การศึกษาใช้กากขี้แป้งยางธรรมชาติในซีเมนต์คอนกรีตที่ปรับสภาพด้วยยางธรรมชาติ

Study the use of Natural Rubber Sludge in Natural Rubber Modified Cement Concrete

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี[1], เอกพล จันอิ [2]

Saovanee Kovuttikulrangsie[1], Aekapon Jan-I.[2]

บทคัดย่อ

กากขี้แป้งยางธรรมชาติเป็นของเสียที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้นยางธรรมชาติ มีการกำจัดทิ้งโดยการเผาและถมทิ้ง การวิจัยนี้ศึกษาการนำ กากขี้แป้งมาใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีต โดยการใช้กากขี้แป้งร่วมกับพอร์ทแลนด์ซีเมนต์และทราย ทำเป็นคอนกรีต มีผลต่อการเซ็ทตัวของคอนกรีต การใส่กากขี้แป้งปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ระยะเวลาการเซ็ทตัว และเปอร์เซ็นต์การหดตัวของคอนกรีตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ความต้านทานต่อแรงอัดมีแนวโน้มลดลง การปล่อยให้คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางให้เกิดการเซ็ทตัวที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานานขึ้น พบว่า ความต้านทานต่อแรงกดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : กากขี้แป้ง น้ำยางข้น ยางธรรมชาติ ซีเมนต์ คอนกรีต

Abstract

Natural rubber sludge is waste generated from production of concentrated natural rubber latex. Normally, it is disposed of by incineration and reclamation of abandoned. This research was studied to use sludge as filler in concrete's ingredients. The sludge was added together with natural rubber latex, portland cement and sand which were modified to set of concrete. Increase sludge content trended to increase the setting time and shrinkage of the rubber modified concrete. Whereas, compressive strength of rubber modified concrete trended to decrease. However, the compressive strength of rubber modified concrete trended to be increased after keeping in room temperature for setting.

Keywords: Sludge, Concentrated latex, Natural rubber, Cement, Concrete

บทนำ

กากขี้แป้ง เป็นของเสียจากการผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีการปั่นแยกน้ำยางด้วยเครื่องเซ็นตริฟิวจ์ความเร็วสูง ประกอบด้วยสิ่งเจือปนต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นพวกฝุ่น ทราย เปลือกไม้ และแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ได้จากการตกตะกอนในถังพักน้ำยางที่รวบรวมน้ำยางสดไว้และจากกระบวนการปั่นน้ำยางสด ในเครื่องเซ็นตริฟิวจ์ กากขี้แป้งมีลักษณะเป็นตะกอนสีขาว เหลืองอ่อนหรือน้ำตาลคล้ำ มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ โรงงานต่างๆ จะกำจัดทิ้งโดยใช้วิธีการนำกากขี้แป้งไปถมที่ บางโรงงานก็ทิ้งรวมกับขยะและบางโรงงานกำจัดโดยการเผาทิ้ง ซึ่งการจัดการของเสียดังกล่าวยังไม่เหมาะสม และอาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ การจัดการกากขี้แป้งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปน้ำยาง มีการวิจัย[1] พบว่ากากขี้แป้งเป็นของเสียที่มีองค์ประกอบ N P K Mg และ Zn ที่น่าจะนำไปใช้ประโยชน์ทางเกษตรได้ มีการจดสิทธิบัตรกากขี้แป้งที่เป็นของเสียจากอุตสาหกรรมกระดาษและเส้นใย [2] นำมาใช้เป็นสารตัวเติมในการผลิตเม็ดไฟเบอร์เทอร์โมพลาสติก สามารถนำมาหล่อแบบพิมพ์ได้ มีการนำกากขี้แป้งมาใช้เป็นสารตัวเติมในส่วนผสมยางมะตอย[3] โดยการนำมาผสมกับผงหิน กรวด ทราย และเซลลูโลส (ไฟเบอร์ของพวกน้ำมันปาล์ม) สำหรับกากขี้แป้งที่ตกตะกอนอยู่ตรงก้นภาชนะจากน้ำยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ซึ่งเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมกระดาษ และมีการจดสิทธิบัตินำมาใช้ทำฉนวนกันความร้อนและบรรจุภัณฑ์[4] สำหรับหินฝุ่นแกรนิต ขนาดละเอียดกว่า 45 ไมครอน และเผาที่อุณหภูมิสูง 900 และ 1,050 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีการนำมาใช้แทน

[1] *ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, [2]นักศึกษาระดับปริญญาตรี, (สาขาเทคโนโลยียาง) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ต.รูสะมิแล อ.เมือง จ.ปัตตานี 94000*

[1] *Department of Rubber Technology and Polymer Science, [2]B.Sc. Student in Rubber Technology, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkhla University, Pattani Province. 94000*

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์[5] มีการนำกากขี้แป้งยางพาราซึ่งเป็นของเสียอันตรายจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น มาผสมกับดินเหนียว เพื่อทำผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาน้ำหนักเบา ใช้ประดับตกแต่งสวนหย่อมทั้งภายในและภายนอก[6] สำหรับการนำกากขี้แป้งมาใช้เป็นสารตัวเติมเพื่อเตรียมเป็นคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางระหว่างน้ำยางธรรมชาติ และพอร์ทแลนด์ซีเมนต์ ไม่มีการศึกษามาก่อน งานวิจัยนี้ จึงจัดเป็นนวัตกรรมใหม่ ในการนำกากขี้แป้งมาใช้ประโยชน์ ด้วยการนำกากขี้แป้งของเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น มาใช้เป็นส่วนผสมในซีเมนต์คอนกรีต

วัสดุและอุปกรณ์

สารเคมีที่ใช้ประกอบด้วย 60% น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง ผลิตโดยบริษัทปัตตานีอุตสาหกรรม (1971) จำกัด; สารรักษาความเสถียรของน้ำยางชนิดเทอริก (Terric N 30); กากขี้แป้งน้ำยางข้น (Sludge) เก็บตัวอย่างจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นในเขตพื้นที่อำเภอสะเดา และจะนะ จังหวัดสงขลา และอำเภอดอนยาง จังหวัดปัตตานี 3 บริษัทตามลำดับ คือ บริษัทถาวรอุตสาหกรรม จำกัด บริษัทจะนะอุตสาหกรรมน้ำยางข้น จำกัด และ บริษัทปัตตานีอุตสาหกรรม จำกัด (ปาเท็กซ์) ปูนซีเมนต์เทาตราเสือ (Ordinary Portland Cement, OPC) ผลิตโดยบริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง Model 215 (Denver Instrument Company,USA); ตู้อบอากาศร้อนรุ่น ED115 (Binder Co., Ltd., Germany); เครื่องปั่นน้ำผลไม้พร้อมโถบดแห้งความจุ 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร รุ่น Dawa Dw-111 (Landkob CO.,Ltd., Chinna); เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่งรุ่น Vibra (Shiko Denshi Co., Ltd., Janan); เครื่องบด (Bosco Engineering, Thailand); แบบพิมพ์ไม้อัดหนา 3 มิลลิเมตร หุ้มด้วยพลาสติก พอลิเอทิลีนขนาด 10 x 10 x 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร; ตะแกรงร่อนขนาด 40 เมช; เครื่องทดสอบกำลังของซีเมนต์คอนกรีต (compression machine) รุ่น HZ-010 (Dongguan, Chinna); กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนรุ่น JSM-5800 LV ยี่ห้อ Jeol (Japan) กำลังขยาย 18 – 300,000 เท่า

วิธีการ

การเก็บตัวอย่างกากขี้แป้งจากโรงงานน้ำยางข้น

กากขี้แป้ง (จากตัวแทนโรงงานน้ำยางข้น 3 แห่ง: ถาวร, จะนะ และปาเท็กซ์) ในเขตจังหวัดสงขลา และ ปัตตานี เก็บตัวอย่างแต่ละครั้งประมาณ 20 กิโลกรัม จากจุดเกิดกากขี้แป้ง บริเวณถังปั่นน้ำยาง และบ่อพักน้ำยาง

การเตรียมกากขี้แป้งและการเตรียมคอนกรีตปรับสภาพด้วยยาง

1. นำกากขี้แป้งมาอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปบดจนมีลักษณะเป็นผงละเอียด และนำมาร่อนผ่านกระแกรงขนาด 40 เมช

2. เตรียมคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางโดยหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผสมระหว่างน้ำยางข้นและปูนซีเมนต์เพื่อเตรียมชิ้นทดสอบ โดยการเจือจางน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA) ให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (%DRC) เท่ากับ 20% ใส่สารป้องกันน้ำยางจับตัว (10%Terric N 30) และซีเมนต์ (Cement) ปริมาณ 1000 ส่วน แปรสัดส่วนกากขี้แป้ง 0, 250, 500, 750 และ 1000 ส่วนต่อเนื้อยางแห้ง 100 ส่วน (Table 1)

Table 1 The formula for sludge in natural rubber cement concrete

Ingredients	Amounts (gms.)				
	A	B	C	D	E
HA 20%DRC	500*	500*	500*	500*	500*
10%TerricN-30	100	100	100	100	100
Cement	1000	1000	1000	1000	1000
Sludge	0	250	500	750	1000

* มีปริมาณเนื้อยางแห้ง = 100 กรัม

การทดสอบสมบัติ

1. การเซ็ทตัว

ชิ้นทดสอบสูตรต่างๆ หลังเทลงแบบพิมพ์ เอาไม้บรรทัดมาปาดผิวหน้าให้เรียบ แล้วทิ้งไว้ให้ชิ้นทดสอบแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง จับเวลาผสมชิ้นทดสอบในแบบพิมพ์แข็งตัว กดด้วยนิ้วมือไม่เกิดรอยยุบและเมื่อแกะออกจากแบบพิมพ์แล้วไม่ทำให้ชิ้นทดสอบเสียหาย

2. การหดตัว

วัดปริมาตรของแบบพิมพ์ที่ใช้หล่อ และวัดขนาดของชิ้นทดสอบที่เซ็ทตัว (ทดลอง 3 ซ้ำ) เป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวได้จากสมการ

$$\text{การหดตัว (\%)} = \frac{V1 - V2}{V1} \times 100$$

เมื่อ V1 = ปริมาตรแบบพิมพ์ (ลบ.ซม.)
V2 = ปริมาตรชิ้นทดสอบ (ลบ.ซม.)

3. ความต้านทานต่อแรงกด

ชิ้นทดสอบตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7, 14

และ 28 วัน จากนั้นนำไปทดสอบความต้านทานต่อแรงกด (Compressive strength) ด้วยเครื่อง Compressive machine นำค่าที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณหาความต้านทานต่อแรงกดโดยมีสมการดังนี้

$$\text{ความต้านทานแรงอัด} = \frac{A \times .453.59}{\text{กว้าง} \times \text{ยาว}} \text{ กก./ตร.ซม.}$$

เมื่อ A = ค่าที่อ่านจากเครื่องทดสอบ (ปอนด์*10^3)
(1 ปอนด์ = 453.59 กรัม)

4. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphology)

ทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกากขี้แป้งที่กระจายตัวในส่วนผสมของน้ำยางข้นและซีเมนต์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า ทำงานภายใต้สุญญากาศ ฉาบผิวด้วยทองก่อนวิเคราะห์

ผลการทดลองและวิจารณ์

กากขี้แป้ง

กากขี้แป้ง จากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นในเขตพื้นที่ภาคใต้ 3 บริษัท มีปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ในช่วง 50.83 – 77.72 % และความชื้น (%MC) มีค่าระหว่าง 22.27 – 49.16% มีสภาพเป็นด่างเนื่องจากกากขี้แป้งเป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ได้จากการตกตะกอนของน้ำยางสดมีการเก็บรักษาด้วยสารเคมีที่เป็นด่าง หลังเก็บตัวอย่างกากขี้แป้ง นำมาอบแห้งประมาณเป็นเวลา 5–6 ชั่วโมง จะมีลักษณะเป็นก้อน มีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 3% นำมาบดให้ละเอียด ร่อนผ่านกระแกรงขนาด 40 เมช มีความเป็นด่างเล็กน้อย pH มีค่าอยู่ในช่วง 7.28 – 8.56 ความหนาแน่นมีค่าอยู่ระหว่าง 1.16 – 1.65 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ของแข็งทั้งหมดในกากขี้แป้งส่วนใหญ่ จะประกอบด้วยแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น โลหะหนัก แป้ง โปรตีน[7]

ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ชนิด Ordinary Portland Cement (OPC) ตรวจพบว่ามีความเป็นด่าง (pH 12.5) ความหนาแน่น 3.15 กรัม/ลบ.ซม. ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยโลหะออกไซด์[8] ได้แก่ CaO, MgO, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 เป็นต้น โดยเฉพาะ CaO เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะเกิดเป็น $Ca(OH)_2$ ซึ่งให้สมบัติที่เป็นด่างอย่างมาก จึงสามารถนำมาผสมกับน้ำยางธรรมชาติและกากขี้แป้งได้ดี ไม่ทำให้เกิดการจับก้อนเร็วเกินไปในช่วงที่เตรียมส่วนผสมซีเมนต์คอนกรีต

สัดส่วนการผสมซีเมนต์คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางโดยใช้กากขี้แป้งน้ำยางข้นและซีเมนต์

น้ำยางข้นที่ใช้ชนิดแอมโมเนียสูง (HA) ปรับให้มีปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) เท่ากับ 20 % และใช้สบู่ Terric N30 เข้มข้น 10 % w/w เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำยางเกิดการจับตัวในขณะที่ทำการผสมส่วนผสมคอนกรีตปรับสภาพด้วยยาง (Table 2)

Table 2 The ingredients for sludge in natural rubber cement concrete

Ingredients	Actual weight (gms)
HA 20% DRC	500
10% Terric N30	100
Cement	1000
Sludge	250
Water *	385

* Cement : water = 1.6 : 1

Sludge : water = 1 : 1

จาก Table 2 อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากขี้แป้งและปูนซีเมนต์ คือ 1:4 ซึ่งอัตราส่วนที่ใช้นี้ จะไม่ทำให้คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่เตรียมได้นั้นเกิดการแตกร้าวหรือสามารถผสมได้เป็นก้อนซีเมนต์ ส่วนน้ำที่ใช้ในสูตรแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นน้ำที่ใช้ในการผสมซีเมนต์ ซึ่งพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะในการผสมคือ ซีเมนต์ 1.6 ส่วน ต่อน้ำ 1 ส่วน และส่วนที่สองเป็นน้ำที่ใช้ในการผสมกากขี้แป้ง ซึ่งพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมให้กากขี้แป้งกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ คือ กากขี้แป้ง 1 ส่วน ต่อน้ำ 1 ส่วน ดังนั้นในขั้นตอนการผสมจะต้องหาปริมาณน้ำทั้งหมดที่ปูนซีเมนต์และกากขี้แป้งจะต้องใช้ในการผสม ลบออกด้วยปริมาณน้ำที่มีอยู่ในน้ำยางข้นที่เจือจางแล้วและน้ำที่มีอยู่ในการเจือจาง Terric N30 จะได้ปริมาณน้ำที่จะต้องใช้จริง

สมบัติของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยาง

1. ระยะเวลาการเซ็ทตัว

คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่มีปริมาณของกากขี้แป้งที่ระดับ 0, 250, 500, 750 และ 1,000 phr ให้ระยะเวลาในการเซ็ทตัวดังแสดงใน Figure 3

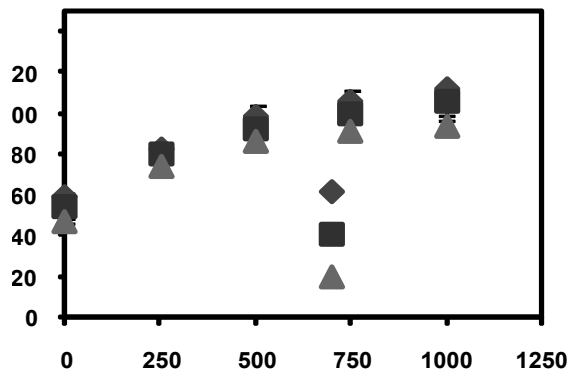

Figure 1 Effect of sludge on setting time of NR modified cement concrete

คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางระหว่างกากขี้แป้งน้ำยางข้นและซีเมนต์ ใช้เวลาแข็งตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น (Figure 1) โดยในคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางสูตรที่ไม่ได้ใส่กากขี้แป้ง จะใช้เวลาในการแข็งตัวน้อยที่สุด และเมื่อเริ่มใส่กากขี้แป้งที่ 250 phr มีแนวโน้มใช้เวลาในการแข็งตัวเพิ่มขึ้นอย่างมาก หลังจากนั้นแนวโน้มของระยะเวลาการแข็งตัวจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเฉพาะใส่กากขี้แป้งที่ระดับ 500 – 1,000 phr เนื่องจากกากขี้แป้งเป็นส่วนที่เป็นของแข็งที่มีในน้ำยาง ถูกแยกออกจากน้ำยางหลังจากผ่านกระบวนการเซนตริฟิวจ์ ส่วนของยางที่ปะปนอยู่ในกากขี้แป้งจึงมีปริมาณน้อยมาก

กากขี้แป้งมีสมบัติดูดน้ำได้ ดังนั้นสูตรส่วนผสมที่ไม่ใส่กากขี้แป้ง ไม่มีการดูดเก็บน้ำเอาไว้ ทำให้คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางแข็งตัวเร็ว ซึ่งใช้เวลาประมาณ 50 ชั่วโมง แต่สูตรที่ใส่กากขี้แป้งใช้ช่วง เวลาแข็งตัว 80-100 ชั่วโมงตามปริมาณของกากขี้แป้ง เนื่องจากกากขี้แป้งจะดูดซับน้ำเอาไว้ ทำให้ซีเมนต์มีความชื้นจึงแข็งตัวช้า

การพิจารณาความแตกต่างของระยะเวลาในการแข็งตัว ของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่มีกากขี้แป้งทั้ง 3 โรงงานผสมอยู่ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการแข็งตัวของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่มีกากขี้แป้ง ในทุกปริมาณกากขี้แป้งที่ใส่เข้าไปของโรงงานที่ 1 (บริษัทถาวร) จะใช้เวลามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือโรงงานที่ 2 (บริษัทจะนะน้ำยาง) และโรงงานที่ 3 (บริษัทปาเท็กซ์) คาดว่าเนื่องจากกากขี้แป้งของแต่ละโรงงานมีความแตกต่างทางด้านลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ปริมาณการใส่สารเคมีในน้ำยางของแต่ละโรงงาน หรือกระบวนการผลิตน้ำยางข้นที่ใช้วัตถุดิบน้ำยางสดของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน

2. การหดตัว

คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางระหว่างกากขี้แป้งน้ำยางข้นและปูนซีเมนต์ มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การหดตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มขึ้น (Figure 2) โดยในสูตรของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ไม่ได้ใส่กากขี้แป้งจะให้เปอร์เซ็นต์การหดตัวที่น้อยที่สุด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเริ่มใส่กากขี้แป้งที่ระดับ 250 phr หลังจากนั้นเมื่อใส่กากขี้แป้งที่ระดับ 500 – 1,000 phr แนวโน้มของเปอร์เซ็นต์การหดตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยดัง Figure 2 เนื่องจากกากขี้แป้งมีสมบัติดูดน้ำเก็บไว้ ดังนั้นน้ำที่มีอยู่ในคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางจะถูกกากขี้แป้งดูดเก็บไว้ โดยสูตรของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ไม่ได้ใส่กากขี้แป้งจะมีการหดตัวน้อยเพราะไม่เกิดการดูดน้ำเก็บไว้ แต่ในสูตรของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่มีกากขี้แป้งผสมอยู่นั้น กากขี้แป้งจะดูดซับน้ำเก็บไว้ ทำให้อนุภาคของซีเมนต์ที่ต้องการน้ำเพื่อทำปฏิกิริยาในการแข็งตัวเกิดการแข็งตัวขึ้นก่อนน้ำที่ถูกกากขี้แป้งเก็บไว้ระเหยออกมา เมื่อน้ำระเหยออกจนหมด จะเกิดการยุบตัวหรือหดตัวของกากขี้แป้ง จึงทำให้ขนาดของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ได้มีขนาดเล็กลงกว่าขนาดของแบบพิมพ์ที่ใช้เตรียม

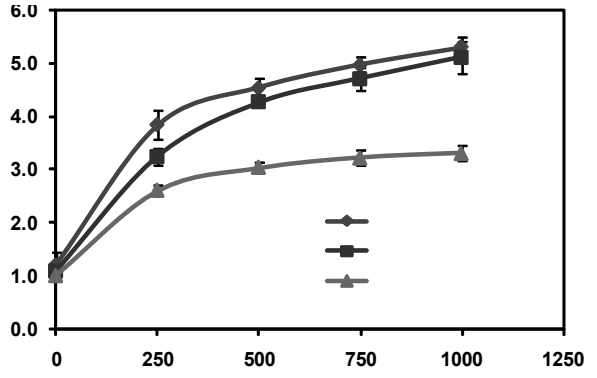

Figure 2 Effect of sludge on shrinkage of NR modified cement concrete

3. ความต้านทานต่อแรงกด

คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่มีปริมาณของกากขี้แป้ง (จาก 3 โรงงานน้ำยางข้น) ที่ระดับการใส่ 0, 250, 500, 750 และ 1,000 phr ให้ความต้านทานต่อแรงกดดังแสดงใน Figure 3

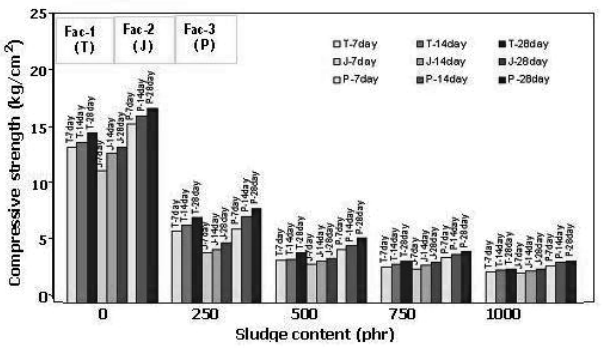

Figure 3 Effect of sludge on compressive strength of NR modified cement concrete

แรงกดที่ทำให้เกิดรอยแตกของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ใส่กากขี้แป้งน้ำยางข้นและปูนซีเมนต์ มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่ม (Figure 3) โดยในสูตรของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ไม่ได้ใส่กากขี้แป้งนั้น จะให้ค่าความต้านทานต่อแรงกดมากที่สุด แรงที่ใช้ในการกดจนเกิดรอยแตกมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อใส่กากขี้แป้งในคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ระดับ 250 phr และหากเปรียบเทียบความต้านทานต่อแรงกดที่ลดลงของการใส่กากขี้แป้ง 250 phr กับสูตรคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ใส่กากขี้แป้งที่ระดับ 500 – 1,000 phr มีแนวโน้มความต้านทานต่อแรงกดลดลงเล็กน้อย เนื่องจากกากขี้แป้งเป็นของแข็งที่เป็นผงละเอียด มีส่วนผสมของยางอยู่ด้วย ซึ่งทำให้ยึดติดกับวัสดุซีเมนต์ได้ไม่ดี ทำให้ความสามารถทนกำลังอัดต่ำ ซึ่งต่างจากทรายและหิน ดังนั้นในสูตรของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ไม่ได้ใส่กากขี้แป้งจะมีค่าความต้านทานต่อแรงกดสูง การใส่กากขี้แป้งลงไปในคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ระดับ 250 – 1,000 phr ความสามารถในการทนต่อแรงกดของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางลดต่ำลง เนื่องจากที่กากขี้แป้งเป็นเพียงสารตัวเติม ไม่เกิดพันธะกับปูนซีเมนต์ โดยจากลักษณะสัณฐานวิทยา (Figure 4) มีช่องว่างเล็กๆ ภายในเนื้อของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยาง อาจจะส่งผลถึงความแข็งแรงของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ได้ ดังนั้นเมื่อใส่กากขี้แป้งเข้าไปในคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางเพิ่มมากขึ้น ค่าความต้านทานต่อแรงกดก็จะยิ่งลดลง

ความแตกต่างของค่าความต้านทานต่อแรงกดของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางที่ระยะการเซ็ทตัวแตกต่างกัน คือ 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน (Figure 3) จะเห็นว่า คอนกรีตปรับสภาพด้วยยางสูตรเดียวกันแต่ระยะเวลาการเซ็ทตัวต่างกัน ค่าความต้านทานต่อแรงกดของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยางระหว่างกากขี้แป้งน้ำยางข้นและปูนซีเมนต์ ที่ระยะการเซ็ทตัว 7 วัน มีค่าน้อยที่สุด และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเซ็ทตัวที่ 14 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ (ในทุกปริมาณกากขี้แป้งที่ใส่เข้าไป) ซึ่งปกติแล้วค่าความต้านทานต่อแรงกดในการเตรียมซีเมนต์ จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม หรือระยะเวลาในการปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการเซ็ทตัว[8] สอดคล้องกับผลการทดลอง แต่ค่าที่ได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น คาดว่าเนื่องจากซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันไม่สมบูรณ์ โดยเกิดการสูญเสียน้ำจากการที่กากขี้แป้งดูดซับน้ำเก็บไว้ จึงทำให้ความสามารถในการทนต่อแรงกดของซีเมนต์เพิ่มขึ้นไม่มากนัก

4. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

คอนกรีตปรับสภาพด้วยยาง ไม่ใส่กากขี้แป้ง (สูตร A) และใส่กากขี้แป้ง (สูตร C) มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ยึดเกาะกันของยาง อนุภาคกากขี้แป้งและซีเมนต์ปรากฏให้เห็นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด ดังแสดงใน Figure 4 - 5

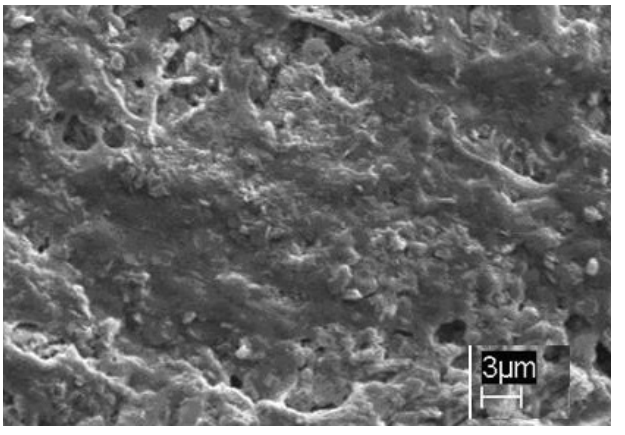

Figure 4 The morphology of NR modified cement concrete (Formula A; Cement : NR = 10 : 1 w/w of dry wt.)

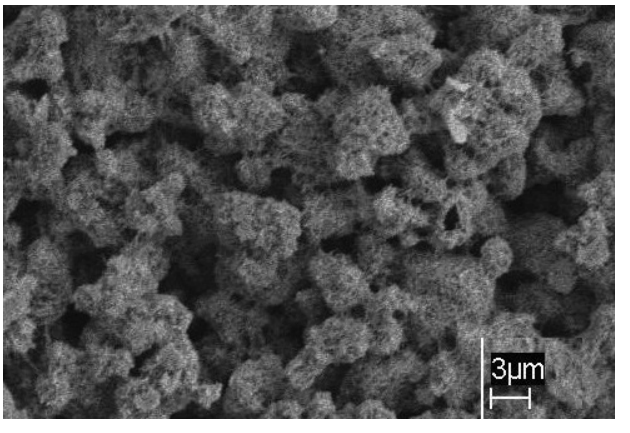

Figure 5 The morphology of NR+ sludge modified cement concrete (Formula C; Cement : NR : Sludge = 10 : 1 : 5 of dry wt.)

ลักษณะสัณฐานวิทยาของคอนกรีตปรับสภาพยางที่ไม่ใส่กากขี้แป้ง ซึ่งมีส่วนผสมยางแห้งร้อยละ 10 ของซีเมนต์ (สูตร A) ส่วนของยางสามารถห่อหุ้มส่วนของซีเมนต์ ทำให้เห็นลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (Figure 4) มีช่องว่างเล็กๆ ปรากฏให้เห็นบ้าง คาดว่าเนื่องจากส่วนของน้ำยางที่กระจายตัวอยู่ในส่วนผสมเกิดการรัดตัวก่อนซีเมนต์แข็งตัว ทำให้เกิดการดึงรั้งเกิดเป็นช่องว่างขึ้น สำหรับการใส่กากขี้แป้งในส่วนผสมคอนกรีตปรับสภาพยางร้อยละ 50 ของซีเมนต์ (สูตร C) จะเห็นลักษณะการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน และมีช่องว่างที่เกิดจากกลุ่มก้อนที่จับตัวกันมีพื้นที่ผิวต่างกัน เกิดเป็นช่องว่างปรากฏให้เห็น (Figure 5) ซึ่งส่งผลให้ความสามารถความต้านทานต่อแรงกดของคอนกรีตปรับสภาพยางมีค่าลดลง

สรุป

ปริมาณกากขี้แป้งมีผลต่อ ระยะเวลาการแข็งตัว เปอร์เซ็นต์การหดตัวและ ความต้านทานต่อแรงกดของคอนกรีตปรับสภาพด้วยยาง โดยในสูตรที่ไม่ใส่กากขี้แป้งจะมีระยะเวลาการแข็งตัว และเปอร์เซ็นต์การหดตัวที่น้อยที่สุด ในขณะที่ค่าความต้านทานต่อแรงกดมีค่ามากที่สุด และเมื่อใส่กากขี้แป้งที่ระดับ 250–1,000 phr ระยะเวลาการเซ็ทตัว และเปอร์เซ็นต์การหดตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนความต้านทานต่อแรงกดมีแนวโน้มลดลง

กิตติกรรมมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. ธนธรณ์ นวลปาน. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเตรียมปุ๋ยเหลวจากกากขี้แป้งน้ำยางข้น.วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี; 2546.
2. Vinypal S A. Production of thermoplastic granulates. GB 1075241. 1967 July 12.
3. Ratnasamy M. Asphalt composition GB2366567. 2002 Aug 15.
4. Rene B. Products for facings, insulation and packaging based on industrial wastes, and particularly paper sludge and method for their manufacture. CA1195053. 1983 Oct 19.
5. Bouthong P, Amritbenjaruethai R, Tonnayopas D. Properties of Mortar Blended Modified Granite Fine. Thaksin Jounal 2014;17(1): 5-12.
6. คุลยา ศรีโยม, ชัยศรี สุขสาโรจน์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐดินเผาน้ำหนักเบาจากกากขี้แป้งยางพาราเชิงพาณิชย์. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.2557; 33(6):301-312.
7. Kovuttikulrangsie S, Cheewasectham W. Sludge from Concentrated NR-Latex manufacture. ASEAN Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture and Environmental Stability. 2012, 8-12 July. Venue: Kyunghee University, Seoul, Republic of Korea; 2013, p. 205-212.
8. ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. ปูนซีเมนต์. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค; 2543. หน้า 166.