JiTR Journal of Innovative Technology Research
Vol.3 No.2 July – December 2019 Rajamangala University of Technology Lanna

ผลิตภัณฑ์แผ่นใยซีเมนต์อัดผสมชานอ้อย

นิรมล ปั้นลาย[1] ประชุม คำพุฒ[2*] และ กิตติพงษ์ สุวีโร[3]

[1]อาจารย์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[*2]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[3]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

รับบทความ 15 ตุลาคม 2561 ตอบรับบทความ 10 ธันวาคม 2561 เผยแพร่ออนไลน์ 30 พฤษภาคม 2563

© 2018 Rajamangala University of Technology Lanna. All right reserved.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรรมวิธีการผลิตแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นสารเชื่อมประสาน ใช้เส้นใยชานอ้อยเป็นวัสดุเสริมแรง ใช้หินฝุ่นบดย่อยเป็นมวลรวม กำหนดส่วนผสมและขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์โดยวิธีการสั่นเขย่าแบบกึ่งอัตโนมัติ ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง พบว่าการใช้หินฝุ่นบดย่อยแทนทรายช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์และทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงจนสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ การผสมเส้นใยชานอ้อยในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความหนาแน่นและสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงเล็กน้อย ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : หินฝุ่นบดย่อย : เส้นใยชานอ้อย : น้ำเท่ากับ 1 : 2 : 0.2 : 0.4 โดยน้ำหนัก โดยผลิตภัณฑ์แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ที่ได้มีต้นทุนต่ำและคุณสมบัติทั้งหมดผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ: แผ่นใยอัดซีเมนต์, ชานอ้อย, มอก. 878-2537, เส้นใยชานอ้อย

*E-mail: choomy_gtc@hotmail.com, prachoom.k@en.rmutt.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 025493410

Product of Cement-bonded Bagasse Fiber Board

Niramol Panlai[1] Prachoom Khamput[2*] and Kittipong Suweero[3]

[1]Lecturer, Interior Architecture, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

[*2]Lecturer, Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

[3]Lecturer, Civil Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Receive: 15 October 2018 Accepted: 10 December 2018 Published online: 30 May 2020

© 2018 Rajanmangala University of Technology Lanna. All right reserved.

Abstract

This paper aim to describe the manufacturing process of cement-bonded bagasse fiber board by using Portland cement type 1 as cementitious material, bagasse fibers were utilized as reinforcement material, and while grinding limestone were aggregates. The admixture formulation and forming fiber board were defined according semi-automatic shaking process. Physical and mechanical tests accord with TIS 878-2537 standard about standpoints cement with high density. From testing results, crushed limestone instead of sand usage improved the strength of the product, and the density of the sample could be reduced to reach the standard. The bagasse fibers in higher doses admixing effected to increase bending strength, but the density and thermal conductivity values were decreased slightly. The reasonable ratio of commercial usage was Portland cement type 1: grinded limestone: bagasse fiber: water set at 1: 2: 0.2: 0.4 by weight, respectively, that appeared the cement-bonded bagasse fiber board had low cost and all properties of the product reached the standard of Thailand.

Keywords: Cement-bonded Fiber Board; Bagasse; TIS 878-2537; Bagasse Fiber

1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตน้ำตาลนั้นใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญโดยอ้อยที่เก็บเกี่ยวจากไร่จะถูกขนถ่ายมาถึงโรงงานจะผ่านการชั่งน้ำหนักจากนั้นอ้อยจะถูกเทลงบนสะพานอ้อยบริเวณแท่นเทและลงสู่สายพานลำเลียง และไหลเข้าสู่เครื่องตีอ้อย (leveler) เครื่องสับอ้อย เครื่องย่อยอ้อย (shredder) เพื่อทุบและฉีกย่อยท่อนอ้อยให้เป็นฝอยละเอียด ซึ่งจะช่วยให้สามารถสกัดน้ำอ้อยออกจากอ้อยได้มากที่สุด อ้อยที่ผ่านการเตรียมจนเป็นเส้นฝอยละเอียด จะถูกลำเลียงเข้าไปในชุดลูกหีบที่ทำหน้าที่สกัดน้ำอ้อยออก โดยมีการฉีดพรมน้ำร้อนลงบนท่อนกากอ้อยเพื่อเจือจางน้ำอ้อยเข้มข้นที่ติดค้างอยู่ภายในกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบลูกหน้าของลูกหีบชุดสุดท้าย และส่งน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายย้อนข้ามชุดที่ขวางหน้าไปพรมกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบลูกหน้า น้ำอ้อยที่สกัดออกมาได้ยังมีสิ่งปนเปื้อนจำพวกดินทราย และเศษกากอ้อยละเอียด ปะปนอยู่ค่อนข้างมาก จึงถูกสูบเข้าตะแกรงหมุน เพื่อกรองเอากากอ้อยละเอียดที่ปนมาในน้ำอ้อยรวมออก น้ำอ้อยที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกส่งต่อไปยังถังพักเพื่อรอส่งไปกระบวนการทำใส และต้มเคี่ยวผลิตน้ำตาลทรายดิบต่อไป ส่วนกากอ้อยละเอียดที่แยกได้จะถูกส่งกลับไปทำการสกัดน้ำอ้อยที่หน้าลูกหีบหรืออาจใช้เป็นสารช่วยกรองให้ขั้นตอนการทำน้ำอ้อยใสสำหรับกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบชุดสุดท้าย ซึ่งมีน้ำตาลเหลืออยู่น้อยมากและมีความชื้นประมาณร้อยละ 52 ส่วนใหญ่จะถูกส่งไปเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ภายในหม้อน้ำเพื่อผลิตไอน้ำมาให้ในกระบวนการผลิตและผลิตไฟฟ้าต่อไป [1] จะเห็นได้ว่ากากอ้อยเป็นส่วนของชานอ้อยที่ได้จากกระบวนการหีบอ้อยจากชุดลูกหีบชุดสุดท้าย โดยปัจจุบันโรงงานน้ำตาลใช้กากอ้อยเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าและไอน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาล และจำหน่ายไฟฟ้าบางส่วนให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เถ้าชานอ้อยเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำตาลที่ได้จากการเผาชานอ้อยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ภายในโรงงาน เมื่อคำนวณโดยวิธีของ Cordeiro และคณะ [2] จะได้เถ้าชานอ้อยหลังจากการเผาเพื่อผลิตกระไฟฟ้าประมาณ 427,700 ตันต่อปี โดยเถ้าชานอ้อยที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำตาลดังกล่าว ถูกนำมาใช้เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณที่ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้พื้นที่ในการกำจัดทิ้งเป็นบริเวณกว้าง และรอบ ๆ บริเวณพื้นที่จัดทิ้งยังได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองของเถ้าชานอ้อยอีกด้วย ส่วนในปัจจุบันชานอ้อยได้ถูกนำไปเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจนหมด แต่ถ้าหากมีการเพิ่มมูลค่าให้กับชานอ้อยได้มากกว่าการเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ทางโรงงานน้ำตาลก็มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในโครงการดังกล่าวเพื่อเป็นตัวช่วยประสานในการนำเถ้าชานอ้อยออกไปสู่ภายนอกโรงงานโดยเกิดความคุ้มค่ามากที่สุดได้

เมื่อพิจารณาเส้นใยชานอ้อยพบว่า มีลักษณะสั้นมาก ความยาวประมาณ 2-4 เซนติเมตร ค่าความแข็งแรงเมื่อเทียบกับพืชเส้นใยอื่นค่อนข้างต่ำและไม่ค่อยมีความยืดหยุ่น และมีลักษณะหยาบไม่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตสิ่งทอสำหรับสวมใส่ ไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสิ่งทอสำหรับสวมใส่ โดยตรงดังนั้นการใช้ประโยชน์จากเส้นใยชานอ้อยจึงเป็นการใช้ประโยชน์ในลักษณะของมัดเส้นใย (fiber bundle) สามารถนำไปผลิตผ้าไม่ทอ (nonwoven) ที่ใช้ในกลุ่มสิ่งทอเทคนิคเช่นสิ่งทอในยานยนต์และสิ่งทอสำหรับงานก่อสร้างโดยจากการทดสอบพบว่าผลิตภัณฑ์สิ่งทอสำหรับงานก่อสร้างจากชานอ้อยมีคุณสมบัติดีกว่าสิ่งทอจากใยมะพร้าวหรือเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่น ๆในด้านการต้านการลามไฟและป้องกันแสง [3] อีกทั้งเส้นใยชานอ้อยมีน้ำหนักเบาและขนาดเส้นใยที่สม่ำเสมอจึงเหมาะต่อการนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงและเถ้าชานอ้อยที่มีขนาดเล็กเมื่อผสมคอนกรีตช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการทึบน้ำ [4] ดังนั้นจากคุณสมบัติของชานอ้อยและเถ้าชานอ้อยดังที่กล่าวมาแล้วจึงเหมาะสมที่จะนำไปเป็นวัสดุหลักในการผลิตเป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์อย่างยิ่งโดยทำการใช้เครื่องมือในการผลิตที่ดัดแปลงจากเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกก็จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลงกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เถ้าชานอ้อยแทนปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 ตามงานวิจัยที่ผ่านมา ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการใช้ชานอ้อยมาเป็นวัสดุเสริมแรงในแผ่นใยอัดซีเมนต์เป็นหลักเพื่อให้การขึ้นรูปและการทดสอบ

สอดคล้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง

. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยอัดซีเมนต์ที่ใช้ชานอ้อยเป็นส่วนผสมให้มีสมบัติต่าง ๆ ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง

3. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ใช้ทฤษฎีของการกำหนดส่วนผสมคอนกรีตและการอัดขึ้นรูปแบบใช้การสั่นเขย่าให้คอนกรีตเรียงตัว แล้วทำการทดสอบสมบัติของชิ้นตัวอย่างตามระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต โดยใช้ทฤษฎีของความแข็งแรงและการทดสอบสมบัติทางด้านกายภาพและทางกล ประกอบด้วย ความต้านทานแรงดัด, มอดุลัสยืดหยุ่น, ความหนาแน่น, ความชื้น และสภาพการนำความร้อน

4. วิธีการวิจัย

4.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

2) หินฝุ่นจากโรงโม่หินจังหวัดสระบุรี นำมาบดย่อยให้มีขนาดเท่ากับทราย

3) เถ้าชานอ้อย จากโรงงาน บริษัท น้ำตาลสระบุรี จำกัด (สระโบสถ์) นำมาอบไล่ความชื้น ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 325-200 เมช

4) ชานอ้อยโรงงานน้ำตาล จากโรงงาน บริษัท น้ำตาลสระบุรี จำกัด (สระโบสถ์) (ภาพที่ 1 และ 2)

5) น้ำประปา หรือน้ำสะอาด

6) เครื่องตัดเส้นใยชานอ้อย

7) เครื่องผสมคอนกรีต

8) เครื่องอัดแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์แบบสั่นเขย่ากึ่งอัตโนมัติ ซึ่งดัดแปลงจากเครื่องอัดอิฐบล็อก (ภาพที่ 3)

9) แท่นพลิกแผ่นอัดซีเมนต์

10) ตะแกรง สำหรับร่อนวัสดุผสม

11) แบบหล่อขนาด 300 x 300 x 15 ลบ.มม.

12) ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ

13) เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง

14) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์

ภาพที่ 1 กองชานอ้อยภายในโรงงาน บจ.น้ำตาลสระบุรี

ภาพที่ 2 เส้นใยชานอ้อยจากโรงงาน บจ.น้ำตาลสระบุรี

ภาพที่ 3 เครื่องตัดเส้นใยชานอ้อย

4.2 การกำหนดอัตราส่วนผสม

การกำหนดส่วนผสมของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ โดยใช้การอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมาของคณะผู้ดำเนินงานวิจัย เรื่องแผ่นใยมะพร้าวอัดซีเมนต์ [5] และจากการทดลองขึ้นรูปเบื้องต้นจำนวน 30 อัตราส่วน พบว่าเส้นใยชานอ้อยสามารถผสมในแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ได้ปริมาณมากกว่าเส้นใยมะพร้าวเกินกว่า 3 เท่า โดยไม่ทำให้แผ่นอัดซีเมนต์เสียรูปหรือเกิดการพองตัว (เดิมอ้างอิงการผสมเส้นใยมะพร้าวได้สูงสุด 75 กรัม แต่เส้นใยชานอ้อยสามารถผสมได้สูงสุดถึง 300 กรัม) อีกทั้งจากการปรับสภาพชานอ้อยโดยวิธีการล้างด้วยน้ำเปล่าแทนสารปรับปรุงเส้นใย และการใช้วิธีการบดชานอ้อยผ่านตะแกรงขนาด 1 นิ้ว จะทำให้มีความยาวของเส้นใยชานอ้อยมีขนาดคละอยู่ประมาณ 2 – 4 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อทดลองผสมขึ้นรูปแล้วจะทำให้เนื้อของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์มีเนื้อไม่ร่วนเหมือนกับการแยกใช้ขนาดเส้นใยชานอ้อยแบบคงที่ 2, 3 และ 4 เซนติเมตร ดังนั้นจึงสามารถกำหนดอัตราส่วนผสมได้ดังตารางที่ 1

.3 การขึ้นรูปตัวอย่างสำหรับทดสอบ

ทำการเตรียมส่วนผสมตามกำหนดในตารางที่ 1 จากนั้นนำปูนซีเมนต์เถ้าชานอ้อยหินฝุ่นบดย่อย เส้นใยชานอ้อยใส่ในเครื่องผสมคอนกรีตแล้วเติมน้ำประปาผสมส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วตักส่วนผสมเทลงในแบบหล่อที่ติดตั้งบนเครื่องอัดแผ่นแบบสั่นเขย่าทำการอัดขึ้นรูปได้เป็นตัวอย่างแผ่นใยชานอ้อยอัดซีเมนต์ นำออกจากแบบไปบ่มในที่ร่มจนได้อายุที่ต้องการ

.4 การทดสอบสมบัติต่าง ๆ

หลังจากทำการขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์และนำไปบ่มจนได้ระยะเวลาตามกำหนดแล้ว จึงนำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป, ความหนาแน่น, ความชื้น, ความต้านทานแรงดัด, มอดุลัสยืดหยุ่น [6] และสภาพการนำความร้อน [7] ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการทดสอบตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์:ความหนาแน่นสูง ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นใยชานอ้อยอัดซีเมนต์

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	หินฝุ่นบดย่อย (กรัม)	ชานอ้อย (กรัม)	น้ำประปา (กรัม)
BG.50	1,000	2,000	50	400
BG.75	1,000	2,000	75	400
BG.100	1,000	2,000	100	400
BG.125	1,000	2,000	125	400
BG.150	1,000	2,000	150	400
BG.175	1,000	2,000	175	400
BG.200	1,000	2,000	200	400
BG.225	1,000	2,000	225	400
BG.250	1,000	2,000	250	400
BG.275	1,000	2,000	275	400
BG.300	1,000	2,000	300	400

หมายเหตุ การนำส่วนผสมทั้งหมดไปขึ้นรูปเป็นแผ่นให้ทำการตักส่วนผสมไปชั่งน้ำหนักให้มีขนาดเท่ากันแผ่นละ 3,450 กรัม

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของแผ่นใยชานอ้อยอัดซีเมนต์

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	หินฝุ่นบดย่อย (กรัม)	ชานอ้อย (กรัม)	น้ำประปา (กรัม)
BG.50	1,000	2,000	50	400
BG.75	1,000	2,000	75	400
BG.100	1,000	2,000	100	400
BG.125	1,000	2,000	125	400
BG.150	1,000	2,000	150	400
BG.175	1,000	2,000	175	400
BG.200	1,000	2,000	200	400
BG.225	1,000	2,000	225	400
BG.250	1,000	2,000	250	400
BG.275	1,000	2,000	275	400
BG.300	1,000	2,000	300	400

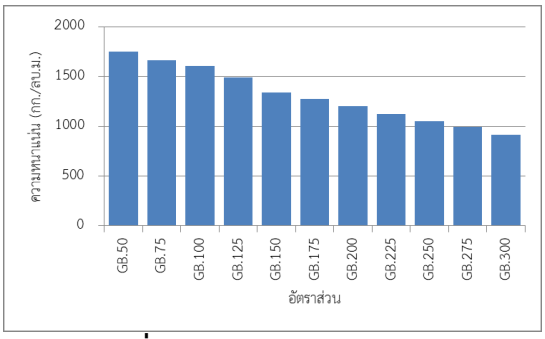
หมายเหตุ การนำส่วนผสมทั้งหมดไปขึ้นรูปเป็นแผ่นให้ทำการตักส่วนผสมไปชั่งน้ำหนักให้มีขนาดเท่ากันแผ่นละ 3,450 กรัม

5. ผลการวิจัย

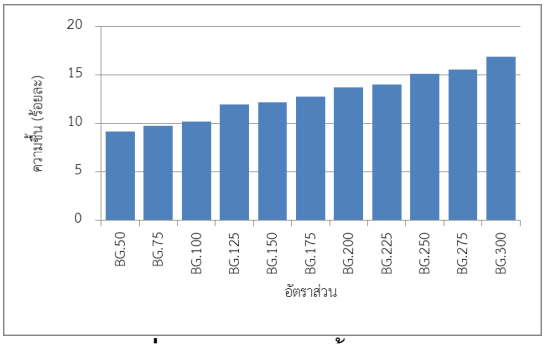
5.1 ลักษณะทั่วไปความหนาแน่นความชื้นการพองตัวเมื่อแช่น้ำและสภาพการนำความร้อน

ตารางที่ 2 ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อนของแผ่นซานอ้อยอัดซีเมนต์

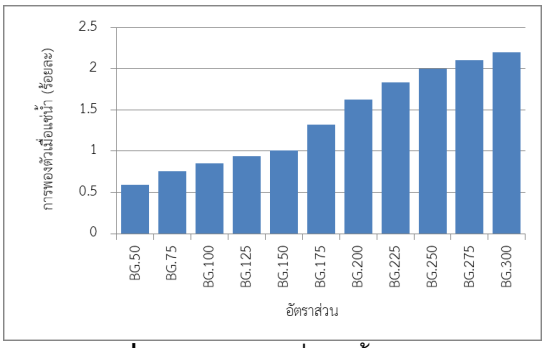
อัตราส่วน	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	ความชื้น (ร้อยละ)	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)	ส.ป.ส. การนำความร้อน (วัตต์/ม.-เคลวิน)
BG.50	1748.52	9.123	0.589	0.181
BG.75	1663.05	9.726	0.754	0.173
BG.100	1605.11	10.148	0.852	0.168
BG.125	1489.32	11.962	0.941	0.161
BG.150	1341.51	12.144	1.009	0.157
BG.175	1277.08	12.782	1.321	0.148
BG.200	1201.25	13.714	1.623	0.142
BG.225	1120.33	13.995	1.836	0.135
BG.250	1052.08	15.134	2.001	0.122
BG.275	990.87	15.537	2.102	0.119
BG.300	912.17	16.841	2.198	0.111
ค่ามาตรฐาน	1100-1300	9-15	ไม่เกิน 2	ไม่เกิน 0.155



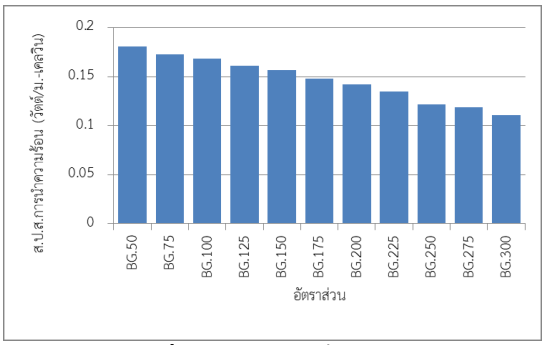
ภาพที่ 4 ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)



ภาพที่ 5 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)



ภาพที่ 6 การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)



ภาพที่ 7 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์/ม.-องศาเคลวิน)

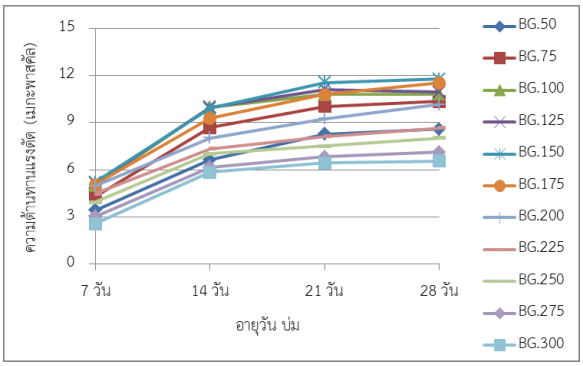
5.2 ความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

ตารางที่ 3 ความต้านทานแรงดัดของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

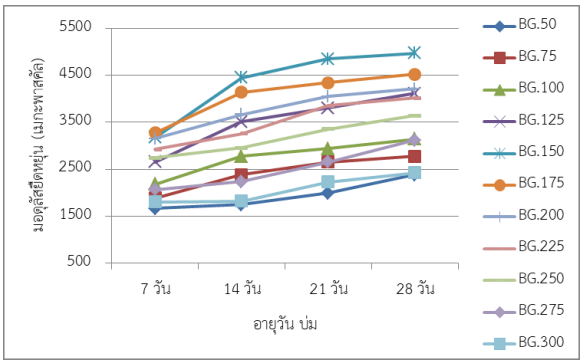
อัตราส่วน	ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคัล)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
BG.50	3.42	6.63	8.26	8.59
BG.75	4.29	8.68	10.04	10.35
BG.100	5.02	9.95	10.78	10.81
BG.125	5.12	9.99	11.11	10.93
BG.150	5.2	9.91	11.56	11.76
BG.175	5.05	9.26	10.79	11.52
BG.200	4.95	8.03	9.25	10.16
BG.225	4.48	7.34	8.13	8.66
BG.250	3.94	7.02	7.5	8.03
BG.275	3.03	6.15	6.81	7.12
BG.300	2.56	5.84	6.44	6.54
ค่ามาตรฐาน				ไม่น้อยกว่า 9

ตารางที่ 4 มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน	มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
BG.50	1663.39	1748.39	1992.51	2383.94
BG.75	1884.32	2381.93	2648.05	2775.08
BG.100	2173.54	2771.42	2935.71	3138.64
BG.125	2655.12	3508.92	3801.33	4109.55
BG.150	3174.39	4446.86	4845.41	4971.17
BG.175	3269.81	4138.17	4338.72	4519.32
BG.200	3150.45	3662.4	4051.11	4212.09
BG.225	2918.66	3251.85	3852.87	4014.14
BG.250	2745.08	2957.23	3357.29	3642.57
BG.275	2063.22	2237.08	2651.08	3113.98
BG.300	1799.41	1816.76	2229.66	2418.56
ค่ามาตรฐาน				ไม่น้อยกว่า 3000



ภาพที่ 8 ความต้านทานแรงดัด (เมกะพาสคัล)

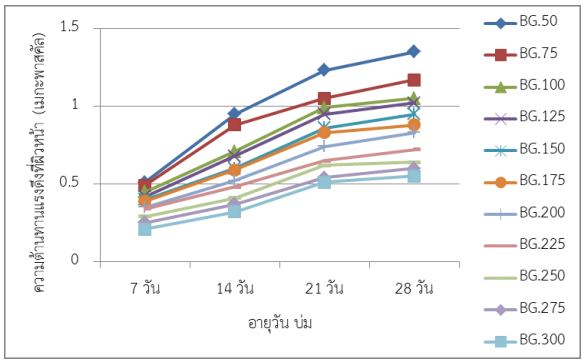


ภาพที่ 9 มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)

5.3 ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า

การทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ ทำการทดสอบที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน (ภาพที่ 10) ได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 11 และตารางที่ 5

ภาพที่ 10 การทดสอบความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าแผ่น



ภาพที่ 11 ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า (เมกะพาสคัล)

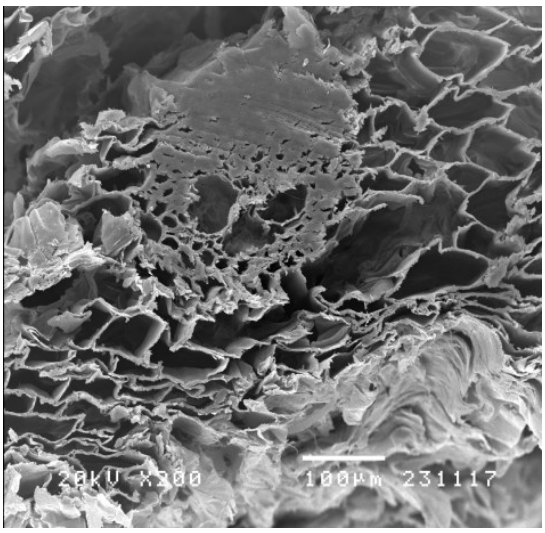
ตารางที่ 5 ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน	ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า (เมกะพาสคัล)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
BG.50	0.51	0.95	1.23	1.35
BG.75	0.49	0.88	1.05	1.17
BG.100	0.45	0.71	0.99	1.05
BG.125	0.42	0.68	0.95	1.02
BG.150	0.4	0.6	0.86	0.95
BG.175	0.39	0.59	0.83	0.88
BG.200	0.35	0.52	0.74	0.83
BG.225	0.34	0.48	0.65	0.72
BG.250	0.29	0.41	0.62	0.64
BG.275	0.25	0.37	0.54	0.6
BG.300	0.21	0.32	0.51	0.55
ค่ามาตรฐาน				ไม่น้อยกว่า 0.5

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อน

การตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ ด้วยวิธีการสังเกตและการวัดขนาดแบบละเอียด พบว่า แผ่นใยชานอ้อยอัดซีเมนต์ทั้งหมดมีลักษณะผ่านตามที่มาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่อง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงกำหนด คือ ขอบและผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ทั้งหมดมีความเรียบและได้ฉาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณของเส้นใยที่ผสมไม่มากจนเกินไป และมีลักษณะพื้นผิวขรุขระ (ภาพที่ 12) ทำให้ซีเมนต์เพสต์สามารถยึดเกาะและเชื่อมประสานผิวของเส้นใยชานอ้อยได้ดี และการอัดขึ้นรูปด้วยวิธีการสั่นเขย่าที่มีแผ่นพลาสติกใสปิดทับด้านบนอีก 1 ชั้น ก่อนการถอดแบบ จึงทำให้ผิวหน้ามีลักษณะเรียบ อีกทั้งการอัดโดยวิธีการสั่นเขย่าต้องใช้น้ำผสมในปริมาณที่น้อย แค่พอหมาด จึงทำให้แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์เกาะตัวกันแข็งเป็นก้อนตั้งแต่นำออกจากแบบอัด อีกทั้งปริมาณน้ำที่ใช้ยังพอดีกับความต้องการในการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ จึงไม่เกิดการเยิ้มจากน้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาเหมือนกับวิธีการเทหล่อคอนกรีตแบบปกติ โดยทุกอัตราส่วนผสมมีมิติที่ไม่คลาดเคลื่อนเกิน ±2 มิลลิเมตร



ภาพที่ 12 ขยายหน้าตัดชานอ้อย 200 เท่า จากกล้อง SEM

ส่วนของความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อน เมื่อครบอายุการบ่ม 28 วัน พบว่าการผสมเส้นใยชานอ้อยในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นและสภาพการนำความร้อนมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ เนื่องจากชานอ้อยมีน้ำหนักเบากว่าหินฝุ่นบดย่อย เมื่อใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในมอร์ต้าจึงทำให้มอร์ต้ามีความหนาแน่นลดลง ซึ่งเป็นผลดีในด้านของการเป็นฉนวนความร้อนที่ดีขึ้นและลดน้ำหนักของโครงสร้างอาคารลงได้ ในทางกลับกันค่าความชื้นและการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากชานอ้อยเป็นเส้นใย

ธรรมชาติที่มีรูพรุน จึงมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้สูง อีกทั้งเมื่อผสมชานอ้อยในปริมาณมากขึ้นจะเกิดความพรุนในเนื้อและผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์มากขึ้น ซึ่งช่องว่างความพรุนนี้ทำให้น้ำซึมเข้าไปภายในได้ง่ายกว่า และส่งผลให้ชานอ้อยเกิดความชื้นสะสมดันแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ให้พองตัวออก โดยอัตราส่วนของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ด้านความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวเมื่อแช่น้ำ และสภาพการนำความร้อน และเหมาะสมสำหรับการเลือกไปใช้งานในการวิจัยครั้งนี้ คือ อัตราส่วน BG.175, BG.200 และ BG.225 ตามลำดับ

6.2 ความต้านทานแรงดัด และมอดุลัสยืดหยุ่น

จากตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ พบว่าความต้านทานแรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มที่มากขึ้น เนื่องจากกระบวนการทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์กับน้ำ ซึ่งในการทดลองนี้ผสมเถ้าชานอ้อยในอัตราส่วนร้อยละ 20 ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถใส่ได้สูงสุดตามงานวิจัยที่ผ่านมาโดยไม่ทำให้คุณสมบัติในด้านการรับกำลังของคอนกรีตด้อยลง การใช้หินฝุ่นบดย่อยแทนทรายก็มีส่วนช่วยให้แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์รับแรงได้มากขึ้น การผสมปริมาณเส้นใยชานอ้อยให้เข้ากันได้มากที่สุดจนถึง 300 กรัม หลังจากนั้นจะไม่สามารถผสมและอัดขึ้นรูปได้ แต่เมื่อพิจารณาถึงความต้านทานแรงดัด การผสมชานอ้อยจะช่วยให้ความต้านทานแรงดัดเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่ปริมาณชานอ้อย 150 กรัม และจะเริ่มลดลงตามลำดับ จนปริมาณชานอ้อย 200 กรัม มีค่าความต้านทานแรงดัด 10.16 เมกะพาสคัล เป็นอัตราส่วนสุดท้ายที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.878-2537 ที่กำหนดไว้ว่า ค่าต้านทานแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล

จากตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ พบว่าค่ามอดุลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มที่มากขึ้น เช่นเดียวกันกับความต้านทานแรงดัด โดยสามารถผสมชานอ้อยได้จนถึง 275 กรัม ได้ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 3113.98 เมกะพาสคัล ที่อายุการบ่ม 28 วันเมื่อนำค่าทั้งค่าความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่นมาเปรียบเทียบกับแผ่นวีว่าบอร์ดและแผ่นสมาร์ทบอร์ด ที่จำหน่ายในท้องตลาดพบว่าค่าความต้านทานแรงดัดมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของวีว่าบอร์ดและสมาร์ทบอร์ดจะมีค่าสูงกว่าแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ประมาณ 1 เท่า ทั้งนี้เนื่องมาจากกระบวนการผลิตวีว่าบอร์ดและสมาร์ทบอร์ดที่ต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ ในโรงงานที่มีต้นทุนการผลิตสูง จึงสามารถควบคุมคุณภาพได้ดีกว่า และทั้งวีว่าบอร์ดและสมาร์ทบอร์ดทำมาจากส่วนผสมของชิ้นไม้เป็นหลักจึงมีความแข็งแรงกว่าการใช้ชานอ้อยเป็นส่วนผสม

6.3 ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า

จากตารางที่ 5 แสดงค่าความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์พบว่าเมื่อผสมเส้นใยชานอ้อยในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้ามีค่าลดลงตามลำดับ เนื่องจากการผสมชานอ้อยในแผ่นอัดซีเมนต์การเรียงตัวของชานอ้อยส่วนใหญ่จะขนานไปกับผิวหน้าแผ่น เมื่อผสมชานอ้อยในปริมาณที่มากขึ้นทำให้การเกาะตัวของซีเมนต์เพสต์ที่ผิวหน้าลดลงและการรับแรงดึงที่ผิวหน้าจะทำให้เส้นใยชานอ้อยจะถูกดึงแยกออกจากกันทางด้านข้างส่งผลให้แนวโน้มการรับแรงดึงที่ผิวหน้าลดลงดังกล่าวโดยอัตราส่วนสุดท้ายที่แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์รับแรงดึงผิวหน้าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.878-2537 ที่กำหนดไว้ว่าต้องไม่ต่ำกว่า 0.5 เมกะพาสคัล คือปริมาณชานอ้อย 275 กรัม มีค่าความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าเท่ากับ0.60 เมกะพาสคัล

7. สรุป

7.1 สรุปผล

การพัฒนากรรมวิธีการผลิตแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ได้ทำการค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ทำการจัดเตรียมวัสดุเครื่องมือและ

อุปกรณ์ การกำหนดอัตราส่วนผสมเพื่อดำเนินการขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์โดยวิธีการใช้เครื่องอัดแบบสั่นเขย่าที่ดัดแปลงจากเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกทั่วไปแล้วทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์: ความหนาแน่นสูงและมาตรฐาน ASTM C518 ในส่วนของสภาพการนำความร้อน โดยผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะผสมในการนำไปใช้งานโดยมีสมบัติทุกประการผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานและสามารถใช้ชานอ้อยเป็นส่วนผสมในปริมาณสูงสุดคือ BG.200 โดยมีส่วนผสมปูนซีเมนต์ ต่อ เถ้าชานอ้อย ต่อ หินฝุ่นบดย่อย ต่อ ชานอ้อย ต่อ น้ำประปา เท่ากับ 1,000 : 200 : 2,000 : 200 : 400 (กรัม)

ตารางที่ 6 สรุปสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์อัตราส่วน BG.200

ข้อมูลจำเพาะ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน มอก. 878-2537	แผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ (BG.200)
ความหนาแน่น	กก./ลบ.ม.	1,100 - 1,300	1201.25
ปริมาณความชื้นในแผ่น	ร้อยละ	9-15	13.714
ความต้านทานแรงดัด	เมกะพาสคัล	9	10.06
มอดูลัสยืดหยุ่น	เมกะพาสคัล	3,000	4212.09
ความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้า	เมกะพาสคัล	0.5	0.83
สภาพการนำความร้อน	วัตต์/เมตร-องศา	น้อยกว่า	0.142
(ค่า k)	เคลวิน	หรือ เท่ากับ 0.15	
การพองตัวเมื่อแช่น้ำ 24 ชั่วโมง	ร้อยละ	2	1.623
ราคาจำหน่าย	บาท/แผ่น	-	12
(ขนาดแผ่น 30x30x1.5 ลบ.ซม.)			

7.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการวิจัยครั้งต่อไปต้องทำการประดิษฐ์เครื่องจักรที่สามารถอัดขึ้นรูปแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เพื่อสามารถนำไปใช้งานได้อย่างแพร่หลาย

2) ควรเพิ่มการผสมสีลงไปในแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ เพื่อสร้างสีสันให้สวยงามและเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ไม่ต้องการฉาบปิดผิวหน้าของผนัง

3) ควรเพิ่มเติมในส่วนของการบากร่องหรือทำเดือยที่ขอบแผ่นชานอ้อยอัดซีเมนต์ เพื่อให้การติดตั้งได้เรียบสนิทมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งบประมาณรายจ่ายประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559. โครงการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมน้ำตาลไทยอย่างยั่งยืนให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม, กระทรวงอุตสาหกรรม. http: / / www. cms2 green. com/lowsugar/Manufacture.php

[2] Cordeiro, G.C., Filijp, R.D.T., Fairbairt, E.M.R., Luis, M.M.T., and Oliver, C.H., 2004, Influence of mechanical grind on the pozzolanic activity

of residual sugarcane bagasse ash, Proceedings of the international conference on use of recycled materials in building and structure, Barcelona; pp. 342.

[3] ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน, 2559. ชานอ้อยวัตถุดิบสิ่งทอชีวมวล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีhttp://www.thaitextile.org/index.

[4] รัฐพล สมนา และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2554. การใช้เถ้าชานอ้อยบดละเอียดเพื่อปรับปรุงกำลังอัดการซึมผ่านน้ำและความต้านทานคลอไรด์ของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากการย่อยเศษคอนกรีตเก่า, วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 34, ฉบับที่ 4. ตุลาคม - ธันวาคม 2554. หน้า 369-381.

[5] ประชุม คำพุฒ, 2560. ผลิตภัณฑ์แผ่นใยมะพร้าวอัดซีเมนต์ต้นทุนต่ำ. การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 12, โรงแรม เดอะรีเจ้นท์ ชะอำบีช รีสอร์ท, อำเภอชะอำ, เพชรบุรี, หน้าENV-07- ENV-13.

[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2537. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

[7] American Society for Testing and Materials, 2015. ASTM C518-15, Standard Test Method for Steady- State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus, ASTM International, West Conshohocken, PA.