

# การใช้เถ้าปาล์มน้ำมันในการผลิตคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนัก

## Usage of Palm Oil Ash in Producing Non-Load Concrete Block

วรรณีย์ สุขสาตรา<sup>1</sup> และ ณภัทร เปรมกมล<sup>2</sup>

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี 12000<sup>1</sup>

บริษัท ซีวิลมี ดีไซน์กรุ๊ป จำกัด กรุงเทพมหานคร 10510<sup>2</sup>

E-mail: vannee@rsu.ac.th<sup>1</sup>, napat\_premkamol@hotmail.com<sup>2</sup>

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความแข็งแรงของคอนกรีตบล็อกขนาด 70x190x390 มิลลิเมตร ที่มีการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันมาทดแทนปูนซีเมนต์ในส่วนผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้ในการศึกษามาจากโรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดสุราษฎร์ธานี อัตราส่วนผสมของวัสดุประสานซึ่งประกอบด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าปาล์มน้ำมันต่อหินฝุ่นเป็น 1:9 หินฝุ่นที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นหินปูนจากโรงโม่หินสมุทร จังหวัดสุพรรณบุรี สัดส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ของวัสดุประสานโดยน้ำหนัก การทดสอบที่ดำเนินการในการวิจัยนี้ประกอบด้วยการศึกษาคุณสมบัติของเถ้าปาล์มน้ำมันและหินฝุ่น, และการทดสอบกำลังของมอร์ตาร์และคอนกรีตบล็อกดังกล่าวที่ระยะเวลา 3 วัน, 7 วัน, 14 วันและ 28 วัน ผลของการศึกษาพบว่า เถ้าปาล์มน้ำมันมีคุณสมบัติผ่านข้อกำหนดของการเป็นวัสดุปอซโซลานตาม ASTM C618 และค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกมีค่าต่ำลงเมื่อปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันมีจำนวนมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่มีเถ้าปาล์ม

น้ำมันมาทดแทนปูนซีเมนต์ในวัสดุประสานของการศึกษานี้ก็มีค่ามากกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนักประเภท 2 ที่กำหนดได้ตามมาตรฐาน มอก. 58-2533.

### Abstract

This research was to study the strength of concrete block size 70x190x390 mm., with palm oil ash as a substitute for portland cement in the mixture. The palm oil ash from Prachuap Khiri Khan Province and the dust stone from Suphanburi Province were used in this study. The ratio of pozzolanic material containing portland cement and palm oil ash to dust stone was 1:9. The mixing proportion of palm oil ash is 10, 20, 30, 40, 50, and 60 percent of pozzolanic material by weight. The tests consisted of determining the properties of palm oil ash and dust, and determining the compressive strength of the concrete blocks mentioned above at curing period of 3, 7, 14 and 28 days. The results of the study showed that palm oil ash meets the requirements of the ASTM C618 to be the

pozzolanic material and the compressive strength of the concrete blocks is lower when the amount of palm oil ash is increased. It was also found that the compressive strength of concrete blocks with palm oil ash was higher when the curing time increased. However, the compressive strength of the concrete blocks, using the palm oil ash to replace cement in the mixture of pozzolanic material, in this research was higher than the compressive strength of non-load concrete block type 2 specified in TIS 58-2533.

## 1. บทนำ

ปัจจุบัน ประเทศไทยได้มีการนำผลผลิตจากต้นปาล์มน้ำมันมาพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเป็นพลังงานที่ใช้ภายในประเทศ และมีวัสดุที่เหลือทิ้งเป็นเถ้าปาล์มที่นับได้ว่าเป็นเถ้าชีวมวล งานวิจัย [1] พบว่าลักษณะของเถ้าปาล์มน้ำมันมีน้ำหนักเบาและกระจายไปในอากาศ ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลาน ซึ่งอาจนำไปใช้ในการเป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์สำหรับการทำวัสดุก่อสร้างและทำให้ต้นทุนในการผลิตวัสดุก่อสร้างต่ำลง นอกจากนี้ยังพบผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเถ้าปาล์มน้ำมันหลายงาน ได้แก่ การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความละเอียดของเถ้าปาล์มน้ำมัน [2] และ [3] พบว่าค่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ที่มีเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดละเอียดมากเป็นส่วนผสมในสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 30 และที่อายุการบ่ม 28 วันขึ้นไปมีค่าสูงกว่ามอร์ตาร์มาตรฐานและความละเอียดของเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นปัจจัยต่อกำลังอัดของเพสต์และซีเมนต์เพสต์ผสม นั่นคือเถ้า

ปาล์มน้ำมันที่มีความละเอียดสูงขึ้นไป ก็จะมีคุณสมบัติทางปอซโซลานที่ดีขึ้น, ผลของการทดสอบที่มีการนำเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมในการทำอิฐคอนกรีตเบา [4] พบว่าสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดระหว่างปูนซีเมนต์ ทรายและเถ้าปาล์มน้ำมันเป็น 1:1:2 โดยน้ำหนักที่ได้ค่ากำลังรับแรงอัดประมาณ 90 กก.ต่อตร.ซม.ที่สูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมฉบับ มอก.58-2533 และทำให้ค่าก่อสร้างผนังถูกกว่าการใช้อิฐมวลเบา, ผลของการทดสอบที่มีการนำเถ้าปาล์ม น้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์และการนำกะลาปาล์มแทนที่ดินลูกรังสำหรับการทำอิฐบล็อกประสาน [5] พบว่าอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้นและกำลังรับแรงอัดของอิฐ บล็อกประสานลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณของเถ้าปาล์ม และกะลาปาล์ม แต่ค่ากำลังรับแรงอัดก็ยังผ่านเกณฑ์ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 602/2547 ชนิดไม่รับ น้ำหนัก, การทดสอบที่มีการนำเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิต Lightweight foamed concrete [6] มีผลทำให้กำลังรับแรงอัดน้อยลงตามปริมาณเถ้า ปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวัสดุที่เกิดขึ้นจากการใช้เถ้า ปาล์มน้ำมันจึงเป็นวัสดุประเภท Lightweight foamed concrete block แบบไม่รับน้ำหนัก, และผลของการ ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตกำลังสูงที่มีเถ้าปาล์ม น้ำมันบดละเอียด [7] พบว่า ปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมัน ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 70 ที่อายุ 90 วัน มีค่าสูงกว่า คอนกรีตควบคุม ดังนั้นจึงได้มีการวิจัยเรื่องการใช้เถ้า ปาล์มน้ำมันในการทำคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับ น้ำหนัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบความเป็นไปได้ และสัดส่วนของเถ้าปาล์มน้ำมันทดแทนปูนซีเมนต์ใน ส่วนผสมของการทำคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนัก

ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 [8] ประเภท 2 คอนกรีตบดล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ควบคุมความชื้น

## 2. ขั้นตอนของการวิจัย

รายละเอียดของขั้นตอนของการวิจัยประกอบด้วย

2.1 การทดสอบหาคุณสมบัติของหินฝุ่นซึ่งเป็นมวลรวมในปฏิภาคส่วนผสม ได้แก่ขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C136 และโมดูลัสความละเอียด, และค่าความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐาน ASTM C128

2.2 การทดสอบหาคุณสมบัติของเถ้าปาล์มน้ำมัน ซึ่งมาจากโรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดสุราษฎร์ธานีและนำมาบดละเอียดเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ได้แก่องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าปาล์มน้ำมัน และค่าความถ่วงจำเพาะ

2.3 การทดสอบกำลังรับอัดของมอร์ตาร์ที่มีอัตราส่วนของวัสดุประสานต่อหินฝุ่นอยู่ที่ 1:9 และมีปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุประสานคิดเป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และทดสอบที่อายุการบ่ม 3, 7, 14 และ 28 วัน

2.4 การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตบดล็อกที่มีขนาด 70x190x390 มิลลิเมตร และมีอัตราส่วนของวัสดุประสานต่อหินฝุ่นอยู่ที่ 1:9 และมีปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นวัสดุประสานคิดเป็นร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และทดสอบที่อายุการบ่ม 3, 7, 14 และ 28 วัน

2.5 จำนวนตัวอย่างมอร์ตาร์สำหรับการทดสอบกำลังอัดมี 84 ตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างคอนกรีตบดล็อกสำหรับการทดสอบกำลังอัดมี 126 ตัวอย่าง

## 3. ผลการทดสอบ

การดำเนินการทดสอบดังกล่าวข้างต้นก่อให้เกิดผลการทดสอบแสดงคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นส่วนผสม และกำลังอัดของมอร์ตาร์และคอนกรีตบดล็อก ที่นำไปสู่ผลการวิจัย ดังแสดงเป็นรายละเอียดของผลการทดสอบที่สามารถสรุปเป็นผลการวิจัย ดังนี้

3.1 คุณสมบัติของหินฝุ่นที่ใช้เป็นมวลรวมละเอียดในการผสม คือ

1) ขนาดคละและโมดูลัสความละเอียดของหินฝุ่นที่จัดได้ว่ามีขนาดคละและโมดูลัสความละเอียดเทียบได้กับทรายหยาบ โดยมีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.11

2) ค่าความถ่วงจำเพาะเนื้อแท้(อบแห้ง) เท่ากับ 2.61, ความถ่วงจำเพาะเนื้อแท้(อิ่มตัวผิวแห้ง) เท่ากับ 2.66 และค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏเท่ากับ 2.74 ค่าความถ่วงจำเพาะที่จะใช้ในการออกแบบส่วนผสมคือค่าความถ่วงจำเพาะเนื้อแท้(อิ่มตัวผิวแห้ง) เนื่องจากสภาพของมวลรวมในสภาพอิ่มตัวจะไม่มีมีการคายน้ำหรือดูดน้ำอีกแล้ว

3) หน่วยน้ำหนักกรณีอัดแน่นเท่ากับ 1.83 กรัมต่อลบ.ซม. และหน่วยน้ำหนักกรณีไม่อัดแน่นเท่ากับ 1.54 กรัมต่อลบ.ซม.

3.2 คุณสมบัติของเถ้าปาล์มน้ำมันจากโรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดสุราษฎร์ธานี คือ

1) องค์ประกอบทางเคมีในเถ้าปาล์มน้ำมันดังกล่าวประกอบด้วยปริมาณของสารประกอบที่

สอดคล้องกับข้อกำหนดของการเป็นวัสดุพอลิไซลิกอน  
 ชั้นคุณภาพ C ตามมาตรฐาน ASTM C618-08a [9]  
 นั่นคือผลรวมของซิลิกอนไดออกไซด์ เฟอริกออกไซด์  
 และอะลูมิเนียมออกไซด์ มากกว่าร้อยละ 50, ปริมาณ  
 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 5 และค่าสูญเสีย  
 น้ำหนักเนื่องจากการเผาไหม้ (Loss On Ignition, LOI)  
 น้อยกว่าร้อยละ 6 ดังแสดงองค์ประกอบทางเคมีของ  
 แต่ละสารประกอบในตารางที่ 1 นอกจากนี้ การที่เถ้า  
 ปาล์มน้ำมันมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์น้อยกว่า  
 ปูนซีเมนต์ก็จะทำให้สามารถลดอุณหภูมิจากการ  
 เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันได้เมื่อนำไปแทนที่ปูนซีเมนต์

2) ความถ่วงจำเพาะมีค่าเท่ากับ 2.45 ซึ่ง  
 แสดงว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่ใช้ในงานวิจัยและได้รับการ  
 บดละเอียดมีความพรุนลดลงและส่งผลทำให้ความ  
 ต้องการน้ำในส่วนผสมน้อยลง

### 3.3 ผลการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์และคอนกรีต บล็อก

กำลังอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์ และคอนกรีต  
 บล็อกที่มีอัตราส่วนผสมของวัสดุประสานต่อหินปูนอยู่  
 ที่ 1:9 เมื่อกำหนดให้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

และเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุประสาน โดยมีปริมาณ  
 เถ้าปาล์มน้ำมันซึ่งนำมาทดแทนปูนซีเมนต์อยู่ที่ร้อย  
 ละ 0, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 ของวัสดุประสาน  
 โดยน้ำหนัก สามารถสรุปผลการทดสอบดังนี้

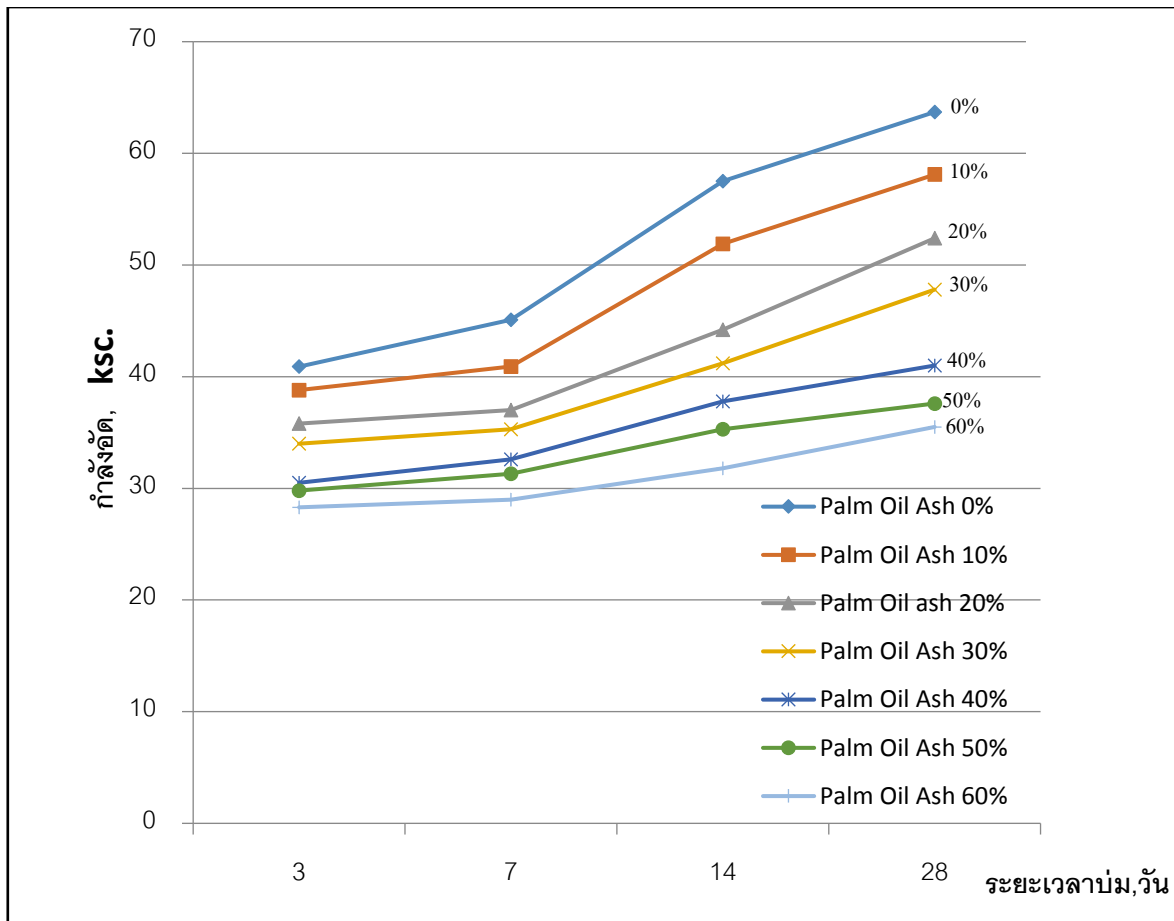
1) กำลังอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์จะน้อยลง  
 เมื่อปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น ในขณะที่กำลังอัด  
 ของมอร์ตาร์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการบ่มที่ 3,  
 7, 14, 28 วัน ดังแสดงเป็นตารางที่ 2 และกราฟในรูป  
 ที่ 1 และตารางที่ 3 แสดงค่าดัชนีกำลังของวัสดุพอลิ  
 ซิลิกอนที่เป็นค่าแสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดของ  
 มอร์ตาร์ที่แต่ละปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันคิดเป็น  
 ร้อยละของกำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมัน  
 ที่ระยะเวลาบ่ม 7 วันและ 28 วัน ซึ่งพบว่ามอร์ตาร์ที่มี  
 ปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่ร้อยละ 10, 20, และ 30 มี  
 ค่าดัชนีกำลังของวัสดุพอลิไซลิกอนของเถ้าปาล์มน้ำมัน  
 ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของความเป็นวัสดุพอลิไซ  
 ลิกอนในมาตรฐาน ASTM C618 คือไม่น้อยกว่าร้อยละ  
 75

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีในเถ้าปาล์มน้ำมันจากโรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดสุราษฎร์ธานี

สารประกอบ	ปริมาณคิดเป็นร้อยละ	สารประกอบ	ปริมาณคิดเป็นร้อยละ
SiO <sub>2</sub>	48.56	SO <sub>3</sub>	1.21
CaO	8.12	MgO	1.19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.29	Na <sub>2</sub> O	0.14
K <sub>2</sub> O	3.56	สารประกอบอื่น ๆ	28.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.82	Loss On Ignition (LOI) เท่ากับ	5.46

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างmortarที่แต่ละปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันและระยะเวลาบ่ม

เถ้าปาล์มน้ำมัน คิดเป็นร้อยละของวัสดุประสานโดยน้ำหนัก	กำลังอัดเฉลี่ย (ksc.)			
	บ่ม 3 วัน	บ่ม 7 วัน	บ่ม 14 วัน	บ่ม 28 วัน
0	40.9	45.1	57.5	63.7
10	38.8	40.9	51.9	58.1
20	35.8	37.0	44.2	52.4
30	34.0	35.3	41.2	47.8
40	30.5	32.6	37.8	41.0
50	29.8	31.3	35.3	37.6
60	28.3	29.0	31.8	35.5



รูปที่ 1 กำลังอัดของตัวอย่างmortarที่แต่ละปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันและระยะเวลาบ่ม

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีกำลังของวัสดุพอลิไซลันที่แต่ละปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันและระยะเวลาบ่ม 7 วัน และ 28 วัน ของมอร์ตาร์

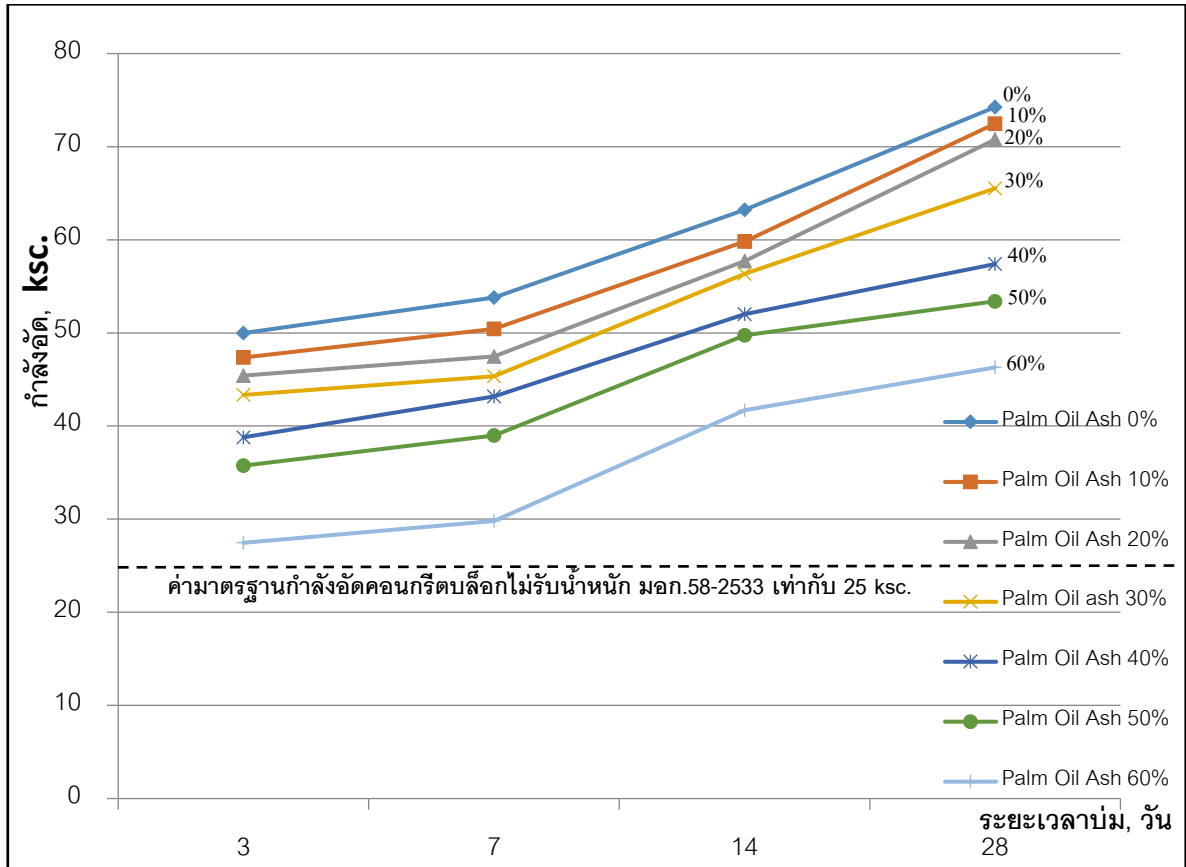
เถ้าปาล์มน้ำมันคิดเป็นร้อยละของวัสดุประสานโดยน้ำหนัก	ดัชนีกำลังของวัสดุพอลิไซลัน บ่ม 7 วัน	ดัชนีกำลังของวัสดุพอลิไซลัน บ่ม 28 วัน
0	-	-
10	90.69	91.21
20	82.04	82.26
30	78.27	75.04
40	72.28	64.36
50	69.40	59.02
60	64.30	55.73

2) กำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตบล็อก จะน้อยลงเมื่อปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น ในขณะที่กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการบ่มที่ 3, 7, 14, 28 วัน ดังแสดงเป็นตารางที่ 4 และกราฟในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ไม่ต่ำกว่า 25 กก.ต่อตร.ซม.ที่เป็นข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก.58-2533 และเป็นการบ่งบอกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาทดแทนปูนซีเมนต์ตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 60 ของวัสดุประสานโดย

น้ำหนัก มีค่ากำลังอัดที่สอดคล้องกับข้อกำหนดด้านกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกแบบไม่รับน้ำหนักในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก.58-2533 และตารางที่ 5 แสดงค่าดัชนีกำลังของวัสดุพอลิไซลันที่เป็นค่าแสดงการเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่แต่ละปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันคิดเป็นร้อยละของกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมันที่ระยะเวลาบ่ม 7 วัน และ 28 วัน ซึ่งพบว่าคอนกรีตบล็อกที่มีปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่แต่ละปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันและระยะเวลาบ่ม

เถ้าปาล์มน้ำมันคิดเป็นร้อยละของวัสดุประสานโดยน้ำหนัก	กำลังอัดเฉลี่ย (ksc)			
	บ่ม 3 วัน	บ่ม 7 วัน	บ่ม 14 วัน	บ่ม 28 วัน
0	49.98	53.79	63.23	74.25
10	47.36	50.43	59.83	72.48
20	45.42	47.47	57.73	70.77
30	43.34	45.33	56.35	65.53
40	38.79	43.19	52.03	57.4
50	35.75	38.97	49.73	53.4
60	27.46	29.8	41.7	46.3



รูปที่ 2 กำลังอัดของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่แต่ละปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันและระยะเวลาบ่ม

ตารางที่ 5 ค่าดัชนีกำลังของวัสดุปอชโซลานที่แต่ละปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันและระยะเวลาบ่ม 7 วัน และ 28 วัน ของคอนกรีตบล็อก

เถ้าปาล์มน้ำมันคิดเป็นร้อยละของวัสดุ ประสานโดยน้ำหนัก	ดัชนีกำลังของวัสดุปอชโซลาน บ่ม 7 วัน	ดัชนีกำลังของวัสดุปอชโซลาน บ่ม 28 วัน
0	-	-
10	93.75	97.61
20	88.25	95.31
30	84.27	87.98
40	80.29	77.30
50	72.45	71.92
60	55.40	62.35

ที่ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 มีค่าดัชนีกำลังของวัสดุ  
ปอชโซลานของเถ้าปาล์มน้ำมันที่สอดคล้องกับ  
ข้อกำหนดของความเป็นวัสดุปอชโซลานในมาตรฐาน  
ASTM C618 คือไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

### 3.4 ราคาต้นทุนสำหรับการผลิตคอนกรีตบล็อกผสม เถ้าปาล์มน้ำมัน

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนใน  
การผลิตคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมันและ  
คอนกรีตบล็อกที่มีเถ้าปาล์มน้ำมันในแต่ละอัตราส่วน  
ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ โดยแสดงในรูปแบบของราคา  
ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีเถ้า  
ปาล์มน้ำมัน ซึ่งพบว่าคอนกรีตบล็อกที่ใช้เถ้าปาล์ม  
น้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 มีกำลัง

อัดสูงที่สุดและมีราคาลดลงร้อยละ 3 ในขณะที่  
อัตราส่วนร้อยละ 60 เป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดในด้าน  
ราคา เนื่องจากมีราคาลดลงมากที่สุดคือ ลดลงร้อยละ  
18 แต่ค่ากำลังอัดที่เปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับคอนกรีต  
บล็อกที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมันมีมากถึงร้อยละ 38 แต่  
ค่ากำลังอัดก็ยังสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 58-2533 ที่  
กำหนดไว้ อย่างไรก็ตามราคาต้นทุนของคอนกรีต  
บล็อกที่นำมาพิจารณาเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากวัสดุ  
ที่ใช้ และค่าแรงในการผลิตคอนกรีตบล็อก โดยยัง  
ไม่ได้คำนึงถึงค่าต้นทุนอื่น ๆ เช่น ค่าแรงและเวลาที่ใช้  
ในการบดอัดเถ้าปาล์มน้ำมัน ค่าไฟฟ้า ค่าเสื่อมสภาพ  
ของเครื่องจักร ค่าขนส่ง เป็นต้น

ตารางที่ 6 ราคาและกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

เถ้าปาล์มน้ำมันคิดเป็นร้อยละของวัสดุ ประสานโดยน้ำหนัก	ราคา บาท/ก้อน	%ที่เปลี่ยนแปลงไป ของราคา	กำลังอัดเฉลี่ย(ksc.) ที่อายุ 28 วัน	%ที่เปลี่ยนแปลงไป ของกำลังอัด
0	3.20	-	74.25	-
10	3.09	-3%	72.48	-2%
20	2.98	-7%	70.77	-5%
30	2.91	-9%	65.53	-12%
40	2.80	-13%	57.4	-23%
50	2.73	-15%	53.4	-28%
60	2.62	-18%	46.3	-38%

## 4. สรุปผลและวิจารณ์

ผลการทดสอบ พบว่า เถ้าปาล์มน้ำมันมี  
คุณสมบัติที่เป็นไปตามข้อกำหนดของการเป็นวัสดุ  
ปอชโซลาน โดยพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมี  
และค่าดัชนีกำลังอัด รวมทั้งปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่  
ทดแทนปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนไม่เกินร้อยละ 30 จะมี

ความสามารถในการทำปฏิกิริยาปอชโซลานได้ดี นั่น  
คือค่ากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าปาล์ม  
น้ำมันในอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีต  
บล็อกที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมัน และการแทนที่เถ้าปาล์ม  
น้ำมันในอัตราส่วนมากขึ้น จะทำให้มี CaO ใน  
ส่วนผสมน้อยเกินไปทำให้การทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน



และปฏิกิริยาปอซโซลานลดลง อีกทั้งยังมีความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้น ทำให้กำลังอัดในคอนกรีตลดลงมาก อย่างไรก็ตาม ทุกอัตราส่วนของเถ้าปาล์มน้ำมันที่แทนที่ปูนซีเมนต์ในการวิจัยนี้คือร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 60 มีกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่สูงกว่าข้อกำหนดตามมาตรฐานมอก.58-2533 สำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก นอกจากนี้ ยังพบว่าเมื่อนำเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตบล็อก จะทำให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกลดลง นั่นคือค่าใช้จ่ายลดลงมากขึ้นตามปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายที่นำมาพิจารณาในการวิจัยนี้ประกอบด้วยราคาวัสดุที่ใช้และค่าแรงในการผลิตคอนกรีตบล็อกเท่านั้น โดยยังไม่ได้คำนึงถึงค่าต้นทุนอื่น ๆ เช่น ค่าแรงและเวลาที่ใช้ในการบดอัดเถ้าปาล์มน้ำมัน ค่าขนส่ง เป็นต้น การวิจัยครั้งนี้ ยังขาดการพิจารณาความชื้น จึงขอเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป คือ การพิจารณาร้อยละของการดูดกลืนน้ำและการหดตัวทางยาวของคอนกรีตบล็อกสำหรับคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ควบคุมความชื้น กรณีที่นำเถ้าปาล์มน้ำมันมาทดแทนปูนซีเมนต์ในส่วนผสม.

### เอกสารอ้างอิง

[1] Tay, J.H. "Ash from Oil-Palm Waste as Concrete Material." *Journal of Material in Civil Engineering*, ASCE, Vol. 2, pp. 94-105, 1990.

[2] สุรพันธ์ สุคันธปรีดิ์, ชรินทร์ นมรักษ์, และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. "การใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ และเถ้าปาล์มน้ำมันในงานคอนกรีต." การประชุมใหญ่ทางวิศวกรรมประจำปี 2545, ความ

เป็นเลิศด้านวิศวกรรมแห่งประเทศไทย, หน้า 191-199, 2545.

[3] วีระชาติ ตั้งจิรภัทร, จตุพล ตั้งปกาศิต, ศักดิ์สินธุ์ แวงคุ้ม, และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. "วัสดุปอซโซลานชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน." *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, ปีที่ 26, ฉบับที่ 4, หน้า 459-479, 2546.

[4] พัชรวรรณ เกื้ออะเจริญ, และ เศรษฐพงษ์ เศรษฐบุปผา. "การพัฒนาอิฐคอนกรีตน้ำหนักเบาที่มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม." *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, 2550.

[5] จริญญา เจริญเนตรกุล. "อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมเถ้าและกะลาปาล์มน้ำมัน." *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, หน้า 103-112, 2557.

[6] Munir, A., Abdulah, Huzalm, Sofyan, et.al. "Utilization of Palm oil Fuel Ash (POFA) in Producing Lightweight Foamed Concrete for Non-Structural Building Material." *Procedia Engineering*, Vol.125, pp.739-746, 2015

[7] เทพฤทธิ์ เจริญสุข, วีระชาติ ตั้งจิรภัทร, และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. "คอนกรีตกำลังสูงที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียดในปริมาณสูง." การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25, ชลบุรี, จำนวน 6หน้า, 15-17 ก.ค.2563.

[8] มอก.58-2533; มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, จำนวน 8 หน้า, 2533.

[9] ASTM C618-08a; Standard Specification for  
Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural

Pozzolan for Use in Concrete. ASTM  
International, 3pp., 2008.