ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมเถ้าปาล์มน้ำมันแทนซีเมนต์และหินฝุ่นแทนทรายบางส่วน

Compressive Strength of Concrete with Partial Replacement of Cement and Sand by Oil-palm Waste Ash and Crushed Dust

ประชุม คำพุฒ[1/*]

Prachoom Khamput[1/]

[1/]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

[1/]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110

(Received: 1 February 2016; Accepted: 4 April 2016)

Corresponding author: choomy_gtc@hotmail.com

Abstract: The objective of this research is to study the use of oil-palm waste ash and crushed dust as admixtures in general concrete. The ratios of Portland cement: fine aggregates (coarse sand): coarse aggregates (lime stone) are 1: 2: 4 parts by weight. Water to cement ratios (w/c) are 0.55 by weight. The replacement of cement with oil-palm waste ash is equal to 0.0, 0.1, 0.2, and 0.3 parts by weight, and sand with crushed dust equal to 0.0, 1.4, 1.6, 1.8, and 2.0 parts by weight. The slump and setting time of fresh concrete were tested before casting the cylinder concretes. Testing the properties of cylinder concretes follows the ASTM standards. From the results, suitable quantities of oil-palm waste ash and crushed dust can improve the physical and mechanical properties, especially at 0.1 parts by weight of oil-palm waste ash and 1.8 parts by weight of crushed dust replacement.

Keywords: Concrete, oil-palm waste ash, crushed dust, compressive strength

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เถ้าปาล์มและหินฝุ่นเป็นส่วนผสมในคอนกรีตทั่วไป กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์: มวลรวมละเอียด: มวลรวมหยาบ เท่ากับ 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.55 โดยน้ำหนัก แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มปริมาณ เท่ากับ 0.0, 0.1, 0.2, และ 0.3 โดยน้ำหนัก และแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่นปริมาณ เท่ากับ 0.0, 1.4, 1.6, 1.8, และ 2.0 โดยน้ำหนัก ทดสอบการยุบตัวและการก่อตัวของคอนกรีตสดก่อนขึ้นรูปเป็นแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ทำการทดสอบสมบัติของแท่งคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM จากผลการทดสอบ พบว่า การผสมเถ้าปาล์มและหินฝุ่นในปริมาณที่เหมาะสม สามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลให้ดีขึ้นได้ โดยเฉพาะเมื่อผสมเถ้าปาล์มในปริมาณ 0.1 โดยน้ำหนัก และหินฝุ่นในปริมาณ 1.8 โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ: คอนกรีตเถ้าปาล์มน้ำมันหินฝุ่นความต้านทานแรงอัด

คำนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้อย่างต่อเนื่อง ผลิตจากปูนซีเมนต์ ทราย (มวลรวมละเอียด) หินปูน (มวลรวมหยาบ) และน้ำ (ปริญญา และชัย, 2555) ส่งผลให้ปัจจุบันวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตลดน้อยลง การหาวัตถุดิบอื่นมาทดแทนจึงเป็นเรื่องจำเป็นเร่งด่วน จากการสำรวจวัตถุดิบซึ่งแทนที่ส่วนผสมของคอนกรีตได้ พบว่า ประเทศไทยมีฝุ่นหินปูนเหลือทิ้งปลิวจากกระบวนการโม่หินภายในเหมืองจำนวนมากเศษหินดังกล่าวมีอนุภาคขนาดเล็กใกล้เคียงกับทรายและกองอยู่ในเหมืองหิน ส่วนวัสดุเหลือทิ้งอีกชนิดคือ เถ้าปาล์มน้ำมัน ได้จากการเผากากผลปาล์ม ซึ่งประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับ4 ของโลกเถ้าเหล่านี้เป็นฝุ่นผงฟุ้งกระจายง่าย และก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม (วีรชาติ และคณะ, 2546) ดังภาพที่ 1 ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในคอนกรีต พบว่า เถ้าปาล์มน้ำมันที่ไม่ได้บดย่อย จะมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานต่ำ (Tay, 1990) ทำให้มีกำลังอัดต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม เมื่อนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาบดให้ละเอียดเท่ากับหรือมากกว่าปูนซีเมนต์ จะมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานดีขึ้น และคอนกรีตที่ได้สามารถรับกำลังสูงขึ้น รวมทั้งสามารถทดแทนปูนซีเมนต์ได้ปริมาณมากกว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการบดย่อย (วีรชาติ และคณะ, 2546; ชัย และวีรชาติ, 2555; Hussin and Awal, 1996) งานวิจัยนี้ เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งอย่างหินฝุ่นและเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตร่วมกันเพื่อแทนที่ทรายและปูนซีเมนต์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาลักษณะและองค์ประกอบของเถ้าปาล์มน้ำมันและหินฝุ่น และทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมเถ้าปาล์มน้ำมันและหินฝุ่นแทนทราย

Figure 1 The palm oil ash before sieving

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัย คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าปาล์มน้ำมัน จากบริษัท อันดามันน้ำมันปาล์ม จำกัด จ.กระบี่ หินฝุ่น จากโรงโม่หินศิลาเทพตะวัน จ.สระบุรี ทรายหยาบที่มีสัดส่วนมวลคละ ตามมาตรฐาน ASTM C33 (ASTM, 2012) หินก่อสร้าง ขนาดโตสุด 3 /8 นิ้ว ที่มีสัดส่วนคละตามมาตรฐาน ASTM C33 (ASTM, 2012) อุปกรณ์ที่ใช้ ประกอบด้วย แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C192 (ASTM, 2012)7)เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (universal testing machine, UTM) เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ (x-ray fluorescence, XRF) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) ชุดทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมละเอียด และชุดทดสอบการยุบตัวและก่อตัวของคอนกรีตสด

2. การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต

จากส่วนผสมของคอนกรีตทั่วไป ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทราย หินปูน ที่อัตราส่วน 1: 2: 4 โดยน้ำหนัก และน้ำ0.55

เท่าของน้ำหนักปูนซีเมนต์ แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมัน ที่อัตราส่วน 0.1–0.3 โดยน้ำหนัก และแทนทรายด้วยหินฝุ่น ที่อัตราส่วน 0.7–1.0 โดยน้ำหนัก ได้ส่วนผสมคอนกรีต รวม 15 อัตราส่วน ดังตารางที่ 1

Table 1 Test concrete mixes with oil-palm waste ash and crushed dust replacement by weight *

Ratios	Cement	Oil-palm waste ash	Sand	Crushed dust	Lime stone	Water
P 0.0 Q 0.0**	1	0	2	0	4	0.55
P 0.1 Q 0.0	0.9	0.1	2	0	4	0.55
P 0.2 Q 0.0	0.8	0.2	2	0	4	0.55
P 0.3 Q 0.0	0.7	0.3	2	0	4	0.55
P 0.1 Q 1.4	0.9	0.1	0.6	1.4	4	0.55
P 0.2 Q 1.4	0.8	0.2	0.6	1.4	4	0.55
P 0.3 Q 1.4	0.7	0.3	0.6	1.4	4	0.55
P 0.1 Q 1.6	0.9	0.1	0.4	1.6	4	0.55
P 0.2 Q 1.6	0.8	0.2	0.4	1.6	4	0.55
P 0.3 Q 1.6	0.7	0.3	0.4	1.6	4	0.55
P 0.1 Q 1.8	0.9	0.1	0.2	1.8	4	0.55
P 0.2 Q 1.8	0.8	0.2	0.2	1.8	4	0.55
P 0.3 Q 1.8	0.7	0.3	0.2	1.8	4	0.55
P 0.1 Q 2.0	0.9	0.1	0	2	4	0.55
P 0.2 Q 2.0	0.8	0.2	0	2	4	0.55
P 0.3 Q 2.0	0.7	0.3	0	2	4	0.55

* Based on a standard mix of 1: 2: 4 of cement: sand: coarse aggregate

** Standard mix

3. วิธีการดำเนินงาน

1) ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นตามมาตรฐาน ASTM (ASTM, 2012) ประกอบด้วย ขนาดคละ ความถ่วงจำเพาะการดูดซึมน้ำปริมาณสารอินทรีย์หน่วยน้ำหนักการพองตัว ปริมาณดินและฝุ่นโดยการตกตะกอนและการสูญเสียจากการกัดกร่อนด้วยซัลเฟต 2) ทดสอบเถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง XRF และส่องดูลักษณะด้วยกล้อง SEM 3) ผสมคอนกรีตด้วยเครื่องผสม4) ทดสอบคอนกรีตสดด้วยการยุบตัว (ภาพที่ 2) และก่อตัว 5) หล่อแท่งคอนกรีตทรงกระบอกพร้อมกระทุ้งให้แน่น 6) บ่มคอนกรีตตามอายุที่ต้องการโดยการแช่น้ำหลังหล่อตัวอย่าง 24 ชั่วโมง7) ทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM (ASTM, 2012)ประกอบด้วย ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และความต้านทานแรงอัด (ภาพที่ 3)

Figure 2 The slump test of flesh concretemixed with oil-palm waste ash and crushed dust

Figure 3 The compressive strength test ofconcretecylindermixed with oil-palm waste ash and crushed dust

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลทดสอบคุณสมบัติของหินฝุ่น

จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นในภาพที่ 4 และตารางที่ 2 พบว่าทรายหรือมวลรวมละเอียดตามมาตรฐาน ASTM C33 (ASTM, 2012) และหินฝุ่นทั้งหมดมีขนาดเล็กกว่า 10 มิลลิเมตร แต่ขนาดคละโดยรวมของหินฝุ่นจะมีขนาดใหญ่กว่าทราย ทั้งนี้หินฝุ่นส่วนใหญ่มีขนาดเกือบ 2 มิลลิเมตร ในขณะที่ทรายมีขนาดเพียง0.8 มิลลิเมตร ส่วนขนาดที่เล็กที่สุดของหินฝุ่นและทรายต่างก็มีขนาดใหญ่กว่า 0.075 มิลลิเมตรสำหรับความถ่วงจำเพาะปรากฏ การดูดซึม หน่วยน้ำหนัก ปริมาณสารอินทรีย์ การพองตัว ปริมาณดินและฝุ่นผงและการสูญเสียจากการกัดกร่อนด้วยซัลเฟตเปรียบเทียบกับทราย แสดงให้เห็นว่า วัสดุทั้ง 2 ชนิด มีสมบัติทางกายภาพที่ใกล้เคียงกันมาก และหินฝุ่นสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตได้ดี แต่ขนาดหรือโมดูลัสความละเอียดของหินฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่าทราย การผสมหินฝุ่นในคอนกรีตจึงควรใช้ทรายหรือมวลรวมละเอียดอื่นร่วมด้วยเพื่อให้ได้ขนาดคละที่ดีขึ้น (ปริญญา และชัย, 2555)

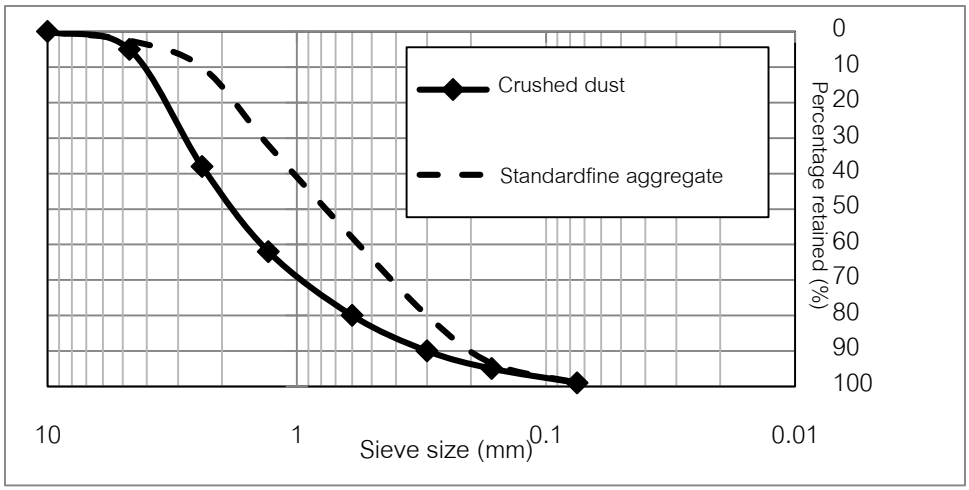

Figure 4 Gradation ofcrushed dustandstandardfine aggregate (Cu = 22 andCc = 3.68for crushed dust)

Table 2 The physical properties of crushed dustandstandardfine aggregate

Properties	Crushed dust	Standard fine aggregate
Finess modulus	3.68	2.30 – 3.20
Apparent specific gravity	2.71	2.50 – 2.80
Organic impurities	No.5	No.5–11
Water absorption(%)	0.47	0.70
Unit weight(kg/m^3)	1,695	1,520 – 1,840
Moisture(%)	3–4	4 – 8
Swelling(%)	33.33	Less than40
Quantity of soil and dust(%)	4.34	Less than5
Percentage loss by sodium sulfate(%)	5.13	Less than18

2. ผลทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าปาล์มน้ำมัน

การทดสอบเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าปาล์มน้ำมันโดยใช้เครื่อง XRF และการส่องหาลักษณะอนุภาคด้วยกล้อง SEM ในตารางที่ 3ถึง4 และภาพที่ 5 พบว่า เถ้าปาล์มน้ำมันมีปริมาณ SiO_2เป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 64.6 และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการเผา (LOI) ในระดับปานกลางเพียงร้อยละ 10.0 ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักของเถ้าปาล์มน้ำมันที่ไม่สูงมากนี้เป็นผลมาจากอุณหภูมิในการเผาที่ไม่สูง และใช้ระยะเวลาเผาค่อนข้างสั้น เมื่อนำไปเทียบกับข้อกำหนดของวัสดุปอซโซลาน Class N ตามมาตรฐาน ASTM C618 (ASTM, 2012)ก็พบว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาทดสอบมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานสำหรับลักษณะของเถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้มีขนาดประมาณ 40 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 325 หรือเล็กกว่า 0.045 มิลลิเมตร เนื้อมีความพรุนไม่มากนัก ผิวขรุขระ เป็นเม็ดเหลี่ยมๆ จับตัวกัน และขนาดไม่สม่ำเสมอ

Table 3 The chemical composition of oil-palm waste ash

Chemical composition	Oil-palm waste ash(%)
Silicon Dioxide (SiO_2)	64.6
Aluminium Oxide (Al_2O_3)	3.5
Iron Oxide (Fe_2O_3)	2.0
Potassium Oxide (K_2O)	5.7
Calcium Oxide (CaO)	6.3
Magnesium Oxide (MgO)	3.1
Sodium Oxide (Na_2O)	0.4
Sulfur Trioxide (SO_3)	0.5
Loss on Ignition (LOI)	10.0

Table 4 The comparison of properties of pozzolan standard (class N) and oil-palm waste ash

Properties	Pozzolan standard (class N) (%)	Oil-palm waste ash(%)
$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$(Minimum limit)	70.0	70.1
SO_3(Maximum limit)	4.0	0.5
Moisture (Maximum limit)	3.0	-
Loss on Ignition (LOI)(Maximum limit)	10.0	10.0

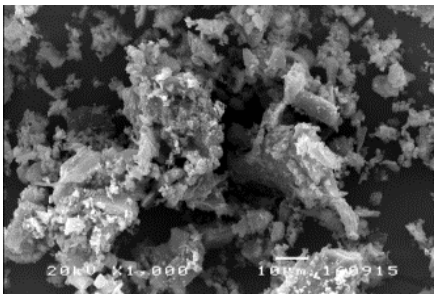

Figure 5 The image of oil-palm waste ash fromSEM at 1000 times zoom

3. ผลการทดสอบการยุบตัวและก่อตัวของคอนกรีตสด

จากผลการทดสอบสมบัติของคอนกรีตสดก่อนเทลงแบบ ทั้งการยุบตัวและการก่อตัวในตารางที่ 5 พบว่าปริมาณเถ้าปาล์มในคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การยุบตัวมีค่าลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากความพรุนของเถ้าปาล์มที่ดูดน้ำบางส่วนเข้าไป ทำให้คอนกรีตสดมีความเหลวที่ต่ำลง(Tangchirapat *et al.,* 2007) ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการก่อตัว กลับมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลเช่นเดียวกับวัสดุปอซโซลานอื่น ๆ (ชัย และวีรชาติ, 2555) สำหรับผลจากการแทนที่ทรายด้วยหินฝุ่นในปริมาณเพิ่มมากขึ้น ทำให้การยุบตัวและระยะเวลาการก่อตัวมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลจากความพรุนของหินฝุ่นที่ดูดซึมน้ำเช่นเดียวกับเถ้าปาล์ม เพียงแต่หินฝุ่นไม่ได้เป็นวัสดุปอซโซลาน ระยะเวลาก่อตัวจึงไม่เพิ่มขึ้น

4. ผลการทดสอบแท่งคอนกรีตทรงกระบอก

ผลจากการทดสอบสมบัติต่างๆ ของแท่งคอนกรีตเถ้าปาล์มผสมหินฝุ่นสามารถสรุปตามการทดสอบได้ โดยภาพที่ 6 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของเถ้าปาล์มน้ำมันและหินฝุ่นที่ทำให้ความหนาแน่นมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนโดยเป็นผลมาจากปฏิกิริยาปอซโซลาน (Hussin and Awal, 1996)และการเรียงตัวของขนาดคละที่ดี (ภาพที่ 7)(เผ่าพงศ์ และประชุม, 2548) ส่วนสีของแท่งคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน จะมีแนวโน้มเข้มมากขึ้นตามปริมาณเถ้าปาล์มที่ผสม ดังภาพที่ 8 ทั้งนี้ เมื่อนำแท่งคอนกรีตอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุการบ่ม 28 วัน ไปแช่น้ำและหาค่าการดูดซึมน้ำ ได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 9 แสดงว่า เถ้าปาล์มน้ำมันและหินฝุ่น สามารถลดการดูดซึมน้ำภายในเนื้อคอนกรีตได้ดี โดยเป็นผลมาจากเนื้อของคอนกรีตที่หนาแน่นมากขึ้น (Hussin and Awal, 1996) เช่นเดียวกับผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่อายุการบ่ม 28 วัน ในภาพที่ 10โดยแสดงว่าปริมาณหินฝุ่นที่นำมาแทนที่ทรายมีผลต่อความต้านทานแรงอัดที่เพิ่มสูงขึ้นชัดเจนกว่าเถ้าปาล์มน้ำมัน ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมของหินฝุ่น แต่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มซึ่งอัตราส่วนของเถ้าปาล์ม

น้ำมันที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าปาล์ม 0.1 (P0.1Q0.0) รองลงมาคือ อัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าปาล์ม 0.2 (P0.2Q0.0), อัตราส่วนที่ไม่มีเถ้าปาล์ม 0.0 (P0.0Q0.0) และอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าปาล์ม 0.3 (P0.3Q0.0) มีความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุด แสดงว่า ปริมาณเถ้าปาล์มที่ผสมในคอนกรีต ไม่ควรเกินกว่าปริมาณเถ้าปาล์ม 0.2 เนื่องจากจะทำให้ความต้านทานแรงอัดลดต่ำลง (Tay, 1990)ส่วนการผสมหินฝุ่นลงในคอนกรีตทุกอัตราส่วน จะมีความต้านทานแรงอัดที่สูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมหินฝุ่นอย่างชัดเจน แต่เมื่อผสมหินฝุ่นในปริมาณ 2.0 จะทำให้คอนกรีตเริ่มมีความต้านทานแรงอัดลดต่ำลง ทั้งนี้ เป็นผลมาจากหินฝุ่นที่นำมาศึกษาและทดสอบมีขนาดที่ใหญ่กว่าทราย ทำให้การผสมจำเป็นต้องมีปริมาณหินฝุ่นและทรายร่วมกันอย่างเหมาะสม หากคอนกรีตมีปริมาณหินฝุ่นขนาดใหญ่มากเกินไป จะทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อมากขึ้น (เผ่าพงศ์และประชุม, 2548) คอนกรีตที่ได้จึงมีขนาดคละที่ไม่เหมาะสม และจะมีความต้านทานแรงอัดที่ลดลงดังกล่าว (ปริญญา และชัย, 2555; ประชุม และคณะ, 2558)

Table 5 The slump and setting time of flesh concretes

Ratios	Slump (mm)	Setting time (hour : minute)	
		Initial	Final
P 0.0 Q 0.0	65	4: 05	6: 30
P 0.1 Q 0.0	60	4: 25	6: 35
P 0.2 Q 0.0	60	4:35	7: 00
P 0.3 Q 0.0	55	4:50	7: 25
P 0.1 Q 1.4	65	4:25	6: 35
P 0.2 Q 1.4	60	4:35	7: 00
P 0.3 Q 1.4	60	4:45	7: 25
P 0.1 Q 1.6	60	4:25	6: 30
P 0.2 Q 1.6	55	4:30	7: 00
P 0.3 Q 1.6	55	4:45	7: 20
P 0.1 Q 1.8	55	4:25	6: 25
P 0.2 Q 1.8	55	4:30	6: 55
P 0.3 Q 1.8	50	4: 40	7: 15
P 0.1 Q 2.0	55	4:15	6: 25
P 0.2 Q 2.0	50	4:25	6: 50
P 0.3 Q 2.0	50	4:35	7: 10

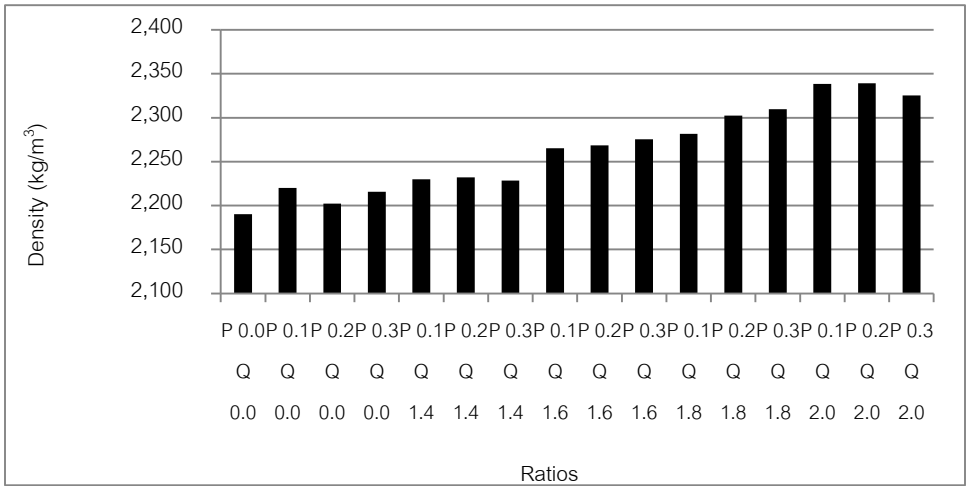

Figure 6 The density of concretes at 28days

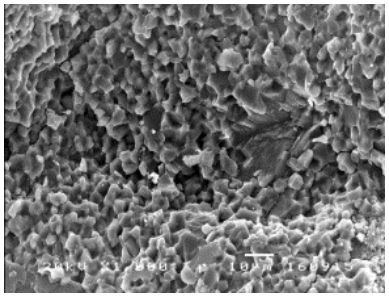

Figure 7 The image of concrete (P 0.1 Q 1.8) from SEM at 1000 times zoom

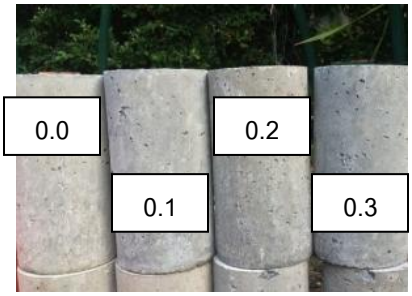

Figure 8 The surface colors of cylinder concretes mixed with different ratios of oil-palm waste ash

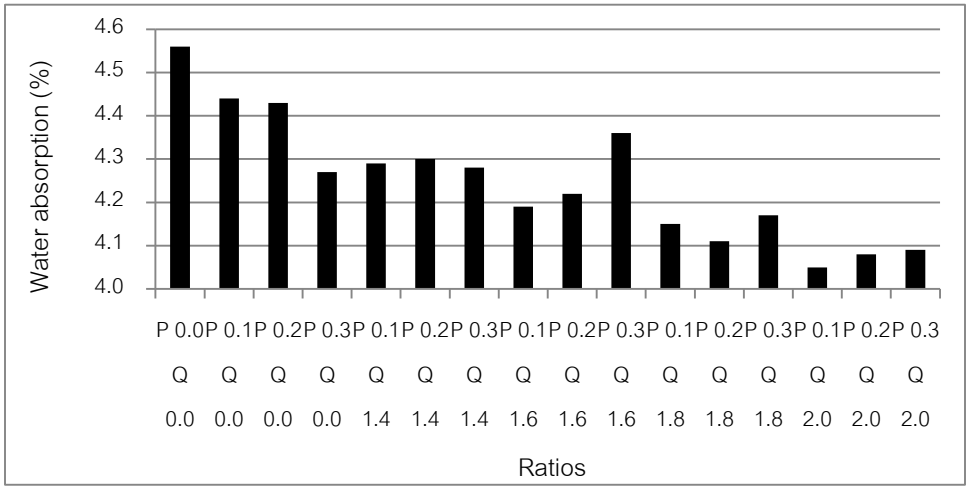

Figure 9 The water absorption of concretes at 28days

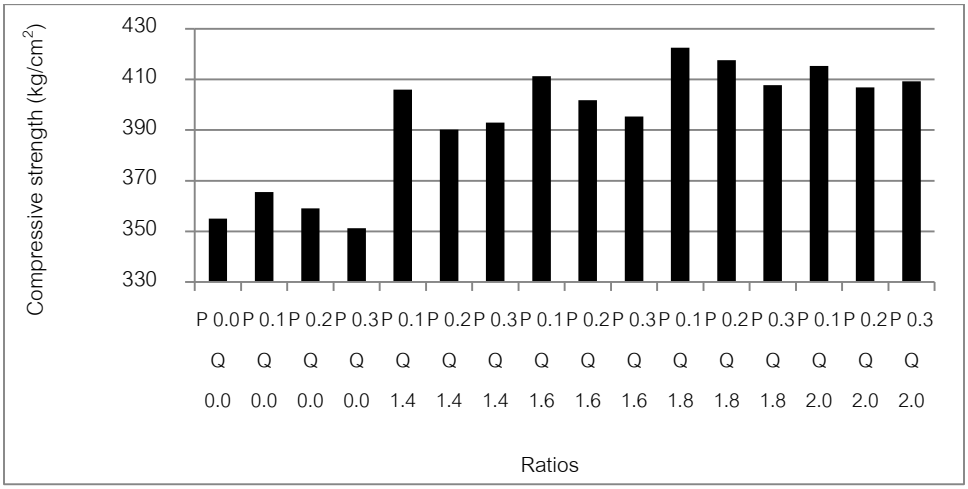

Figure 10 The compressive strength of concretes at 28days

สรุป

จากการศึกษาการใช้เถ้าปาล์มและหินฝุ่นเป็นส่วนผสมในคอนกรีตทั่วไปนี้ โดยทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ปริมาณเถ้าปาล์มและหินฝุ่นในอัตราส่วนต่าง ๆ และทำการทดสอบความต้านทานแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM สามารถสรุปได้ว่า เถ้าปาล์มและหินฝุ่น สามารถพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตได้ดี โดยเฉพาะการดูดซึมน้ำและความต้านทานแรงอัด แต่เมื่อผสมเถ้าปาล์มและหินฝุ่นในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้สมบัติดังกล่าวด้อยลงได้ โดยปริมาณเถ้าปาล์มที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพัฒนาความต้านทานแรงอัดของคอนกรีต คือ ปริมาณไม่เกิน 0.2 โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณหินฝุ่นก็ไม่ควรเกิน 1.8 โดยอัตราส่วน ทั้งนี้ อัตราส่วนคอนกรีตเถ้าปาล์มผสมหินฝุ่นที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วน P0.1Q1.8 มีความต้านทานแรงอัด เท่ากับ 415 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าคอนกรีตทั่วไปหรืออัตราส่วน P0.0Q0.0 ที่มีความต้านทานแรงอัดเพียง 355 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ

ผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันและใช้หินฝุ่นแทนทรายได้ โดยจะเป็นประโยชน์อย่างมากในพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งของทรายก่อสร้าง และในบริเวณพื้นที่ที่เป็นแหล่งโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น จังหวัดแถบภาคตะวันออกและภาคใต้ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)งบประมาณมุ่งเป้า เรื่อง ปาล์มน้ำมัน ประจำปี 2557

เอกสารอ้างอิง

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และวีรชาติ ตั้งจิรภัทร. 2555. การใช้ประโยชน์จากเถ้าและวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุในงานคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ:94.

ประชุม คำพุฒ กิตติพงษ์ สุวีโร นิรมล ปั้นลาย และธงเทพ ศิริโสดา. 2558. การใช้เศษหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 3(1): 115-122.

ปริญญาจินดาประเสริฐ และชัยจาตุรพิทักษ์กุล. 2555. ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.พิมพ์ครั้งที่ 7. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย,กรุงเทพฯ:381 หน้า.

เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี และประชุม คำพุฒ, 2548. การใช้หินฝุ่นผสมคอนกรีตแทนทราย.รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.133 หน้า.

วีรชาติ ตั้งจิรภัทรจตุพล ตั้งปภาศิตศักดิ์สินธุ์ แววคุ้ม และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2546. วัสดุปอซโซลานชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน.วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 26 (4):459 – 474.

American Society for Testing and Materials (ASTM). 2012. Annual Book of ASTM Standards. ASTM, Philadelphia.

Hussin, M.W. and A.S.M.A. Awal. 1996. Palm oil fuel ash – A potential pozzolanic material in concrete construction. In: Proceedings of the International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century, Bangkok. pp. D361-D366.

Tay, J.H. 1990. Ash from oil-palm waste as concrete material. Journal of Material in Civil Engineering 2(2):94-105.

Tangchirapat, W., T. Saeting, C. Jaturapitakkul, K. Kiattikomol and A. Siripanichgorn. 2007. Use of waste ash from palm oil industry in concrete. Waste Management 27(1):81-88.