การศึกษาสมบัติด้านวิศวกรรมของคอนกรีตบล็อกผสมเปลือกหอยนางรมบด

A STUDY OF ENGINEERING PROPERTIES OF CONCRETE BLOCKS MIXED WITH OYSTER SHELL WASTE

ทวีศักดิ์ รุ่งศักดิ์ทวีกุล[1], ปิยะพงศ์ กี่สวัสดิ์คอน[1], อภิเสฏฐ์ สุวรรณสะอาด[2*]

Thaweesak Rungsaktaweekul[1], Piyapong Kesawadkorn[2], Apised Suwansaard[2*]

[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย 77110

[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม ประเทศไทย 73170

[1]Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Wang Klai Kangwon Campus, Hua Hin, Prachuap Khiri Khan, Thailand, 77110

[2]Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Phutthamonthon, Nakhon Pathom, Thailand, 73170

*Corresponding author e-mail: apised.suw@rmutr.ac.th

วันที่เข้าระบบ 7 กุมภาพันธ์ 2567
วันที่แก้ไขบทความ 9 พฤษภาคม 2567
วันที่ตอบรับบทความ 27 มิถุนายน 2567

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติด้านวิศวกรรมของคอนกรีตบล็อกผสมเปลือกหอยนางรมบด โดยการนำขยะเปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร ที่อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : หินฝุ่น เท่ากับ 1 : 6 โดยน้ำหนัก และอายุบ่มที่ 7, 14 และ 28 วัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอยนางรมบด 2) ศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นตาม มอก.58-2560 และ 3) ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตคอนกรีตบล็อกกลวงแบบไม่รับน้ำหนักที่ใช้เปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นตาม มอก.58-2560

ผลการวิจัยพบว่า 1) เปลือกหอยนางรมบด มีองค์ประกอบหลักเป็น Calcium oxide โดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 48.85 ซึ่งสูงเมื่อเปรียบเทียบกับหินฝุ่นเพียงร้อยละ 1.8 เนื่องจากเปลือกหอยนางรมบดไม่ได้ผ่านกระบวนการเผาทำให้ความชื้นและปริมาณคาร์บอนอิสระในเปลือกหอยนางรมบดยังคงมีอยู่มากส่งผลให้วัสดุมีความต้องการน้ำสูงขึ้น 2) การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึมน้ำของหินฝุ่นและเปลือกหอยนางรมบด มีค่าเท่ากับ 2.67 และ 2.50 และ มีค่าเท่ากับ 3.2 และ 9.3 ตามลำดับ และการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด พบว่าอัตราส่วนที่ร้อยละ 20 มีค่าต้านทานกำลังอัดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 84 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุการบ่มสูงสุด 28 วัน 3) ต้นทุนของการผลิตคอนกรีตบล็อกกลวงแบบไม่รับน้ำหนักที่ใช้เปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่น ที่อัตราส่วน

ร้อยละ 20 ของการแทนที่ตาม มอก.58-2560 สามารถลดต้นทุนราคาต่อก้อนได้ถึง 0.49 บาทต่อก้อน คิดเป็นร้อยละ 9.58 ของคอนกรีตบล็อกต่อก้อน

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อก, เปลือกหอยนางรม, ค่ากำลังรับแรงอัด

Abstract

This research paper studied the engineering properties of concrete blocks mixed with oyster shell waste by substituting the crushed oyster shell waste for rock dust at a rate of 0, 20, 40, 60, 80, and 100 percent by weight, respectively. Concrete blocks were formed in the size of 7 x 19 x 39 centimeters with a 1:6 mixing ratio of cement to rock dust by weight. The blocks were taken into study after 7, 14, and 28 days of curing periods. The objectives of this study are 1) to investigate the physical properties and chemical composition of the crunched oyster shells; 2) to study the physical and mechanical properties of the concrete blocks using crunched oyster shells substituted with rock dust in alignment with the TIS 58-2017 regulation; and 3) to study and analyze the cost of producing non-load-bearing hollow concrete blocks substituted with the oyster shell waste as per the TIS 58-2017 regulation.

The research results showed that the oyster shell waste consisted of 48.85 percent calcium oxide, a high percentage compared to only 1.8 percent of the rock dust. Since the oyster shell waste had not gone through the firing process, the moisture and free carbon content inside were still high, causing a higher water demand. The specific gravity of rock dust and oyster shell waste was 2.67 and 2.50, while the water absorption values were 3.2 and 9.3, respectively. As for compressive strength values, the concrete blocks with the 20 percent mixing rate, cured for 28 days at the maximum, had the highest compression resistance value of 84 kilograms per square centimeter. The research suggested that producing non-load-bearing hollow concrete blocks with oyster shell waste substitution at a rate of 20 percent, which is in alignment with the TIS 58-2017 regulation, can reduce the cost by 0.49 baht per block, equivalent to a 9.58 percent reduction of each concrete block.

Keywords: Concrete blocks, Oyster shells, Compressive strength

1. บทนำ

ในปัจจุบันจำนวนประชากรของประเทศไทยมีปริมาณ 66 ล้านคน ทำให้มีความต้องการในการอุปโภคและบริโภคเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยและสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิตเกิดขึ้นมากมาย ทำให้ภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมต้องมีการผลิตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีปริมาณขยะหรือของเสียจากกระบวนการผลิตต่างๆ ทั้งที่มีอันตรายและไม่มีอันตรายจำนวนมาก ทำให้ต้องมีการวางแผนในการจัดการของเสียเหล่านั้น

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นจังหวัดทางภาคใต้ฝั่งตะวันตกซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและต่างชาติ เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในพื้นที่ สำหรับภาคอุตสาหกรรมอาหารทะเลที่ได้รับความนิยมต่อการบริโภคของนักท่องเที่ยวแล้ว โดยเฉพาะอาหารทะเลจำพวกหอยต่างๆ ที่นักท่องเที่ยวมีความต้องการบริโภคอย่างมาก เมื่อมีการบริโภคเสร็จจะมีเศษเปลือกหอยที่เหลือทิ้งจากร้านอาหารในอำเภอหัวหินมีปริมาณ 20 กิโลกรัม ต่อ 1 ร้านอาหารในช่วงเวลา 1 เดือนและไม่มีการจำกัดให้เป็นรูปธรรมก็จะให้เกิดเป็นของเสียและเป็นขยะรบกวนต่อชุมชนส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้ในระยะยาวถ้าไม่มีการกำจัดอย่างถาวร "เปลือกหอย" เป็นปัญหาขยะจากอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ค่าใช้จ่ายมากในการกำจัด ซึ่งร้อยละ 95 ของเปลือกหอยมีสารแคลเซียมคาร์บอเนตที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลายอุตสาหกรรม ดังนั้นหากมีเทคโนโลยีที่สามารถเปลี่ยนขยะเปลือกหอยเหล่านี้ให้สร้างมูลค่าเพิ่มได้ก็นับว่าคุ้มค่าเป็นอย่างยิ่ง (ชุติพันธ์, 2566)

ดังนั้นในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างจึงเล็งเห็นแล้วว่าหากนำผลิตผลทางอุตสาหกรรมอาหารมาใช้ให้เกิดผลประโยชน์โดยเฉพาะเปลือกหอยต่างๆ ที่เหลือทิ้งจากร้านอาหาร เพื่อที่จะลดขยะ และหมุนเวียน เพื่อสร้างประโยชน์ให้วัสดุเหลือทิ้งที่มักมีจุดจบในหลุมฝังกลบ

คอนกรีตบล็อกเป็นวัสดุประเภทหนึ่งที่ใช้สำหรับการก่อสร้าง เป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย นอกจากนี้คอนกรีตบล็อกยังมีราคาถูก ก่อสร้างง่าย และหาซื้อได้ง่าย อีกทั้งโครงสร้างที่ทำด้วยคอนกรีตบล็อกเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง คงทน (ดิศสกุล และกิตติพงศ์, 2562) ทั้งนี้คอนกรีตบล็อกสามารถผลิตได้โดยการนำปูนซีเมนต์และน้ำผสมกับวัสดุมวลรวม เช่น ทรายและหินฝุ่น ในอัตราส่วนต่างๆ นอกจากนี้ยังมีใช้วัสดุทดแทนมาทำคอนกรีตบล็อก เช่น เศษเปลือกหอยแครงและหอยนางรม ซึ่งเปลือกหอยประกอบด้วยสารจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนใหญ่ สมบัติต้านทานไฟฟ้าดี ทนทานต่อการรับกำลังอัด และเพื่อเป็นการสร้างประโยชน์ทั้งในด้านการลดปริมาณของขยะประเภทเศษเปลือกหอยและลดปัญหาการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเศษขยะจากเปลือกหอยนางรมที่ถูกทิ้งอย่างมหาศาลในแต่ละปี นำมาบดอัดแทนที่หินฝุ่นเพื่อเป็นวัสดุก่อสร้างทางเลือก คือนำมาผลิตคอนกรีตบล็อก และทำให้เศษขยะจาก

เปลือกหอยนางรมมีมูลค่า และทำให้เกิดประสิทธิภาพทางด้านวิศวกรรมและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคตต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอยนางรมบด

2.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นตาม มอก.58-2560

2.3 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตคอนกรีตบล็อกกลวงแบบไม่รับน้ำหนักที่ใช้เปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นตาม มอก.58-2560

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

ในกระบวนการดำเนินงานวิจัยซึ่งเป็นการทดสอบสมบัติทางด้านวิศวกรรมของคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบด วัสดุที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตรา ทีพีไอ ตามมาตรฐาน ASTM C 150 2) หินฝุ่น ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ค้างเบอร์ 8 และ 3) เปลือกหอยนางรมบด ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ค้างเบอร์ 8

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ประกอบด้วยอุปกรณ์ 1) เครื่องทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด ขนาด 2,000 กิโลนิวตัน รุ่น STS-C902V 2) เครื่องเขย่าตะแกรงร่อนและชุดตะแกรงร่อน 3) เครื่องบดหิน รุ่น VE Wegter 4) เครื่องปั่นเอนกประสงค์ 5) เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกและ 6) ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส

3.3 กระบวนการดำเนินการวิจัย

1) นำเศษขยะจากเปลือกหอยนางรมที่ใช้ในการทดลองจากร้านอาหารในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ผ่านการแช่กรดอะซีติก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยมวลต่อปริมาตร ที่เวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำผึ่งแดด แล้วทำการบดด้วยเครื่องทดสอบความทนทานต่อการสึกกร่อนของหิน LOS ANGELES ABRASION เวลา 1 ชั่วโมง พร้อมนำไปร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 4 ค้างเบอร์ 8 และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

2) นำเปลือกหอยนางรมที่ผ่านการบด ใช้แทนที่หินฝุ่นด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ โดยน้ำหนัก

3) ทำการขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร ที่อัตราส่วนผสม ปูนซีเมนต์ : หินฝุ่น เท่ากับ 1 : 6 โดยน้ำหนัก และผสมน้ำตามอัตราส่วน 0.5 โดยน้ำหนักของอัตราส่วนผสม

4) ทำการทดสอบสมบัติทางวิศวกรรมของคอนกรีตบล็อกผสมขยะเปลือกหอยนางรมบดเพื่อหาค่าสมบัติของการดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด

5) ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตคอนกรีตบล็อกกลวงแบบไม่รับน้ำหนักที่ใช้ขยะเปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นตาม มอก.58-2560

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของหินฝุ่นและเปลือกหอยนางรมบด

ตารางที่ 4-1 องค์ประกอบทางเคมีของหินฝุ่น

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
Silicon dioxide (SiO_2)	65.51
Aluminum oxide (Al_2O_3)	12.03
Potassium oxide (K_2O)	10.10
Ferric oxide (Fe_2O_3)	5.20
Sodium oxide (Na_2O)	3.39
Calcium oxide (CaO)	1.80
Magnesium oxide (MgO)	0.76
Sulfur trioxide (SO_3)	0.13

ตารางที่ 4-2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหอยนางรมบด

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
Calcium oxide (CaO)	48.85
Loss on ignition (L O I)	40.37
Silicon dioxide (SiO_2)	4.31
Aluminum oxide (Al_2O_3)	1.17
Magnesium oxide (MgO)	0.99
Sulfur trioxide (SO_3)	0.62
Ferric oxide (Fe_2O_3)	0.40
Potassium oxide (K_2O)	0.14

จากตารางที่ 4-1 และ 4-2 โดยพบว่า เปลือกหอยนางรมบด มีองค์ประกอบหลักเป็น CaO โดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 48.85 ซึ่งสูงเมื่อเปรียบเทียบกับหินฝุ่นเพียงร้อยละ 1.8 แต่ CaO ในเปลือกหอยนางรมบดนั้นจะอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตเนื่องจากเปลือกหอยนางรมบดไม่ได้ผ่านกระบวนการเผา ทำให้ความชื้นและปริมาณคาร์บอนอิสระในเปลือกหอยนางรมบดยังคงมีอยู่มาก จากผลดังกล่าวจะส่งผลให้วัสดุมีความต้องการน้ำสูงขึ้น

4.1.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นและเปลือกหอยนางรมบด

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของหินฝุ่นและเปลือกหอยนางรมบด โดยผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำได้ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 128 Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของขยะเปลือกหอยนางรมบด

สมบัติทางกายภาพ	หินฝุ่น	เปลือกหอย
ความถ่วงจำเพาะ(Specific Gravity)	2.67	2.50
ร้อยละการดูดซึม (Absorption)	3.2	9.3

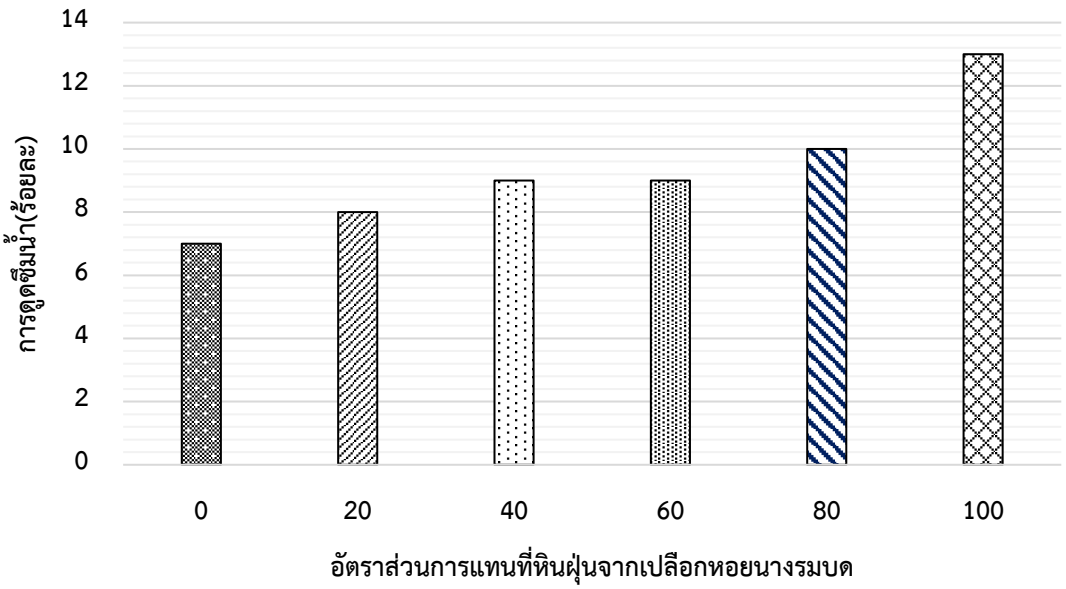
4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 4-4 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพคอนกรีตบล็อก

สัญลักษณ์	อัตราส่วนที่ทดแทนหินฝุ่น (ร้อยละ)	ปริมาณการดูดซึมน้ำที่เวลา24 ชั่วโมง (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
STD	0	7	1.89
S-1	20	8	1.69
S-2	40	9	1.66
S-3	60	9	1.49
S-4	80	10	1.45
S-5	100	13	1.46

4.2.1 การทดสอบดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมขยะเปลือกหอยนางรมบด ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร

จากการทดสอบการดูดซึมของคอนกรีตบล็อกจากขยะเปลือกหอยนางรมบด โดยใช้เปลือกหอยที่ผ่านการบดอัดมาแทนที่หินฝุ่นที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ มีอายุบ่มที่ 7,14,28 วัน ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4-4 และ ภาพที่ 1

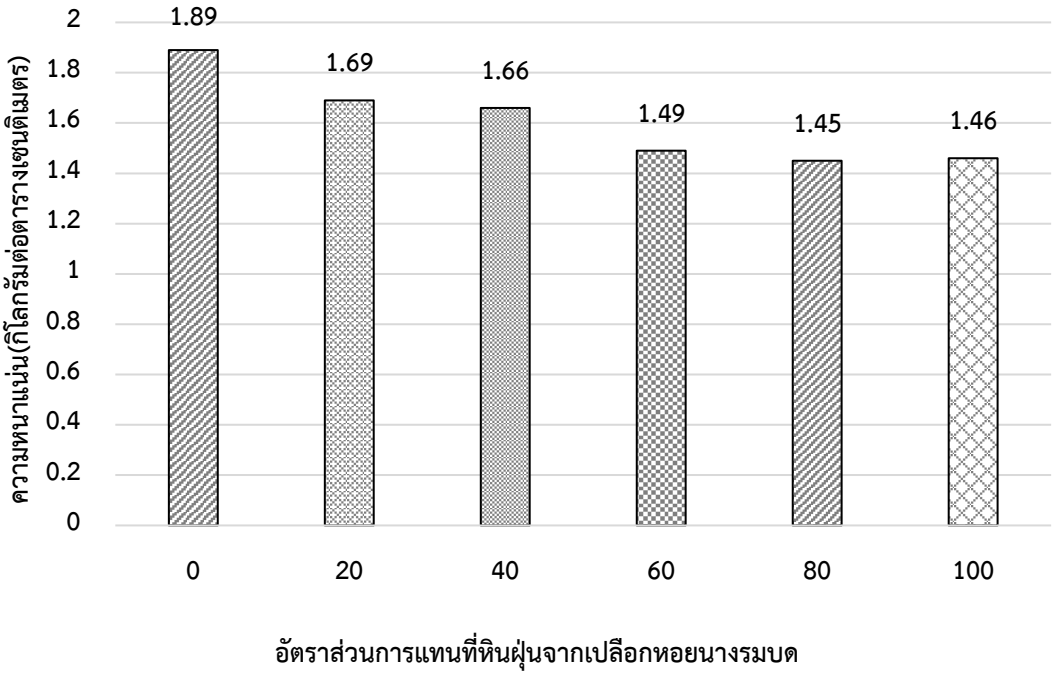


ภาพที่ 1 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกแทนที่หินฝุ่นจากเปลือกหอยนางรมบด

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำพบว่าคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบดสามารถดูดซึมน้ำได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อกมาตรฐานที่ไม่มีส่วนผสมของขยะเปลือกหอยนางรมบด เนื่องจากเปลือกหอยนางรมบดมีความสามารถดูดซึมน้ำมากกว่าหินฝุ่น ลักษณะรูปร่างอนุภาคของเปลือกหอยนางรมบดมีขนาดอนุภาคเล็กใหญ่คละกัน บางส่วนค่อนข้างเรียบ พรุน และมีช่องว่างภายใน ทำให้ดูดซึมน้ำสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีความต้องการปริมาณน้ำในส่วนผสมมากขึ้น และอาจยังทำให้ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มีผลเสียต่อการเยิ้มของคอนกรีตและทำให้กำลังอัดลดลง

4.2.2 การทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกจากขยะผสมเปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่น ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร

จากการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบด โดยใช้เปลือกหอยที่ผ่านการบดอัดมาแทนที่หินฝุ่นที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ มีอายุบ่มที่ 7,14,28 วัน ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4-4 และ ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความหนาแน่นคอนกรีตบล็อกแทนที่หินฝุ่นจากเปลือกหอยนางรมบด

จากภาพที่ 2 ลักษณะแผนภูมิแท่งแสดงค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดสอบ พบว่าคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบด ที่มีการนำเปลือกหอยมาทดแทนหินฝุ่นจะมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าโดยชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบคอนกรีตบล็อกที่ไม่ได้นำเปลือกหอยนางรมบดมาแทนที่หินฝุ่น

4.3 ผลการทดสอบทางกลของคอนกรีตบล็อก

4.3.1 การทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบด ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4

ภาพที่ 3 การขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบด

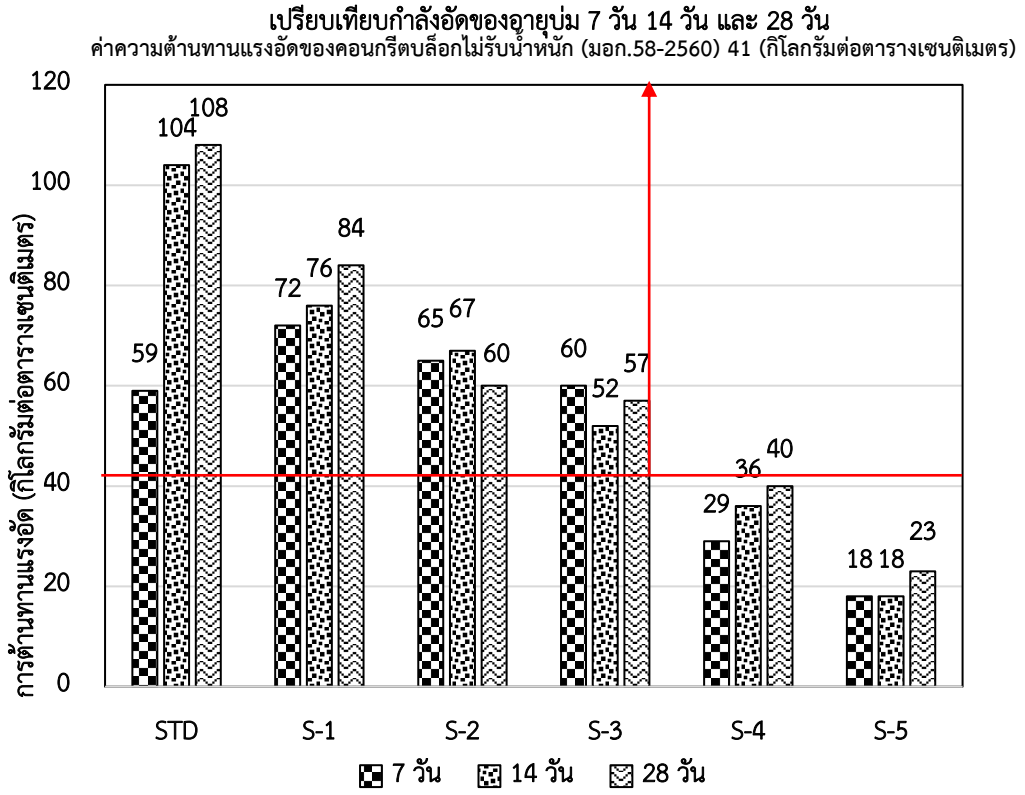
ภาพที่ 4 การทดสอบกำลังรับแรงอัดคอนกรีตบล็อกแทนที่หินฝุ่นจากเปลือกหอยนางรมบด

จากการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบด โดยใช้เปลือกหอยที่ผ่านการบดมาแทนที่หินฝุ่นที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ100 ตามลำดับ มีอายุบ่มที่ 7 14 และ 28 วัน ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4-5 และ ภาพที่ 5

ตารางที่ 4-5 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพคอนกรีตบล็อก

สัญลักษณ์	อัตราส่วนที่ทดแทนหินฝุ่น (ร้อยละ)	กำลังอัดที่อายุ 7 วัน (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	กำลังอัดที่อายุ 14วัน (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	กำลังอัดที่อายุ 28 วัน (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
STD	0	59	104	108
S-1	20	72	76	84
S-2	40	65	67	60
S-3	60	60	52	57
S-4	80	29	36	40
S-5	100	18	18	23

จากภาพที่ 5 แสดงผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบด โดยใช้เปลือกหอยที่ผ่านการบดมาแทนที่หินฝุ่นที่อัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ มีอายุบ่มที่ 7 14 และ 28 วัน จากผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด พบว่าอัตราส่วนที่ร้อยละ 20 มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกชนิดอื่นที่มีส่วนผสมจากขยะเปลือกหอยนางรมบด และอัตราส่วนที่ ร้อยละ 40, 60, 80, 100 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลงมาตามลำดับ



ภาพที่ 5 ผลเปรียบเทียบการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกแทนที่หินฝุ่นจากเปลือกหอยนางรมบด

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่ร้อยละ 0, 20, 40, 60 มีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ในเกณฑ์มาตราฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มอก 58-2560 ที่ต้องการค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่า 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอัตราส่วนแทนที่หินฝุ่นจากขยะเปลือกหอยร้อยละ 80 และ 100 มีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตราฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก 58-2560

4.4 การคำนวณต้นทุน

ในการศึกษาการทดลองนี้จะวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์เฉพาะราคาต้นทุนวัสดุในกรณีศึกษาที่มีผลการทดลองค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ผ่านเกณฑ์มอก 58-2560 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ราคาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์เฉพาะราคาต้นทุนวัสดุ

วัสดุคอนกรีตบล็อกอัตราส่วนมาตราฐาน 1:6	คอนกรีตบล็อกที่ทดแทนหินฝุ่นด้วยเปลือกหอยนางรมอัตราส่วนผสม(ร้อยละ)											
	0		20		40		60		80		100	
	ปริมาณที่ใช้/ก้อน (Kg)	ราคา/ก้อน (บาท)	ปริมาณที่ใช้/ก้อน (Kg)	ราคา/ก้อน (บาท)	ปริมาณที่ใช้/ก้อน (Kg)	ราคา/ก้อน (บาท)	ปริมาณที่ใช้/ก้อน (Kg)	ราคา/ก้อน (บาท)	ปริมาณที่ใช้/ก้อน (Kg)	ราคา/ก้อน (บาท)	ปริมาณที่ใช้/ก้อน (Kg)	ราคา/ก้อน (บาท)
ปูนซีเมนต์	1	2.68	1	2.68	1	2.68	1	2.68	1	2.68	1	2.68
หินฝุ่น	6	2.43	4.8	1.94	3.6	1.46	2.4	0.97	1.2	0.49	0	0
เปลือกหอยนางรม	0	0	1.2	0	2.4	0	3.6	0	4.8	0	6	0
รวมราคา (บาท)		5.11		4.62		4.14		3.65		3.17		2.68
ผลต่างต้นทุน (บาท)	**0**		0.49		0.97		1.46		1.94		2.43	
ร้อยละต้นทุนลดลง	**0**		9.58		18.98		28.57		37.96		47.55	

จากการเปรียบเทียบต้นทุนเฉพาะค่าวัสดุในการผลิตคอนกรีตบล็อกที่ใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับหินฝุ่นในอัตราส่วน 1:6 โดยน้ำหนักกับอัตราส่วนที่ใช้เปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นในอัตราส่วนทดแทนในอัตราส่วนร้อยละ 20, 40, 60, 80 และ100 โดยที่เปลือกหอยนางรมเป็นวัสดุเหลือทิ้งจึงไม่มีมูลค่าอาจจะมีเพียงการใช้แรงงานคนในการขนย้ายและทำความสะอาดเท่านั้น ดังนั้นการใช้เปลือกหอยนางรมบด จึงเป็นวัสดุทางเลือกในการนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนหินฝุ่น สามารถลดราคาต้นทุนการผลิตได้ร้อยละ 9.58, 18.98, 28.57, 37.96 และ 47.55 คอนกรีตบล็อกต่อก้อน ตามลำดับ

5. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาสมบัติทางด้านวิศวกรรมของคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ ทำการบ่มเป็นระยะเวลา 7,14 และ 28 วัน นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2560 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเปลือกหอยนางรมบดนั้น ซึ่งจะอยู่ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตเนื่องจากเปลือกหอยนางรมบดไม่ได้ผ่านกระบวนการเผา ทำให้ความชื้นและปริมาณคาร์บอนอิสระในเปลือกหอยนางรมบดยังคงมีอยู่มาก จากผลดังกล่าวจะส่งผลให้วัสดุมีความต้องการน้ำสูงขึ้น

5.2 เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นและเปลือกหอยนางรมพบว่า ลักษณะรูปร่างอนุภาคของเปลือกหอยนางรมบดมีขนาดอนุภาคเล็กใหญ่คละกัน พื้นที่ผิวค่อนข้างขรุขระแต่ บางส่วนค่อนข้างเรียบ พรุน และมีช่องว่างภายใน ทำให้ดูดซึมน้ำสูงขึ้น ทำให้เกิดการเยิ้มของคอนกรีต ซึ่งต่างจากหินฝุ่นที่มีลักษณะเป็นก้อนเหลี่ยมและมีลักษณะผิวที่ขรุขระมากกว่าเปลือกหอยนางรม จึงมีผลต่อการรับกำลังต้านทานกำลังแรงอัดลดลงเมื่อนำเปลือกหอยนางรมมาแทนที่หินฝุ่น

5.3 จากการศึกษาสมบัติของเปลือกหอยนางรมที่นำมาทดแทนหินฝุ่นในอัตราส่วนต่างๆ โดยการออกแบบส่วนผสมที่มีอัตราส่วนของ ปูนซีเมนต์:หินฝุ่น:เปลือกหอยนางรม โดยผู้วิจัยพิจารณาอัตราส่วนผสมของเปลือกหอยนางรมที่นำไปแทนที่หินฝุ่นที่อัตราส่วนร้อยละ 20 40 60 80 และ100 พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจะมีค่าลดลงตามปริมาณเปลือกหอยนางรมบดที่เพิ่มขึ้น จึงได้อัตราส่วนของเปลือกหอยนางรมในการทดแทนหินฝุ่นที่ร้อยละ 20, 40 และ 60 ที่มีค่ารับกำลังอัดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.58-2560 ที่ต้องการค่ารับกำลังอัดสูงกว่า 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

5.4 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบด พบว่าอัตราส่วนการแทนที่ที่เหมาะสมคือร้อยละ 20 ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน ที่ร้อยละ 8 มีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงคอนกรีตบล็อกมาตรฐานที่ 1.69 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่ารับกำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 84 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าที่มีกำลังสูงสุดและใกล้เคียงคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน และอยู่ในเกณฑ์มาตราฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ที่ต้องการการต้านทานแรงอัดสูงกว่า 41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งค่ากำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีส่วนผสมของเปลือกหอยนางรมบดจะต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักในบางอัตราส่วน ตามมาตรฐานมอก. 58-2560

5.5 จากการเปรียบเทียบต้นทุนเฉพาะค่าวัสดุในการผลิตคอนกรีตบล็อกที่ใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับหินฝุ่นในอัตราส่วน 1:6 โดยน้ำหนักกับอัตราส่วนที่ใช้เปลือกหอยนางรมแทนที่หินฝุ่นในอัตราส่วนร้อยละ 20 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีกำลังรับแรงอัดสูงสุดในการใช้เปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ 0.49 บาทต่อก้อน คิดเป็นร้อยละ 9.58 ของคอนกรีตบล็อกต่อก้อน

6. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาสมบัติทางด้านวิศวกรรมของคอนกรีตบล็อกผสมขยะจากเปลือกหอยนางรมบดแทนที่หินฝุ่นด้วยอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 ตามลำดับ มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1) การนำเปลือกหอยนางรมมาใช้ผสมในกระบวนการทดสอบควรจะนำเปลือกหอยนางรมไปทำการแช่กรดอะซีติกเพื่อลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดมากับหอย แล้วนำผึ่งแดด แล้วทำการบด

2) การใช้ขนาดคละของเปลือกหอยนางรมบดควรให้ได้ขนาดเท่ากันกับขนาดคละของหินฝุ่น เพราะอาจจะทำให้ค่าการทดสอบมีความเป็นไปได้มากกว่า และสามารถนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ไปในทิศทางเดียวกันได้ และหากต้องการเปลือกหอยบดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 8 การนำเปลือกหอยนางรมมาบดควรใช้เปลือกหอยนางรมที่มีขนาดใหญ่ในการนำมาบดจะทำให้ได้เปลือกหอยนางรมที่มีขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค้างเบอร์ 8 ที่มีจำนวนเยอะกว่าการใช้เปลือกหอยขนาดเล็กหรือเศษของเปลือกหอยมาทำการบด

3) คุณสมบัติของเปลือกหอยนางรมบดไม่สามารถรับกำลังอัดได้เช่นเดียวกันกับหินฝุ่น เนื่องจากเปลือกหอยนางรมมีลักษณะผิวหลายส่วนค่อนข้างความเรียบ มีความพรุน มีช่องว่าง ควรนำไปทดแทนปูนซีเมนต์มากกว่า แต่ควรนำเปลือกหอยนางรมไปเผาและทำการบด จะทำให้มีคุณสมบัติเป็นปอซโซลาน ช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ดีขึ้นในด้านการรับกำลัง

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ รวมถึงนักศึกษาและอาจารย์ในสาขาวิศวกรรมโยธา ที่ช่วยเสียสละเวลาและองค์ความรู้ในการสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ และผู้ร่วมวิจัยที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

ดิศสกุล อึ้งตระกูล และกิตติพงศ์ รื่นวงศ์. (2562). การพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากใยบวบหอม. **วารสารวิชาการการออกแบบสภาพแวดล้อม**, 1, 92-107.

"เส้นพลาสติกรักษ์โลก" จาก "เปลือกหอยแมลงภู่" คืนชีพขยะ PLA แก้ปัญหาชุมชน ฝีมือนาโนเทค สวทช.-จุฬาฯ. (22 พฤศจิกายน 2566). **ผู้จัดการออนไลน์**. ค้นจาก https://mgronline.com/greeninnovation/detail/9660000104483

Aljerf, L. (2015). Effect of thermal-cured hydraulic cement admixtures on the mechanical properties of concrete. **Intercom-International Ceramic Review**, 64(8), 346-356.

ASTM Standard. (2013). **Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete**. Retrieved from www.astm.org: ASTM International.

ASTM Standard. (2014). **Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete**. Retrieved from www.astm.org: ASTM International.

ASTM Standard. (2019). **Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates**. Retrieved from www.astm.org: ASTM International.

ASTM Standard. (2019). **Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars Using 2-in. (2020). [or 50-mm] Cube Specimens**. Retrieved from www.astm.org: ASTM International.

Bahij, S., Omary, S., Feugeas, F., & Faqiri, A. (2020). Fresh and hardened properties of concrete containing different forms of plastic waste–A review. **Waste Management**, 113, 157-175.

Kaya, A., & KAR, F. (2016). Properties of concrete containing waste expanded polystyrene and natural resin. **Construction and Building Materials**, 15(105), 572-578.

Madhu, G., Bhunia, H., Bajpai, P.K., & Chaudhary, V. (2014). Mechanical and morphological properties of high-density polyethylene and polylactide blends. **Journal of Polymer Engineering**, 34(9), 813-821.

Paopongpaiboon, K., Boonserm, K., Chindaprasirt, P., & Horsakulthai, V. (2019). The effect of organic solvent patios on mechanical properties and thermal conductivity of walkway block from waste foam residue. **The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage**, 30(4), 121-132.

Solomon. A., & Hemalatha, G. (2018). Experimental investigation of insulated concrete form (ICF) wall panels under quasi-static cyclic load. **International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)**, 8(2), 84-88.

Suwansaard, A., Kongpun, T., & Khemkhao, M. (2021). Properties of Mortar Composites from Plastic Waste. **Journal of Applied Science and Engineering**, 25(1), 59-70.

Suwansaard, A., Kongpun, T., & Khemkhao, M. (2022). Properties of Mortars Mixed with Polystyrene and Hemp Fiber Wastes. **Applied Science and Engineering Progress**, 15(1), 1-11.

Thai Industrial Standard (TIS). (2017). **TIS no. 58-2560 Hollow non-loadbearing concrete masonry units**. Ministry of Industry (Thailand).

Wang, R., & Meyer, C. (2012). Performance of cement mortar made with recycled high-impact polystyrene. **Cement and Concrete Composites**, 34(9), 975–981.