูดกลืนน้ำอยู่ที่ 17.14% (มอก. 57-2533) เนื่องจาก เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าทุกอัตราส่วนที่ทำการทดลองผ่านเกณฑ์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงค่าความ

ต้านทานแรงอัดและมีการนำเอาเปลือกหอยมาใช้ประโยชน์ โดยการผสมทำอิฐคอนกรีต แล้วพบว่าที่อัตราส่วน การแทนที่ปูนซีเมนต์และขยะซีเมนต์ด้วยร้อยละ 5 ของเปลือกหอย ซึ่งมีค่าความต้านทานแรงอัดของอิฐคอนกรีต ผสมกับเปลือกหอยแครงและหอยแมลงภู่มีค่า 6.41 และ 6.30 MPa ตามลำดับ และร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐ คอนกรีตที่ผสมกับเปลือกหอยแครงและหอยแมลงภู่มากกว่า 7.44 และ 7.91 ตามลำดับ เป็นอัตราส่วนที่มีความ เป็นไปได้ในการนำไปใช้ในการจัดการขยะมูลฝอยบนเกาะสีชัง

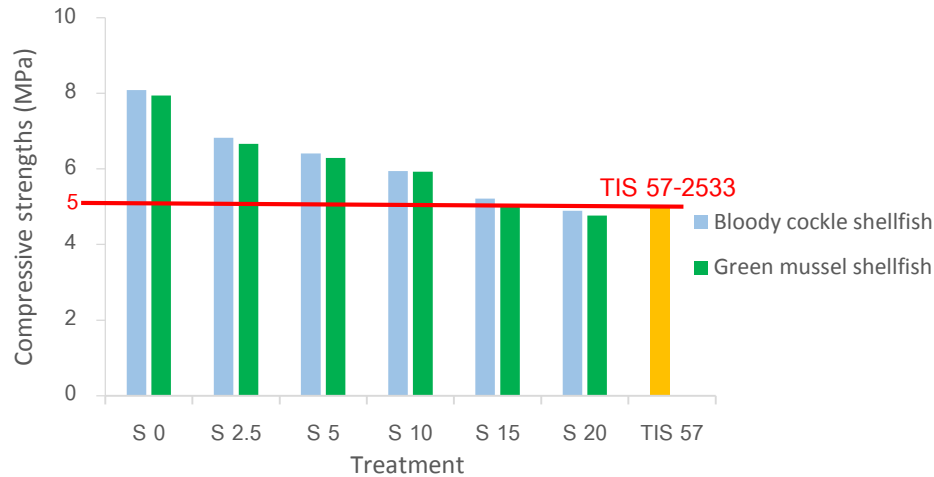


Figure 4 Compressive strengths of mortars concluding ground shellfish (S)

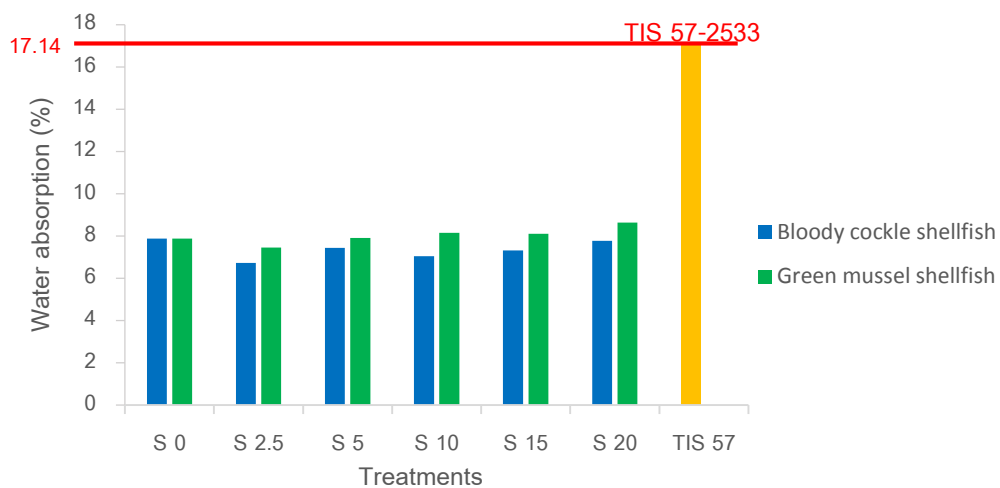


Figure 5 Water absorption of mortars concluding ground shellfish

### สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของขยะซีเมนต์ เปลือกหอยแครงและเปลือก หอยแมลงภู่มิเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ พบว่ามีความเป็นไปได้ในการใช้เป็นตัวทดแทนปูนซีเมนต์ การศึกษาการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยขยะซีเมนต์ ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของ ปูนซีเมนต์ : ขยะซีเมนต์ เท่ากับ 0.9 : 0.1 ซึ่งขยะซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดลดลงและค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น จากนั้นได้ทำการแทนที่สัดส่วนของปูนซีเมนต์และขยะซีเมนต์ด้วยเปลือกหอยแมลงภู่มิและเปลือกหอยแครง ดังนั้น อัตราส่วนที่เหมาะสมของ ปูนซีเมนต์ : ขยะซีเมนต์ : เปลือกหอย : ทราบหายาบ : น้ำ เท่ากับ 0.855 : 0.095 : 0.05

: 3 : 0.5 เมื่อเพิ่มปริมาณขี้เถ้าเมินต์ เปลือกหอยแครงและเปลือกหอยแมลงภู่ทำให้ความต้านทานแรงอัดลดลง ค่าการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น

#### เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2558**. แหล่งที่มา : [http://www.pcd.go.th/public/Publications/print\\_report.cfm?task=pcdreport-58final](http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=pcdreport-58final), 1 ตุลาคม 2559

กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. **สถิติการเลี้ยงหอยประมงประจำปี 2557**. แหล่งที่มา: [http://www.fisheries.go.th/it-stat/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42](http://www.fisheries.go.th/it-stat/index.php?option=com_content&view=article&id=42), 1 ตุลาคม 2559

กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลตำบลเกาะสีชัง. 2557. **รายงานสถานการณ์ ปัญหา และการบริหารจัดการขยะมูลฝอยปี 2557**. เทศบาลตำบลเกาะสีชัง. ชลบุรี

สมบุญ คงสมศักดิ์และนิรัตน์ แยมโอบฐ์. 2549. อิฐคอนกรีตผสมยิปซัมสังเคราะห์, **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 2 (พิเศษ): 90-96**.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก**. มอก. 57 เล่ม 1-2533.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2520. **วิธีชักตัวอย่างและทดสอบอิฐและอิฐกลวง**. มอก. 243 เล่ม 1-2520.

CPAC Academy. 2559. **Cement and Applications ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้**. แหล่งที่มา: <http://www.cpacacademy.com/index.php?tpid=0149>, 14 ตุลาคม 2559

Monita. O., A. A. Misfshella and L. Darmayanti. Mechanical properties of seashell concrete, pp. 760-764. *In Proceeding of the 6<sup>th</sup> International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum*. Procedia Engineering 125 (2015).

Pusit. L., N. Makul, and C. Siripattaraprat. Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering. *Journal of Environmental Management* 111 (2012): 133-141.

Thniya Kaosol. 2009. Sustainable solutions for municipal solid waste management in Thailand. *Engineering and Technology* 60: 534-539.

Saeed. A., X. Ren, V. Toufigh and L. Zhang. 2012. Production of geopolymeric binder from blended waste concrete powder and fly ash. *Construction and Building Materials* 35: 718-729.