



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐาน
จากส่วนผสมของเถ้าขาน้อย”

โดย

ผศ.ดร.ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง

พฤษภาคม 2561

สัญญาเลขที่ RDG60T0166

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขาน้อย”

โดย

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1. ผศ.ดร.ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 2. นายชนะรบ วิชาลัย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 3. นางสาวอรรวรรณ จันทสุโข | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 4. นายณรงค์เดช ยังสุขเกษม | มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ |

พฤษภาคม 2561

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ข้อเสนอโครงการวิจัย เรื่อง “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย” เป็นข้อเสนอขอรับทุนในกลุ่มเรื่อง อ้อยและน้ำตาล จากกรอบวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีกระบวนการผลิตน้ำตาลเริ่มต้นตั้งแต่วิธีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบและการสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากอุตสาหกรรมน้ำตาลและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง

ข้อเสนองานวิจัยนี้ คณะผู้ดำเนินโครงการวิจัยได้กำหนดเป้าหมายให้มีการนำเถ้าขานอ้อยมาใช้ให้มากและเกิดประโยชน์อย่างสูงสุด ทั้งนี้จะต้องควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานให้มีคุณภาพและราคาต่อหน่วยใกล้เคียงกับอิฐบล็อกซีเมนต์แบบปกติที่มีจำหน่ายทั่วไป

สุดท้ายคณะผู้ดำเนินงานวิจัยเชื่อว่า ถ้าหากผลผลิตของงานวิจัยนี้ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก็จะสามารถบรรลุเป้าหมายในด้าน การสร้างงานวิจัยนวัตกรรมและการบริการวิชาการสู่สังคมชุมชน ซึ่งจะเกิดผลไปสู่การพัฒนาชุมชน สังคม และเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศดีขึ้นได้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการใช้ประโยชน์จากเถ้าขานอ้อยเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อกดินซีเมนต์ โดยมีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อยสูงสุดถึงร้อยละ 45 ของส่วนผสมทั้งหมด จากการทดลองพบว่า อิฐบล็อกที่ผลิตได้มีคุณสมบัติเด่นในด้าน การเป็นฉนวนกันความร้อน น้ำหนักเบา และ ราคาถูกกว่า อิฐบล็อกคอนกรีต

การศึกษานี้เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มเถ้าขานอ้อยจากโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวมวลให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่อีกครั้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้นอกจากจะเกิดผลดีต่อชุมชนแล้ว สามารถนำไปสู่ธุรกิจการผลิตอิฐบล็อกที่มีประสิทธิภาพของภาคเอกชนได้ สุดท้ายงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการจดอนุสิทธิบัตร และการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชน ตามภารกิจที่ผู้ดำเนินการวิจัยมีเป้าหมายอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: เถ้าขานอ้อย อิฐบล็อกดินซีเมนต์ อิฐบล็อกคอนกรีต

Abstract

The research is to utilize bagasse ash as a raw material for soil-cement brick production. Ingredients for the production of all bricks use up to 45 percent ash. The results showed that the bricks were insulated, lightweight and cheaper than concrete bricks.

This study is to increase the added value of bagasse ash from biomass power plants to be reused. Therefore, this research is not only beneficial to the community but also can lead to efficient brick production of the private sector. Finally, this research has carried out the petty patent and transfer of knowledge to the community according to the mission of the research.

Keyword: bagasse ash, soil-cement brick, concrete brick

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	
บทคัดย่อ (ไทย-อังกฤษ)	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1-2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	1-4
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-4
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-5
2.2 ทฤษฎี	2-5
2.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2-7
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	3-9
3.2 การศึกษารายละเอียดเพื่อออกแบบการทดลอง	3-10
3.3 เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ทดสอบ	3-10
3.4 การดำเนินการทดลอง	3-10
3.5 การสรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา	3-11
3.6 ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี	3-11
3.7 ขั้นตอนการนำไปก่อสร้างจริง	3-11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 การทดลองหาค่าการนำความร้อน	4-13
4.2 การทดลองหาค่ากำลังอัดประลัย	4-15
4.3 ทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ	4-16
4.4 การนำวัสดุวิจัยไปก่อสร้างจริง	4-16
4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนการผลิต	4-17
4.6 ข้อมูลการลงทุนเพื่อการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม SME	4-18
4.7 อภิปรายผลการศึกษา	4-21

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา	5-23
5.2 ข้อเสนอแนะ	5-23

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก อนุสิทธิบัตร	27
ภาคผนวก ข การถ่ายทอดเทคโนโลยี	40

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1	คุณสมบัติของดินคัดเลือกที่ใช้ทำการทดลอง
9	
ตารางที่ 3.2	คุณสมบัติของเถ้าขานอ้อยที่ใช้ทำการทดลอง
9	
ตารางที่ 3.3	คุณสมบัติของหินปูนที่ใช้ทำการทดลอง
10	
ตารางที่ 3.4	คุณสมบัติของทรายที่ใช้ทำการทดลอง
10	
ตารางที่ 3.5	การออกแบบส่วนผสมสำหรับการทดลอง
12	
ตารางที่ 4.1	ข้อมูลการลงทุนเพื่อการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม
18	
ตารางที่ 4.2	แสดงราคาผลิตภัณฑ์ต่อก้อนในแต่ละขั้นตอนการผลิต
22	
	(จำนวนผลิต 2,500 ก้อน)
ตารางที่ 4.3	คะแนนการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์
22	
ตารางที่ ก1	อัตราส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐาน
38	
	จากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงภาพสถานที่กองเก็บขานอ้อยที่ผ่านการบดของลูกหีบ	3
รูปที่ 1.2 ลักษณะการกองเก็บหินฝุ่นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม	3
รูปที่ 2.1 อิฐบล็อกคอนกรีตแบบมาตรฐาน	7
รูปที่ 2.2 อิฐบล็อกดินซีเมนต์	8
รูปที่ 2.3 อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย 15%	8
รูปที่ 2.4 อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย 30%	8
รูปที่ 2.5 อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย 45%	8
รูปที่ 3.1 การทดลองหาคณสมบัติของวัสดุตามข้อเสนองานวิจัย	12
รูปที่ 4.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อติดตั้งเครื่องมือวัด	13
รูปที่ 4.2 การวัดค่าการนำความร้อน	14
รูปที่ 4.3 ค่าการนำความร้อนของตัวอย่างอิฐบล็อกที่สูตรผสมต่างกัน	14
รูปที่ 4.4 เครื่องทดสอบกำลังอัดประลัย (UTM)	15
รูปที่ 4.5 การทดสอบกำลังอัด	15
รูปที่ 4.6 กำลังอัดของอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมต่างกัน	16
รูปที่ 4.7 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมต่างกัน	16
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่น	19
รูปที่ 4.9 ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมต่างกัน	19
รูปที่ 4.10 การนำวัสดุวิจัยไปใช้ในงานก่อสร้างจริง	20
รูปที่ 4.11 ทางเดินภายนอกอาคารตัวอย่าง	20
รูปที่ 4.12 น้ำยาเคลือบเงาใส (Coating) กันซึมเบเยอร์ A-100	24
รูปที่ ก1 แสดงรูปด้านบน (Top View)	33
รูปที่ ก2 แสดงรูปด้านล่าง (Bottom View)	33
รูปที่ ก3 แสดงรูปด้านหน้า (Front View)	34
รูปที่ ก4 แสดงรูปด้านหลัง (Back View)	35

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ก5 แสดงรูปด้านข้าง-1 (Side View-1)	36
รูปที่ ก6 แสดงรูปด้านข้าง-2 (Side View-2)	37
รูปที่ ข1 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน (1)	42
รูปที่ ข2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน (2)	42

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

โครงการวิจัยเรื่อง “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย” เป็นโครงการวิจัยที่ให้ความสำคัญในด้านการใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจ เชิงสังคมและชุมชน เป็นหลัก เนื่องจากสามารถนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดสู่ชุมชนให้สามารถผลิตชิ้นงาน อิฐบล็อกมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อยได้จริง “สามารถปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐบล็อกมาตรฐานที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดให้มีคุณภาพสูงขึ้นด้วยส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย” ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเถ้าขานอ้อย ในขณะที่ต้นทุนในการผลิตไม่เปลี่ยนแปลง จากรายงานสรุปของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2556) พบว่าพื้นที่ปลูกอ้อยในจังหวัดสุพรรณบุรี มีพื้นที่ปลูกจำนวน 5.8 แสนไร่ และมีปริมาณผลผลิตจำนวน 6.7 ล้านตันต่อปี เมื่อนำขานอ้อยไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจะมีปริมาณเถ้าขานอ้อยประมาณ 4.2 หมื่นตันต่อปี ดังรูปที่ 1.1

เถ้าขานอ้อย (Bagasse-Ash) คือส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ของขานอ้อย มีสีดำ เทาดำ หรือสีน้ำตาล รูปร่างค่อนข้างกลม บางครั้งอาจพบลักษณะเป็นรูพรุน มีน้ำหนักเบาลอยน้ำได้เป็นสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) สามารถนำมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ได้บางส่วนเนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายกัน และมีปริมาณซิลิกอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบหลักประมาณร้อยละ 60% ในขณะที่ปูนซีเมนต์ ประเภทที่ 1 มีอยู่ประมาณร้อยละ 20% (ชัย, 2555) เถ้าขานอ้อยมีคุณสมบัติในการนำมาใช้กับคอนกรีตได้ดีกว่าเถ้าของเปลือกไม้ พลาสติก หรือการเผากระดาก สำหรับลักษณะอนุภาคของเถ้าขานอ้อยนั้นมีลักษณะเป็นรูพรุน เพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ขึ้นก่อนการนำเถ้าขานอ้อยมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในคอนกรีต จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพโดยการบดละเอียด และคัดแยกขนาดโดยการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน จากงานวิจัยของ Martirena Hernandez et al. (1998) และ Nuntachai et al. (2009) ได้นำเถ้าขานอ้อยมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลานโดยการผสมร่วมกับปูนซีเมนต์ พบว่าเถ้าขานอ้อยสามารถปรับปรุงคุณภาพของมอร์ตาร์และคอนกรีตได้

โครงการวิจัยเรื่อง “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย” มีความแตกต่างจากงานวิจัยอื่นที่ผ่านมาแล้วในอดีตคือ นอกจากจะใช้เถ้าขานอ้อยเป็นวัสดุปอซโซลาน (Pozzolan Materials) ในอัตราส่วนสูงสุดถึงร้อยละ 45 โดยปริมาตรของวัสดุผสมทั้งหมดเพื่อใช้เป็นส่วนผสมของการผลิตอิฐบล็อกแบบมาตรฐานแล้ว งานวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงอิฐบล็อกให้มีคุณภาพสูงขึ้นโดยใช้สารเคมีที่ช่วยในการลดน้ำจำพวก (Super-Plasticizer) รวมทั้งส่วนผสมอื่น เช่น ดินคัดเลือก ผสมกับซีเมนต์ (Soil-Cement) หินฝุ่น (Dust Stone) และ ทรายละเอียด (Sand) ในการผลิตอิฐบล็อกอีกด้วย สำหรับหินฝุ่นซึ่งใช้เป็นมวลรวมหยาบในการผลิตอิฐบล็อกนั้น เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากขบวนการย่อยหินจากโรงโม่หินที่มีอยู่ในจังหวัดสุพรรณบุรี ดังรูปที่ 1.2 หินฝุ่นเหล่านี้จะถูกกองเก็บไว้ในบริเวณแหล่งผลิต โดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังเช่นการผสมหินฝุ่นกับดินซีเมนต์ในการนำไปปรับปรุงคุณภาพของพื้นทางถนนได้

ข้อเสนองานวิจัยนี้ คณะผู้ดำเนินงานคาดว่าจะมีผลผลิตและผลลัพธ์อย่างชัดเจน คือสามารถผลิตอิฐบล็อกแบบมาตรฐาน โดยใช้เถ้าขานอ้อยจากโรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวลในพื้นที่ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งคาดว่าอิฐบล็อกที่ผลิตได้จะมีคุณภาพดีกว่าอิฐบล็อกคอนกรีตที่มีจำหน่ายทั่วไป เนื่องจากการใช้สารลดน้ำพิเศษและส่วนผสมอื่นเพิ่มเติมในการปรับปรุงคุณภาพของอิฐบล็อก (Mehta, 1993) และ (Neville, 1995) สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนนั้น ผู้ดำเนินงานวิจัยเชื่อว่าถ้าหากผลผลิตของงานวิจัยมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก็จะสามารถบรรลุเป้าหมายในด้าน การสร้างงานวิจัยนวัตกรรมและการบริการวิชาการสู่สังคมชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การนำเถ้าขานอ้อยจากเตาเผาโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้และถือเป็นปอชโซลานที่มีคุณภาพดีเมื่อพิจารณาตามมาตรฐาน ASTM C618 ผนวกกับการใช้หินฝุ่นซึ่งเป็นวัสดุที่ถูกคัดทิ้งจากขบวนการผลิตหิน วัตถุประสงค์ที่กล่าวมาทั้งหมดเมื่อนำมาเป็นส่วนผสมของอิฐบล็อกร่วมกับสารเคมีผสมเพิ่มที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตได้นั้น ผู้ดำเนินงานวิจัยคาดว่าจะสามารถนำมาพัฒนาอิฐบล็อกให้มีคุณภาพสูงขึ้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้ วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยมีดังต่อไปนี้

- 1) สามารถผลิตอิฐบล็อกที่มีคุณภาพดีจากส่วนผสมของ ดินซีเมนต์ (ดินคัดเลือก+ซีเมนต์) + เถ้าขานอ้อย + หินฝุ่น + สารลดน้ำพิเศษ ซึ่งการเลือกใช้วัสดุวัตถุดิบดังกล่าวสามารถช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและอาจเพิ่มศักยภาพของอิฐบล็อกให้มีคุณภาพสูงกว่าเดิมได้ ในขณะที่ราคาต่อหน่วยยังคงเดิม จากการใช้วัสดุปอชโซลานเข้ามาแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีตบล็อกบางส่วน

- 2) สามารถสร้างเพิ่มมูลค่าเพิ่มของเถ้าขานอ้อยจากโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวมวลและหินฝุ่นซึ่งจากเดิมเป็นวัตถุดิบที่สร้างมลภาวะและไม่สามารถกำจัดทิ้งได้ ดังนั้นนอกจากจะเกิดผลดีต่อชุมชนแล้วอาจนำไปสู่ธุรกิจการผลิตอิฐบล็อกที่มีประสิทธิภาพของภาคเอกชนได้

- 3) สามารถนำไปสู่การเผยแพร่บทความวิจัย การจดอนุสิทธิบัตร การถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนตามภารกิจที่ผู้ดำเนินการวิจัยมีเป้าหมายอย่างชัดเจน การนำผลงานวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์ได้จริง เช่น การผลิตชิ้นงานและนำไปเป็นวัสดุเพื่อการก่อสร้างได้จริง



รูปที่ 1.1 แสดงภาพสถานที่กองเก็บขานอ้อยที่ผ่านการบดของลูกหีบ
แหล่งที่มา <http://www.psisugar.com>



รูปที่ 1.2 ลักษณะการกองเก็บหินฝุ่นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
แหล่งที่มา <http://www.efgsonline.com>

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยของโครงการนี้ แบ่งออกเป็น 5 ข้อคือ

- 1) การเตรียมงาน
- 2) การผลิต
- 3) การทดสอบวัสดุเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกมาตรฐานที่มีจำหน่ายทั่วไป
- 4) การนำไปใช้งานก่อสร้างจริง
- 5) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์

การผลิตอิฐบล็อกจะแบ่งออกเป็น 4 สูตร เริ่มจากการใช้เถ้าขาน้อยในส่วนผสมทั้งหมดตั้งแต่ร้อยละ 0% จนถึง 45% ทำการผลิตอิฐบล็อกขนาดมาตรฐาน กว้าง 7 ซม. ยาว 39 ซม. และสูง 19 ซม. ตามมาตรฐาน มอก.58/2533 การใช้งานต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร เท่ากับ 12.5 ก้อน งานวิจัยนี้ผลิตอิฐบล็อกจำนวน 2,500 ก้อน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเถ้าขาน้อยและหินฝุ่น ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือใช้ที่ยากต่อการกำจัดทิ้ง และก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจได้อย่างเหมาะสม โดยมีขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับการผลิตอิฐบล็อกซีเมนต์แบบปกติ สามารถนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดสู่ชุมชนให้สามารถผลิตชิ้นงาน ส่งเสริมให้ผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม (SME) ได้

2) การยกระดับคุณภาพอิฐบล็อกซีเมนต์แบบเดิม ให้เป็นอิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าขาน้อย ปรับปรุงคุณภาพอิฐบล็อกมีความแข็งแรง และเป็นฉนวนกันความร้อน ช่วยให้ที่พักอาศัยเย็นสบาย เป็นบ้านประหยัดพลังงาน ในขณะที่ใช้งบประมาณในการก่อสร้างเท่าเดิม

3) การถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการจัดอบรม และฝึกปฏิบัติเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี “การผลิตอิฐบล็อกมาตรฐานในรูปแบบใหม่” การประชาสัมพันธ์ให้ความรู้แก่ผู้สนใจโดยการแจกเอกสาร แผ่นพับ แนะนำการผลิต ตลอดจนการจัดแสดงสิ่งประดิษฐ์ในงานแสดงนวัตกรรมที่ได้รับเชิญ เช่น มหกรรมงานวิจัยที่ทาง วช. จัดขึ้นเป็นประจำทุกปีหรืองานแสดงผลงานวิจัยที่ได้รับมอบหมาย

4) การเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการและ/หรือ นำไปใช้ประโยชน์ สามารถนำไปแก้ปัญหาสถานะของโรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวล ซึ่งขณะนี้นับเป็นปัญหาสำคัญในชุมชนโดยใช้กรณีศึกษาสำหรับโรงผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวลในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี การขอจดอนุสิทธิบัตร เพื่อเป็นการคุ้มครองการประดิษฐ์และสามารถพัฒนาต่อยอดให้ดียิ่งขึ้นได้ในอนาคต

บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นันทชัย ชูศิลป์ (2009) ได้ทดสอบการพัฒนาความร้อนของคอนกรีตที่ผสมเถ้าขานอ้อยบดละเอียด (ค่าตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 2.8) เมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ร้อยละ 10, 20, และ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน โดยเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมซึ่งใช้ปูนซีเมนต์เท่ากับ 350 กก/ม³ พบว่าเถ้าขานอ้อยบดละเอียดทำให้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาของคอนกรีตต่ำลง เช่นเดียวกับการใช้เถ้าปอซโซลานชนิดอื่น และความร้อนที่ต่ำลงจะแปรผกผันกับปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ของเถ้าขานอ้อยที่สูงขึ้น

อรรคเดช (2551) ได้ศึกษาการใช้เถ้าขานอ้อยบดละเอียด (ค่าตะแกรงขนาด 45 ไมครอน ร้อยละ 0.42) ในการทำคอนกรีตกำลังสูงโดยออกแบบกำลังอัดของคอนกรีตควบคุม (ไม่ใช้เถ้าขานอ้อย) ที่อายุ 28 วัน ไว้ที่ 400 กก/ซม² ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ 450 กก/ม³ ควบคุมค่าอัตราส่วนต่อวัสดุประสาน (W/B) เท่ากับ 0.45 และใช้เถ้าขานอ้อยบดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสานใช้สารลดน้ำพิเศษ ควบคุมค่าการยุบตัวให้อยู่ในช่วง 5-10 ซม. พบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าขานอ้อยบดละเอียดมีกำลังสูงกว่าคอนกรีตควบคุมร้อยละ 18% ที่อายุ 90 วัน

Martirena Hernandez et al. (1998) ศึกษาการใช้เถ้าขานอ้อยจากแหล่งในลักษณะสารปอซโซลานผสมปูนขาว โดยศึกษาความแตกต่างระหว่างเถ้าขานอ้อยจากโรงงานและเถ้าขานอ้อยที่ได้จากการเผาโดยทั่วไป พบว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิด ใช้เป็นวัสดุปอซโซลานได้และปริมาณของ ซิลิกอนไดออกไซด์ ของเถ้าขานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลใกล้เคียงกับเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาในที่ โลง ส่วนเถ้าขานอ้อยที่เกิดจากการเผาโดยทั่วไปจะมีค่าซิลิกอนไดออกไซด์ต่ำกว่าเถ้าแกลบ ผลการทดสอบ X-Ray Diffractometer (XRD) แสดงว่าแคลเซียมซิลิเกตไฮดรต (CSH) เกิดในช่วง 7 วัน โดยที่ปริมาณช่องว่างที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เถ้าขานอ้อยจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลให้กำลังรับแรงอัดต่ำกว่ากำลังรับแรงอัดของส่วนผสมที่ใช้เถ้าขานอ้อยเผาในที่เปิด

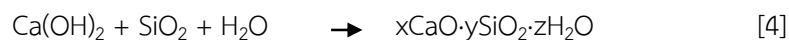
2.2 ทฤษฎี

วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) ตามคำจำกัดความของมาตรฐาน ASTM C618 หมายถึงวัสดุที่ประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกา (Siliceous) หรือซิลิกาและอลูมินา (Siliceous and Aluminous) เป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ว วัสดุปอซโซลานมีคุณสมบัติความเป็นวัสดุประสานน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่หากวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดสูงและมีความชื้นเพียงพอที่จะสามารถทำปฏิกิริยากับด่างหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ที่อุณหภูมิปกติทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสานได้ดีคล้ายกับปูนซีเมนต์ เรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่าปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolan Reaction) (ปริญา และชัย, 2547)

ปฏิกิริยาไฮเดรชันและปฏิกิริยาปอซโซลาน ในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นหลายปฏิกิริยาแต่ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือไตรแคลเซียมซิลิเกต ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) และไดแคลเซียมซิลิเกต ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) รวมตัวกันจะเกิดเป็นสารประกอบ 2 ชนิดคือ Calcium Silicate Hydrate หรือที่เรียกสั้นๆว่า C-S-H และ Free Limes หรือ Calcium Hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) (วินิต, 2529) (ชัชวาลย์, 2537) ดังแสดงในสมการที่ [1] ถึง [3]



ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์โดยจากสมการที่ [1] และสมการที่ [2] จะได้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างที่ก่อประโยชน์น้อยมาก เช่นเป็นฟิล์มบางๆช่วยเคลือบผิวหน้าเหล็กเสริมในคอนกรีต ทำให้การกัดกร่อนของเหล็กช้าลง ส่วนใหญ่แล้ว ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ก่อให้เกิดผลเสียกับคอนกรีตเช่นทำให้เกิดฝ้าขาวบนผิวหน้าคอนกรีตหรือเกิดเป็นฟิล์มบนผิวมวลรวม ทำให้การจับยึดระหว่างมวลรวมและมอร์ต้าไม่ติดกัน แต่เมื่อใช้ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) เป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ในวัสดุปอซโซลาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลาน คือแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ดังแสดงในสมการที่ [4] และสมการที่ [5]



ถ้า x, y และ z ในสมการที่ [4] และ [5] เป็นค่าที่แปรไปตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ซึ่งสารประกอบทั้งสองที่เกิดจากปฏิกิริยาปอซโซลานนี้มีคุณสมบัติในการยึดประสาน ทำให้ความสามารถในการรับกำลังอัดเพิ่มขึ้นและลดช่องว่างระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ทำให้คอนกรีตเนื้อแน่นขึ้น จากคุณสมบัติของสารประกอบที่กล่าวมาข้างต้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางการนำเถ้าขานอ้อย ซึ่งมี $\text{Ca}(\text{OH})_2$ เป็นจำนวนมากมาผสมกับไมโครซิลิกาที่มี SiO_2 และ Al_2O_3 เป็นวัสดุประสานในงานคอนกรีตแทนปูนซีเมนต์โดยใช้ร่วมกับสารลดน้ำพิเศษจะช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพที่สูงขึ้นได้

2.3 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยเรื่อง “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย” เป็นแนวคิดในการดำเนินงานวิจัยที่มุ่งเน้นในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเถ้าขานอ้อยและช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมของชุมชนโดยรอบพื้นที่โรงผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวลและการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่สังคม จากการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพของเถ้าขานอ้อยในเบื้องต้นพบว่า เถ้าขานอ้อยมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี มีราคาถูก สามารถนำมาพัฒนา เป็นส่วนผสมคอนกรีตเพื่อการผลิตเป็นวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆได้ โดยเฉพาะการนำมาผลิตเป็นอิฐบล็อก แทนการใช้คอนกรีตบล็อกซึ่งมีจำหน่ายทั่วไป เนื่องจากจะช่วยให้อิฐบล็อกมีคุณภาพสูงขึ้น เช่น แข็งแรงไม่แตกหักง่าย ใช้เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่า ความทนทานสูงกว่า แต่ราคาใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างสามารถนำมาใช้ก่อเป็นผนังรับน้ำหนักสำหรับการก่อสร้างบ้านปกติ และถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่ใช้แรงงานคนเป็นหลักซึ่งเหมาะแก่ชุมชน เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาชุมชนซึ่งใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติท้องถิ่นผสมผสานกับภูมิปัญญาชาวบ้าน ลักษณะของอิฐบล็อกที่ใช้อัตราส่วนผสมของเถ้าขานอ้อยร้อยละ 0%, 15%, 30% และ 45% เปรียบเทียบกับบล็อกคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 2.1 - 2.5



รูปที่ 2.1 อิฐบล็อกคอนกรีตแบบมาตรฐาน



รูปที่ 2.2 อิฐบล็อกดินซีเมนต์



รูปที่ 2.3 อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขาน้อย 15%



รูปที่ 2.4 อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขาน้อย 30%



รูปที่ 2.5 อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขาน้อย 45%

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้แบ่งเป็น 6 ขั้นตอนคือ 1) การรวบรวมข้อมูล; 2) การศึกษารายละเอียด; 3) เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ทดสอบ; 4) การดำเนินการทดลอง; 5) สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา; และ 6) ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยขั้นตอนที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล : การศึกษาและเตรียมงานเบื้องต้นโดยการ จัดเตรียมความพร้อมของ อุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิจัย จัดเตรียมวัตถุดิบ เช่น ดินคัดเลือกเพื่อใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ การ จัดเตรียมเถ้าขาน้อย และทำการหาคุณสมบัติพื้นฐานเบื้องต้นของวัตถุดิบทั้งหมดที่นำมาผลิต

วัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อก ดังตารางที่ 3.1 ถึง 3.4 ประกอบด้วย เถ้าขาน้อย (0%-45%) ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 (15-60%) ดินคัดเลือก (20%) หินฝุ่น (10%) และทรายละเอียด (10%) โดย ปริมาตร แสดงในตารางที่ 3.5

อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (Water Cement Ratio, w/c) ได้จากการทดลองบดอัดตัวอย่างใน ห้องทดลองด้วยหอนมาตรฐาน (Standard Proctor Compaction Test) โดยการเพิ่มความชื้นแล้วบดอัดเพื่อหาปริมาณน้ำที่ทำให้เกิดความหนาแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content, OMC)

สำหรับวิธีการลดน้ำที่ใช้ในส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณภาพของตัวอย่างที่ทำการผลิตนั้นจะใช้สารสาร ลดน้ำพิเศษจำนวนร้อยละ 2% ของปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมทั้งหมด เพื่อทำการผลิตอิฐบล็อก ขนาด กว้าง 7 ซม. ยาว 39 ซม. และสูง 19 ซม. ตามมาตรฐาน มอก.58/2533 ใช้จำนวน 12.5 ก้อน/ตาราง เมตร จำนวน 2,500 ก้อน โดยส่วนที่เหลือจากการทดลองจะใช้ในการก่อสร้างจริง

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของดินคัดเลือกที่ใช้ทำการทดลอง

ชนิดของดิน (Soil Type)	อัตราส่วน (ร้อยละ)
ดินเหนียว (Clay)	10-25
ดินปนทราย (Silt)	10-25
ทราย (Sand)	40-70
สิ่งเจือปนอื่น	ไม่เกินร้อยละ 5

หมายเหตุ: นำมาจากบ่อดิน อำเภอนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเถ้าขาน้อยที่ใช้ทำการทดลอง

เถ้าขาน้อย	คุณลักษณะ
สี	ดำ
ความละเอียดที่นำมาใช้	ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน เบอร์ 100 ค้างบนตะแกรง เบอร์ 200

หมายเหตุ: นำมาจากเตาชีวมวล อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของหินปูนที่ใช้ทำการทดลอง

หินปูน	คุณลักษณะ
หินปูน ได้จากขบวนการย่อยหิน	เม็ดเล็กค่อนข้างละเอียด ผิวหยาบ ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.6-2.8 ค่าการดูดซึมน้ำประมาณ 0.5% ตามมาตรฐาน ASTM C127
ความละเอียดที่นำมาใช้	ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน เบอร์ 8 ค้างบนตะแกรง เบอร์ 30

หมายเหตุ: นำมาจากโรงโม่หิน อำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของทรายที่ใช้ทำการทดลอง

ทราย	คุณลักษณะ
ทรายแม่น้ำ	เม็ดเล็กละเอียด สะอาดปราศจากวัชพืชเจือปน ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.5-2.7 ค่าการดูดซึมน้ำประมาณ 0.7% ตามมาตรฐาน ASTM C128
ความละเอียดที่นำมาใช้	ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน เบอร์ 50 ค้างบนตะแกรง เบอร์ 100

หมายเหตุ: นำมาจากแหล่งทราย อำเภอสามชูก จังหวัดสุพรรณบุรี

3.2 การศึกษารายละเอียดเพื่อออกแบบการทดลอง : ศึกษาและออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

3.3 เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ทดสอบ : จัดเตรียมเครื่องมือในการทดลอง ศึกษาและรวบรวมมาตรฐานที่ใช้ในการทดลอง

3.4 การดำเนินการทดลอง : การดำเนินการทดลองจะใช้เก้าขานอ้อยที่ได้จากขบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานชีวมวล มาผลิตเป็นอิฐบล็อกจากขนาดมาตรฐาน ตามสูตรผสม (ตารางที่ 3.5) จากนั้นดำเนินการทดลองตามรูปที่ 3.1 เพื่อหาคุณสมบัติของวัสดุตามข้อเสนองานวิจัย เมื่อได้อิฐบล็อกจากขั้นตอนการผลิตดังกล่าวแล้ว นำไปบ่มในอากาศเป็นเวลา 7 วัน จึงสามารถดำเนินการศึกษาสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติ

3.4.1 การทดลองหาค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity Test) : การทดลองหาค่าการนำความร้อน โดยใช้ตัวอย่างอิฐบล็อกจากมาตรฐานที่ผลิตได้ ขนาด กว้าง 7 ซม. ยาว 39 ซม. และสูง 19 ซม. ทดสอบด้วยเครื่อง Thermal Conductivity Analyzer รุ่น KD2-Pro Thermal properties analyzer เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกจากมาตรฐาน จำนวน 25 ตัวอย่าง

3.4.2 การทดลองหาค่ากำลังอัดประลัย (Compression Test) ตามมาตรฐาน ASTM C39 : การทดลองหาค่ากำลังอัดประลัย ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการบ่มในอากาศ ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน จำนวน 25 ตัวอย่าง/สูตรผสม รวมทั้งสิ้น 100 ตัวอย่าง ทิ้งไว้ให้แห้งในอากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดประลัย

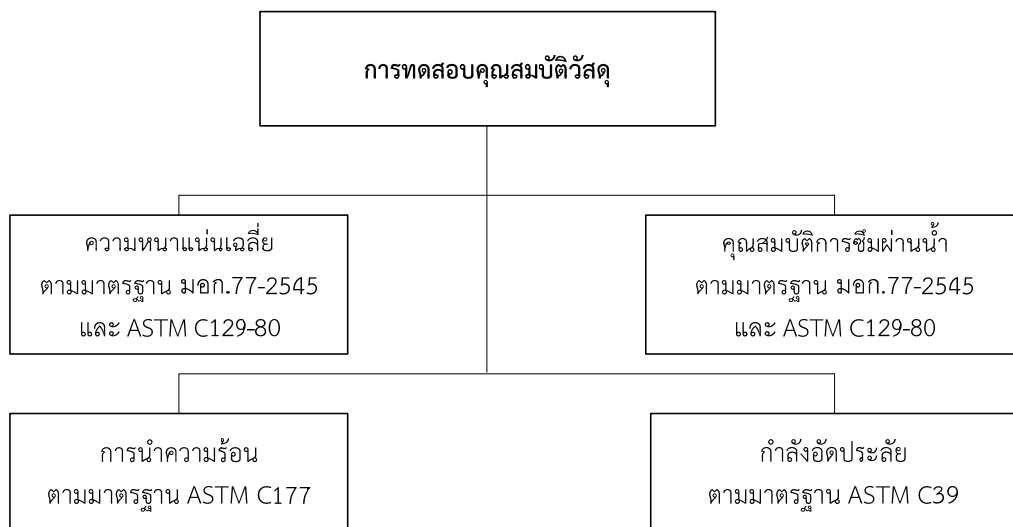
3.4.3 ทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Test) ตามมาตรฐาน มอก.77-2545 และ ASTM C129-80 : การทดลองหาคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ โดยใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง/สูตรผสมรวมทั้งสิ้น 25 ตัวอย่าง

3.4.4 ทดสอบความหนาแน่นเฉลี่ย (Density Test) ตามมาตรฐาน มอก.77-2545 และ ASTM C129-80 : การทดลองหาคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ โดยใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง/สูตรผสมรวมทั้งสิ้น 25 ตัวอย่าง

3.5 การสรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา : วิเคราะห์และสรุปผล ตลอดจนการประเมินเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต เปรียบเทียบผลทดสอบ พร้อมทั้งพัฒนาหาแนวทางปรับปรุงสมบัติของวัสดุที่ผลิตได้ทั้งในกรรมวิธีผลิต และหรือการใช้สารเติมแต่งอื่น

3.6 ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี : ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กลุ่มผู้มีความรู้ด้านงานก่อสร้าง หน่วยงานรัฐบาลและเอกชนได้มีส่วนร่วม เพื่อนำความรู้และประสบการณ์จากงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในหน่วยงานที่สังกัด สถานที่ดำเนินงาน คือ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

3.7 ขั้นตอนการนำไปก่อสร้างจริง : เมื่อดำเนินการทดสอบอิฐบล็อกจากมาตรฐานที่ได้ผลิตขึ้นครบทุกขั้นตอนแล้ว เพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้อย่างได้จริง ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการนำผลิตภัณฑ์ไปก่อสร้างเป็นห้องจำลองขนาด 2.50x3.50 เมตร สำหรับการจัดนิทรรศการแสดงวิธีการผลิตอิฐบล็อกจากเถ้าขาน้อยเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีและใช้ประโยชน์ในด้านอื่นต่อไป



รูปที่ 3.1 การทดลองหาคุณสมบัติของวัสดุตามข้อเสนองานวิจัย

ตารางที่ 3.5 การออกแบบส่วนผสมสำหรับการทดลอง

การทดลอง	เถ้าขาน้อย (ร้อยละ)	ปูนซีเมนต์ Type-I (ร้อยละ)	ดินคัดเลือก (ร้อยละ)	หินฝุ่น (ร้อยละ)	ทรายละเอียด (ร้อยละ)	จำนวน (ตัวอย่าง)
การทดลองหาลำ อัดประลัย	0	60	20	10	10	25
	15	45	20	10	10	25
	30	30	20	10	10	25
	45	15	20	10	10	25
การทดลองหาค่าการ นำความร้อน	0	60	20	10	10	5
	15	45	20	10	10	5
	30	30	20	10	10	5
	45	15	20	10	10	5
การทดลองหา คุณสมบัติการดูดซึมน้ำ	0	60	20	10	10	5
	15	45	20	10	10	5
	30	30	20	10	10	5
	45	15	20	10	10	5
การทดลองหาความ หนาแน่นเฉลี่ย	0	60	20	10	10	5
	15	45	20	10	10	5
	30	30	20	10	10	5
	45	15	20	10	10	5

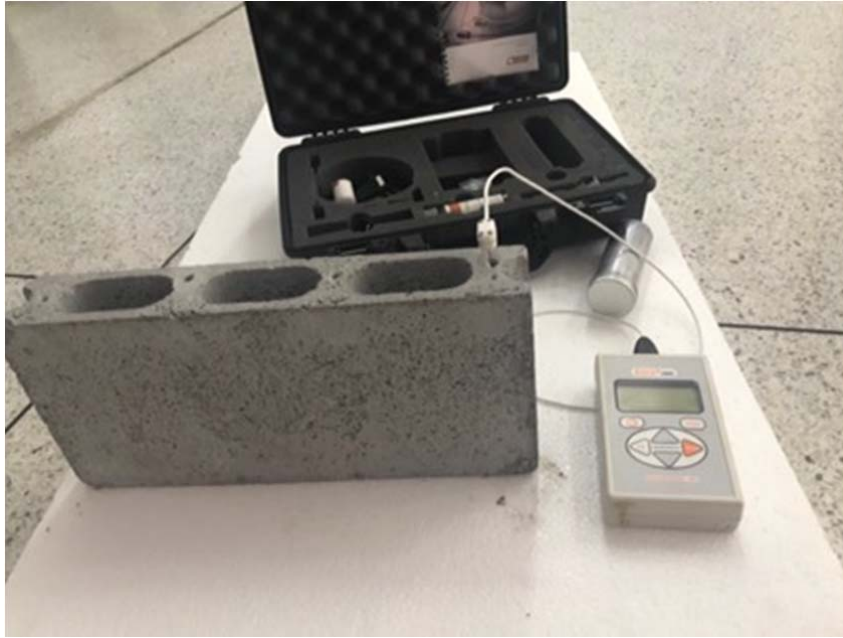
บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 การทดลองหาค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity Test)

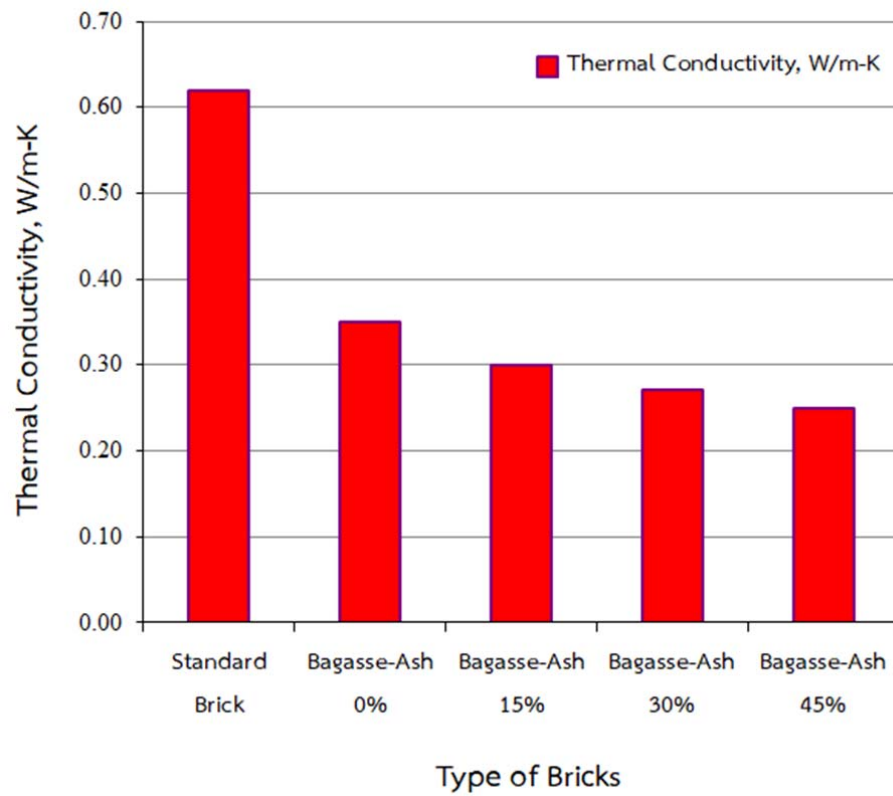
การทดลองหาค่าการนำความร้อน โดยใช้ตัวอย่างอิฐบล็อกมาตรฐานที่ผลิตได้ ขนาด กว้าง 7 ซม. ยาว 39 ซม. และสูง 19 ซม. ทดสอบด้วยเครื่อง Thermal Conductivity Analyzer รุ่น KD2-Pro Thermal properties analyzer เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกมาตรฐาน ดังรูปที่ 4.1 แสดงการเตรียมตัวอย่างเพื่อติดตั้งเครื่องมือวัด และ รูปที่ 4.2 การวัดค่าการนำความร้อน พบว่าค่าการนำความร้อนของตัวอย่างอิฐบล็อกแบบมาตรฐาน (Standard Brick) มีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.62 W/m-K ซึ่งอิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่ไม่มีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อยมีค่า 0.35 W/m-K และอิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ร้อยละ 45% มีค่า 0.25 W/m-K ซึ่งเป็นอิฐบล็อกที่มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อนำอิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ร้อยละ 45% ไปก่อสร้างเป็นที่อยู่อาศัยแล้วมีแนวโน้มที่ต้านทานความร้อนได้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกสูตรผสมอื่น



รูปที่ 4.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อติดตั้งเครื่องมือวัด



รูปที่ 4.2 การวัดค่าการนำความร้อน



รูปที่ 4.3 ค่าการนำความร้อนของตัวอย่างอิฐบล็อกที่สูตรผสมต่างกัน

4.2 การทดลองหาค่ากำลังอัดประลัย (Compression Test) ตามมาตรฐาน ASTM C39

การทดลองหาค่ากำลังอัดประลัย ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการบ่มในอากาศ ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดประลัย (UTM) ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าอิฐบล็อกแบบมาตรฐาน (Standard Brick) มีค่าต้านทานกำลังอัดสูงที่สุดเท่ากับ 76 ksc ซึ่งสูงกว่าอิฐบล็อกที่ผลิตจากดินซีเมนต์มาก โดยเฉพาะอิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ร้อยละ 45% ซึ่งสามารถรับกำลังอัดได้เพียง 32 ksc เท่านั้น ดังรูปที่ 4.6 ทั้งนี้ในการก่อสร้างจริงคานคอนกรีตเสริมเหล็กจะเป็นส่วนที่รับน้ำหนักทั้งหมด ดังนั้นผนังอิฐบล็อกที่นำไปก่อสร้างจะทำหน้าที่รับน้ำหนักของตัวเองเท่านั้น

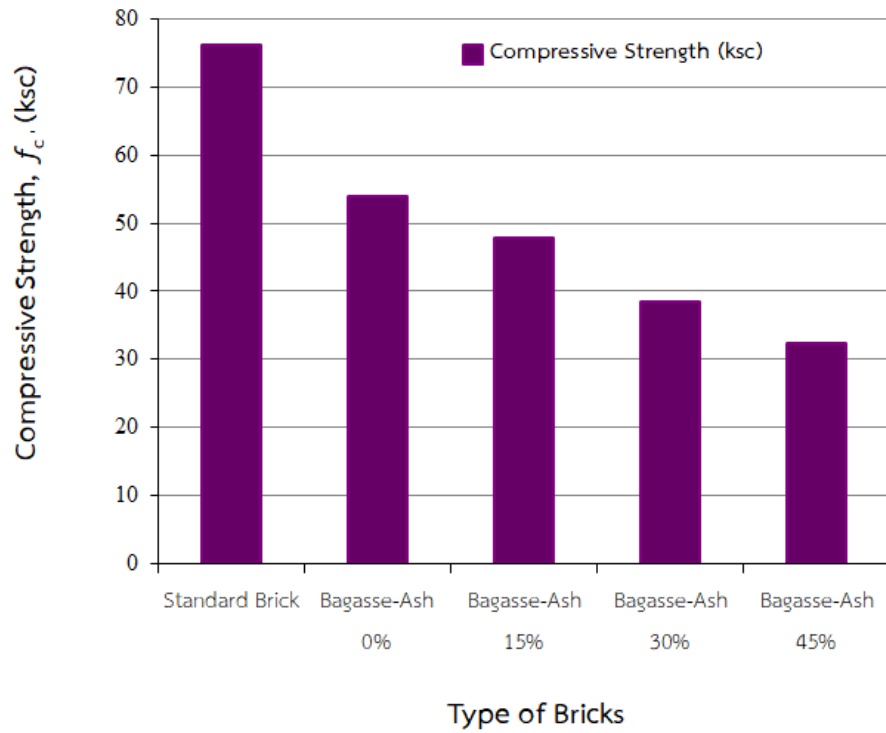
ดังนั้นการเลือกใช้อิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ร้อยละ 45% ซึ่งสามารถรับกำลังอัดได้ 32 ksc จึงสามารถนำไปก่อสร้างเป็นผนังของอาคารได้อย่างปลอดภัย สำหรับคุณสมบัติด้านความหนาแน่นนั้น อิฐบล็อกที่มีส่วนผสมต่างกันมีคุณสมบัติที่ต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังรูปที่ 4.7 ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นได้จากสมการดังรูปที่ 4.8



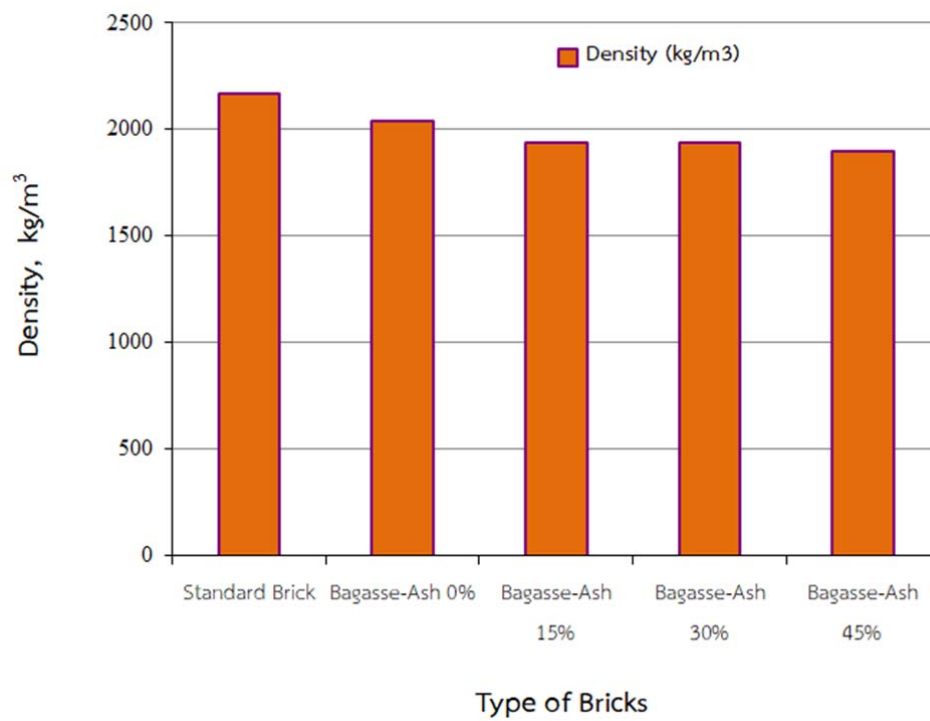
รูปที่ 4.4 เครื่องทดสอบกำลังอัดประลัย (UTM)



รูปที่ 4.5 การทดสอบกำลังอัด



รูปที่ 4.6 กำลังอัดของอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมต่างกัน



รูปที่ 4.7 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมต่างกัน

4.3 ทดสอบคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Test) ตามมาตรฐาน มอก.77-2545 และ ASTM C129-80

การทดลองหาคุณสมบัติการดูดซึมน้ำ โดยใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง/สูตรผสมรวม ทั้งสิ้น 25 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.9 พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกจะแปรผันตามจำนวนของเถ้าขานอ้อยในสูตรผสม ซึ่งอิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ร้อยละ 45% มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 12.5% ในขณะที่อิฐบล็อกแบบมาตรฐานมีค่าประมาณร้อยละ 10% ค่าการดูดซึมน้ำอาจส่งผลให้อาคารที่ใช้อิฐบล็อกในการก่อสร้างหากสัมผัสน้ำโดยตรงอาจได้รับความชื้นซึ่งอาจทำให้ผนังเกิดเชื้อราได้ ดังนั้นการนำไปใช้งานอาจปกป้องผิวผนังอาคารด้วยการทาสีรองพื้น หรือการเคลือบผิวนอกด้วยแว็กกันชื้น

4.4 การนำวัสดุวิจัยไปก่อสร้างจริง

เมื่อดำเนินการทดสอบอิฐบล็อกมาตรฐานที่ได้ผลิตขึ้นครบทุกขั้นตอนแล้ว เพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์ได้จริง ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการนำผลิตภัณฑ์ไปก่อสร้างเป็นห้องจำลองขนาด 2.5x3.5 เมตร สำหรับการจัดนิทรรศการแสดงวิธีการผลิตอิฐบล็อกมาตรฐานจากเถ้าขานอ้อยเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีและใช้ประโยชน์ในด้านอื่นต่อไป ดังรูปที่ 4.10 แสดงการนำวัสดุวิจัยไปใช้ในงานก่อสร้างจริง และรูปที่ 4.11 แสดงทางเดินภายนอกอาคารตัวอย่าง ปัจจุบันอาคารดังกล่าวใช้เป็นห้องกิจกรรมของนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนการผลิต

การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนการผลิตซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

- 1) ขั้นตอนการจัดซื้อวัสดุและการขนย้ายเพื่อการผลิต
- 2) ขั้นตอนการผสมและการอัดบล็อกขึ้นรูป
- 3) ขั้นตอนการบ่มและจัดเก็บเพื่อนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากการประมาณการราคาต้นทุนของ อิฐบล็อกดินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ร้อยละ 45% เท่ากับก้อนละ 4.25 บาท เมื่อผลิตจำนวน 2,500 ก้อน ซึ่งมีราคาต่างกับอิฐบล็อกคอนกรีตแบบมาตรฐานที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดซึ่งมีราคาต้นทุนก้อนละประมาณ 5 บาท ทั้งนี้คณะผู้ดำเนินการวิจัยเชื่อว่าหากมีการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมที่มีการผลิตปริมาณมาก ราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์อาจลดต่ำลงเมื่อจำนวนการผลิตเพิ่มขึ้น

เมื่อเสร็จสิ้นจากขบวนการผลิต ขั้นตอนต่อไปคือการนำอิฐบล็อกไปดำเนินการก่อสร้างจริง ซึ่งจะได้ก่อสร้างห้อง ขนาดกว้าง 2.50 เมตร ยาว 3.50 เมตร และสูง 3.50 เมตร จะมีพื้นที่ (ลบพื้นที่ ประตูและหน้าต่างออกแล้ว) ประมาณ 40 ตารางเมตร ใช้อิฐบล็อกจำนวน 12 ก้อนต่อตารางเมตร จะใช้อิฐบล็อกในการก่อสร้างรวมทั้งสิ้น 480 ก้อน คิดเป็นราคาเท่ากับ 1,800 บาท

4.6 ข้อมูลการลงทุนเพื่อการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม SME

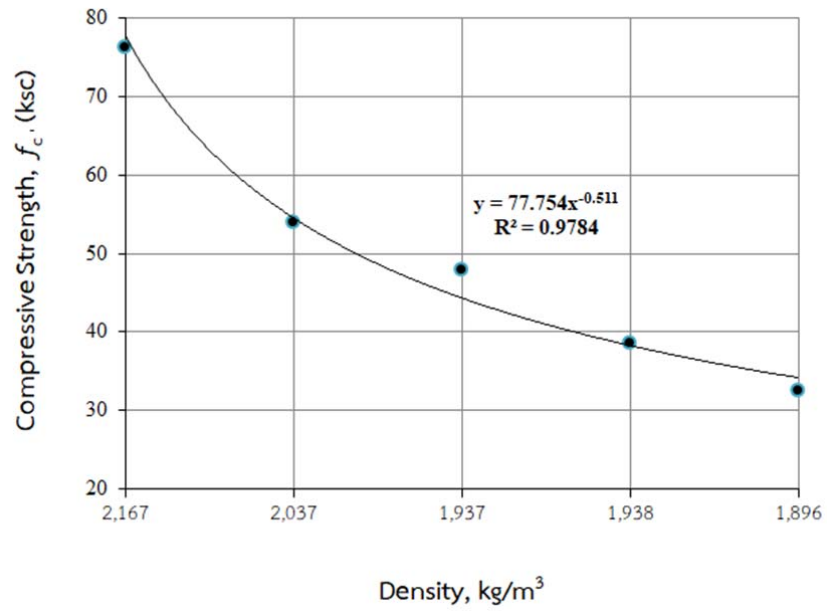
การลงทุนเพื่อการผลิต อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมของเจ้าชานอ้อย ให้เป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม SME จำเป็นต้องมีเครื่องมือสำหรับการผลิต ขนาดกำลังการผลิต จำนวน 1,000 ก้อน/วัน ตามตารางที่ 4.1 คาดว่าต้องใช้เงินลงทุน จำนวน 250,000 บาท (ไม่รวมสิ่งปลูกสร้างที่เป็นโครงสร้างโรงงาน)

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการลงทุนเพื่อการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม

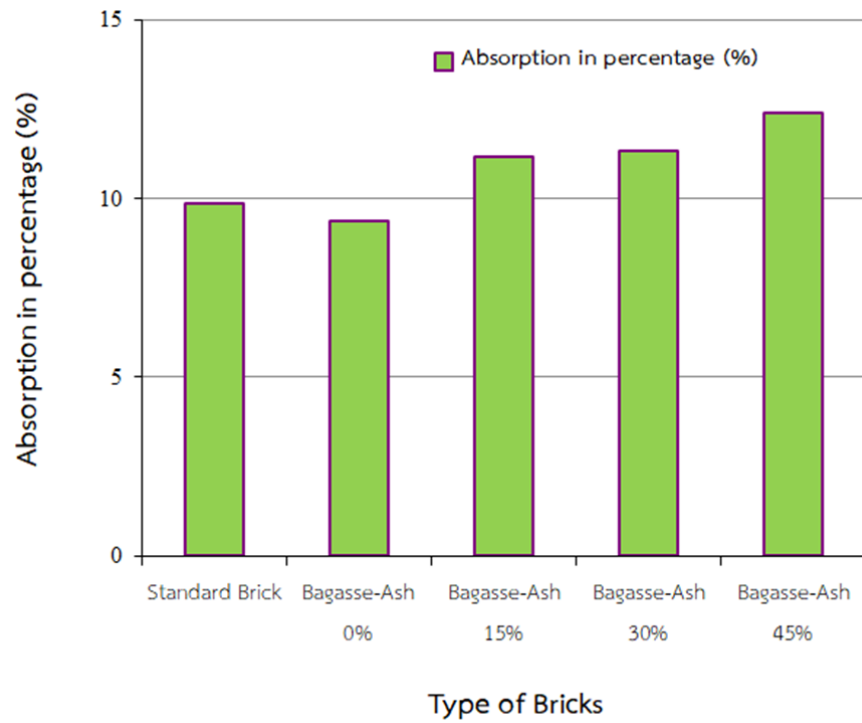
ลำดับที่	รายการ	งบประมาณ (บาท)
1	เครื่องอัดอิฐบล็อก	250,000
2	อุปกรณ์ อื่นๆ เช่น แบบหล่อ รถเข็นปูน พลั่ว สำหรับตักวัสดุ ถังบรรจุน้ำ	20,000
3	เงินทุนหมุนเวียนในการซื้อปูน หิน ทราย	30,000

4.6.1 ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อก ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต อิฐบล็อกจากอิฐบล็อกคอนกรีตเป็นอิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมของเจ้าชานอ้อย ถ้าหากโรงงานตั้งอยู่ในรัศมี 30 กม. จากแหล่งผลิต ผู้ผลิตจะต้องมีค่าขนส่งเจ้าชานอ้อย ประมาณ 250 บาท/ลบ.ม

4.6.2 การตั้งโรงงานอิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมของเจ้าชานอ้อยใกล้แหล่งวัตถุดิบเจ้าชานอ้อย การตั้งโรงงานอิฐบล็อกใกล้แหล่งวัตถุดิบเจ้าชานอ้อย นับเป็นทางเลือกในการผลิตอิฐบล็อกที่เหมาะสม เพราะนอกจากไม่ต้องเสีย เวลา และ ค่าใช้จ่าย ในการขนย้ายเจ้าชานอ้อย ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่น



รูปที่ 4.9 ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมต่างกัน



รูปที่ 4.10 การนำวัสดุจี้ไปใช้ในงานก่อสร้างจริง



รูปที่ 4.11 ทางเดินภายนอกอาคารตัวอย่าง

4.7 อภิปรายผลการศึกษา

การนำเถ้าขานอ้อยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อกดินซีเมนต์ โดยมีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 45 ของส่วนผสมทั้งหมด จากการทดลองพบว่า อิฐบล็อกที่ผลิตได้มีคุณสมบัติเด่นในด้าน การเป็นฉนวนกันความร้อน น้ำหนักเบา และ ราคาถูกกว่า อิฐบล็อกคอนกรีต

การเป็นฉนวนกันความร้อนนับเป็นจุดเด่นของบล็อกดินซีเมนต์ผสมของเถ้าขานอ้อย โดยค่าการนำความร้อนจะแปรผกผันกับปริมาณเถ้าขานอ้อยในส่วนผสมของบล็อกดินซีเมนต์ กล่าวคือบล็อกดินซีเมนต์ที่ผสมเถ้าขานอ้อยในอัตราส่วนที่มากจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าบล็อกดินซีเมนต์ที่ผสมเถ้าขานอ้อยในอัตราส่วนที่ต่ำกว่า เนื่องจากคุณสมบัติของเถ้าขานอ้อยและดินซีเมนต์เป็นวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนได้ดี ดังนั้นเมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมหลักเพื่อผลิตอิฐบล็อกจึงทำให้อิฐบล็อกที่ผลิตได้มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้ดีกว่าอิฐบล็อกคอนกรีตที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติในด้านการรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่ผลิตได้จากงานวิจัยเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกคอนกรีต พบว่าอัตราส่วนผสมของเถ้าขานอ้อยที่มากขึ้นจะทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดของต่ำลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเถ้าขานอ้อยในส่วนผสมได้ทำการลดปริมาณปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของวัสดุที่ให้ความแข็งแรงลดต่ำลง อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณปูนซีเมนต์และเพิ่มปริมาณเถ้าขานอ้อยในส่วนผสมทำให้ราคาต่อหน่วยของอิฐบล็อกถูกลง ความแข็งแรงของอิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย ตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 45 ของส่วนผสมทั้งหมด มีความแข็งแรงเพียงพอที่สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้ ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11

สำหรับการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย จำนวน 4 สูตร เปรียบเทียบกับอิฐบล็อกแบบมาตรฐาน แสดงในตารางที่ 4.3 คะแนนการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย 45% ได้คะแนนสูงสุด เท่ากับ 42 คะแนน ตามด้วยสูตรผสมเถ้าขานอ้อย 30% เท่ากับ 41 คะแนน สำหรับสูตรผสมเถ้าขานอ้อย 0% และ 15% มีค่าเท่ากับ 40 คะแนน สุดท้ายคือ อิฐบล็อกมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 37 คะแนน แสดงให้เห็นว่า อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อยมีแนวโน้มที่ให้ความคุ้มค่ามากกว่าอิฐบล็อกมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 แสดงราคามลพิษต่อก้อนในแต่ละขั้นตอนการผลิต (จำนวนผลิต 2,500 ก้อน)

ขั้นตอน	อิฐบล็อก มาตรฐาน	เถ้าขาน้อย 0%	เถ้าขาน้อย 15%	เถ้าขาน้อย 30%	เถ้าขาน้อย 45%
ขั้นตอนที่ 1 ราคาสุด และค่าขนย้ายเพื่อการผลิต ประกอบด้วย					
1. ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1	3.25	3.00	2.75	2.50	2.25
2. เถ้าขาน้อย	0.00	0.00	0.15	0.20	0.25
3. ดินคัดเลือก	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
4. หินฝุ่น	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
5. ทรายละเอียด	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ขั้นตอนที่ 2 การผสมและการอัดขึ้นรูป	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ขั้นตอนที่ 3 การบ่มและการจัดเก็บ	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม (บาท)	5.00	4.80	4.55	4.45	4.25

ตารางที่ 4.3 คะแนนการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์

คุณสมบัติ	อิฐบล็อก มาตรฐาน	เถ้าขาน้อย 0%	เถ้าขาน้อย 15%	เถ้าขาน้อย 30%	เถ้าขาน้อย 45%
การดูดซึมน้ำ	9	10	8	7	6
หน่วยน้ำหนัก	6	7	8	9	10
กำลังอัด	10	9	8	7	6
การนำความร้อน	6	7	8	9	10
ราคามลพิษ	6	7	8	9	10
รวม	37	40	40	41	42

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยตามแผนการบริหารงานและแผนการดำเนินงานเห็นว่าโครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อการวิจัยและสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่อุตสาหกรรมและผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมจากอ้อยและน้ำตาล เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ให้เกิดมูลค่าเพิ่มจากอุตสาหกรรมน้ำตาลและอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยมีคุณสมบัติเด่น 3 ประการ เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกมาตรฐาน ดังนี้

1. ค่าการนำความร้อนของ ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย ต่ำกว่าอิฐบล็อกมาตรฐาน ประมาณร้อยละ 60%
2. น้ำหนัก ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย ต่ำกว่าอิฐบล็อกมาตรฐาน ประมาณร้อยละ 10%
3. ราคาต่อหน่วย ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย ต่ำกว่าอิฐบล็อกมาตรฐาน ประมาณร้อยละ 30%

งานวิจัยนี้ถือเป็นการยกระดับมาตรฐานวัสดุก่อสร้างประเภทอิฐบล็อกให้มีคุณภาพสูงขึ้นได้ เป็นการส่งเสริมการพัฒนาวัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมเชิงพาณิชย์ ด้วยภูมิปัญญาของบุคลากรและวัตถุดิบที่สามารถหาได้ภายในประเทศ เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างยั่งยืน สามารถทำให้เถ้าขานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าด้วยกระบวนการผลิตที่เข้าใจได้ง่าย สามารถทำให้เกิดการสร้างงาน สร้างอาชีพแก่ชุมชน โดยชุมชนสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายได้ ตลอดจนเป็นการส่งเสริมการพึ่งพาตนเองของคนในชุมชน สามารถลดต้นทุนในด้านการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ และยังเป็นการสร้างงานสร้างรายได้จากการนำวัสดุที่มีในท้องถิ่น ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย จะมีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าอิฐบล็อกมาตรฐาน ร้อยละ 50 จึงไม่ควรนำไปก่อผนังที่รับน้ำหนักโดยตรง

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้สำหรับผู้ผลิต และผู้ใช้งานอิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขานอ้อย คือ ควรใช้เถ้าขานอ้อยในส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ไม่เกิน ร้อยละ 45 และ ควรดำเนินการเคลือบผิวด้วยน้ำยากันซึม ภายหลังจากบ่มอิฐบล็อกในอากาศแล้ว 7 วัน

สำหรับข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้สำหรับผู้ใช้งานคือ การเลือกใช้อิฐบล็อก ควรศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกแต่ละสูตร ก่อนนำไปใช้งาน และไม่ควรนำอิฐบล็อกที่ผสมด้วยเถ้าขานอ้อยไปก่อสร้างเป็นกำแพงเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้าง

การคำนวณต้นทุนเรื่องสีของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์ การก่อสร้างด้วยผนังอิฐทั่วไป สำหรับบ้านเดี่ยว 2 ชั้น (พื้นที่ใช้สอย ประมาณ 160 ตารางเมตร) มีพื้นที่สำหรับทาสี ภายนอกและภายใน ประมาณ 300 ตารางเมตร (หักพื้นที่ประตูและหน้าต่างแล้ว)

ค่าสีรองพื้น (ทา 1 รอบ) และสีจริง (ทา 2 รอบ) ใช้สีประมาณ 12 แกลลอน ใช้งบประมาณ 40,000 บาท ค่าแรงทาสี ตารางเมตรละ 150 บาท ใช้งบประมาณ 45,000 บาท รวม 85,000 บาท

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำสีผิวหน้าอิฐบล็อกดินซีเมนต์ผสมเถ้าขาน้อย ด้วยการใช้น้ำยาเคลือบเงาใสกันซึมเบเยอร์ A-100 (ดังรูปที่ 4.10) Beger A-100 Water Repellent Gloss น้ำยาเคลือบแบบใส เหมาะสำหรับเคลือบอิฐ หิน ผนังปูนขัดมัน ช่วยให้ทนทานต่อน้ำ ความชื้น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของเชื้อรา และตะไคร่น้ำ พื้นที่การทา 35-40 ตารางเมตร/แกลลอน/1 เที่ยว ดังนั้น หากเลือกใช้และทาสีด้วย Beger A-100 (ทาทั้งหมด 3 รอบ) ใช้สีประมาณ 13.5 แกลลอน ราคาแกลลอนละ 500 บาท ใช้งบประมาณ 6,650 บาท ค่าแรงทาสี ตารางเมตรละ 150 บาท ใช้งบประมาณ 45,000 บาท รวม 51,650 บาท ซึ่งถูกกว่าการทาสีแบบปกติ เท่ากับ 33,350 บาท



รูปที่ 4.12 น้ำยาเคลือบเงาใส (Coating) กันซึมเบเยอร์ A-100

ที่มา : <http://www.beger.co.th>

บรรณานุกรม

- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 58/2533. คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 77/2545. อิฐก่อสร้างสามัญ. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร
- American Society for Testing and Materials, ASTM:C129 – 14a, Standard Specification for Nonloadbearing Concrete Masonry Units, ASTM International, pp. 1–3, 2014.
- American Society for Testing and Materials, ASTM C 618 : Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, Annual Book of ASTM Standard, 2001, Vol.04.02, Philadelphia.
- American Society for Testing and Materials. ASTM C-39: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. Annual Book of ASTM Standard. 2001. Vol.04.02, Philadelphia.
- American Society for Testing and Materials. C128-97: Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. Annual Book of ASTM Standard. 2001. Vol.04.02, Philadelphia.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. (2537). คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด. กรุงเทพฯ
- ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2555). การใช้เถ้าขาน้อยเพื่อเป็นวัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีต. วารสารคอนกรีต. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ
- ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง ทศพล เดชวิเศษ วราภรณ์ เรืองวงศ์ และ ศิริรัตน์ เฉลยสาร (2553). “การปรับปรุงคุณภาพหินฝุ่นด้วยซีเมนต์เพื่อใช้เป็นชั้นรองพื้นทาง” (The Improvement of Crushed Dust by Cement for Using in Subsurface), วารสารสมาคมส่งเสริมการวิจัย ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2553
- ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2547). ปูนซีเมนต์ ปอซโซลานและคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 1. สมาคมคอนกรีตไทย. กรุงเทพฯ
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2556). กองอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย. กระทรวงอุตสาหกรรม. สรุปสถานการณ์อ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศประจำปีการผลิต 2555/56, เล่มที่ 4, หน้า 6-18
- วินิต ช่อวิเชียร. (2529). คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 7. โรงพิมพ์ ป.สัมพันธ์พานิชย์. กรุงเทพฯ

- อรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์, 2551. ความทนทานของคอนกรีตผสมเถ้าขานอ้อยบดละเอียด, วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 142 หน้า
- Hernandez M., Middendorf M., Gehrke M., and Budelmann H. (1998AD). Use of
Wastes of the Sugar Industry as Pozzolana in Lime-Pozzolana Binders: Study
of the Reaction, Cem Concr Res, 1998, Vol. 28, Issue 11, pp. 1525–1536.
- Mehta PK, and Monteiro, P.J.M. (1993, AD) Concrete Structure, Properties, and
Materials. Prentice Hall, New Jersey.
- Neville, A.M. Properties of Concrete. (1995, AD), 4th Edition : Longman House.
Harlow.
- Nuntachai Chusilp, Chai Jaturapitakkul, Kraiwood Kiattikomol, 2009, “Utilization of
Bagasse Ash as a Pozzolanic Material in Concrete”, Construction and Building
Materials, Vol. 23, pp. 3352-3358.

ภาคผนวก ก

อนุสิทธิบัตร

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์ “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย”

1. สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา การผลิตวัสดุสำหรับงานก่อสร้าง

5 2. ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

การนำเถ้าขานอ้อยจากเตาเผาโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้และถือเป็นปอชโซลานที่มีคุณภาพดีเมื่อพิจารณาตามมาตรฐาน ASTM C618 ผนวกกับการใช้หินฝุ่นซึ่งเป็นวัสดุที่ถูกคัดทิ้งจากขบวนการผลิตหิน วัตถุดิบที่กล่าวมาทั้งหมดเมื่อนำมาเป็นส่วนผสมของอิฐบล็อกร่วมกับสารเคมีผสมเพิ่มที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตได้นั้นเป็นการพัฒนาอิฐบล็อกให้มีคุณภาพสูงขึ้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้

- 10 ส่วนผสมของ “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย” ประกอบด้วย ดินซีเมนต์ (ดินคัดเลือก+ซีเมนต์)+ เถ้าขานอ้อย+หินฝุ่น+ทรายละเอียด+สารลดน้ำพิเศษ ซึ่งการเลือกใช้วัตถุดิบดังกล่าวสามารถช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและเป็นการเพิ่มศักยภาพของอิฐบล็อกให้มีคุณภาพสูงกว่าเดิมได้ ในขณะที่ราคาต่อหน่วยยังคงเดิม จากการใช้วัสดุปอชโซลานเข้ามาแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีตบล็อกบางส่วน และสามารถสร้างเพิ่มมูลค่าเพิ่มของเถ้าขานอ้อยจากโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวมวลและหินฝุ่น

- 15 ซึ่งจากเดิมเป็นวัตถุดิบที่สร้างมลภาวะและไม่สามารถกำจัดทิ้งได้ ดังนั้นนอกจากจะเกิดผลดีต่อชุมชนแล้ว อาจนำไปสู่ธุรกิจการผลิตอิฐบล็อกที่มีประสิทธิภาพของภาคเอกชนได้

ข้อดี ของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย คือมีน้ำหนักเบา มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ มีราคาต่อหน่วยต่ำ และมีความเป็นฉนวนสูงกว่าอิฐบล็อกซีเมนต์แบบมาตรฐานที่มีมิติเท่ากัน

ข้อเสีย ของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย คือมีความ

- 20 หนาแน่นและกำลังอัดต่ำกว่าอิฐบล็อกซีเมนต์แบบมาตรฐานที่มีมิติเท่ากัน

3. ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

ลักษณะของสิ่งประดิษฐ์ “ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย”

มีขนาดความ กว้าง 7 ซม. ยาว 39 ซม. และ สูง 19 ซม. น้ำหนักประมาณ 5.5 ถึง 6 กิโลกรัมต่อก้อน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เถ้าขานอ้อย ดิน ปูนซีเมนต์ ทรายละเอียดและหินฝุ่น เป็นวัตถุดิบหลักในการปรับปรุงอิฐบล็อก

25 ซีเมนต์แบบมาตรฐาน

ความมุ่งหมายของการประดิษฐ์ เพื่อมุ่งหวังให้นำเถ้าขานอ้อยและหินฝุ่น ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และปรับปรุงคุณสมบัติด้านการนำความร้อนซึ่งเป็นข้อด้อยของอิฐบล็อกซีเมนต์แบบมาตรฐานให้มีคุณภาพดีขึ้น

4. การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ตามรูปที่ 1 แสดงรูปด้านบน (Top View) ของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ซึ่งมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 39 เซนติเมตร มีช่องว่าง จำนวน 3 ช่อง

ตามรูปที่ 2 แสดงรูปด้านล่าง (Bottom View) ของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจาก

5 ส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ซึ่งมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 39 เซนติเมตร มีช่องว่าง จำนวน 3 ช่อง

ตามรูปที่ 3 แสดงรูปด้านหน้า (Front View) ของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ซึ่งมีขนาดสูง 19 เซนติเมตร ยาว 39 เซนติเมตร เส้นประแสดงตำแหน่งรูกลวงที่อยู่ภายใน

ตามรูปที่ 4 แสดงรูปด้านหลัง (Back View) ของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจาก

10 ส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ซึ่งมีขนาดสูง 19 เซนติเมตร ยาว 39 เซนติเมตร เส้นประแสดงตำแหน่งรูกลวงที่อยู่ภายใน

ตามรูปที่ 5 แสดงรูปด้านข้าง-1 (Side View-1) ของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ซึ่งมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร สูง 19 เซนติเมตร เส้นประแสดงตำแหน่งรูกลวงที่อยู่ภายใน

15 ตามรูปที่ 6 แสดงรูปด้านข้าง-2 (Side View-2) ของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ซึ่งมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร สูง 19 เซนติเมตร เส้นประแสดงตำแหน่งรูกลวงที่อยู่ภายใน

5. คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ ก1 แสดงรูปด้านบน (Top View)

20 รูปที่ ก2 แสดงรูปด้านล่าง (Bottom View)

รูปที่ ก3 แสดงรูปด้านหน้า (Front View)

รูปที่ ก4 แสดงรูปด้านหลัง (Back View)

รูปที่ ก5 แสดงรูปด้านข้าง-1 (Side View-1)

รูปที่ ก6 แสดงรูปด้านข้าง-2 (Side View-2)

25 **6. วิธีในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด**

วิธีในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุดเริ่มต้นจากการออกแบบส่วนผสมตามที่ต้องการ จากนั้นทำการวัดตวงส่วนผสมและเริ่มผสม ปูนซีเมนต์กับดินคัดเลือกเข้าด้วยกัน เมื่อส่วนผสมทั้งสองเข้ากันดีแล้วให้ผสมเถ้าขาน้อยทราย และหินฝุ่นตามลำดับ จากนั้นจึงเติมน้ำที่มีส่วนผสมของสารลดน้ำพิเศษจำนวนร้อยละ 2% ของปริมาณน้ำทั้งหมดเข้าไปจนกระทั่งส่วนผสมเหลวพอดี จึงทำการอัดขึ้นรูป หลังจากนั้นนำไปบ่มในห้องควบคุม

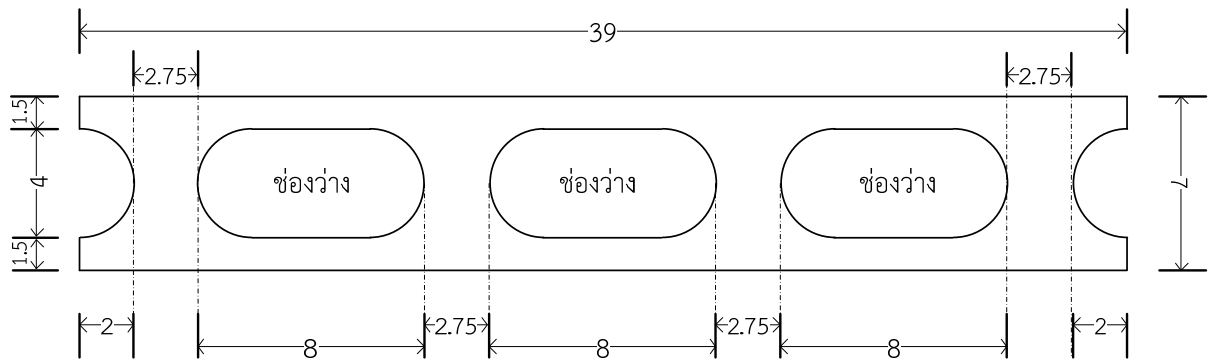
30 ความชื้นเป็นเวลา 3 วัน จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

ข้อถือสิทธิ์

1. ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย คือ อิฐบล็อกที่มีส่วนผสมของดินซีเมนต์ ซึ่งประกอบด้วยดินคัดเลือก จำนวน 20% ผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 จำนวน 15-60% + เถ้าขานอ้อย จำนวน 0%-45% + หินฝุ่น จำนวน 10% + ทรายละเอียด จำนวน 10% + น้ำสะอาดและ
 - 5 สารลดน้ำพิเศษอัตราส่วนร้อยละ 2% ของปริมาณน้ำทั้งหมด อัตราส่วนผสมแบ่งออกเป็น สูตร A, B, C และ D ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนผสมดังกล่าวช่วยปรับปรุงคุณภาพอิฐบล็อกให้มีความเป็นฉนวนความร้อนสูง เมื่อนำไปใช้ในการก่อสร้างจะช่วยให้ที่อยู่อาศัยเย็นสบาย อีกทั้งเป็นการนำเถ้าขานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย
- ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย มีขนาดความ กว้าง 7 ซม.
- 10 ยาว 39 ซม. และ สูง 19 ซม. โดยมีขนาดมิติเท่ากับอิฐบล็อกซีเมนต์แบบมาตรฐานที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดทั่วไป ดังรูปที่ 1 ถึง 6

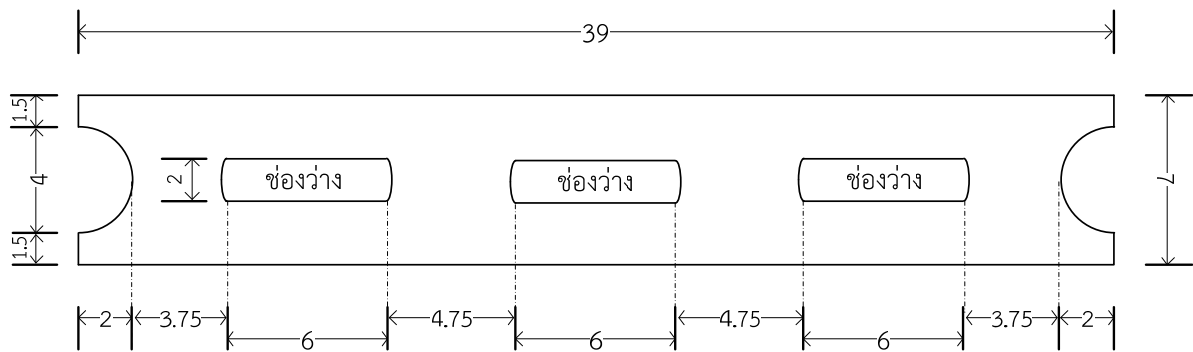
หน้า 1 ของจำนวน 5 หน้า

รูปเขียน



หมายเหตุ : หน่วยของตัวเลขคือเซนติเมตร

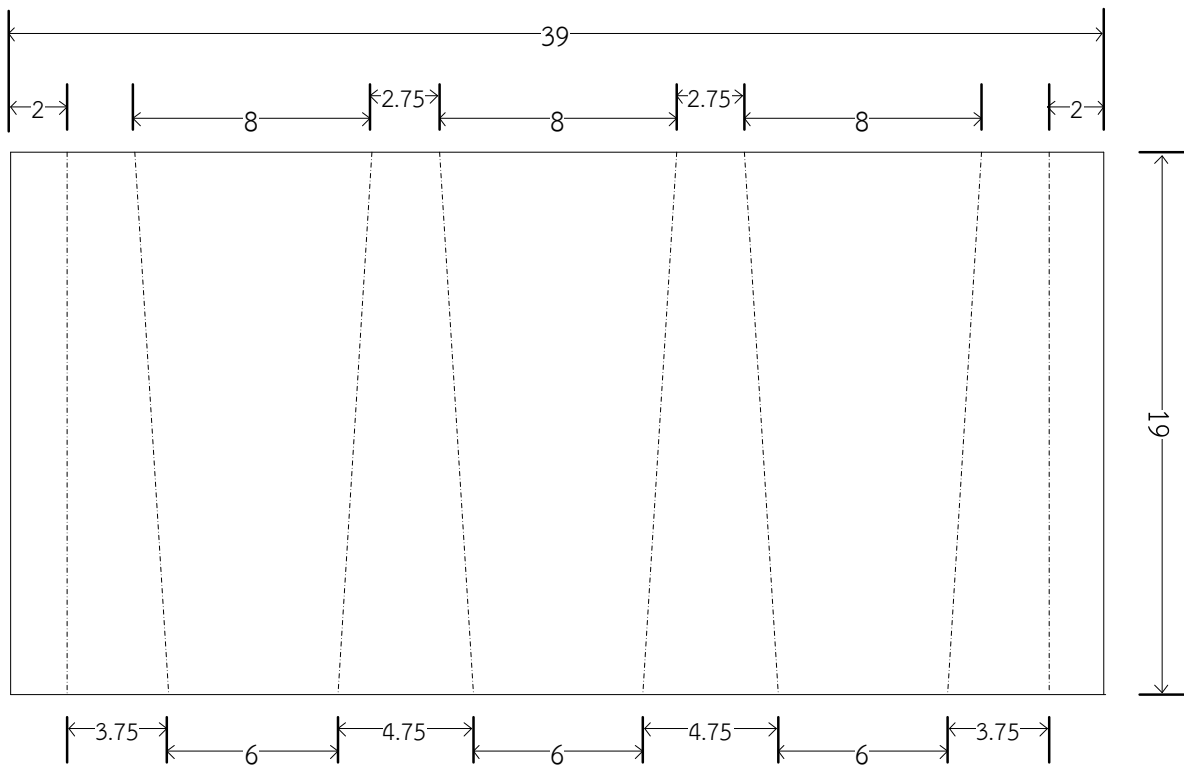
รูปที่ ก1



หมายเหตุ : หน่วยของตัวเลขคือเซนติเมตร

รูปที่ ก2

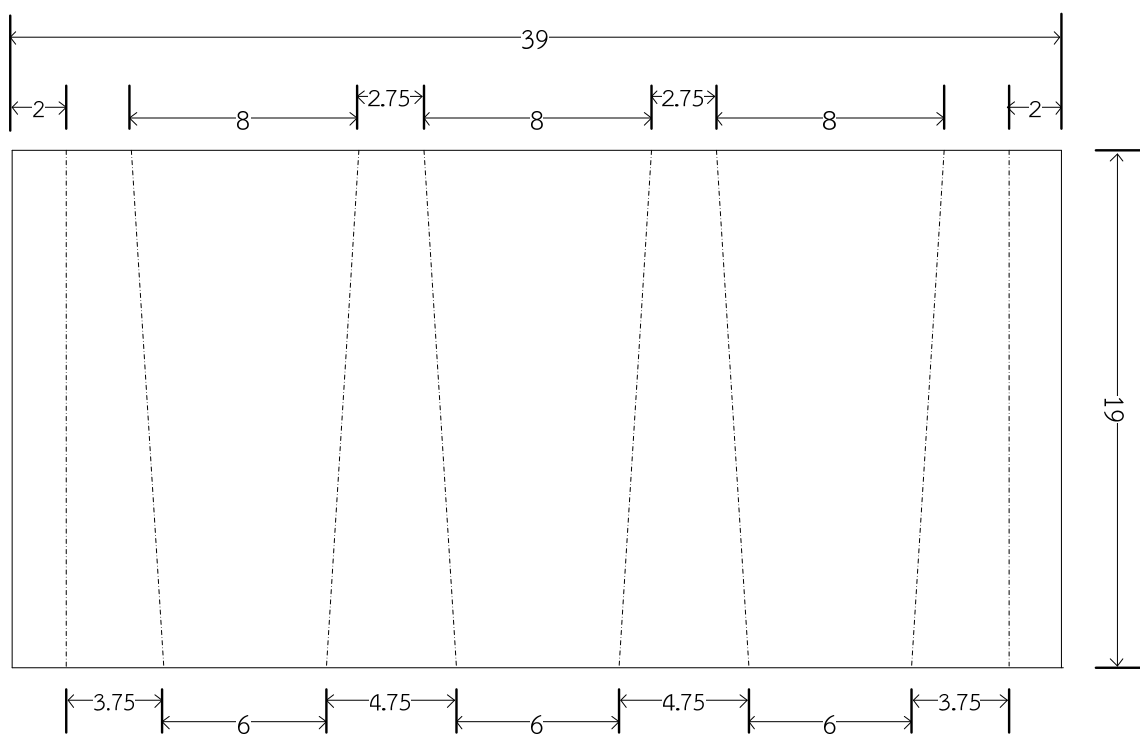
หน้า 2 ของจำนวน 5 หน้า



หมายเหตุ : หน่วยของตัวเลขคือเซนติเมตร

รูปที่ ก3

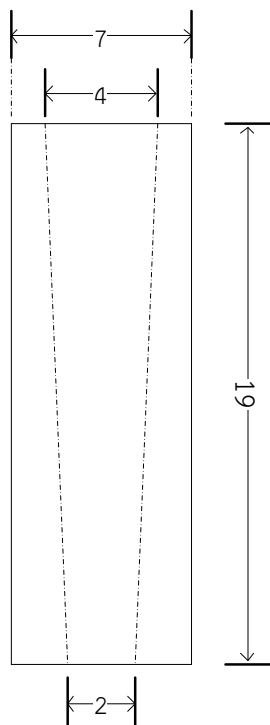
หน้า 3 ของจำนวน 5 หน้า



หมายเหตุ : หน่วยของตัวเลขคือเซนติเมตร

รูปที่ ก4

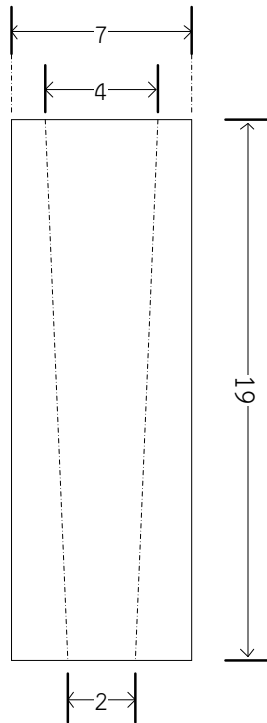
หน้า 4 ของจำนวน 5 หน้า



หมายเหตุ : หน่วยของตัวเลขคือเซนติเมตร

รูปที่ ก5

หน้า 5 ของจำนวน 5 หน้า



หมายเหตุ : หน่วยของตัวเลขคือเซนติเมตร

รูปที่ ก6

หน้า 1 ของจำนวน 1 หน้า

ตาราง

ตารางที่ ก1 อัตราส่วนผสมของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขาน้อย

สูตรผสม	เถ้าขาน้อย (ร้อยละ)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 (ร้อยละ)	ดินคัดเลือก (ร้อยละ)	หินฝุ่น (ร้อยละ)	ทรายละเอียด (ร้อยละ)
สูตรผสม A	0	60	20	10	10
สูตรผสม B	15	45	20	10	10
สูตรผสม C	30	30	20	10	10
สูตรผสม D	45	15	20	10	10

หมายเหตุเพิ่มเติมสารลดน้ำพิเศษปริมาณร้อยละ 2% ของปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมทั้งหมด

ตารางที่ 1

บทสรุปการประดิษฐ์

ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย คือ อิฐบล็อกที่มีส่วนผสมของดินซีเมนต์ (ดินคัดเลือก+ซีเมนต์) + เถ้าขานอ้อย + หินฝุ่น + ทรายละเอียด + สารลดน้ำพิเศษ ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณภาพอิฐบล็อกซีเมนต์แบบเดิม คือ มีความเป็นฉนวนความร้อนสูงเมื่อนำไปก่อสร้างจะช่วยให้ที่อยู่

- 5 อาศัยเย็นสบาย อีกทั้งเป็นการนำเถ้าขานอ้อยมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย มีขนาดความ กว้าง 7 ซม. ยาว 39 ซม. และ สูง 19 ซม. โดยมีขนาดมิติเท่ากับอิฐบล็อกซีเมนต์แบบมาตรฐานที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดทั่วไป

ภาคผนวก ข
การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การประชุมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้เรื่อง “การผลิตอิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย”

1) หลักการและเหตุผล

ข้อเสนอโครงการวิจัย เรื่อง “การผลิตอิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย” เป็นข้อเสนอขอรับทุนในกลุ่มเรื่อง อ้อยและน้ำตาล จากกรอบวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีกระบวนการผลิตน้ำตาลเริ่มต้นตั้งแต่วิธีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบและการสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากอุตสาหกรรมน้ำตาลและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง

ข้อเสนองานวิจัยนี้ คณะผู้ดำเนินโครงการวิจัยได้กำหนดเป้าหมายให้มีการนำเถ้าขานอ้อยมาใช้ให้มากและเกิดประโยชน์อย่างสูงสุด ทั้งนี้จะต้องควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานให้มีคุณภาพและราคาต่อหน่วยใกล้เคียงกับอิฐบล็อกซีเมนต์แบบปกติที่มีจำหน่ายทั่วไป

สุดท้ายคณะผู้ดำเนินงานวิจัยเชื่อว่า การจัดสัมมนาครั้งนี้จะช่วยถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก็จะสามารถบรรลุเป้าหมายในด้าน การสร้างงานวิจัยนวัตกรรมและการบริการวิชาการสู่สังคมชุมชน ซึ่งจะเกิดผลไปสู่การพัฒนาชุมชน สังคม และเศรษฐกิจ โดยรวมของประเทศดีขึ้นได้

2) วัตถุประสงค์ของการจัดประชุม

เพื่อให้ผู้ประกอบการและประชาชนที่สนใจ “การผลิตอิฐบล็อกดินซีเมนต์แบบมาตรฐานจากส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย” สามารถนำความรู้ไปผลิตอิฐบล็อกที่มีคุณภาพดี จากส่วนผสมของ ดินซีเมนต์ (ดินคัดเลือก+ซีเมนต์) + เถ้าขานอ้อย + หินฝุ่น ซึ่งการเลือกใช้วัตถุดิบดังกล่าวสามารถช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและอาจเพิ่มศักยภาพของอิฐบล็อกให้มีคุณภาพสูงกว่าเดิมได้ ในขณะที่ราคาต่อหน่วยยังคงเดิม โดยการใช้วัสดุปอซโซลานเข้ามาแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีตบล็อกบางส่วน เป็นการสร้างเพิ่มมูลค่าเพิ่มของเถ้าขานอ้อยจากโรงผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวมวลและหินฝุ่น ซึ่งจากเดิมเป็นวัตถุดิบที่สร้างมลภาวะและไม่สามารถกำจัดทิ้งได้ ดังนั้นนอกจากจะเกิดผลดีต่อชุมชนแล้ว อาจนำไปสู่ธุรกิจการผลิตอิฐบล็อกที่มีประสิทธิภาพต่อไปได้ในอนาคต

วัน เวลา และสถานที่จัดประชุม คือ วันอาทิตย์ที่ 29 เมษายน พ.ศ.2561 เวลา 8.30-14.30 น. ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี เลขที่ 450 ถนน สุพรรณบุรี-ชัยนาท ต.ย่านยาว อ.สามชุก จ.สุพรรณบุรี อาคาร 4 ห้อง 4203 ดังรูปที่ ข-1 และ ข-2



รูปที่ ข1 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน (1)



รูปที่ ข2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน (2)