

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนขานอ้อยและกากตะกอนยูคาลิปตัสจากระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษมาใช้ในการผลิตวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย

ฉัตรชัย แถมเงิน¹ วิชัย สัจวรปทานสกุล² และ สุวิมล อัครพิศิษฐ์^{1*}

Thaemngoan, C.¹, Sungwornpatansakul, W.² and Asavapisit, S.^{1} (2004). The Potential for Utilization of Bagasse and Eucalyptus Pulp Sludges from Wastewater Treatment Plants of the Pulp Industries to Produce Fiber-Cement Composites. Suranaree J. Sci. Technol. 11:125-131.*

Received: Seb 12, 2003; Revised: Dec 7, 2003; Accepted: Nov 22, 2003

Abstract

This research investigated the potential for utilization of dewatered sludge from wastewater treatment plants of the pulp industry to produce fiber-cement composites. The sludges were from the bagasse and eucalyptus pulp industries. Moisture content, bulk density and flexural strength of the fiber-cement composites were determined at the age of 14, 21, 28 and 60 days. Experimental results showed that moisture content of the fiber-cement composites containing both types of sludge increase with increasing fiber content and curing duration whereas, density decreased with increasing fiber content from 5 to 7.5%. In addition, flexural strength of fiber-cement composites containing eucalyptus sludge was higher than those containing bagasse sludge at every curing duration observed.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้ขานอ้อยและยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบมาใช้ในการผลิตวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยและทำการทดสอบ ความชื้น ความหนาแน่น และความต้านทานแรงดัดที่อายุ 14, 21, 28 และ 60 วันตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าความชื้นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอนทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นตามปริมาณเส้นใยและอายุการบ่ม ในขณะที่ความหนาแน่นลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 7.5 นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นว่าวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอนยูคาลิปตัสมีความต้านทานการรับแรงดัดสูงกว่าวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอนขานอ้อยที่ทุกอายุการบ่ม

¹ สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

* ผู้เขียนที่ให้การติดต่อ

บทนำ

เยื่อกระดาษเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตกระดาษ ซึ่งในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษนั้นจะมีอยู่หลายขั้นตอนที่ทำให้เกิดการสูญเสียเยื่อกระดาษเป็นปริมาณค่อนข้างมากไปกับน้ำทิ้ง ดังนั้นจึงควรที่จะหาทางนำเอากากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งสามารถทำได้หลายแนวทาง เช่น การแยกเส้นใยในน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต การนำกากตะกอนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยการเผาไหม้โดยตรง หรือการนำเส้นใยที่อยู่ในกากตะกอนมาใช้ทดแทนเส้นใยที่ได้จากแร่ใยหิน (asbestos) ในผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นได้จากการกำจัดกากตะกอนเหล่านี้อย่างไม่เหมาะสม

วัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยไม่สามารถผลิตโดยใช้เส้นใยจากแหล่งต่าง ๆ เช่น เส้นใยเซลลูโลส บริสุทธิ์ เส้นใยจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และเส้นใยจากกระดาษที่ใช้แล้วเป็นต้น (Soroushian *et al.*, 1995; Soroushian *et al.*, 1996; Khedari *et al.*, 2001; Savastano *et al.*, 2003) Savastano *et al.*, (2000) พบว่า วัสดุซีเมนต์สามารถเสริมด้วยเส้นใยป่านศรนารายณ์ (sisal) เส้นใยจากต้นกล้วย (banana strand) และเส้นใยจากยูคาลิปตัส (eucalyptus) ได้มากถึงร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก และให้ความสามารถในการรับแรงดัดประมาณ 20 เมกะปาสคาล ที่อายุ 28 วัน

ปริมาณเส้นใย อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยเซลลูโลสบริสุทธิ์กับเส้นใยจากกระดาษใช้แล้ว และความละเอียดของเส้นใย ส่งผลต่อค่ากำลังรับแรงดัดของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย โดยพบว่าที่ปริมาณเส้นใยร้อยละ 8 อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยเซลลูโลสบริสุทธิ์กับเส้นใยจากกระดาษใช้แล้วเท่ากับ 1:1 และความละเอียดของเส้นใยเท่ากับ 540 ตามมาตรฐานแคนาดา จะให้วัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยที่มีค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ 13.2 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่ใช้เยื่อเซลลูโลส

บริสุทธิ์เพียงอย่างเดียว (Soroushian *et al.*, 1995) และเมื่อนำแผ่นวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย ไปทำการทดสอบความคงทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปียกและแห้งจากนั้นเก็บในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงตามลำดับ โดยทำการทดสอบเช่นนี้เรื่อยไปจนครบ 25 รอบ พบว่าสภาพแวดล้อม ที่รุนแรงเหล่านี้ไม่ทำให้กำลังรับแรงดัดของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยกระดาษที่ใช้แล้วเปลี่ยนแปลงไป (Soroushian *et al.*, 1996)

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษมาใช้ในการผลิตวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย โดยใช้เส้นใยที่อยู่ในกากตะกอนจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้ชานอ้อยและยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ และทำการศึกษาอิทธิพลของเส้นใยจากกากตะกอนทั้งสองชนิดต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย ได้แก่ ความชื้น ความหนาแน่น และความต้านทานแรงดัดที่อายุ 14, 21, 28 และ 60 วันตามลำดับ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การเตรียมกากตะกอน

กากตะกอนที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มาจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้ชานอ้อยและยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ โดยกากตะกอนที่นำมาใช้ตลอดการทดลองเป็นกากตะกอนที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (activated sludge) ที่มีการดึงน้ำบางส่วนออกจากกากตะกอนด้วยเครื่องบีบอัดตะกอน จากนั้นนำกากตะกอนส่วนนี้มาแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้เส้นใยที่อยู่ในกากตะกอนคลายตัว แล้วจึงทำการล้างกากตะกอนอีกครั้งก่อนที่จะนำไปผึ่งแดดให้แห้ง จากนั้นทำการบดกากตะกอนแห้งเพื่อเก็บไว้ใช้ในการเตรียมตัวอย่างวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากตะกอนได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส

และลิกนิน (ตารางที่ 1) กากตะกอนขานอ้อยและกากตะกอนยูคาลิปตัส (รูปที่ 1)

การหาความยาวของเส้นใย

นำกากตะกอนแห้ง 10 กรัม ผสมน้ำกวนให้เยื่อแตกกระจายออก นำสารละลายของเยื่อเทลงบนตะแกรงที่เตรียมไว้ โดยปล่อยให้ให้น้ำไหลผ่าน

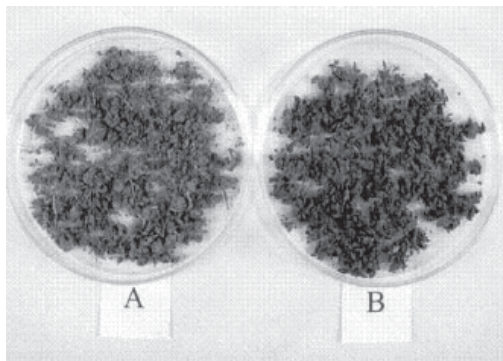


Figure 1. The dried sludges from wastewater treatment plants of the pulp industry; (a) Bagasse pulp sludge and (b) Eucalyptus pulp sludge.

เยื่อตลอดเวลาประมาณ 20 นาที จากนั้นนำเยื่อที่ค้างอยู่บนตะแกรงไปอบแห้งเพื่อคำนวณปริมาณเยื่อที่ค้างบนตะแกรงแต่ละเบอร์ นำเยื่อที่ค้างบนตะแกรงไปวัดความยาวเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า และทำการหาความยาวของเส้นใยเฉลี่ยจากตัวอย่างเส้นใยประมาณ 50 ตัวอย่าง ความยาวของเส้นใยที่อยู่ในกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเยื่อขานอ้อยและยูคาลิปตัสแสดงในตารางที่ 2

ความชื้นอิมตัวของกากตะกอน

การวิเคราะห์ความชื้นอิมตัวของกากตะกอนเป็นการหาปริมาณน้ำที่เส้นใยดูดซึมเข้าไปในอยู่ในผนังเซลล์ เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำสำหรับแต่ละส่วนผสม ทำให้มีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยนำกากตะกอนแห้ง 10 ± 0.1 กรัม ผสมน้ำ แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นใช้ผ้าซับน้ำออกพอให้ผิวตะกอนหมาด ๆ ชั่งน้ำหนักตะกอนเปียก คำนวณปริมาณน้ำที่กากตะกอนดูดซับ

Table 1. Chemical composition of dewater pulp sludges from wastewater treatment plant.

Chemical composition	Bagasse pulp sludge (%)	Eucalyptus pulp sludge (%)
Cellulose	72.6	80.2
Hemicellulose	13.8	7.9
Lignin	10.1	8.2

Table 2. The fineness of dewater pulp sludges from wastewater treatment plant.

Characteristic	Bagasse sludge		Eucalyptus sludge	
	Quantity (%)	Length (mm)	Quantity (%)	Length (mm)
Wood chips	20.8	2-12	-	-
Fiber remained on sieve no. 30	1.5	2.54	8	3.79
Fiber remained on sieve no. 50	22.2	1.31	21.7	1.37
Fiber remained on sieve no. 100	29.3	0.81	28.6	0.74
Fiber remained on sieve no. 200	16.7	0.42	16.4	0.49
Fiber passed through sieve no. 200	9.5	*	25.3	*

ต่อน้ำหนักตะกอนแห้ง ผลการทดสอบพบว่า กากตะกอนขานอ้อยและยูคาลิปตัสดูดซับน้ำเท่ากับ 1.2 และ 0.96 กรัมต่อกรัมกากตะกอนแห้ง ตามลำดับ การเตรียมตัวอย่างวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย

เตรียมวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยโดยทำการผสมน้ำและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ให้เข้ากันก่อน จากนั้นเติมกากตะกอนร้อยละ 0, 5 และ 7.5 โดย น้ำหนักของซีเมนต์ โดยต้องทำการผสมน้ำกับกาก ตะกอนในปริมาณเท่ากับความชื้นอิ่มตัวของกาก ตะกอนแห้งแต่ละชนิด แล้วปั่นให้เส้นใยในกาก ตะกอนกระจายตัวออก และค่อย ๆ โรยกากตะกอน ลงไปผสมให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเท ส่วนผสมลงในแบบหล่อขนาด 35 x 35 x 1.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร และอัดของผสมโดยใช้แรงอัด เท่ากับ 2,860 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ล็อกแบบหล่อ ให้แน่นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนทำการถอดตัวอย่าง ออกจากแบบหล่อ เพื่อนำวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย ไปบ่มในถังควบคุมความชื้น ปริมาณน้ำที่เหมาะสม สำหรับแต่ละส่วนผสมที่ได้จากการทดสอบ ความชื้นเหลวปกติตามมาตรฐาน ASTM C 187 สำหรับชุดควบคุมเป็นซีเมนต์เพสต์ที่มีอัตราส่วน น้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.3 ตัวอย่างวัสดุซีเมนต์ เสริมเส้นใยแสดงในรูปที่ 2

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล

ความชื้น ความหนาแน่น และความต้านทาน แรงดัดของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอน

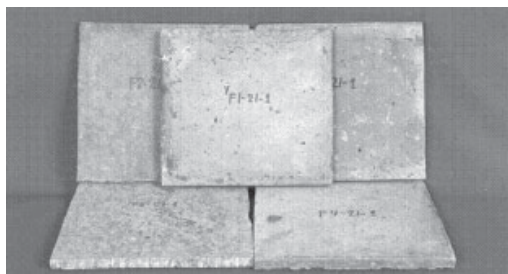


Figure 2 . The fiber-cement composites using eucalyptus pulp sludges from wastewater treatment plant of the pulp industry.

ทดสอบที่อายุ 14, 21, 28 และ 60 วัน โดยทำการ ทดสอบตามมาตรฐานต่อไปนี้

- ความชื้นตามมาตรฐาน มอก. 878 - 2537 เรื่อง แผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง โดยใช้ ตัวอย่างขนาด 10 x 10 x 1.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความชื้นที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ตัวอย่าง

- ความหนาแน่นตามมาตรฐาน มอก. 878 - 2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่น สูง โดยใช้ตัวอย่างขนาด 10 x 10 x 1.2 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ค่าความหนาแน่นที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจาก การทดสอบ 6 ตัวอย่าง

- ความต้านทานแรงดัดตามมาตรฐาน มอก. 878 - 2537 เรื่องแผ่นขึ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่น สูง โดยใช้ตัวอย่างขนาด 10 x 24 x 1.2 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ค่าความต้านทานแรงดัดที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย จากการทดสอบ 3 ตัวอย่าง

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ความชื้นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย

รูปที่ 3 (a)-(b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความชื้นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกาก ตะกอนขานอ้อยและกากตะกอนยูคาลิปตัสที่อายุ การบ่มต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าความชื้นของ ซีเมนต์เพสต์ควบคุมลดลงจากร้อยละ 4.32 เหลือ ร้อยละ 4.18, 4.17 และ 2.75 เมื่ออายุการทดสอบ เพิ่มขึ้นจาก 14 วัน เป็น 21, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ เนื่องจากน้ำที่อยู่ในส่วนผสมถูกใช้ไปในการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดังนั้นความชื้นของซีเมนต์เพสต์จึงลดลงเมื่อระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยานานขึ้น

สำหรับความชื้นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย จากกากตะกอนขานอ้อยและยูคาลิปตัสเพิ่มขึ้นตาม ปริมาณเส้นใยและอายุของตัวอย่าง จะเห็นได้ว่า ความชื้นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอน ขานอ้อยร้อยละ 5 และ 7.5 เท่ากับ 4.9 และ 5.8 ที่ อายุ 14 วัน และความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.6 และ

7.8 ที่อายุ 28 วันตามลำดับ (รูป 3 (a)) เนื่องจากเส้นใยที่อยู่ในวัสดุซีเมนต์สามารถดูดความชื้นจากบรรยากาศของถังบ่มได้ดีซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Soroushian *et al.* (1995) ที่พบว่า การดูดซึมน้ำของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มจากร้อยละ 4 เป็นร้อยละ 8

เป็นที่น่าสังเกตว่าความชื้นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอนขานอ้อยเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอนยูคาลิปตัสเมื่อระยะเวลาบ่มนานขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าเส้นใยจากกากตะกอนขานอ้อยมีเซลลูโลสประเภทเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งเป็นสารพอลิเมอร์ไฮโดรฟิลิกที่มีโครงสร้างส่วนใหญ่ไม่เป็นระเบียบอยู่มากกว่าเส้นใยจากยูคาลิปตัส (ตารางที่ 1) จึงดูดความชื้นจากอากาศได้ดีกว่า (เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์, 2540) หรืออาจเป็นไปได้ว่าปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ที่มีกาก

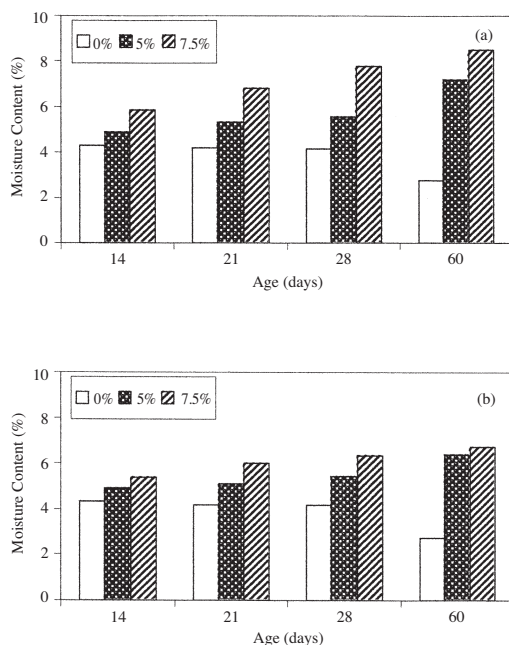


Figure 3. Moisture content of fiber-cement composites: (a) Bagasse sludge and (b) Eucalyptus sludge.

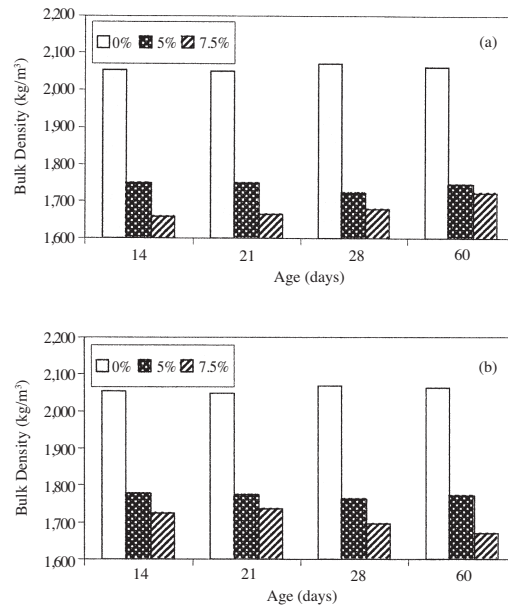


Figure 4. Bulk density of fiber-cement composites: (a) Bagasse sludge and (b) Eucalyptus sludge.

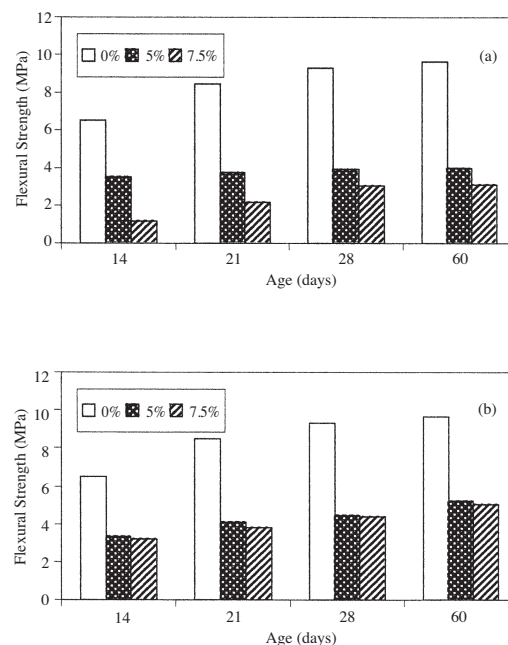


Figure 5. Flexural strength of fiber-cement composites: (a) Bagasse sludge and (b) Eucalyptus sludge.

ตะกอนขานอ้อยผสมอยู่เกิดปฏิกิริยาในอัตราที่ต่ำกว่าทำให้น้ำถูกดึงไปใช้ในปฏิกิริยาไฮเดรชันน้อยกว่า

ความหนาแน่นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย

รูปที่ 4 (a)-(b) แสดงความหนาแน่นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอนขานอ้อยและยูคาลิปตัสที่อายุต่าง ๆ พบว่าวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากตะกอนขานอ้อยร้อยละ 5 และ 7.5 มีความหนาแน่นลดลงร้อยละ 16.8 และ 18.8 เมื่อเทียบกับซีเมนต์เพสต์ควบคุมที่อายุ 28 วัน ในขณะที่วัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากตะกอนยูคาลิปตัสร้อยละ 5 และ 7.5 มีความหนาแน่นลดลงร้อยละ 14.8 และ 18.0 ที่อายุเดียวกัน เนื่องจากความหนาแน่นของกากตะกอนต่ำกว่าปูนซีเมนต์ เมื่อปริมาณกากตะกอนในส่วนผสมเพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนของปูนซีเมนต์ในส่วนผสมลดลง ทำให้ความหนาแน่นของส่วนผสมดังกล่าวลดลง

ความต้านทานแรงดัดของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัดของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากตะกอนและอายุการบ่มแสดงในรูปที่ 5 (a)-(b) จากการทดสอบพบว่าค่าแรงดัดของซีเมนต์เพสต์ควบคุมเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มคือเท่ากับ 6.52, 9.31 และ 9.67 เมกะปาสคาล ที่อายุ 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดผลผลิตซึ่งมีคุณสมบัติในการยึดประสานเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม ดังนั้นความต้านทานแรงดัดของซีเมนต์เพสต์จึงเพิ่มขึ้นตามอายุ

ความต้านทานแรงดัดของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากตะกอนขานอ้อยในอัตราร้อยละ 5 เพิ่มขึ้นจาก 3.54 เป็น 3.93 และ 3.99 เมกะปาสคาล ในขณะที่วัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากตะกอนยูคาลิปตัสในอัตราร้อยละ 5 เพิ่มขึ้นจาก 3.35 เป็น 4.44 และ 5.19 เมกะปาสคาล ที่อายุ 14, 28 และ 60 วัน ตามลำดับ โดยสังเกตเห็นว่าการพัฒนาความต้านทานแรงดัดของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์อย่างมีนัยสำคัญที่ทุกอายุการบ่ม ทั้งนี้เนื่องจาก สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

ผลิตเยื่อกระดาษและในระบบบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ตกค้างอยู่ในกากตะกอนอาจยับยั้งหรือหน่วงการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทำให้ไม่สามารถยึดเหนี่ยวเส้นใยที่อยู่ในกากตะกอนได้ดีเท่าที่ควร (Bentur and Mindess, 1990)

เป็นที่น่าสังเกตว่าความต้านทานแรงดัดของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากตะกอนขานอ้อยมีค่าต่ำกว่าวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากตะกอนยูคาลิปตัสที่ทุกอายุการบ่ม และความต้านทานแรงดัดลดลงเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าลักษณะเส้นใยในกากตะกอนทั้งสองชนิดแตกต่างกันค่อนข้างมาก นั่นคือเส้นใยที่อยู่ในกากตะกอนยูคาลิปตัสไม่มีเศษชิ้นไม้ปนเปื้อนอยู่ และเส้นใยเส้นที่สามารถผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มีมากถึงร้อยละ 25 ดังนั้นเส้นใยจากกากตะกอนยูคาลิปตัสจึงกระจายเข้าไปแทรกตัวอยู่ในเนื้อซีเมนต์ได้ดีกว่า

บทสรุป

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้ขานอ้อยและยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบมาใช้ในการผลิตวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใย พบว่าวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอนทั้ง 2 ชนิดมีความชื้นสูงกว่าซีเมนต์เพสต์ควบคุม ในขณะที่ความหนาแน่นของวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์ควบคุมที่ทุกอายุการบ่ม โดยความหนาแน่นลดลงเมื่อปริมาณกากตะกอนในวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามวัสดุซีเมนต์เสริมเส้นใยจากกากตะกอนเหล่านี้ยังมีคุณภาพต่ำอยู่มากเมื่อเปรียบเทียบกับซีเมนต์เพสต์ควบคุม โดยเฉพาะความต้านทานแรงดัด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมูลนิธิพระบรมราชานุสรณ์พระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัวและสมเด็จพระ

พระนางเจ้ารำไพพรรณี และมูลนิธิชิน โสภณพนิช
ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณภาควิชา
วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรีที่
ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านการพิมพ์ที่จำเป็นต่อการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์. (2540). เคมี่ของไม้และ
การผลิตเยื่อไม้และกระดาษ. งานวิจัยเยื่อไม้
และกระดาษ กลุ่มพัฒนาเคมีผลิตภัณฑ์ไม้
ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ สำนักวิชา
การป่าไม้ กรมป่าไม้. น. 3-11.
- Bentur, A., and Mindess, S. (1990). Fibre
reinforced cementitious composite.
Elsevier Applied Science, Northern
Ireland, 388:390-393.
- Khedari, J., Suttisonk, B., Pratinthong, N., and
Hirunlabh, J. (2001). New lightweight
composite construction materials with low
thermal conductivity. *Cement & Concrete
Composites*, 23:65-70.
- Savastano Jr. H., Warden, P.G., and Coutts,
R.S.P. (2000). Brazilian waste fibres
as reinforcement for cement-based
composites. *Cement & Concrete
Composites*, 22:379-384.
- Savastano Jr. H., Warden, P.G., and Coutts,
R.S.P. (2003). Potential of alternative fibre
cements as building materials for
developing areas. *Cement & Concrete
Composites*, 25:585-598.
- Soroushian, P., Marikunte, S., and Won, J.P.
(1995). Statistical evaluation of
mechanical and physical properties of
cellulose fiber reinforced cement
composites. *ACI Material Journal*,
92(2):172-180.
- Soroushian, P., Shah, Z., and Won, J.P. (1995).
Optimization of wastepaper fiber -
cement composites. *ACI Material
Journal*, 92(1):88-92.
- Soroushian, P., Shah, Z., and Won, J.P. (1996).
Aging effects on the structure and
properties of recycled wastepaper fiber
cement composites. *Materials and
Structure*, 29(189):312-317.