การพัฒนาและผลิตอิฐบล็อกมวลเบาโดยการผสมเส้นใยธรรมชาติ

Improvement and Production of Light Weight Blocks by Mixing Natural Fiber

วรนุช ดีละมัน
กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล
กิติยศ ตั้งสัจจวงศ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกล และสมบัติทางกายภาพของอิฐบล็อกมวลเบาที่ผสมเส้นใยกล้วย เพื่อเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์และลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณี คือ ใช้เส้นใยกล้วยเป็นวัสดุผสมทดแทนปูนซีเมนต์ และทดแทนทราย ในระยะเวลาการบ่มน้ำ 28 วัน พบว่าอิฐบล็อกที่ผสมเส้นใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์ในร้อยละ 2.5 มีค่าความหนาแน่นและค่าการต้านทานแรงอัดสูงสุด คือ 1,376 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 65.25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ผลค่าการดูดซึมน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความยาวมีค่าสูงสุดที่ปริมาณเส้นใยกล้วยร้อยละ 7.5 มีค่าเท่ากับร้อยละ 32.86 และร้อยละ 0.12 ตามลำดับ ดังนั้นอิฐบล็อกมวลเบาผสมเส้นใยกล้วยซึ่งมีอัตราส่วนร้อยละระหว่าง ทราย : ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซั่ม : ผงอะลูมิเนียม : เส้นใยกล้วย คือ 50 : 27.5 : 9 : 9 : 2 : 2.5 จึงมีสมบัติที่ต้านทานแรงอัดได้ดี เมื่อนำผลการทดสอบไปเทียบกับมาตรฐาน มอก.1505- 2541 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงที่ มอก.กำหนดไว้ การนำเส้นใยกล้วยจึงเป็นอีกแนวทางที่มีความน่าสนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง แทนการใช้วัสดุผสมที่ต้องนำมาจากทรัพยากรธรรมชาติโดยตรง

คำสำคัญ: อิฐบล็อกมวลเบา, เส้นใยธรรมชาติ, เส้นใยกล้วย

Abstract

In this study, we investigated on the mechanical properties and physical properties of light weight block mixed with banana fibers. For the cost effective purpose and environmental friendly product, banana fibers, which is rich in fiber, was used as a precursor in producing light weight block. In this framework, a series of blocks were fabricated using banana fibers for instead different raw material involve cement and sand for 28 days incubation. The result show that the block with mix banana fiber was replaced cement in 2.5 %wt has the density value and compressive strength is 1,376 kg/m^3 and 62.25 kg/cm^3, respectively. While water absorption and the maximum shrinkage limit value are 32.86 % and 0.12 %, respectively were obtain from the samples mixing 7.5% of banana fibers. After examination of of Thai Industrial Standard (TIS 1505- 2541), the result illustrated the value are standard. It can be concluded that the light weight block mixed banana fibers in ratio of sand: cement: lime: gypsum: aluminum powder: banana fibers are 50: 27.5 : 9 : 9 : 2 : 2.5 will also be used as an alternative precursor materials for producing the light weight block by natural raw materials for cost effective purpose.

Keywords: Light weight block, Fiber natural, Banana fibers

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากความกรุณาจากคณาจารย์ และบุคคลที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายด้วยกัน ผู้วิจัยขอขอบคุณ ดร. กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล และอ.กิติยศ ตั้งสัจจวงศ์ ผู้ร่วมจัดทำโครงการวิจัยเป็นอย่างยิ่งที่ค่อยให้คำปรึกษา และร่วมทำโครงการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณอาจารย์มาโนช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่มอบเงินสนับสนุนงบประมาณการวิจัย ภายใต้ทุนงบประมาณรายจ่าย พ.ศ. 2559

อนึ่งผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอขอบคุณความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่จะเกิดขึ้นนั้นผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และพร้อมที่จะรับคำแนะนำของทุกท่าน เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
บทคัดย่ออังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(จ)
สารบัญรูป	(ฉ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 กรอบแนวความคิด	3
1.6 แผนการการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กล้วย	5
2.2 เส้นใย	9
2.3 คอนกรีต	10
2.4 อิฐมวลเบา	13
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 วัตถุดิบ	23
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย	23
3.3 ขั้นตอนการวิจัย	24
3.4 การทดสอบสมบัติของคอนกรีตมวลเบา	33
บทที่ 4 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 การเตรียมเส้นใยกล้วยเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตอิฐบล็อก	37
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐบล็อก	39
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ประวัติผู้วิจัย	54

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการวิจัยปีงบประมาณ พ.ศ.2559	4
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยกล้วยและเส้นใยกาบมะพร้าว	10
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติและสารที่ประกอบอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1- ประเภทที่ 5	14
ตารางที่ 2.3 จำแนกตามลักษณะการนำไปใช้งาน	18
ตารางที่ 2.4 มาตราฐานค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐานอุตสาหกรรม	19
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกโดยน้ำหนักแต่ละสูตร	27
ตารางที่ 4.1 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยในอัตราส่วนต่างๆ	39
ตารางที่ 4.2 ความการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยในอัตราส่วนต่างๆ	42
ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยในอัตราส่วนต่างๆ	44
ตารางที่ 4.4 ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยในอัตราส่วนต่างๆ	47

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการพัฒนาและผลิตอิฐบล็อกมวลเบาโดยการผสมเส้นใยธรรมชาติ 3
รูปที่ 2.1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นกล้วย 7
รูปที่ 2.2 ลักษณะของเส้นใยกล้วย 8
รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างการบ่มคอนกรีต 12
รูปที่ 2.4 อัตราส่วนผสมของอิฐมวลเบา 16
รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบความต้านการอัด 24
รูปที่ 3.2 เส้นใยกล้วยที่ผ่านกระบวนการเตรียมเส้นใย 24
รูปที่ 3.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 25
รูปที่ 3.4 ทรายละเอียดสำหรับใช้เป็นวัสดุผสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก 25
รูปที่ 3.5 ปูนขาวสำหรับใช้เป็นวัสดุผสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก 26
รูปที่ 3.6 ยิปซั่มสำหรับใช้เป็นวัสดุผสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก 26
รูปที่ 3.7 ผงอลูมิเนียมสำหรับใช้เป็นวัสดุผสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก 27
รูปที่ 3.8 แม่แบบสำหรับหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร 28
รูปที่ 3.9 แม่แบบสำหรับหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 4x16x4 ลูกบาศก์เซนติเมตร 28
รูปที่ 3.10 เตรียมวัสดุผสมสำหรับการขึ้นรูปก้อนอิฐบล็อก 29
รูปที่ 3.11 การผสมส่วนผสมที่เตรียมไว้ทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน 29
รูปที่ 3.12 การขึ้นรูปอิฐบล็อกโดยแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ 30
รูปที่ 3.13 ตัวอย่างอิฐบล็อกที่ถอดออกจากแบบแม่พิมพ์ 30
รูปที่ 3.14 ก้อนอิฐบล็อกที่ทำการบ่มแช่น้ำในระยะเวลาที่ต่างกัน 31
รูปที่ 3.15 นำก้อนอิฐบล็อกมาผึ่งลมเพื่อให้แห้งสำหรับใช้ในการทดสอบขั้นต่อไป 31
รูปที่ 3.16 แผนผังสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 32
รูปที่ 3.17 การอบก้อนอิฐบล็อกในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ±5 องศาเซลเซียส 33
รูปที่ 3.18 การวัดความยาวของก้อนอิฐบล็อกด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ 35
รูปที่ 3.19 การทดสอบหาค่าความต้านการอัดของตัวอย่างอิฐบล็อก 36
รูปที่ 3.20 ก้อนอิฐบล็อกหลังการทดสอบหาค่าความต้านการอัด 36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญ

ในรอบทศวรรษที่ผ่านมาพบว่ามีการวิจัยและพัฒนาในเรื่องของวัสดุเพิ่มมากขึ้นมีการนำวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาปรับใช้ในด้านของวิศวกรรม การก่อสร้าง และโยธา เช่นการใช้ดินในท้องถิ่น การใช้ไม้ไผ่ และการใช้เส้นใย เป็นต้น ในปัจจุบันพบว่าการก่อสร้างบ้านและที่พักอาศัยยังใช้ดินเป็นโครงสร้างอยู่ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรโลกทั้งหมด สำหรับปัจจุบันเพื่อความรวดเร็วและสะดวกในการก่อสร้างจึงมีความนิยมใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมากขึ้น อิฐบล็อกจึงเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีประโยชน์และความสำคัญต่องานก่อสร้างเกือบทุกชนิด แต่เนื่องจากอิฐบล็อกที่ผลิตขึ้นส่วนใหญ่มาจากกาผสมระหว่างปูนซีเมนต์ หิน กรวด และน้ำ จึงทำให้อิฐบล็อกที่ได้มีน้ำหนักค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาพัฒนาการผลิตอิฐบล็อกเพื่อทำให้มีน้ำหนักเบาลงโดยการใช้วัสดุมวลเบาแทนการใช้หิน แต่ก็ยังมีข้อเสียในเรื่องของความแข็งแรงที่ลดลง และกระบวนการผลิตค่อนข้างมีราคาสูง ดังนั้นจึงมีการวิจัยอิฐบล็อกที่มีน้ำหนักเบา แต่ยังคงสภาพความแข็งแรง มีกระบวนการผลิตที่ง่าย ราคาประหยัด ขึ้นมาหลายงานซึ่งได้ทำการปรับเปลี่ยนส่วนผสมในการผลิตโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติมาเป็นส่วนผสมแทน เช่น แกลบ ขี้เถ้า กากน้ำตาล ฟางข้าว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการนำเส้นใยจากธรรมชาติมาใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาอิฐบล็อกให้มีคุณสมบัติการใช้งานที่ดีขึ้นเช่นกัน ตัวอย่างของเส้นใยที่มีการศึกษามาแล้วในอดีต เช่น เส้นใยจากเปลือกมะพร้าว เส้นใยปาล์ม และเส้นใยจากต้นปอ เป็นต้น ซึ่งผลจากการวิจัยที่ผ่านมามีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน [1,2,3]

สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ประเทศไทยมีเนื้อที่ 320.70 ล้านไร่ เป็นเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร 149.25 ล้านไร่ (ร้อยละ 46.54) โดยเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรแบ่งเป็นที่นาข้าว พืชไร่ สวนไม้ผลและไม้ยืนต้น สวนผักและไม้ดอกไม้ประดับ และการเกษตรอื่นๆ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) จากลักษณะดังกล่าวทำให้ประเทศไทยมีของเสียที่เกิดจากการผลิตทางการเกษตรค่อนข้างสูงหนึ่งในของเสียที่เกิดจากผลผลิตทางการเกษตร คือ ต้นกล้วย กล้วยจัดเป็นพื้นเศรษฐกิจอีกชนิดของประเทศไทย ในปี 2554 มูลค่าการส่งออกผลไม้และผลิตภัณฑ์ของไทยประมาณ 81,513 ล้านบาท มูลค่าการส่งออกมากที่สุด คือ สับปะรด รองลงมา คือ ลำไย ทุเรียน มังคุด มะม่วง และ กล้วย โดยปกติเมื่อนำเครือกล้วยไปใช้ประโยชน์ ต้นกล้วยก็จะโดนตัดทิ้ง มีการนำต้นกล้วยไปใช้เป็นอาหารสัตว์บางในส่วน หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่ก็ยังถือว่ามีปริมาณน้อยต้นกล้วยส่วนที่เหลือ จึงต้องกำจัดทิ้งในวิธีที่แตกต่างกันไป จากที่ผ่านมามีการแปรรูป

ต้นกล้วยเพื่อนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เส้นใยสำหรับทอผ้า การนำเส้นใยกล้วยมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ สานเส้นใยเป็นฝ้าเพดานโดยการขึ้นและยึดติดกับโครงเคร่า เนื่องด้วยคุณสมบัติของเส้นใยกล้วยที่มีลักษณะเป็นเส้นใยสั้น ผนังเซลล์ค่อนข้างบางเส้นใยแข็งแรงและกระด้าง มีความเหนียว สามารถต้านทานแรงดึงได้ดี และเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นที่มาจากธรรมชาติ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของต้นกล้วยซึ่งจัดเป็นพืชที่มีเส้นใยนำมาศึกษาโดยการใช้เส้นใยจากต้นกล้วยเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกแทนการใช้หินคลุกในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อลดน้ำหนักของอิฐบล็อกให้เบาลงและยังคงรักษาสภาพของแข็งแรง นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยการนำผลิตภัณฑ์ที่เหลือจากการเกษตรมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาแนวทางการประยุกต์ใช้เส้นใยจากต้นกล้วยมาเป็นส่วนประกอบในการทำอิฐบล็อก
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยกล้วยที่ใช้ในการทำอิฐบล็อก
3. เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐบล็อกและเปรียบเทียบสมบัติของอิฐบล็อกจากเส้นใยกล้วยกับอิฐบล็อกธรรมดา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

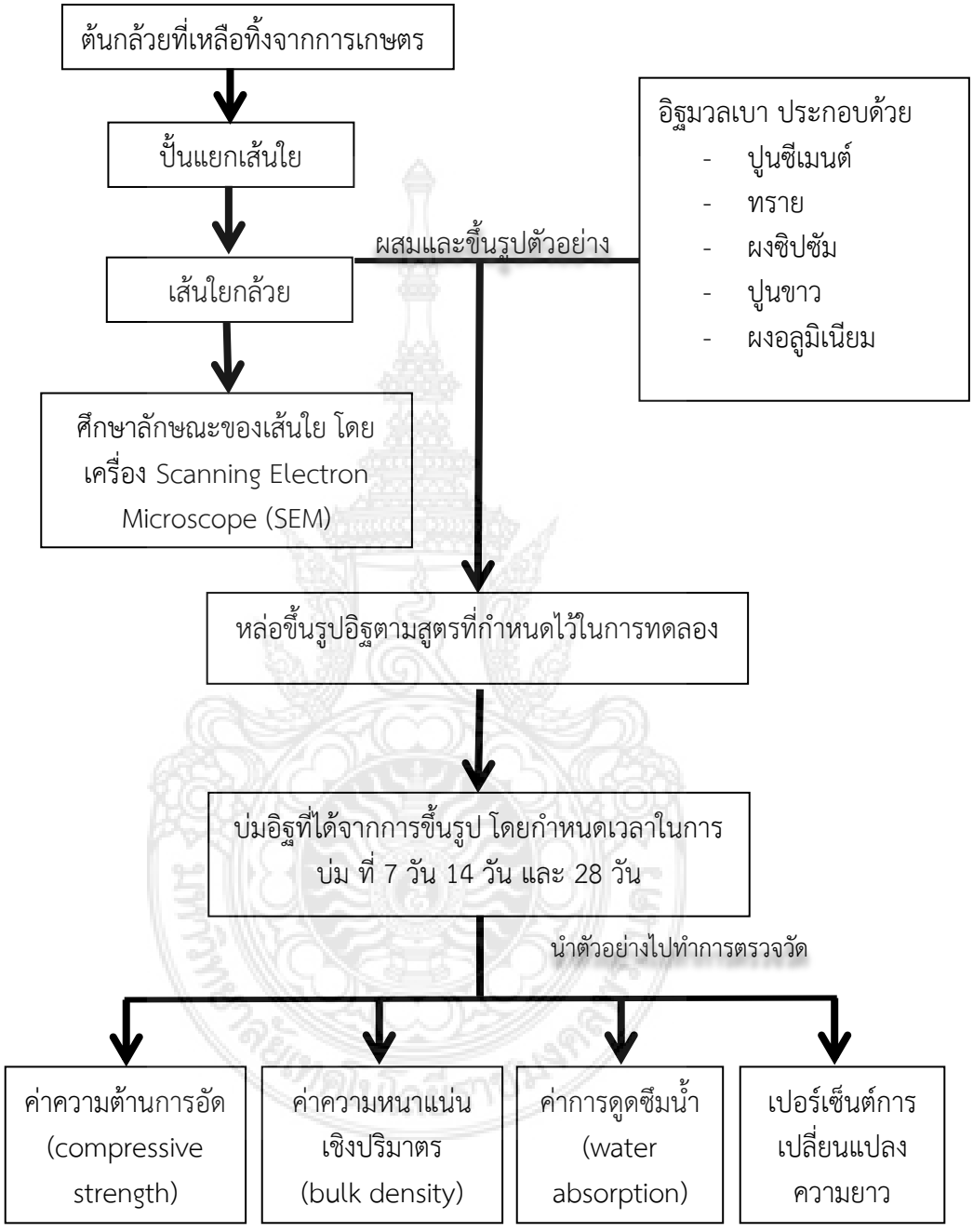
การศึกษาโครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาและผลิตอิฐบล็อกมวลเบาจากเส้นใยธรรมชาติได้กำหนดขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1. เตรียมเส้นใยจากต้นกล้วยโดยวิธีการปั้นและตากแห้ง
2. ศึกษาลักษณะของเส้นใยจากต้นกล้วยที่จะนำมาผลิตอิฐบล็อกโดยวิธีเชิงกลและเคมี
3. ขึ้นรูปอิฐบล็อกโดยใช้เส้นใยจากต้นกล้วยเป็นส่วนผสมแทนวัสดุผสม พร้อมทั้งศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุในการผลิตอิฐบล็อกในปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของทราย ปริมาณทราย ปริมาณเส้นใยจากต้นกล้วย ปริมาณปูน และเวลาการบ่ม เป็นต้น
4. ทดสอบสมบัติต่างๆเปรียบเทียบระหว่างอิฐบล็อกจากเส้นใยต้นกล้วยที่ผลิตขึ้นกับมาตรฐานของอิฐบล็อกตามมาตรฐานต่างๆ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการผลิตอิฐบล็อกมวลเบาและลดต้นทุนการผลิตอิฐบล็อกโดยการใช้วัสดุที่เหลือจากการเกษตรและสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
2. สามารถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอิฐบล็อกเส้นใยต้นกล้วยให้แก่อุตสาหกรรม และชุมชนได้
3. เป็นการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร

1.5 กรอบแนวความคิด



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการพัฒนาและผลิตอิฐบล็อกมวลเบาโดยการผสมเส้นใยธรรมชาติ

1.6 แผนการการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินโครงการวิจัยปีงบประมาณ พ.ศ.2559

แผนการดำเนินการวิจัยปีที่ 1	พ.ศ. 2558			พ.ศ. 2559								
กิจกรรม	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย
1. ค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอิฐ												
2. ทำการเก็บตัวอย่างต้นกล้วยและเตรียมเส้นใย												
3. ศึกษาคุณสมบัติของเส้นใย												
4. ขึ้นรูปอิฐบล็อกโดยใช้เส้นใยจากต้นกล้วย												
5. ทดสอบสมบัติต่างๆของอิฐ												
6. สรุปผลและรายงานผลการดำเนินงาน												

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล้วย

กล้วย เป็นพรรณไม้ล้มลุกในสกุล *Musa* มีหลายชนิดในสกุล บางชนิดก็ออกหน่อแต่ว่าบางชนิดก็ไม่ออกหน่อ ใบแบนยาวใหญ่ ก้านใบตอนล่างเป็นกาบยาวหุ้มห่อซ้อนกันเป็นลำต้น ออกดอกที่ปลายลำต้นเป็น *ปลี* และมักยาวเป็นงวง มีลูกเป็นหวี ๆ รวมเรียกว่า *เครือ* พืชบางชนิดมีลำต้นคล้าปาล์ม ออกใบเรียงกันเป็นแถวทำนองพัดคลี่ คล้ายใบกล้วย เช่น กล้วยพัด (*Ravenala madagascariensis*) ทว่าความจริงแล้วเป็นพืชในสกุลอื่น ที่มิใช่ทั้งปาล์มและกล้วยในเขตร้อนมีการปลูกกล้วยหลายชนิดเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารส่วนมากจะปลูกในแถบของเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือและลงมาทางใต้ สำหรับในประเทศไทยพบว่าอาจมีกล้วยมากถึง 13 พันธุ์ที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในประเทศไทย

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [4]

การจำแนกกล้วยตามหลักอนุกรมวิธาน

Class Monocotyledoncae

Order Zingiberales

Family Musaceae

Genus *Musa*

Section Eumusa

พืชวงศ์ Musaceae จัดแบ่งออกได้เป็น 2 สกุลตามลักษณะการแตกกอ คือ

1) สกุลกล้วยโทน (Ensete) ได้แก่กล้วยที่ไม่แตกกอ ขึ้นเป็นต้นเดี่ยวๆมีอายุประมาณ 2 ปีหรือมากกว่า ผลรับประทานไม่ได้ เมื่อให้เมล็ดแล้วต้นจะตาย ใช้ทำแป้งหรือเอาเส้นใย กล้วยสกุลนี้ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

2) สกุลกล้วยแตกกอ (Musa) ได้แก่กล้วยทั่วๆไป มีการแตกกอหรือแตกหน่อ ผลสามารถนำมาใช้เป็นอาหารและรับประทานได้ กล้วยในสกุลแตกกอนี้ แบ่งออกเป็น 5 พวก คือ

ก. Eumusa กล้วยพวกนี้มีความสำคัญที่สุด ใช้เป็นอาหารเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังใช้ทำเส้นใย มีถิ่นกำเนิดในอินเดียตอนเหนือ อินโดจีน และหมู่เกาะซามัว

ข. Australimusa มีความสำคัญทางเศรษฐกิจน้อยกว่าพวกแรก ที่สำคัญได้แก่ กล้วยป่ามนิลา หรือบางที่เรียก อะบากา มีมากในประเทศฟิลิปปินส์ นอกจากนี้ยังมีกล้วยฟีไอ เป็นกล้วยที่มีแป้งมากใช้เป็นอาหาร

ค. Cullimusa ไม่ค่อยมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ส่วนใหญ่ใช้เป็นไม้ประดับ

ง. Rhodochlamys ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีถิ่นกำเนิดในอินเดียตอนเหนืออินโดจีน ส่วนใหญ่ใช้เป็นไม้ประดับ เช่น กล้วยบัว

จ. Ingentimusa พบในปาปัวนิวกินีบนที่สูงระหว่าง 1,000-2,100 เมตร ใช้เป็นไม้ประดับ

2.1.2 ลักษณะพฤกษาศาสตร์ของกล้วยประกอบด้วยลักษณะดังนี้

1) ราก

ในระยะแรกหรือระยะต้นกล้าจะพบว่ามีรากแก้วปรากฏอยู่ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นรากฝอย เส้นผ่านศูนย์กลางของรากประมาณ 5- 8 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 20- 39 เซนติเมตร รากจะเกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละประมาณ 4 ราก ต้นกล้วยที่สมบูรณ์อาจมีรากถึง 400 รากในหนึ่งต้น

2) ลำต้นใต้ดิน

เป็นลำต้นที่แท้จริงของกล้วย หรือเรียกว่า “เหง้ากล้วย” (Rhizome) มีขนาดใหญ่ อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 30 เซนติเมตร บนเหง้าจะมีข้อและปล้องที่สั้นมาก เนื้อเยื่อของเหง้าเป็นส่วนสะสมของพวกแป้ง จุดเจริญของเหง้าจะเป็นรูปครึ่งวงกลมแบนๆ เป็นจุดเริ่มของการเกิดใบและช่อดอกตามลำดับ ในแต่ละเหง้าอาจจะมีหลายๆตา และอายุที่แตกต่างกัน เนื้อเยื่อเจริญจะพัฒนาไปเป็นหน่อ ซึ่งใช้เป็นส่วนขยายพันธุ์ของกล้วย

3) ลำต้นเทียม

ลำต้นเทียม (Pseudo stem) คือส่วนที่ยืดตัวของหน่อ ประกอบด้วยกาบใบที่ประกบกันแน่นในระหว่างการเจริญเติบโตกาบเหล่านี้จะค่อยๆ คลี่ออกทีละกาบ กาบแรกได้แก่ กาบใบแคบ กาบที่สองได้แก่ กาบใบกว้าง และกาบที่สามได้แก่ กาบใบแก่ บริเวณของปลายลำต้นเหนือดินเป็นที่รวมของกาบใบ กาบใบที่อยู่รอบโคนกล้วยนั้นเป็นเนื้อเยื่อที่มีขนาดโต หนา และอวบไปด้วยน้ำเลี้ยง เนื่องจากใบใหม่เติบโตทยอยกันขึ้นมาเป็นลำต้นจนเบียดกันแน่นที่ใจกลางของลำต้น จึงเกิดการอัดกัน ทำให้ลำต้นแข็งแรง กาบใบที่เจริญยาวขึ้นมาจะกลายเป็นลำต้นกล้วยเทียมที่อาจสูงถึง 12 ฟุต

4) ใบ

ใบกล้วยที่โผล่เหนือดินขึ้นมา จะอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับลำต้น แล้วจะค่อยๆลู่ลง ใบมีลักษณะใหญ่ ยาวรี ขนาดใบกว้างประมาณ 100 เซนติเมตร ยาวประมาณ 150 – 400 เซนติเมตร มีความยาวเป็น 2 – 4.5 เท่าของความกว้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วยเช่นกัน เช่น อายุ พันธ์ และสภาพแวดล้อม

5) ช่อดอก

เมื่อหน่อกล้วยมีอายุ 7-9 เดือน หรือหลังจากปลูกกล้วยด้วยหน่อประมาณ 6-8 เดือน กล้วยจะเกิดช่อดอก ตาดอกที่อยู่กลางเหง้าจะทะลุเหง้าผ่านกลางลำต้นเหนือดินและโผล่ออกมาทางยอด ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน ช่อดอกประกอบด้วย ช่อดอกย่อยอยู่รวมกันบนก้านช่อดอก บนช่อดอกย่อยจะมีดอกเกิดเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2 แถว แต่ละดอกจะมีกาบดอกสีแดงรูปไข่รองรับอยู่ หลังจากที่ช่อดอกโผล่ออกมาจากส่วนยอดของกล้วย ตาที่อยู่บริเวณโคนกาบปลีซึ่งเป็นส่วนที่ออกผลนั้นจะเจริญอย่างรวดเร็ว ช่วงก้านเครือระหว่างหวีจะยืดออกจากัน กาบปลีจะเปิดและม้วนออกคราวละหนึ่งกาบหรือมากกว่า เผยให้เห็นดอกตัวเมียที่ติดอยู่กับปลายผลเล็กๆ ซึ่งจะเจริญเป็นหวีกล้วยต่อไป ต่อมากากปลีที่คลุมดอกตัวเมียอยู่จะร่วงหล่น กาบปลีที่อยู่ถัดลงมาจะเปิดออก และดอกที่ปลายเครือจะบานเป็นเวลาถัดมาโดยจะเป็นดอกตัวผู้ทั้งหมด พอถึงระยะนี้โดยส่วนมากดอกตัวเมียจะเริ่มเหี่ยว เป็นการป้องกันการผสมพันธุ์กันเองในต้นเดียวกัน

6) ดอก

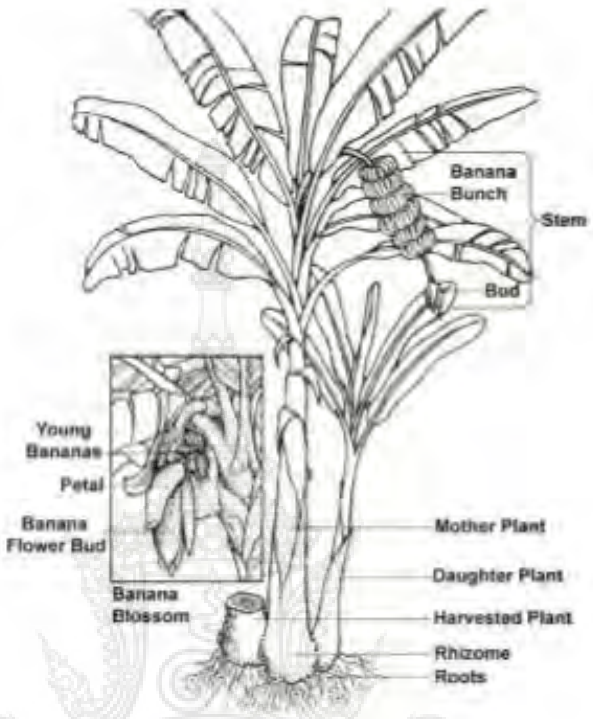
ลักษณะของดอกกล้วยแต่ละดอกจะไม่ได้สัดส่วนกัน กลีบเลี้ยงและกลีบดอกจะไม่แยกออกจากกัน ทำให้มองเห็นกลีบสีเหลือง สีครีม หรือขาวเป็น 2 ชั้น คือชั้นกลีบรวม ประกอบด้วยกลีบใหญ่ 3 กลีบ และกลีบเล็ก 2 กลีบ เชื่อมติดกันเป็นอันเดียว และชั้นกลีบอิสระ ดอกตัวเมียจะยาวประมาณ 10 เซนติเมตร มีรังไข่ที่พัฒนาอย่างดี และยาวกว่าชั้นกลีบ ภายในรังไข่แบ่งออกเป็น 3 ช่อง มีไข่เกิดเป็นจำนวนมากโดยเรียงกันเป็น 2 - 4 แถว ก้านเกสรตัวเมียอวบและส่วนยอดของเกสรตัวเมียมี 3 พู ส่วนเกสรตัวผู้มีลักษณะฝ่อมีจำนวน 5 อัน เมื่อเจริญเป็นผล รังไข่จะยังคงอยู่ส่วนชั้นกลีบเกสรตัวผู้ที่ฝ่อและก้านเกสรตัวเมียจะหลุดร่วงไป

7) ผล

ผลกล้วยเป็นแบบเบอร์รี่ ใช้เวลาหลังจากเกิดช่อดอกจนถึงเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 90 วัน ผลของกล้วยป่าจะต้องได้รับการผสมเกสรถึงจะติดเป็นผลได้ ส่วนกล้วยปลูกจะติดผลได้โดยไม่ต้องรับการผสมเกสร เนื้อของกล้วยที่รับประทานได้เกิดจากเนื้อเยื่อชั้นนอกของช่องว่างภายในรังไข่ ผลกล้วยทั้งหมดบนก้านกล้วยเรียกว่า เครือ ส่วนผลกล้วยแต่ละกลุ่มแต่ละข้อเรียกว่า หวี ส่วนแต่ละผลเรียกว่าผลกล้วย

8) เมล็ด

เมล็ดของกล้วยมีรูปร่างเกือบกลม หรือเป็นรูปเหลี่ยม เปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตร ภายในเมล็ดมีอาหารเลี้ยงต้นอ่อนอยู่ ส่วนของคัพภะมีขนาดเล็กมาก



รูปที่ 2.1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นกล้วย

ดัดแปลงมาจาก: http://www.slideshare.net/RioneDrevale/bananas-39036126

2.1.3 การจำแนกกลุ่มของกล้วย

การจำแนกกลุ่มของกล้วยทำได้ 2 วิธี คือ จำแนกตามวิธีการนำมาบริโภค และจำแนกตามลักษณะทางพันธุกรรม

1) การจำแนกตามลักษณะทางพันธุกรรม

หลังปี ค.ศ. 1955 นักวิชาการได้จำแนกพันธุ์กล้วยตามพันธุกรรมโดยใช้จีโนมของกล้วยเป็นตัวกำหนด ในการแยกพันธุ์ กล้วยที่นิยมบริโภคกันในปัจจุบันมีบรรพบุรุษเพียง 2 ชนิด คือ กล้วยป่าและกล้วยตานี กล้วยที่มีกำเนิดจากกล้วยป่ามีจีโนมเป็น AA กล้วยที่มีกำเนิดจากกล้วยตานีมีจีโนมเป็น BB ส่วนกล้วยที่เกิดจากลูกผสมของกล้วยทั้ง 2 ชนิดจะมีจีโนมแตกต่างกันไป นอกจากนี้ ซิมมอนด์และเชปเฟิดได้เสนอให้ใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยารวมทั้งหมด 15 ลักษณะ มาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา คือ สีของกาบใบ ร่องของกาบใบ ก้านช่อดอก ก้านดอก ออวุล ไหล่ของกาบปลี การม้วนของกาบปลี รูปร่างของ

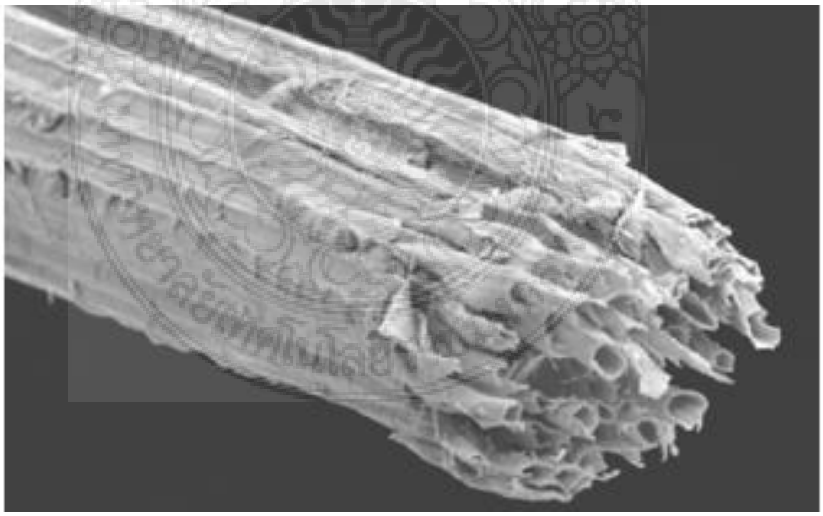
กาบปลี ปลายของกาบปลี การชีดของกาบปลี รอยแผลของกาบปลี กลีบรวมเดี่ยว สีของดอกเพศผู้ สีของยอดเกสรเพศเมีย และสีของกาบปลี

2) การจำแนกตามวิธีการนำมาบริโภค

การจำแนกกล้วยตามวิธีการนำมาบริโภคสามารถแบ่งกล้วยออกเป็น 2 กลุ่มคือ กล้วยกินสดเป็นกล้วยที่เมื่อสุกสามารถนำมารับประทานได้ทันที โดยไม่ต้องนำมาทำให้สุกด้วยความร้อน เพราะเมื่อสุก เนื้อจะนิ่ม มีรสหวาน เช่น กล้วยไข่ กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว และกล้วยที่ใช้ประกอบอาหาร เป็นกล้วยที่เมื่อดิบมีแป้งมาก เนื้อค่อนข้างแข็ง เมื่อสุกยังมีส่วนของแป้งอยู่มากกว่ากล้วยกินสดมาก เนื้อจึงไม่ค่อยนิ่ม รสไม่หวาน ต้องนำมาต้ม เผา ปิ้ง เชื่อม จึงจะทำให้อร่อย รสชาติดีขึ้น เช่น กล้วยกล้าย กล้วยหักมุก กล้วยเล็บ

2.1.4 เส้นใยกล้วย (Banana Fiber)

เส้นใยของต้นกล้วยส่วนมากจะพบปริมาณมากบริเวณลำต้นของกล้วย รูปร่างของเส้นใยกล้วยตามแนวความยาว จะมีส่วนประกอบของกลุ่มเส้นใยเล็กๆเรียงตัวตามแนวยาวของเส้นใย มีลักษณะเป็นรูปทรงกรวย ตอนปลายจะแหลม จัดอยู่ในประเภทของเส้นใยสั้น ลักษณะตัดขวางจะเป็นรูปทรงรีเกือบกลม มีลูแมนเห็นได้ชัดเจน ในส่วนของผนังเซลล์จะค่อนข้างบาง เส้นใยค่อนข้างจะแข็งแรงและกระด้าง แต่เส้นใยจะมีความมันคล้ายกับเส้นใยไหม เป็นเส้นใยที่มีความเหนียวและสามารถทนแรงดึงได้ดี สามารถยืดหยุ่นตัวได้เล็กน้อย และสามารถทนต่อพวกแบคทีเรียในน้ำเค็มได้ดีมาก [5]



รูปที่ 2.2 ลักษณะของเส้นใยกล้วย [6]

2.2 เส้นใย (Fibers)

เส้นใย หมายถึงวัสดุหรือสารใดๆ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมาจากที่มนุษย์สร้างขึ้น มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผ้าได้ ไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก ประเภทของเส้นใยแบ่งตามแหล่งกำเนิดออกได้เป็น 2 ประเภท คือ เส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยประดิษฐ์

1) เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) แบ่งย่อยเป็น เส้นใยพืช เช่น ฝ้าย ลินิน ปอ รา มีน นุ่น เป็นต้น ส่วนเส้นใยสัตว์ เช่น ขนสัตว์ ไหม ผม แร่ เช่น แร่ใยหิน

2) เส้นใยประดิษฐ์ (Man-made fibers) แบ่งย่อยเป็นเส้นใยประดิษฐ์จากธรรมชาติ เช่น เรยอย อะซิเทต ไตรอะซีเทต เป็นต้น ส่วนเส้นใยสังเคราะห์ เช่น โอเลฟินส์ โพลีเอสเทอร์ ไนลอน แร่และเหล็ก เช่น โลหะ แก้ว เซรามิก เป็นต้น

2.2.1 การใช้เส้นใยเป็นวัสดุเสริมแรง

ปัจจุบันมีการใช้วัสดุทดแทนมาช่วยในการเสริมแรงในการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพอลิเมอร์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งการทำเช่นนี้จะได้เปรียบในเรื่องของค่าใช้จ่าย ความปลอดภัยเนื่องจากเป็นวัสดุที่ได้มาจากธรรมชาติและมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อม [19] ทำให้นักวิจัยเริ่มหันมาให้ความสนใจต่อเส้นใยที่หาได้ตามธรรมชาติ โดยที่ผ่านมาเคยมีการศึกษานำเส้นใยมาเป็นส่วนผสมของวัสดุคอมโพสิต (composite) แล้ว โดยเส้นใยที่ถูกนำใช้ศึกษา เช่น เส้นใยที่ได้จาก กล้วย แกลบ ไม้ไผ่ ปอ ป่าน ป่านศรนารายณ์ สับปะรด ปอมนิลา และมะพร้าว เป็นต้น [20][21] มีการศึกษาวิจัยเพื่อนำเอาเส้นใยกล้วยมาเป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับพอลิเมอร์โดยทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบของฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซินซึ่งใช้เส้นใยกล้วยและเส้นใยแก้วเป็นวัสดุเสริมแรง ผลการศึกษาพบว่า ความยาวของเส้นใยที่ให้ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงมากที่สุดคือ 30 มิลลิเมตร สำหรับเส้นใยกล้วย ค่ามอดูลัสและความแข็งแรงในเชิงการดึงของพอลิเมอร์ประกอบมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มปริมาณของเส้นใย และค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ประกอบทั้งสองชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยเช่นกัน [7]

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติเชิงกลของเส้นใยกล้วยและเส้นใยกาบมะพร้าว [8] [9] [10]

เส้นใย	เซลลูโลส Cellulose	เฮมิเซลลูโลส Hemicellulose	ลิกนิน Lignin	ความชื้น Moisture content	ความหนาแน่น Density	มุมไมโครไฟบริลลา Microfibrillar angle	ความทนต่อแรงดึง Tensile strength	มอดูลัสของยัง Young's modulus
	(%)	(%)	(%)	(%)	(g/cm^3)	(°)	(MPa)	(GPa)
กล้วย	63–64	19	5.0	10–11	1.350	11	550 ± 6.7	3.5
กาบมะพร้าว	68	22	20.6	8.79	1.375	31	88.6	4.4

2.2.2 การลดข้อด้อยของเส้นใยพืชและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเมทริกซ์กับเส้นใย

ศักยภาพและคุณสมบัติของเส้นใยและวัสดุเสริมแรงจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติองค์ประกอบและธรรมชาติของพื้นผิวสัมผัส (interface) โดยความแข็งแรงและแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวสัมผัสจะมีบทบาทสำคัญต่อความแข็งแรงของพอลิเมอร์เชิงประกอบ ซึ่งเส้นใยพืชเป็นเส้นใยเซลลูโลสมีคุณสมบัติชอบน้ำ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มีผู้พยายามศึกษาเพื่อปรับปรุงและลดข้อด้อย [11] โดยจากการศึกษาคุณสมบัติของพอลิเมอร์เชิงประกอบอีพอกซีกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ พบว่า โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้พื้นผิวเส้นใยมีลักษณะขรุขระมีแรงยึดเหนี่ยวสูงขึ้นทำให้ความแข็งแรงในเชิงกดอัด (compressive strength) สูงขึ้นตามไปด้วย การดูดซับน้ำมีค่าลดลง

2.3 คอนกรีต

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ วัสดุผสมต่างๆ ได้แก่ ทรายละเอียด ทรายหยาบ หรือหินคลุก และน้ำ โดยอาจมีสารเคมีอื่นๆเพิ่มเข้ามาเพื่อให้ได้สมบัติตามที่ต้องการ โดยทั่วไปคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้าๆ ปูนซีเมนต์และน้ำจะทำปฏิกิริยากันเรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน โดยประมาณแล้วหลังจาก 28 วัน ความแข็งแรงจะเริ่มคงที่ การกำหนดอัตราส่วนผสมมีทั้งการกำหนดโดนน้ำหนักและปริมาตร คอนกรีตที่ดีเป็นผลมาจากการที่วัสดุผสมทุกอนุภาคถูกห่อหุ้มไว้ด้วยซีเมนต์เพสต์ ประกอบด้วยปูนซีเมนต์และน้ำที่ทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน จนทำให้มีสมบัติจับเกาะแน่นกับวัสดุผสมต่างๆ นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ ยังเป็นตัวสำคัญซึ่งพบว่าคอนกรีตที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์น้อยจะมีความแข็งแรงมากกว่าคอนกรีตที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีเมนต์มาก ปฏิกิริยาไฮเดรชันในคอนกรีตจะอยู่ในรูปของโครงร่างผลึกตามปฏิกิริยาของ Tricalcium silicate ดังสมการ

$$2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_3.3H_2O + 3Ca(OH)_2$$

และปฏิกิริยาของ Dicalcium silicate แสดงดังสมการ

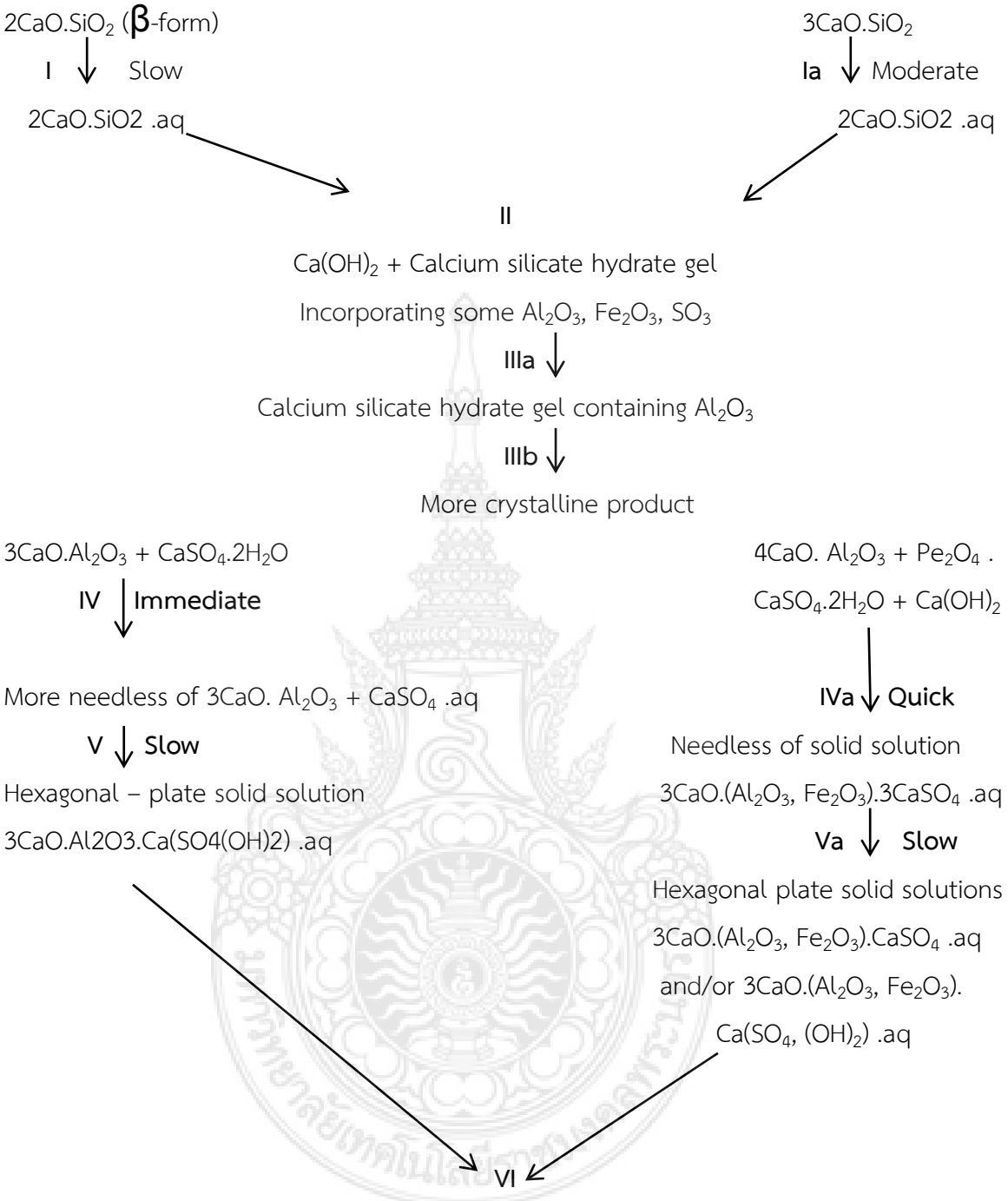
$$2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2$$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้เกิดเจล ซึ่งมีสมบัติเป็นตัวประสานคล้ายกาว เกิดการแข็งตัวกับวัสดุผสม ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นช้าๆ สอดคล้องกับปฏิกิริยาการบ่มคอนกรีต ตามสมการของ Keats ดังรูปที่ 2.1 และปฏิกิริยาของ Tricalcium aluminate ที่เกิดขึ้นทันทีในปูนซีเมนต์ดังสมการ

$$3CaO.Al_2O_3 + 6H2O \longrightarrow 3CaO.2Al_2O_3.6H2O + heat$$

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมคอนกรีตสามารถแบ่งตามมาตรฐานสมาคมทดสอบวัสดุของอเมริกา (ASTM) ออกเป็น 5 ประเภท คือ

Type 1 Ordinary Portland cement
Type 2 Moderate heat and sulphate resisting Portland cement
Type 3 High early strength Portland cement
Type 4 Low heat Portland cement
Type 5 Sulphate resisting Portland cement



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างการบ่มคอนกรีต [12]

2.4 อิฐมวลเบา (Lightweight concrete)

อิฐมวลเบา คือผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่มาจากวัตถุดิบธรรมชาติ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายปูนขาว ยิปซั่ม น้ำ และส่วนผสมพิเศษในอัตราส่วนที่เป็นสูตร Cement Base ผสมกันทำให้ได้เป็นคอนกรีตมวลเบา นอกจากนี้ยังมีการนำวัสดุผสมอื่นๆที่มีน้ำหนักเบาเข้าไปผสมแทนที่ทรายละเอียด หินหยาบ หรือหินคลุก เช่นเถ้าของถ่านหิน ตะกรัน เถ้าเชื้อเพลิง แกลบสด ขี้เถ้าแกลบ กากจาก เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์มุ่งเน้นให้วัสดุมีน้ำหนักเบา ขนาดก้อนได้มาตรฐาน ป้องกันเสียง ทนไฟ ป้องกันความร้อน ใช้งานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ไม่แตกหัก

2.4.1 ส่วนประกอบของอิฐมวลเบา

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ เป็นผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ (หินปูน หรือปูนขาว กับดินเหนียว หรือดินดาล) จนรวมตัวผสมกันสุกพอดี มีส่วนประกอบทางเคมีที่ สำคญคือ คัลเซียมและอลูมิเนียมซิลิเกต ปูนซีเมนต์ที่กล่าวนี้จะหมายถึงปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซึ่งเป็น ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement) ที่เมื่อผสมกับน้ำตามส่วนแล้วสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์นั้น การทำปฏิกิริยาดังกล่าวเรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) อัตราการก่อตัวและแข็งตัวตลอดจนปริมาณความร้อนที่เกิด ขึ้นอยู่กับ ความละเอียดและส่วนประกอบของผงปูน ความแข็งแรงและความทนทานเมื่อแข็งตัวแล้วขึ้นอยู่กับ สัดส่วนการผสมและการให้ความชื้นในขณะเริ่มแข็งตัว สมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ASTM C 150) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม.อ.ก.15) แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็น 5 ประเภท คือ

ประเภท 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และสำหรับใช้ในงานก่อสร้างปกติทั่วไป

ประเภท 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง

ประเภท 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งเร็ว (High-early Strength Portland Cement) หรือที่เรียกว่าซูเปอร์ซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ให้กำลังรับแรงสูงในระยะแรก เร็วกว่า ปูนซีเมนต์ประเภทหนึ่ง มีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ผลิตโดยการเปลี่ยนสัดส่วนผสม โดยการเติมสารอื่น โดยการบดให้ละเอียดยิ่งขึ้น หรือโดยการเผาให้ดีขึ้น มีประโยชน์ สำหรับทำคอนกรีตที่ต้องการจะใช้งานเร็ว หรือรื้อแบบเร็ว

ประเภท 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทเกิดความร้อนต่ำ (Low-Heat Portland Cement) เป็น ปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนต่ำสุด อัตราการเกิดกำลังของคอนกรีตเป็นไปอย่างช้า ๆ

ประเภท 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟตได้สูง (Sulfate-Resistant Portland Cement) เป็น ปูนซีเมนต์ชนิดต้านทานซัลเฟตได้สูงกว่าปูนซีเมนต์ประเภทอื่น ๆ

สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้ในการทำคอนกรีตมวลเบา ส่วนมากจะใช้ปูนซีเมนต์ ประเภทที่ 1 ในการผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบา

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติและสารที่ประกอบอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1- ประเภทที่ 5 [13]

ข้อกำหนดทางเคมีเพิ่มเติม	ประเภทปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์				
	1	2	3	4	5
C_3S	49	46	56	25	43
C_2S	25	29	15	0	36
C_3A	12	6	12	5	5
C_4AF	8	12	8	12	13
ความละเอียด (เบลน, ตร.ซม./กรัม)	3,000	3,000	4,500	3,000	3,000
กำลังอัด (3 วัน,กก/ซม)	180	150	310	80	120
ความร้อนปฏิกิริยา (28วัน, จูล/กรัม)	400	330	430	270	310

หมายเหตุ กำลังอัดวัดจากลูกบาศก์มอร์ตาร์ขนาด 50 มิลลิเมตร

2) หินย่อย กรวด และทราย ที่ใช้ในในงานก่อสร้าง รวมเรียกว่า วัสดุผสม(Aggregates) ซึ่งเป็นพวกแร่ธาตุเฉื่อย (inert materials) ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ วัสดุผสมอาจได้จากธรรมชาติ ได้แก่ หินอัคนี หินชั้นและหินแปร หรือทำเทียมขึ้น เช่น วัสดุผสมตะกรันเตาถลุง ซึ่งเป็นกากหรือตะกรันที่ได้จากการหล่อดลหะแล้วนำมาบดให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ วัสดุผสมอาจเรียกว่าเป็นตัวแทรก (Filler Material) ในเนื้อคอนกรีตก็ได้ เพราะในเนื้อคอนกรีตมีหิน ทราย ผสมอยู่เป็นส่วนใหญ่ประมาณสามในสี่ส่วน และโดยที่ราคาของวัสดุผสมถูกกว่าปูนซีเมนต์ ดังนั้น วัสดุผสมจึงทำให้ได้คอนกรีตราคาถูก

ก. มวลผสมละเอียด หมายถึง ทรายซึ่งเป็นวัสดุผสมที่มีขนากเล็กกว่า 4.5 มิลลิเมตร หรือที่สามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ทั้งนี้ต้องมีขาดไม่เล็กกว่า 0.07 มิลลิเมตร มวลผสมที่เล็กกว่านี้ เรียกว่า ฝุ่น (Silt หรือ Clay)

- ทราย ปกติเป็นหินชั้นเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยการแปรรูปหรือกะเทาะแบ่งส่วนมาจากหินกรสด เช่น ถูกกระแสน้ำในลำธาร แม่น้ำ พัดพาไหลสลับกลับไปกลับมาจนแตกละเอียดเป็นผงขนาดต่างกัน แร่ธาตุที่ประกอบเป็นทรายส่วนมากเป็นควอร์หรือไมกา ทรายที่เกิดเองบนบกที่ขุดได้บนพื้นดิน เรียกว่า “ทรายแม่น้ำ” ที่เกิดจากทะเลเรียกว่า “ทรายน้ำเค็ม” ทรายที่ใช้ในงานคอนกรีต ได้แก่

ทรายละเอียดม็ดเล็ก (ทรายอยุธยา) ขนาด 0.5 -1.5 มิลลิเมตร ใช้ในงานปูนก่อ ปูนฉาบ ทรายเม็ดกลาง (ทรายอ่างทอง) ขนาด 1-2 และ 3 มิลลิเมตร ใช้ในงานเทคอนกรีต ปูนก่อที่ต้องรับแรง ปูนฉาบผนังใต้ดิน พื้น คานและงานคอนกรีตทั่วไป ทรายหยาบเม็ดใหญ่ (ทรายราชบุรี สิงห์บุรี) ขนาด 2-4 มิลลิเมตร ใช้งานคอนกรีตเทพื้น ฐานราก ฯลฯ และในที่ที่ต้องการให้รับแรงอัดมากๆ

ข. มวลผสมหยาบ เป็นวัสดุที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มิลลิเมตร ขึ้นไป หรือที่ไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 ได้แก่ กรวด หินย่อย หรือหินโม่

- หินย่อยที่ใช้ในการก่อสร้าง เช่น ใช้ทำคอนกรีต ทำถนน ส่วนมากระเบิดเอามาจากภูเขา หินที่ระเบิดออกมา มีขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 38 x 50 ซม. แล้วจึงนำมาย่อยด้วยเครื่องย่อยหินอีกทีหนึ่ง แหล่งผลิตหินในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดสระบุรี ลพบุรี ราชบุรี ซึ่งหินย่อยที่ได้ส่วนใหญ่เป็นหินปูน

3) ปูนขาว

ปูนขาว เป็นวัสดุที่ได้จากการเผาหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) โดยใช้ความร้อนสูง จะได้เป็น ปูนสุก (แคลเซียมออกไซด์ หรือ CaO หรือ lime) เมื่อเย็นตัวลงแล้วพรมน้ำให้ชุ่ม ปูนสุกจะทำปฏิกิริยา กับน้ำได้เป็น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ส่วนที่เป็นผงแห้งได้เป็น ปูนขาว และส่วนที่เป็นสารแขวนลอยคือ น้ำปูนไลม์ (Milk of lime) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย (ม.อ.ก.) ม.อ.ก. 202

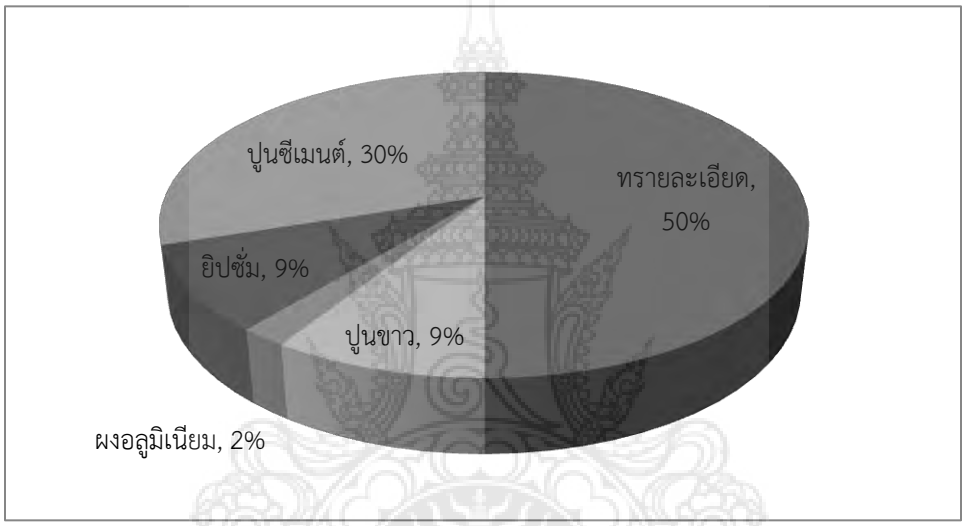
4) ยิปซั่ม

ยิปซั่มเทียมเกิดจากการสังเคราะห์จากกระบวนการดักจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (desulfurization) มีลักษณะเป็นผลึกขนาดเล็กมีสีขาวเทาซึ่งเกิดจากเขม่าที่เผาไหม้น้ำมันเตาเป็นมลทินเจือปนเกาะอยู่ที่ผิวยิปซั่มเทียม ค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.24 หากนำยิปซั่มเทียมเผาที่อุณหภูมิ 150 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะทำให้โมเลกุลของน้ำแยกตัวออกเกิดเป็นแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ($CaSO_4.0.5H_2O$) ปัจจุบันยิปซั่มจะมีการนำไปใช้ต่อในการผลิตปูนซีเมนต์ โดยเติมยิปซั่มลงไปในปูนเม็ดประมาร 3-5% ของน้ำหนักปูน ก่อนจะนำไปบดและบรรจุถุง ยิปซั่มจะทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงเพื่อชะลอการแข็งตัวของปูนซีเมนต์ และทำให้ปูนจับตัวกับวัสดุอื่นๆ ได้ดี เช่น กรวด ทราย ทำให้มีกำลังอัดสูง ใช้เป็นตัวเพิ่มออกซิเจน (oxidizing agent)

5) น้ำ

น้ำเป็นส่วนผสมสำคัญในการทำคอนกรีต นอกจากนี้ยังมีบทบาทที่สำคัญต่องานคอนกรีตด้านอื่น เช่น ใช้น้ำในการบ่มคอนกรีตเพื่อให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดได้สมบูรณ์ขึ้นแล้วในกรณีที่มวลรวมมีความสกปรกจะใช้น้ำล้างมวลรวมให้มีความสะอาดพอสำหรับนำไปใช้ทำคอนกรีต ปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำมักจะไม่เกิดบ่อยนักเนื่องจากน้ำที่ใช้ส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในชั้นดี เช่น น้ำประปา เป็นต้น กฎทั่วไปเกี่ยวกับงานคอนกรีต คือ ควรเป็นน้ำจืดที่สะอาดกรือน้ำจืดที่ดื่มได้ อย่างไรก็ตามหากไม่แน่ใจว่าน้ำที่จะใช้ผสมคอนกรีตมีคุณภาพดีพอหรือไม่ ก็ต้องทำการทดสอบก่อน

เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบของอิฐมวลเบาโดย กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2547) พบว่าการผลิตอิฐมวลเบา มีวัตถุดิบในการผลิตคือ ทรายละเอียด (สัดส่วน 50%) ยิปซั่ม (สัดส่วน 9%) ปูนขาว (สัดส่วน 9%) ปูนซีเมนต์ (สัดส่วน 30%) ผงอลูมิเนียม (สัดส่วน 2%) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยนำส่วนผสมมาทำให้แข็งด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และ อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส มีฟองอากาศมากประมาณ 75% ทำให้เบา (ลอยน้ำได้) ฟองอากาศเป็น closed cell ไม่ดูดซึมน้ำ (ดูดซึมน้ำน้อยกว่าอิฐมอญ 4 เท่า) ความเบาก็จะทำให้ประหยัดโครงสร้างและสารเคมีที่กระจายอย่างสม่ำเสมอในเนื้อวัสดุ ผ่านการอบไอน้ำ ภายใต้อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม ด้วยเครื่องจักรที่ได้มาตรฐานจาก เยอรมนี



รูปที่ 2.4 อัตราส่วนผสมของอิฐมวลเบา

2.4.2 คุณสมบัติของมวลผสม [14]

คุณสมบัติทางกายภาพของมวลผสมมีอิทธิพลต่อคุณภาพของอิฐมวลเบา สัดส่วนผสมของอิฐมวลเบาที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมของก้อนอิฐต้องสะอาดแข็งแกร่ง ทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยายตัวมาก มีสารหรือสิ่งสกปรกที่ทำให้คอนกรีตเสื่อมคุณภาพน้อยที่สุด มีส่วนขนาดอยู่ภายในพิกัดกำหนด สิ่งต่างๆ ดังกล่าว จะช่วยให้ได้คอนกรีตที่มีเนื้อแน่น สม่ำเสมอ คุณภาพดี และประหยัด วัสดุผสมที่ไม่ควรนำมาใช้ทำคอนกรีต ได้แก่ วัสดุผสมที่อ่อน ป่นง่าย พรุน และแยกได้เป็นชิ้นๆ หรือพวกดินดานต่างๆ ซึ่งไม่ทนทานต่อดินฟ้าอากาศ

1) ความแข็งแกร่ง (Strength) มวลผสมต้องมีความสามารถรับน้ำหนักกดอัดได้ไม่น้อยกว่ากำลังรับแรงอัดที่ต้องการของคอนกรีต หินที่ใช้ทำคอนกรีตโดยทั่วไปถ้าเป็นหินที่มิได้ถูกที่ทำให้

เปลี่ยนแปลงโดยสภาพดินฟ้าอากาศจะดีพอสำหรับผสมทำคอนกรีตเพราะกำลังรับแรงอัดของหินทั่วไปสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมาก ความต้านทานแรงอัดของหินมีค่าประมาณ 700-3,500 กก./ตร.ซม.

2) ความทนทานต่อการสึกกร่อน (Abrasion Resistance) เป็นตัวชี้บอกถึงคุณภาพของหินที่จะนำมาใช้งาน หินที่ดีต้องทนทานต่อแรงกระแทกและเสียดสีมากๆ ได้

3) ความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์กับความพรุนและอำนวยการดูดซึมของมวลผสม มวลผสมต้องมีรูพรุนพอที่จะดูดซึมน้ำ ในช่องว่างพอที่จะให้น้ำขยายตัวได้ในอากาศหนาว มิฉะนั้นทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้

4) ความคงตัวต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability) มวลรวมจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หรือกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ในบางพื้นที่มวลบางประเภทจะทำปฏิกิริยากับด่างๆ (Alikalis) ในปูนซีเมนต์ เกิดเป็นวุ้นและขยายตัวก่อให้เกิดรอยร้าว โดยทั่วไปในคอนกรีตซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Alikalis-Aggregate Reaction (AAR)

5) ลักษณะและผิว (Particle Shape and Surface Texture) มีความสำคัญต่อการควบคุม “ความสามารถเทได้” ของคอนกรีตที่ผสมใหม่ๆ มวลผสมที่ใช้ควรมีลักษณะเป็นแง่มี เหลี่ยมคม วัสดุผสมก้อนกลมช่วยให้ทำงานง่ายและประหยัด เพราะต้องการปูนซีเมนต์และน้ำในส่วนผสมน้อยกว่าวัสดุผสมที่มีก้อนเป็นแง่เป็นมุม แต่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อนกับซีเมนต์เพลสต่ำกว่า วัสดุผสมที่มีผิวหยาบหรือด้านจะช่วยให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างก้อนดีขึ้น

6) ความสะอาด (Cleanliness) มวลผสมต้องสะอาดปราศจากสิ่งสกปรกหรือสารที่จะทำให้คอนกรีตเกิดการเสื่อมคุณภาพ

7) ความลดหลั่นของขนาดหรือส่วนขนาดคละ (Gradation) มวลผสมที่ใช้ผสมทำคอนกรีตต้องมีความลดหลั่นของขนากตามเกณฑ์กำหนด ซึ่งจะช่วยให้มวลผสมนั้นเรียงตัวกันได้แน่นและมีช่องว่างน้อย ช่วยทำงานได้ง่าย ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องใช้ก็น้อยลง คือ เพียงพอที่จะเคลือบผิวมวลผสมทั้งหมด และเติมแต่งช่องว่างที่เหลืออยู่ เพื่อเชื่อมให้วัสดุยึดติดกัน ทำให้คอนกรีตมีราคาถูกลง

2.4.3 ประเภทของคอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมวลเบาสามารถแบ่งตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Non-Autoclaved System) สามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 ประเภท คือ ใช้วัสดุเบากว่ามาทดแทน หรือใช้สารเคมี

2. ระบบอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Autoclaved System) แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท คือ Lime Base ใช้ปูนขาว และ Cement Base ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

ตารางที่ 2.3 จำแนกตามลักษณะการนำไปใช้งาน สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

ประเภท	ความต้านการอัด (kg/cm^2)	หน่วยน้ำหนัก (kg/m^3)
1.คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete)	180 – 480	1,400 – 1,800
2.คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานก่อ (Masonry Lightweight Concrete)	100 – 180	500 – 800
3.คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานฉนวนความร้อน (Insulating Lightweight Concrete)	10 – 100	น้อยกว่า 800

*แบ่งตาม ACI. DESIGNATION: 213R-87 [15]

2.4.4 สมบัติของคอนกรีตมวลเบา

1) น้ำหนักเบา มีมวลต่อปริมาตรแห้ง ตั้งแต่ 500 – 650 kg/m^3

2) ความต้านแรงอัด การเตรียมชิ้นทดสอบ ตัดตัวอย่างให้มีขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 1 มิลลิเมตร มีความชื้นร้อยละ 10 ± ร้อยละ 2

3) ค่าสัมประสิทธิ์การแตกหัก คอนกรีตมวลเบาจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแตกหักสูงกว่าคอนกรีตปกติทั่วไปที่มีกำลังอัดเท่ากัน

4) ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น คอนกรีตมวลเบาจะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำกว่าคอนกรีตทั่วไป โดยค่า E ของวัสดุผสมของคอนกรีตมวลเบา จะอยู่ระหว่าง 1/3 ถึง 2/3 ของคอนกรีตทั่วไป และค่า Poissonw's ratio ของคนกรีตมวลเบาจะมีค่าเท่ากับคอนกรีตทั่วไป ซึ่งคอนกรีตมวลเบาโดยทั่วไปไม่สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี จึงไม่เหมาะสมใช้งานกับสภาพแวดล้อมที่มีซัลเฟตสูง

5) สัมประสิทธิ์การขยายตัว คอนกรีตมวลเบามีค่าอยู่ระหว่าง 7×10^{-6} ถึง 14×10^{-6} ต่อองศาเซนติเกรด ดังนั้นการหดตัวตอนแห้งและการเปลี่ยนแปลงความชื้นในบางกรณีอาจมีค่าสูง

6) การหดตัวเมื่อแห้ง ปกติคอนกรีตมวลเบาจะหดตัวมากกว่าคอนกรีตทั่วไป โดยมีค่าการหดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 5- 40

7) การคืบตัวหรือการหล้า โดยปกติคอนกรีตมวลเบาจะมีการยืดตัวหรือคืบตัวจากความชื้นมากกว่าคอนกรีตทั่วไป ซึ่งหากมีการคืบตัวเกิดขึ้นมากจะช่วยลดความเค้นดึงเนื่องจากการหดตัวและลดการแตกร้าวได้

8) การดูดซึมน้ำ (water Absorption) ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 จำนวน 5 ก้อน การดูดซึมน้ำเป็นสมบัติที่ใช้บอกปริมาณช่องว่างในเนื้อวัสดุ หรือความพรุนของวัสดุ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปร้อยละของ

น้ำหนักที่ดูดซึมอยู่ภายในวัสดุโดยแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำเข้าไปเต็มภายในรูพรุน แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้ง ซึ่งคำนวณได้ดังสมการ

$$WA = \left(\frac{MW - MD}{MD}\right) \times 100$$

เมื่อ WA คือ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
MW คือ มวลของวัสดุที่เปียก (kg)
MD คือ มวลของวัสดุที่แห้ง (kg)

ตารางที่ 2.4 มาตราฐานค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐานอุตสาหกรรม [13]

การหดตัวทางยาว[1)] (ร้อยละ)	ความชื้นสูงสุดร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อก 5 ก้อน)		
	ความชื้นสัมพันธ์รายปีเฉลี่ย (ร้อยละ)[2)]		
	น้อยกว่า 50	50-75	มากกว่า 75
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.03	35	40	45
มากกว่า 0.03-0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35
หมายเหตุ 1) ทดสอบตามมาตรฐานอุตสาหกรรม วิธีการทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (ในกรณีที่ยังไม่ได้ประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 426) 2) อาศัยสถิติการประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับสถานีที่ใกล้แหล่งผลิตมากที่สุด			

9) ความหนาแน่นเชิงปริมาตร การเตรียมชิ้นทดสอบ ตัดตัวอย่างให้มีขนาด 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 1 มิลลิเมตร (กรณีชิ้นทดสอบมีความหนาน้อยกว่าค่าที่กำหนด อนุโลมให้ใช้รูปทรงลูกบาศก์ที่มีมิติความหนา) วิธีทดสอบ ให้วัดปริมาตรและมวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิที่ 105 $^{\circ}$C ± 5 $^{\circ}$C นาน 24 ชั่วโมง รายงานค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งของชิ้นทดสอบแต่ละค่าและค่าเฉลี่ยจากสูตร

$$\text{ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง} = \frac{\text{มวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบ}}{\text{ปริมาตรของชิ้นทดสอบ}}$$

10) อัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว การเตรียมชิ้นทดสอบ ตัดตัวอย่างให้มีขนาด 40 มิลลิเมตร x 40 มิลลิเมตร x 160 มิลลิเมตร เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ± 1 มิลลิเมตร ให้ด้านยาวของชิ้นทดสอบขนานกับด้านยาวของตัวอย่าง

วิธีทดสอบ นำชิ้นทดสอบเข้าอบในตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิที่ 105 $^{\circ}$ C ± 5 $^{\circ}$ C นาน 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น ชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบถือเป็นมวลในสภาพแห้ง คำนวณหาค่ามวลที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 นำชิ้นทดสอบแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส ผิวชิ้นทดสอบอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นเก็บรักษาในภาชนะควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ± 2 องศาเซลเซียส ชั่งมวลและวัดความยาวทุกวันจนมวลของชิ้นทดสอบมีค่าต่ำกว่าค่ามวลที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 หรือจนเข้าสู่สภาพสมดุล โดยชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยกว่า ร้อยละ 0.003 ต่อ 3 วัน นำค่าที่วัดได้มาหาอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวจากสูตร

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงความยาวร้อยละ (R)} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

เมื่อ L_1 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 เป็น มิลลิเมตร

L_2 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบเมื่อเข้าสู่สภาพสมดุล เป็นมิลลิเมตร

โดยความยาวของชิ้นทดสอบที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 หาโดยการประมาณค่าจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับความยาวที่ได้จากการทดสอบ

2.5 งานวิจัยที่เกียวข้อง

Zhang, MH. และ Malhotra VM. [16] ได้ทำการศึกษาคอนกรีตที่ทำการผสมเถ้าแกลบเป็นวัสดุเสริมเข้าไป พบว่าคอนกรีตผสมเถ้าแกลบแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบร้อยะ 15 มีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ควบคุมโดยที่กำลังของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อลดอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผสม

Younoussa Millogo และคณะ [1] ทำการวิจัยการวิเคราะห์อิฐบล็อกโดยการเสริมเส้นใยจากปอแก้ว (Hibiscus cannabinus) โดยทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลด้วยเครื่อง X-ray diffraction (XRD), hermal gravimetric analyses (TGA), scanning electronic microscopy (SEM) และ video microscopy

วีระศักดิ์ ละอองจันทร์ และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาการพัฒนากล็อกแก้วคอนกรีตมวลเบาโดยการผสมฝุ่นจากเตาเผาปูนขาวผลพลอยได้จากกากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ ซึ่งในส่วนการออกแบบส่วนผสมจะใช้ปูนขาวแทนปูนซีเมนต์ ร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ตามลำดับ โดยใช้อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.5 และ 0.6 ใช้ปริมาณผงอะลูมิเนียมเท่ากับร้อยละ 1 ผลจากการทดลองพบว่าเมื่อผสมกากปูนขาวร้อนละ 10 จะมีกำลังรับแรงอัด และกำลังรัแรงดัดสูงที่สุด ส่วนค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของกากปูนขาว การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณกากปูนขาวที่ใส่เพิ่มขึ้น จากการทดสอบต่างๆจะมีค่าเทียบเท่ากับมาตรฐานตาม มอก. 1505- 2541 ชั้นคุณภาพที่ 4 ในส่วนของการนำบล็อกแก้วแทนที่เนื้อบล็อกคอนกรีตมวลเบาที่ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 โดยพื้นที่คอนกรีตตามลำดับ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)JIS R 2618 และค่าการทนไฟ เมื่อผสมกากปูนขาวร้อยละ 10 จะมีกำลังรับแรงอัดที่สูงสุด ความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณกากปูนขาวและการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มการลดลตามปริมาณกากูนขาวที่เพิ่มขึ้น จากการทดสอบมีค่าเทียบเท่ากับค่ามาตรฐาน มอก.มอก. 1505- 2541 ชั้นคุณภาพที่ 2 รวมทั้งการเสริมบล็อกแก้วในร้อยละ 75 เป็นการเสริมที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีความเป็นฉนวนของเนื้อคอนกรีตมวลเบารวมอยู่ด้วยและตรงตามมาตรฐานแสงส่องผ่านบล็อกแก้ว

ประชุม คำพุฒ และ กิตติพงษ์ สุวีโร [13] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบที่ไม่เสริมแผ่นยางพารา และเสริมแผ่นยางพารา โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 ทดสอบคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบ ที่อัตราส่วนเถ้าแกลบต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ H/C=0.63, H/C=1.23, H/C=1.83, H/C=2.43 และ H/C=3.03 ผลจากการทดลองพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของคอนกรีตคืออัตราส่วนเถ้าแกลบต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ H/C=1.83 ในขั้นที่ 2 นำอัตราส่วนที่เหมาะสมจากขั้นตอนที่ 1 (H/C=1.83) มาทำการเปรียบเทียบระหว่างคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบปกติ กับคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางพารา โดยทำการทดสอบ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาวและความต้านมานแรงอัด ตามมาตรฐาน มอก.58-2530 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก พบว่าคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบเสริมแผ่นยางพารา มีความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และความต้านมานแรงอัด ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าแกลบที่ไม่เสริมแผ่นยางพารา การเปลี่ยนแปลงความยาวคอนกรีตที่มีการเสริมแผ่นยางพารามีค่าน้อยกว่า และสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องทดลองได้ต่ำว่าคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่ไม่เสริมแผ่นยางพารามีค่าอยู่ที่ประมาณ 1 องศาเซลเซียส

ภานุ คะนอง [18] ได้ศึกษานำแกลบสดมาเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกมวลเบา โดยเตรียมโดยการขัดผิวแกลบพบว่าขนบริเวณผิวแกลบจะลดลงหรือหมดไป เมื่อนำแกลบไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แกลบจะมีความอ่อนนุ่ม จากนั้นศึกษาอิทธิพลของชนิดวัสดุผสมและปริมาณแกลบพบว่าอิฐบบล็อกที่ไม่ใส่แกลบจะมีค่ามวลเฉลี่ยและค่าต้านทานแรงอัดเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคืออิฐบล็อก

ที่ใส่แกลบร้อยละ 50 และ 70 ตามลำดับ ศึกษาอิทธิพลของชนิดแกลบ พบว่าอิฐบล็อกที่ใส่แกลบขัดผิวจะมีค่าต้านทานแรงอัดมากกว่าอิฐบล็อกที่ใส่แกลบไม่ขัดผิว อิทธิพลจากเวลาในการบ่ม พบว่าอิฐบล็อกที่เวลา 28 วัน มีค่าการต้านทานแรงอัดที่มากที่สุด เลือกอฐบล็อกที่ผสมเถ้าแกลบที่ร้อยละ75 ซึ่งป็นแกลบที่ผ่านการแช่สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า การเพิ่มปริมาณปูนซีเมนต์จากร้อยละ 15 เป็น 20 ทำให้ค่ามวลเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.9 และค่าการต้านทานแรงอัดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของอิฐบล็อกที่ผสมแกลบ กับอิฐบล็อกที่ไม่ผสมแกลบ พบว่าความหนาแน่นของอิฐที่ผสมแกลบจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 g/cm^3 ซึ่งลดลง 55.9 % ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำมีค่าเท่ากับ 385.53 kg/m^3 เพิ่มขึ้น 78.8 % ถึงแม้ว่าอิฐบล็อกที่ผสมแกลบขัดผิวที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะมีค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยต่ำกว่าอิฐบล็อกมวลเบาสำหรับงานก่อสร้าง ซึ่งมีค่าความต้านทานการอัดต่ำสุดเท่ากับ 100 kg/m^2 แต่ยังคงผ่านเกณฑ์มาตรฐานค่าความต้านทานการอัดต่ำสุดของอิฐบล็อกมวลเบาสำหรับงานฉนวนความร้อน ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 10 kg/cm^2 และมีค่ามวลต่อปริมาตรที่น้อยกว่า 800 kg/m^3 ตามมาตรฐาน ACI.DESIGNATION : 213R-87 ดังนั้นอิฐบล็อกมวลเบาผสมแกลบจึงน่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้ประโยชน์สำหรับงานฉนวนความร้อนที่ไม่ต้องรับน้ำหนักที่สูงได้

María Catalina Niño Villamizar และคณะ [22] ทำการศึกษาการทำอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมจากเถ้าถ่านหินและเปลือกมันสำปะหลัง โดยทำการทดสอบทางวิศวกรรมพบว่า สำหรับการทดสอบการบีบอัดอิฐบล็อกที่มีส่วนผสมจากเถ้าหินมีประสิทธิภาพการใช้งานดีที่สุดเมื่อมีส่วนผสมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์จะช่วยให้วัสดุมีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เส้นใยกล้วย

3.1.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

3.1.3 ทราย

3.1.4 ปูนขาว

3.1.5 ยิปซั่ม

3.1.6 ผงอลูมิเนียม

3.1.7 น้ำสะอาด

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย

3.2.1 ตะแกรง ขนาด 4 มิลลิเมตร

3.2.2 เครื่องปั่น

3.2.3 เกรียงเหล็ก

3.2.4 กาละมังผสมปูน

3.2.5 เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์พื้นฐาน

3.2.6 เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบละเอียด

3.2.7 แม่แบบหล่ออิฐบล็อกขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ4x16x4 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.2.8 กล้องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron micro-scope, SEM)

3.2.9 เครื่องทดสอบความต้านการอัด (Compression testing machine)

3.2.10 ตู้อบอากาศร้อน (Oven)

3.2.11 เครื่อง Universal Testing Machine

3.2.12 เครื่องอัดขึ้นรูป

3.2.13 เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

รูปที่ 3.1 เครื่องทดสอบความต้านการอัด

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยการพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากเส้นใยกล้วยมีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ โดยการนำต้นกล้วยที่ให้ผลผลิตแล้วมาหั่น และปั่นให้เป็นเส้นใย ผึ่งแดดให้แห้ง ส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1, ทรายละเอียด, ปูนขาว, ยิปซั่ม, ผงอะลูมิเนียม ซื้อจากร้านวัสดุก่อสร้าง

1) เส้นใยกล้วย จากต้นกล้วยที่โดนตัดทิ้งหลังจากให้ผลผลิตแล้ว มาผ่านกระบวนหั่นเป็นชิ้นเล็กเพื่อง่ายต่อการปั่นเป็นเส้นใย ตากให้แห้ง

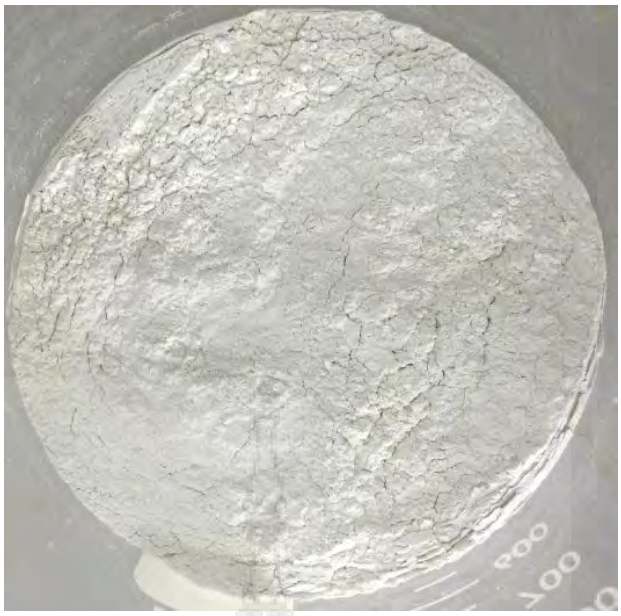
รูปที่ 3.2 เส้นใยกล้วยที่ผ่านกระบวนการเตรียมเส้นใย

2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ซึ่งตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1505 – 2541 กำหนดให้ใช้สำหรับผลิตคอนกรีตบล็อก โดยซื้อจากร้านขายวัสดุก่อสร้าง

รูปที่ 3.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

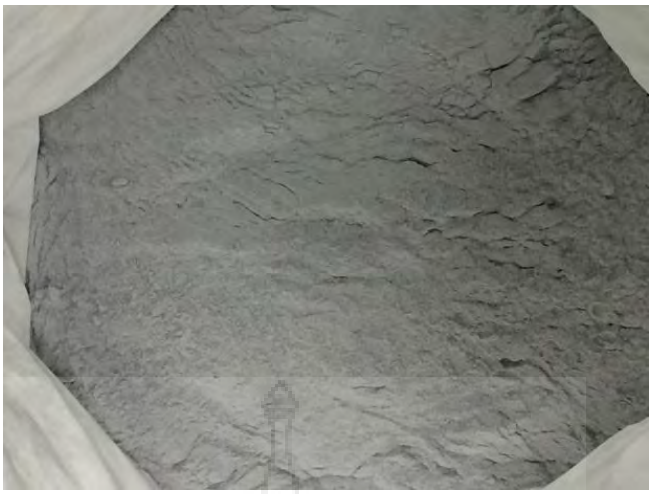
3) ทรายละเอียด, ปูนขาว, ยิปซั่ม, ผงอะลูมิเนียม โดยซื้อจากร้านขายวัสดุก่อสร้าง

รูปที่ 3.4 ทรายละเอียดสำหรับใช้เป็นวัสดุผสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก



รูปที่ 3.5 ปูนขาวสำหรับใช้เป็นวัสดุผสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก

รูปที่ 3.6 ยิปซั่มสำหรับใช้เป็นวัสดุผสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก



รูปที่ 3.7 ผงอลูมิเนียมสำหรับใช้เป็นวัสดุผสมในการขึ้นรูปอิฐบล็อก

3.3.2 การทดลองหาส่วนผสม โดยการหาส่วนผสมในอัตราที่เหมาะสมระหว่างเส้นใยกล้วย, ปูนซีเมนต์, ทราย, ปูนขาว, ยิปซั่มและผงอะลูมิเนียม เพื่อการทดสอบตามคุณสมบัติในแต่ละส่วนผสมที่เหมาะสมและมีอัตราการรับแรงอัดผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.1505 – 2541 โดยทำการกำหนดอัตราส่วนในการทดลองครั้งนี้สรุปได้ดังตารางที่ 3.1 สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาอิฐบล็อกที่ผสมเส้นใยกล้วยออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 การใช้เส้นใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์ และกรณีที่ 2 คือ การใช้เส้นใยกล้วยแทนทราย โดยกำหนดให้อัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกต้นแบบ คือ ทราย : ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซั่ม : ผงอะลูมิเนียม = 50 : 30 : 9 : 9 : 2 โดยน้ำหนัก และน้ำ 12% ของน้ำหนักส่วนผสมรวม โดยนำเส้นใยกล้วย มาผสมกับปูนซีเมนต์และทรายละเอียดในอัตราส่วนต่างๆ โดยการใส่เพิ่มเข้าไปในส่วนผสมและโดยการแทนที่ส่วนผสมทรายหรือปูนซีเมนต์ โดยแบ่งส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองออกเป็น 7 สูตร ดังนี้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกโดยน้ำหนักแต่ละสูตร

สัญลักษณ์แทนสูตร	อัตราส่วนผสม ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)					
	ทราย	ปูนซีเมนต์	ปูนขาว	ยิปซั่ม	ผง Al	เส้นใยกล้วย
Control	50	30	9	9	2	-
A	50	27.5	9	9	2	2.5
B	50	25	9	9	2	5
C	50	22.5	9	9	2	7.5
D	47.5	30	9	9	2	2.5
E	45	30	9	9	2	5
F	42.5	30	9	9	2	7.5

3.3.3 การผลิตบล็อกขึ้นรูป ทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และทรงสี่เหลี่ยม 4x16x4 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยทำการขึ้นรูปเป็นก่อน หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปบ่มในน้ำโดยแบ่งเป็น 3 ชุดการบ่ม คือ ชุดที่ 1 เป็นเวลา 7 วัน, ชุดที่ 2 เป็นเวลา 14 วัน และชุดที่ 3 เป็นเวลา 28 วัน เพื่อทำการทดสอบตามคุณสมบัติในแต่ละส่วนผสมและพิจารณาเลือกส่วนผสมตามที่ต้องการต่อไป โดยมีวิธีการการดำเนินงานดังนี้

1) เตรียมแม่แบบในการหล่อก้อนคอนกรีตบล็อกทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และทรงสี่เหลี่ยม 4x16x4 ลูกบาศก์เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักส่วนผสมตามสูตรที่ได้กำหนดไว้

รูปที่ 3.8 แม่แบบสำหรับหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

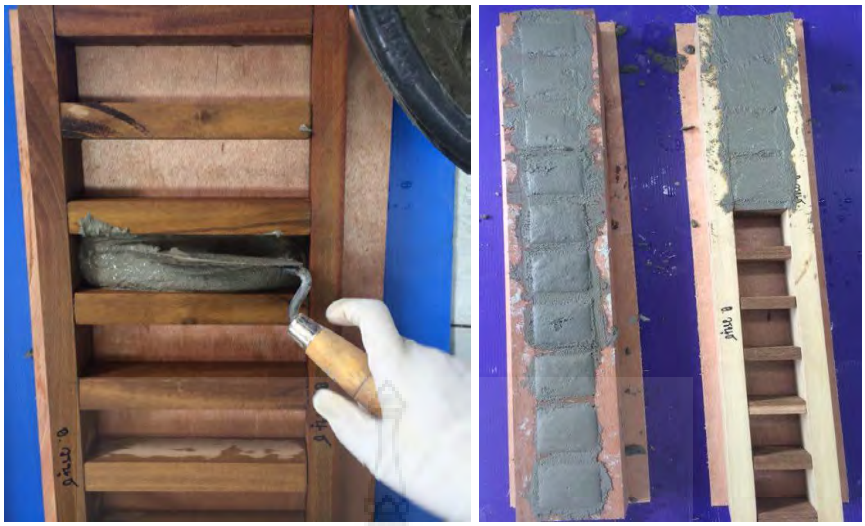
รูปที่ 3.9 แม่แบบสำหรับหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 4x16x4 ลูกบาศก์เซนติเมตร

รูปที่ 3.10 เตรียมวัสดุผสมสำหรับการขึ้นรูปก้อนอิฐบล็อก

2) นำส่วนผสมที่เตรียมไว้มาผสมรวมกัน โดยทำการกวนส่วนผสมให้เข้ากันก่อน จากนั้นจึงใส่น้ำเข้าไปผสมโดยใส่น้ำในอัตราส่วน 12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมทั้งหมด กวนจนกว่าส่วนผสมทั้งหมดจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน สังเกตลักษณะของส่วนผสมไม่ให้จับตัวเป็นก้อนแข็งหรือเหลวจนเกินไป

รูปที่ 3.11 การผสมส่วนผสมที่เตรียมไว้ทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

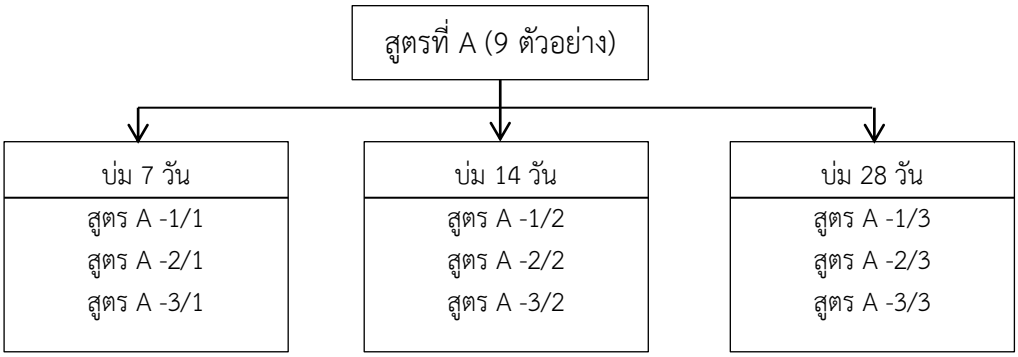
3) เทส่วนผสมลงในแม่แบบที่เตรียมไว้ ทำการอัดให้แน่น ซึ่งคอนกรีตบล็อกทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร สูตรละ 9 ตัวอย่าง และทรงสี่เหลี่ยม 4x16x4 ลูกบาศก์เซนติเมตร สูตรละ 9 ตัวอย่าง ปล่อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง รอให้ก้อนอิฐบล็อกแข็งตัว ทำการถอดก้อนอิฐบล็อกออกจากแม่แบบเพื่อนำก้อนอิฐบล็อกไปบ่มน้ำต่อไป



รูปที่ 3.12 การขึ้นรูปอิฐบล็อกโดยแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างอิฐบล็อกที่ถอดออกจากแบบแม่พิมพ์

4) นำก้อนอิฐบล็อกที่แห้งแล้วไปบ่มแช่น้ำโดยแบ่งเป็น 3 ชุดการบ่ม คือ ชุดที่ 1 เวลา 7 วัน, ชุดที่ 2 เวลา 14 วัน และชุดที่ 3 เวลา 28 วัน ตัวอย่างดังนี้

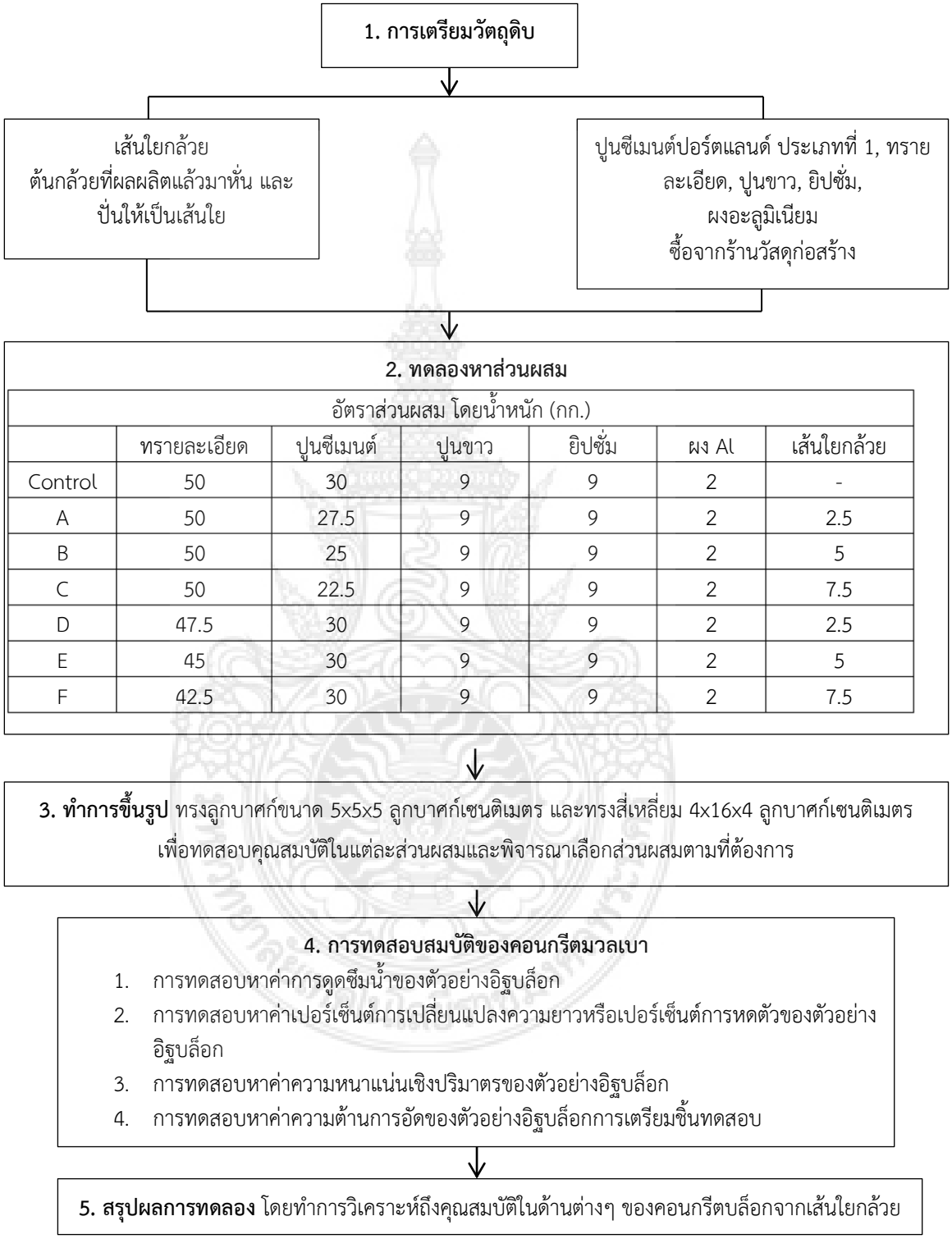


รูปที่ 3.14 ก้อนอิฐบล็อกที่ทำการบ่มแช่น้ำในระยะเวลาที่ต่างกัน

5) หลังจากบ่มแช่น้ำครบจำนวนวันที่กำหนดแล้ว นำมาก้อนอิฐบล็อกมาผึ่งลมเพื่อให้แห้งเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ในแต่ละส่วนผสมและพิจารณาเลือกส่วนผสมตามที่ต้องการ

รูปที่ 3.15 นำก้อนอิฐบล็อกมาผึ่งลมเพื่อให้แห้งสำหรับใช้ในการทดสอบขั้นต่อไป

3.3.4 สรุปผลการทดลอง โดยทำการวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติในด้านต่างๆ ของคอนกรีตบล็อกจากเส้นใยกล้วย ตามที่มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.1505 - 2541) ได้กำหนดไว้ เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกที่ขายตามท้องตลาด



รูปที่ 3.16 แผนผังสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4 การทดสอบสมบัติของคอนกรีตมวลเบา

หลังจากบ่มชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 4x16x4 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำเป็นเวลาตามที่ได้ระบุในหัวข้อ 3.3.3 จะนำตัวอย่างอิฐบล็อกสูตรต่างๆ ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งหาค่ามวลชิ้นทดสอบแห้ง โดยแต่ละสูตรจะใช้ตัวอย่างชิ้นทดสอบ จำนวน 3 ชิ้น

3.4.1 การทดสอบหาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของตัวอย่างอิฐบล็อก

หลังจากบ่มชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ขนาด 5×5×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำครบ 7, 14, 28 วัน นำตัวอย่างก้อนอิฐบล็อก ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร โดยจะทำการวัดปริมาตรและมวลของชิ้นทดสอบแห้ง หลังอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ±5 องศาเซลเซียส ซึ่งจะใช้จำนวนชิ้นทดสอบทั้งหมด 3 ชิ้น ทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร โดยใช้สูตรตาม สมการที่ 1 ซึ่งคอนกรีตมวลเบา

$$\text{ความหนาแน่นเชิงปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาตรชิ้นทดสอบ}}{\text{มวลชิ้นทดสอบหลังอบ}} \quad g/cm^3 \qquad (1)$$

รูปที่ 3.17 การอบก้อนอิฐบล็อกในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ±5 องศาเซลเซียส

3.4.2 การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐบล็อก

หลังจากบ่มชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ขนาด 5×5×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำครบ 7, 14, 28 วัน นำตัวอย่างอิฐบล็อกตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างอิฐบล็อกโดยการอบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง ทำการวัดค่ามวลและปริมาตรของชิ้นทดสอบ หลังจากนั้นทำการแช่ชิ้นทดสอบในน้ำให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วยกชิ้นทดสอบออก ใช้ผ้าชุ่มน้ำเช็ดที่ผิวชิ้นทดสอบแต่ละก้อนและทำการชั่งชิ้นทดสอบใหม่ให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที ทำการคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ โดยใช้สูตรตามสมการที่ 2 ซึ่งค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ซึ่งเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัวของตัวอย่างอิฐบล็อก จะต้องไม่เกินร้อยละ 0.05 ตาม มอก. 1505 - 2541

$$WA = \left(\frac{MW - MD}{MD}\right) \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ WA คือ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
MW คือ มวลของวัสดุที่เปียก (kg)
MD คือ มวลของวัสดุที่แห้ง (kg)

3.4.3 การทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัวของตัวอย่างอิฐบล็อก

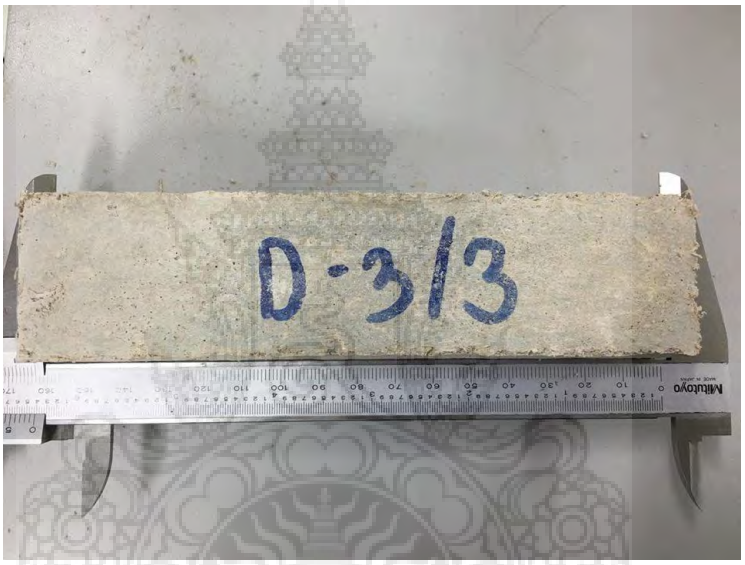
หลังจากบ่มชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ขนาด 4×4×16 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำครบ 7, 14, 28 วัน จะนำตัวอย่างอิฐบล็อกตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัว โดยจะทำการอบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 105 ± 5 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง ทำการชั่งหาค่ามวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบอิฐบล็อก หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบแช่ในอ่างน้ำ ที่อุณหภูมิ 25 ± 5 องศาเซลเซียส โดยผิวของชิ้นทดสอบ จะต้องอยู่ต่ำกว่าผิวน้ำ 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นจึงเก็บชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิห้อง ชั่งหาค่ามวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบทุกวัน จนมีค่ามวลและความยาวต่ำกว่าค่าที่วัดได้ครั้งแรก หลังจากนั้นจะทำการชั่งมวลและวัดความยาวของชิ้นทดสอบทุกๆ 3 วัน จนชิ้นทดสอบมีความยาวเข้าสู่สภาพสมดุลหรือคงที่ เมื่อชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยกว่าร้อยละ 0.003 ต่อวัน ทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัวของตัวอย่างอิฐบล็อก โดยใช้สูตรตามสมการที่ 3 ซึ่งเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวหรือเปอร์เซ็นต์การหดตัวของตัวอย่างอิฐบล็อก จะต้องไม่เกินร้อยละ 0.05 ตาม มอก. 1505-2541

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาว} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100 \qquad (3)$$

เมื่อ L_1 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบในการวัดครั้งแรก (มิลลิเมตร)

L_2 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบเมื่อเข้าสู่สภาพสมดุล (มิลลิเมตร)

*หมายเหตุ ความยาวของชิ้นทดสอบที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 40 หาโดยการประมาณค่าจากกราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับความยาวที่ได้จากการทดสอบ



รูปที่ 3.18 การวัดความยาวของก้อนอิฐบล็อกด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

3.4.4 การทดสอบหาค่าความต้านการอัดของตัวอย่างอิฐบล็อก (Compressive strength)

หลังจากบ่มชิ้นทดสอบอิฐบล็อก ขนาด 5x5x5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำมาทดสอบหาค่าความต้านการอัดด้วยเครื่องทดสอบความต้านการอัดของคอนกรีต เริ่มด้วยการนำชิ้นทดสอบอิฐบล็อกวางไว้ระหว่างแท่นเครื่อง (plate) บนและล่าง หลังจากนั้นเริ่มเดินเครื่องเพื่อให้กดชิ้นทดสอบในแนวตั้งฉากกับด้านยาวของชิ้นทดสอบซึ่งจะได้ค่าแรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตก โดยแต่ละสูตรจะใช้ตัวอย่างชิ้นทดสอบ จำนวน 3 ชิ้น ตัวอย่างการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.17 ทำการคำนวณหาค่าความต้านการอัด โดยใช้สูตรตาม สมการที่ 4

$$\text{ค่าความต้านการอัด} = \frac{\text{แรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตก}}{\text{พื้นที่หน้าตัดชิ้นทดสอบ}} \quad \text{kg/cm}^2 \qquad (4)$$

รูปที่ 3.19 การทดสอบหาค่าความต้านการอัดของตัวอย่างอิฐบล็อก

รูปที่ 3.20 ก้อนอิฐบล็อกหลังการทดสอบหาค่าความต้านการอัด

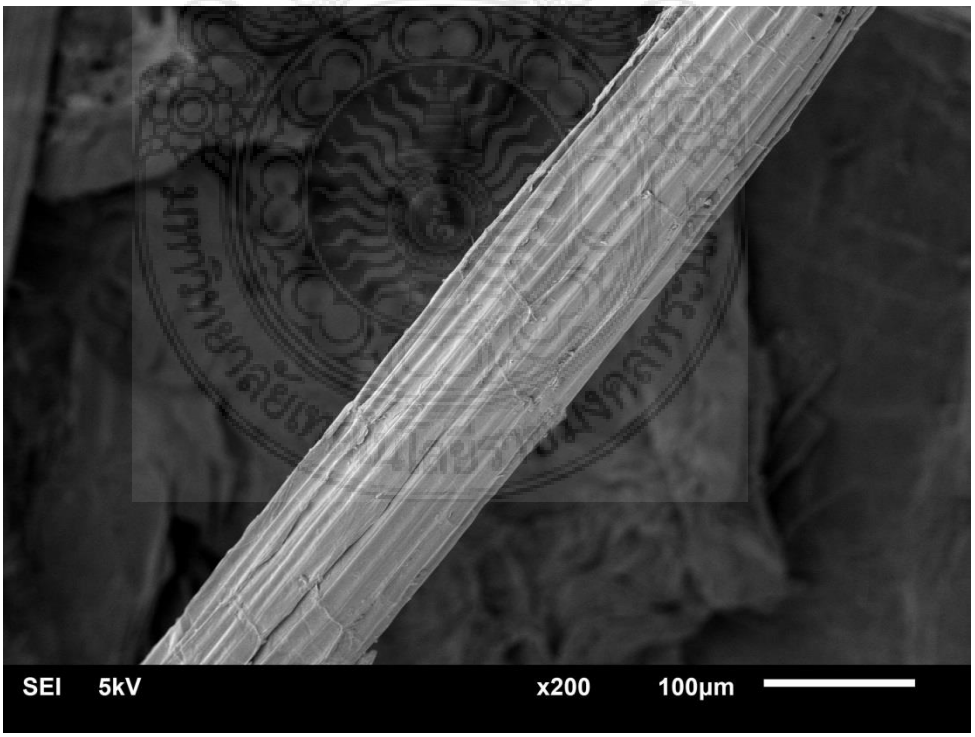
บทที่ 4

ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

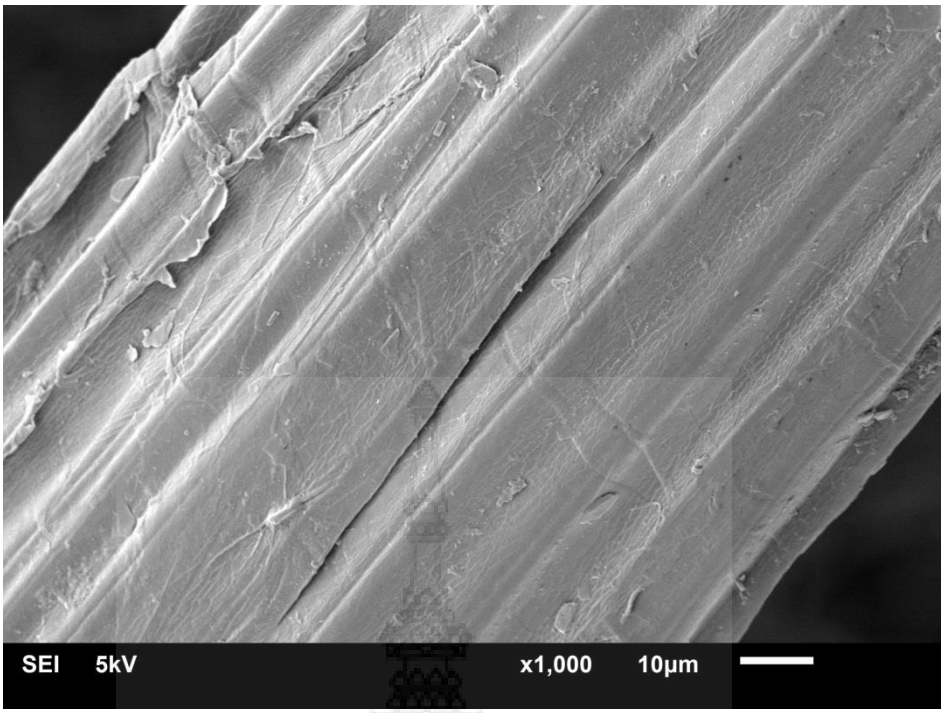
การศึกษาวิจัยการพัฒนาและผลิตอิฐบล็อกมวลเบาโดยการผสมเส้นใยธรรมชาติ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เส้นใยกล้วยเป็นส่วนผสม โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 การใช้เส้นใยกล้วยแทนปริมาณของปูนซีเมนต์บางส่วน และ กรณีที่ 2 การใช้เส้นใยกล้วยแทนปริมาณของทรายบางส่วน ในอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน โดยได้ดำเนินการทดสอบสมบัติของอิฐบล็อก ในส่วนของสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเชิงกล ตามอัตราส่วนที่กำหนดเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด และนำค่ามาเปรียบเทียบสมบัติตามค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

4.1 การเตรียมเส้นใยกล้วยเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตอิฐบล็อก

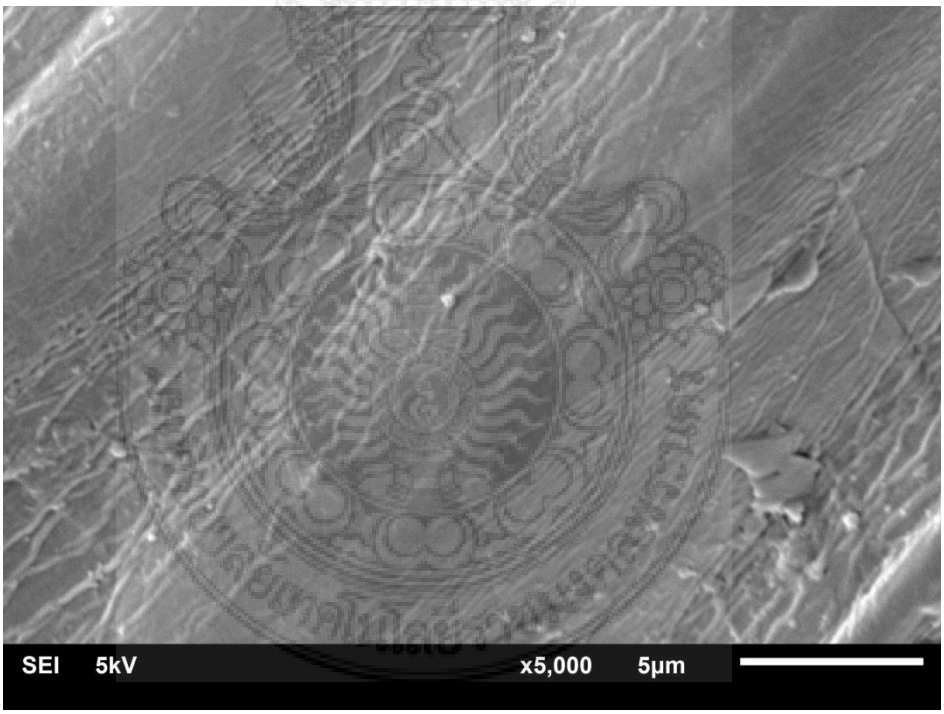
การเตรียมเส้นใยกล้วยเป็นไปตามวิธีการในบทที่ 3 หลังจากนั้นนำเส้นใยกล้วยที่ได้ไปทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานของเส้นใยกล้วย โดยใช้กล้องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (SEM) เพื่อดูลักษณะของเส้นใยในกำลังขยายที่แตกต่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 – รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.1 ลักษณะสัณฐานของเส้นใยกล้วยที่ 100 ไมโครเมตร



รูปที่ 4.2 ลักษณะสัณฐานของเส้นใยกล้วยที่ 10 ไมโครเมตร



รูปที่ 4.3 ลักษณะสัณฐานของเส้นใยกล้วยที่ 5 ไมโครเมตร

ผลจากการศึกษาลักษณะเส้นใยกล้วยตามความยาว พบว่ามีลักษณะประกอบด้วยกลุ่มเส้นใยเล็กๆเรียงตัวกันตามแนวยาว พื้นผิวมีความขรุขระ ไม่เป็นผิวเรียบ

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐบล็อก

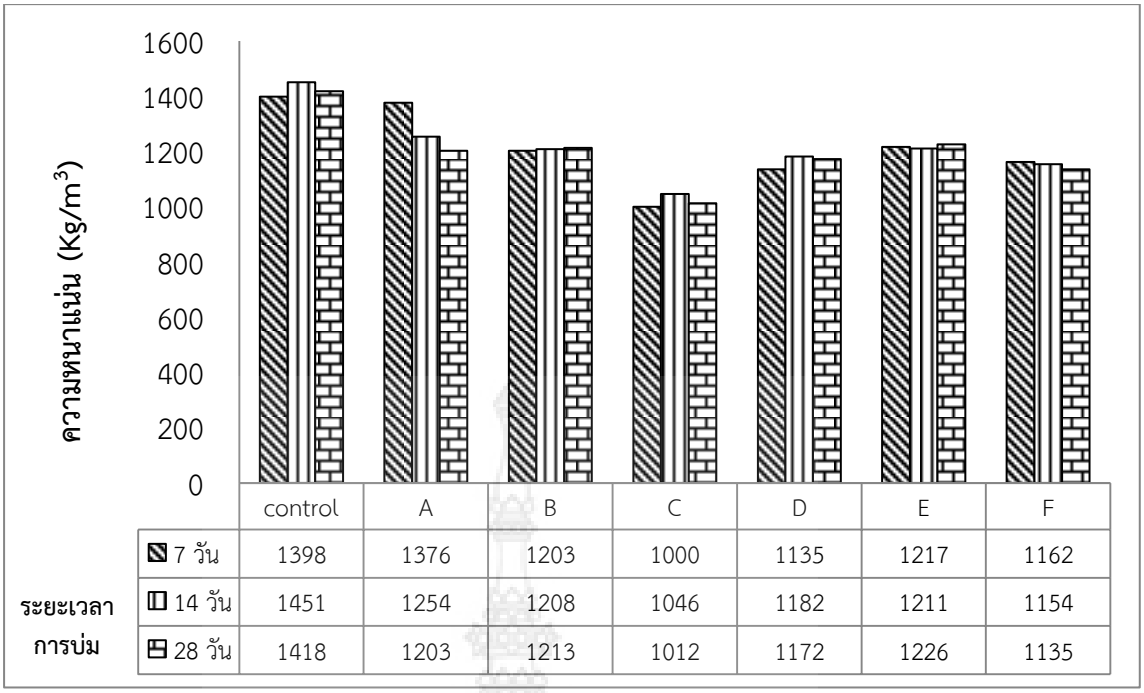
จากการศึกษาและดำเนินการทดสอบตัวอย่างอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วย เพื่อทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว และค่าการต้านทานแรงอัด โดยทำการอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 ได้ผลการศึกษาทดลองดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของอิฐบล็อก

จากการทดลองพบว่าค่าความหนาแน่นของอิฐบล็อกขึ้นอยู่กับปริมาณของเส้นใยกล้วยที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นก้อนอิฐ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้เส้นใยกล้วยทดแทนส่วนผสมอยู่ 2 กรณี คือใช้ทดแทนในส่วนของปูนซีเมนต์ และส่วนของทราย โดยผลการทดลองที่ได้จาก 2 กรณีศึกษานั้นแสดงผลในทิศทางเดียวกันนั้นคือเมื่อปริมาณของเส้นใยเพิ่มมากขึ้นค่าความหนาแน่นของอิฐบล็อกก็จะลดน้อยลงตามลำดับ และการทดลองส่วนผสมทั้งหมดของอิฐบล็อกพบว่ามีค่าความหนาแน่นที่สูงกว่ามาตรฐานตาม มอก. 1505 - 2541 ชั้นคุณภาพที่ 2 และ ชั้นคุณภาพที่ 4 คือมีค่าความหนาแน่นมากกว่า 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ดังตารางที่ 4.1 รูปที่ 4.4 - รูปที่ 4.6

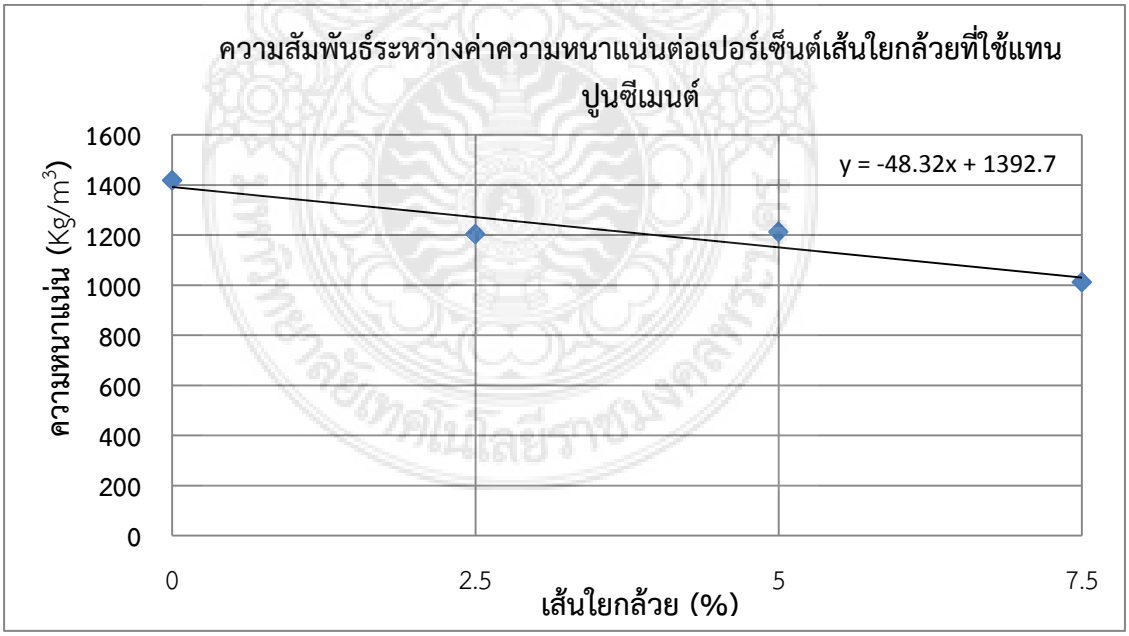
ตารางที่ 4.1 ความหนาแน่นของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยในอัตราส่วนต่างๆ

ส่วนผสม	**อัตราส่วนการผสม (ทราย : ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซั่ม : ผงอะลูมิเนียม : เส้นใยกล้วย)**	**ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)**		
		7 วัน	**14 วัน**	**28 วัน**
Control	50% : 30% : 9% : 9% : 2% : 0%	1,398	1,451	1,418
A	50% : 27.5% : 9% : 9% : 2% : 2.5%	1,376	1,254	1,203
B	50% : 25% : 9% : 9% : 2% : 5%	1,203	1,208	1,213
C	50% : 22.5% : 9% : 9% : 2% : 7.5%	1,000	1,046	1,012
D	47.5% : 30% : 9% : 9% : 2% : 2.5%	1,135	1,182	1,172
E	45% : 30% : 9% : 9% : 2% : 5%	1,217	1,211	1,226
F	52.5% : 30% : 9% : 9% : 2% : 7.5%	1,162	1,154	1,135

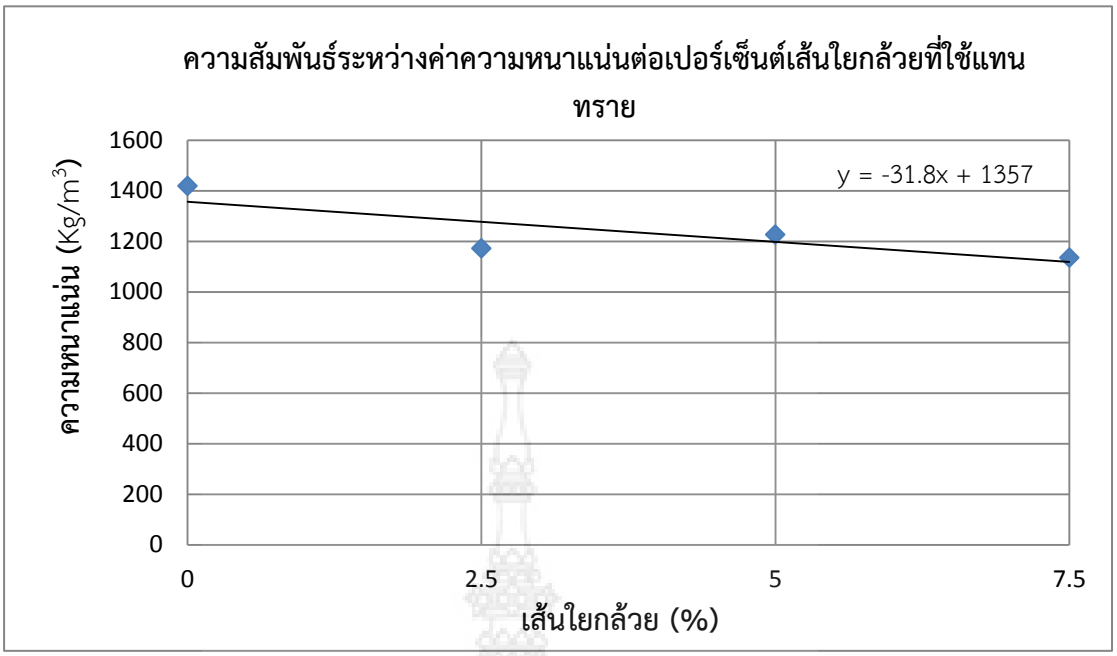


ระยะเวลาการบ่ม	control	A	B	C	D	E	F
7 วัน	1398	1376	1203	1000	1135	1217	1162
14 วัน	1451	1254	1208	1046	1182	1211	1154
28 วัน	1418	1203	1213	1012	1172	1226	1135

รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับระยะเวลาในการบ่มน้ำของอิฐบล็อกแต่ละอัตราส่วน



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับอัตราส่วนของเส้นใยกล้วยที่ใส่แทนปริมาณปูนซีเมนต์ ที่อายุ 28 วัน



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับอัตราส่วนของเส้นใยกล้วยที่ใส่แทนปริมาณทราย ที่อายุ 28 วัน

จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4 - รูปที่ 4.6 พบว่า การใช้เส้นใยกล้วยเป็นส่วนผสมในอิฐบล็อกในปริมาณมาก ทำให้แนวโน้มความหนาแน่นของอิฐบล็อกลดน้อยลง เนื่องมาจากการที่เส้นใยกล้วยที่ใช้ผสมในอิฐบล็อกเป็นเส้นใยจากพืชมีลักษณะผิวที่ไม่เรียบนอกจากนี้ลักษณะของเส้นใยยังมีรูพรุน ทำให้อากาศเข้าไปแทนที่บริเวณรูพรุนของเส้นใยในขณะการขึ้นรูปอิฐบล็อก มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นของอิฐบล็อกที่ผสมด้วยด้วยเส้นใยกล้วยมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับอิฐบล็อกทีไม่ผสมเส้นใยกล้วยซึ่งมีค่าความหนาแน่นมากกว่า ดังรูปที่ 4.4

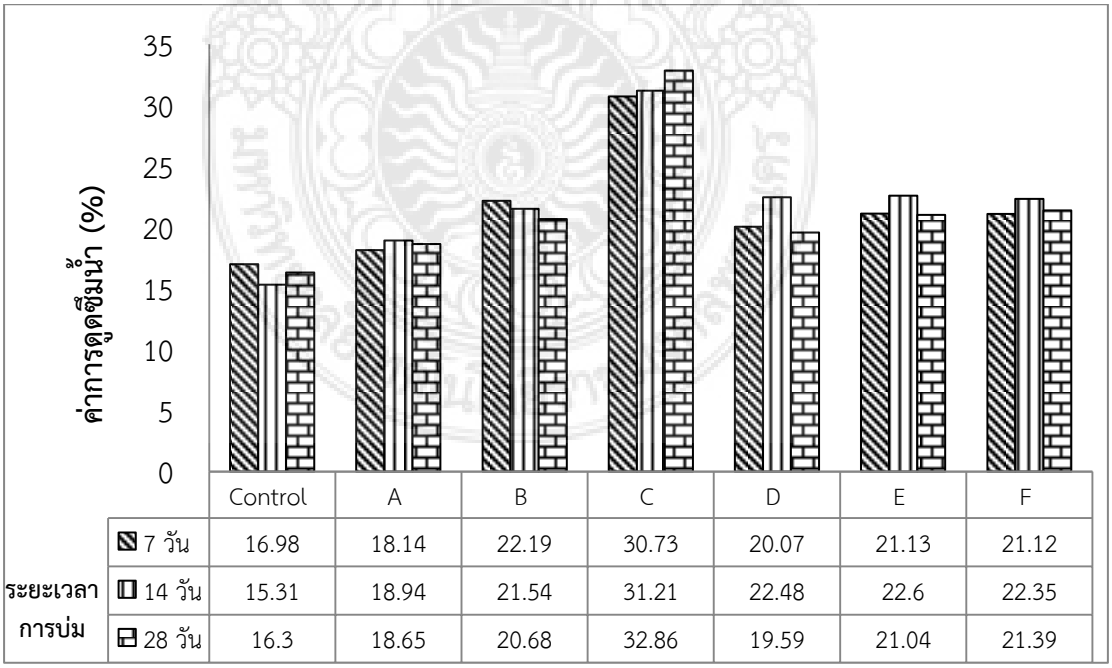
4.2.2 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อก

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วย พบว่า การใช้เส้นใยกล้วยเป็นส่วนผสมในอิฐบล็อก ในการวิจัยครั้งนี้ทั้ง 2 กรณี คือใช้ทดแทนในส่วนของปูนซีเมนต์ และใช้ทดแทนในส่วนของทราย ผลจากการทดลองที่ได้ทั้ง 2 กรณีศึกษานั้นแสดงผลไปในทิศทางเดียวกันนั้นคือเมื่อปริมาณของเส้นใยเพิ่มมาก แนวโน้มค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกจะมีค่าสูงขึ้น ดังตารางแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยในอัตราส่วนต่างๆ

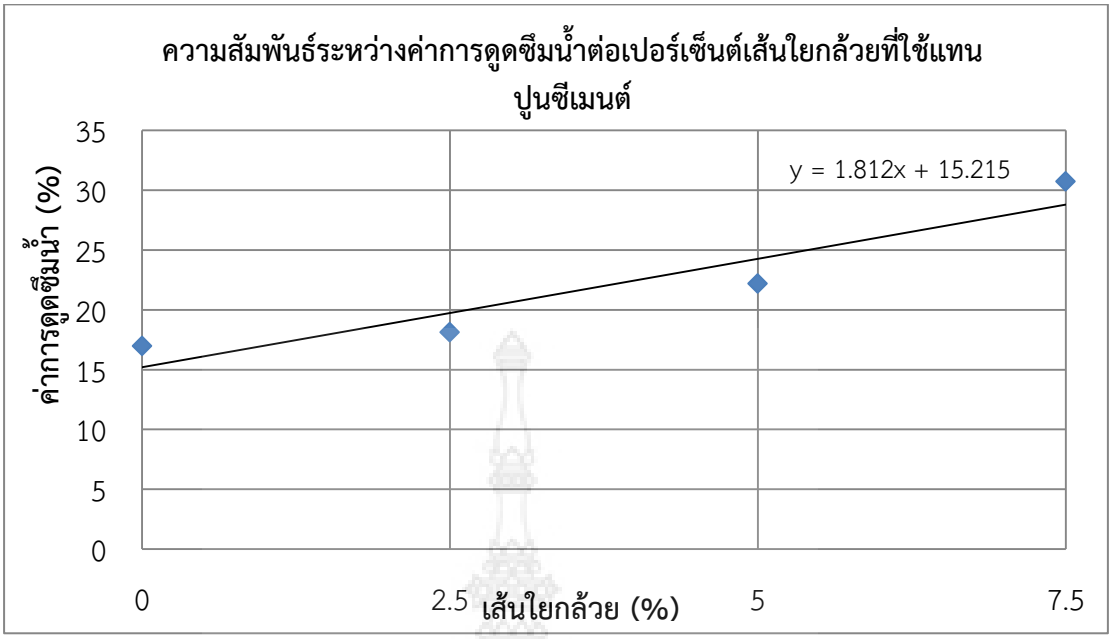
ส่วนผสม	อัตราส่วนการผสม (ทราย : ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซั่ม : ผงอะลูมิเนียม : เส้นใยกล้วย)	ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	50% : 30% : 9% : 9% : 2% : 0%	16.98	15.31	16.30
A	50% : 27.5% : 9% : 9% : 2% : 2.5%	18.14	18.94	18.65
B	50% : 25% : 9% : 9% : 2% : 5%	22.19	21.54	20.68
C	50% : 22.5% : 9% : 9% : 2% : 7.5%	30.73	31.21	32.86
D	47.5% : 30% : 9% : 9% : 2% : 2.5%	20.07	22.48	19.59
E	45% : 30% : 9% : 9% : 2% : 5%	21.13	22.60	21.04
F	52.5% : 30% : 9% : 9% : 2% : 7.5%	21.12	22.35	21.39

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.7 พบว่า การใช้เส้นใยกล้วยเป็นส่วนผสมในอิฐบล็อกในปริมาณมาก ทำให้แนวโน้มค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกเพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากการที่เส้นใยกล้วยที่ใช้ผสมในอิฐบล็อกเป็นเส้นใยเซลลูโลส ซึ่งเส้นใยเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่เกิดจากเซลลูโลสยึดเกาะกันด้วยพันธะเคมีเป็นโมเลกุลใหญ่ และในโมเลกุลของเซลลูโลสจะมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่จำนวนมาก ทำน้าที่ในการดึงดูดน้ำหรือทำปฏิกิริยากับธาตุอื่นๆ นอกจากคุณสมบัติของเส้นใยที่สามารถดูดซึมน้ำได้แล้ว การผสมเส้นใยกล้วยลงในอิฐบล็อกยังเป็นการเพิ่มรูพรุนในก้อนอิฐให้มีมากขึ้น จากลักษณะทางกายภาพเช่นนี้จึงเป็นผลให้ก้อนอิฐสามารถดูดซึมน้ำไว้ได้มากขึ้นด้วย

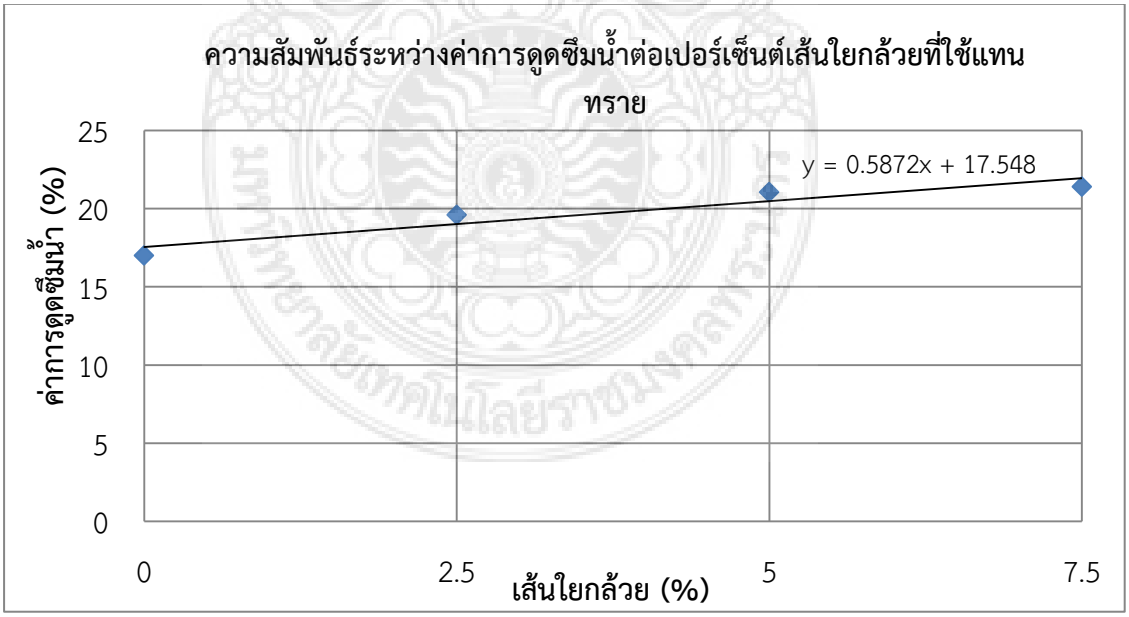


ระยะเวลาการบ่ม	Control	A	B	C	D	E	F
7 วัน	16.98	18.14	22.19	30.73	20.07	21.13	21.12
14 วัน	15.31	18.94	21.54	31.21	22.48	22.6	22.35
28 วัน	16.3	18.65	20.68	32.86	19.59	21.04	21.39

รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับระยะเวลาในการบ่มน้ำของอิฐบล็อกแต่ละอัตราส่วน



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับอัตราส่วนของเส้นใยกล้วยที่ใส่แทนปริมาณปูนซีเมนต์ ที่อายุ 28 วัน



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับอัตราส่วนของเส้นใยกล้วยที่ใส่แทนปริมาณทราย ที่อายุ 28 วัน

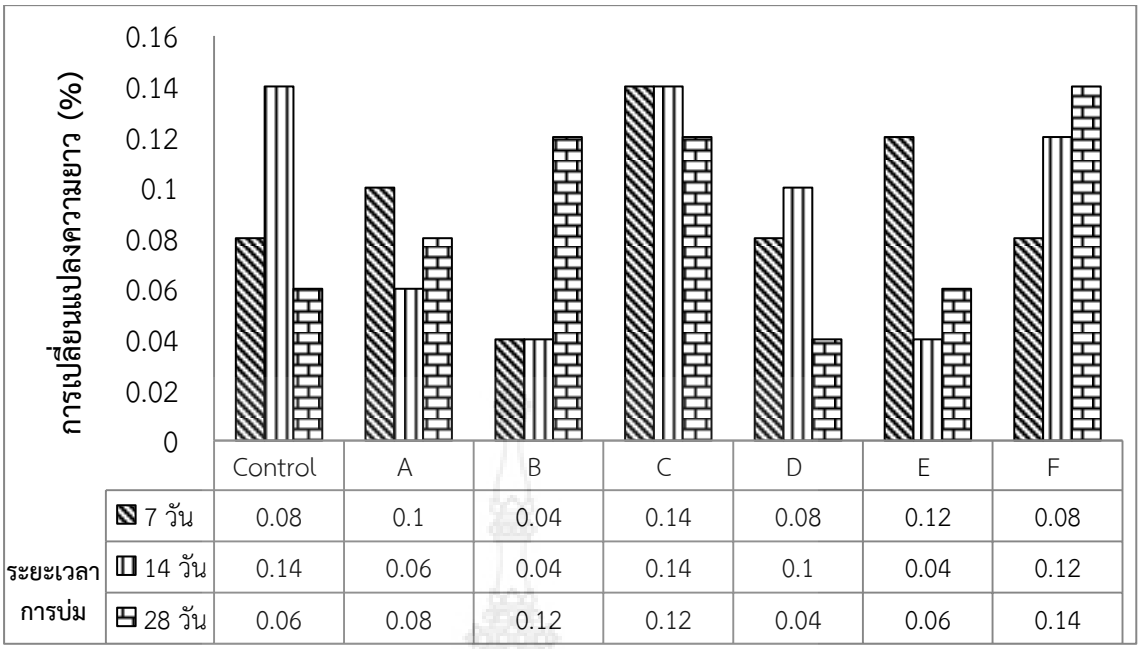
จากรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 แสดงผลการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกที่ระยะเวลาการบ่มอายุ 28 วัน พบว่าการเพิ่มปริมาณเส้นใยกล้วยมีผลต่อการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ โดยกรณีที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์มีค่าสูงสุดคือ 32.86 เปอร์เซ็นต์ และกรณีที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนทรายค่าสูงสุดคือ 21.39 เปอร์เซ็นต์

4.2.3 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อก

จากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วย พบว่า การใช้เส้นใยกล้วยเป็นส่วนผสมในอิฐบล็อก ในการวิจัยครั้งนี้ทั้ง 2 กรณี คือใช้ทดแทนในส่วนของปูนซีเมนต์และใช้ทดแทนในส่วนของทราย ผลจากการทดลองที่ได้ทั้ง 2 กรณีศึกษานั้นมีแนวโน้มภาพรวมคืออิฐบล็อกที่มีปริมาณเส้นใยมากจะมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาวสูงกว่าอิฐบล็อกที่ไม่ผสมเส้นใยและผสมเส้นใยในปริมาณน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยเนื่องมาจากเส้นใยกล้วยมีลักษณะเป็นรูพรุน การเพิ่มปริมาณของเส้นใยในก้อนอิฐจึงเป็นการเพิ่มรูพรุนให้มีจำนวนมากตามไปด้วย จึงทำให้เกิดลักษณะของการยืดตัวและการหดตัวของอิฐบล็อกเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับความชื้นและถูกทำให้แห้ง

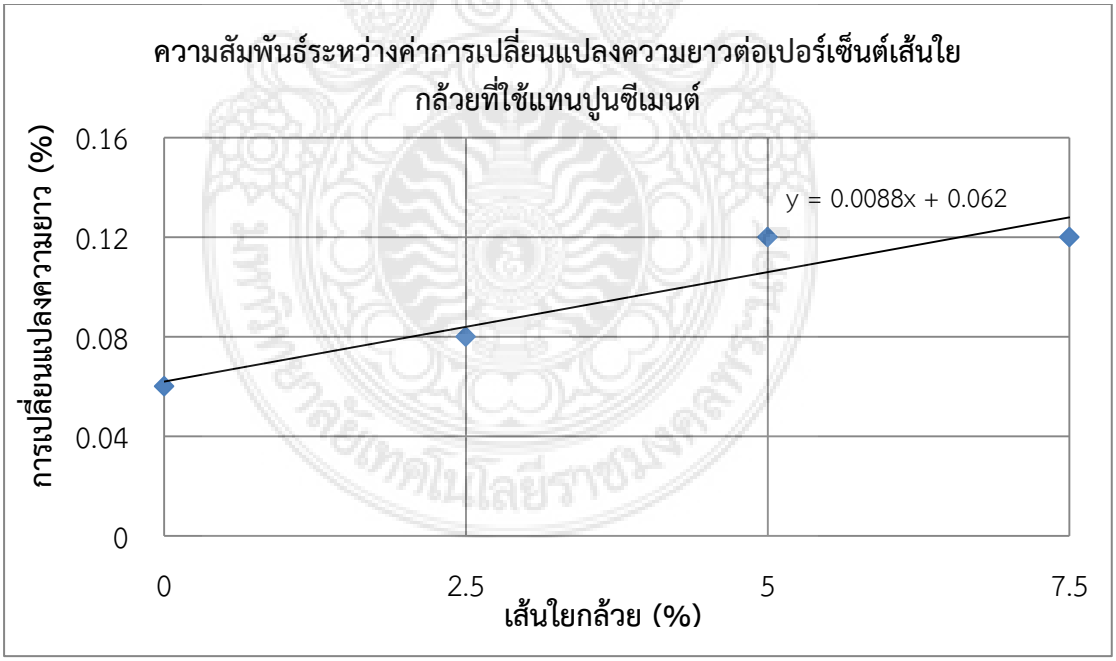
ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยในอัตราส่วนต่างๆ

ส่วนผสม	**อัตราส่วนการผสม (ทราย : ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซั่ม : ผงอะลูมิเนียม : เส้นใยกล้วย)**	**การเปลี่ยนแปลงความยาว (ร้อยละ)**		
		7 วัน	**14 วัน**	**28 วัน**
Control	50% : 30% : 9% : 9% : 2% : 0%	0.08	0.14	0.06
A	50% : 27.5% : 9% : 9% : 2% : 2.5%	0.10	0.06	0.08
B	50% : 25% : 9% : 9% : 2% : 5%	0.04	0.04	0.12
C	50% : 22.5% : 9% : 9% : 2% : 7.5%	0.14	0.14	0.12
D	47.5% : 30% : 9% : 9% : 2% : 2.5%	0.08	0.10	0.04
E	45% : 30% : 9% : 9% : 2% : 5%	0.12	0.04	0.06
F	52.5% : 30% : 9% : 9% : 2% : 7.5%	0.08	0.12	0.14

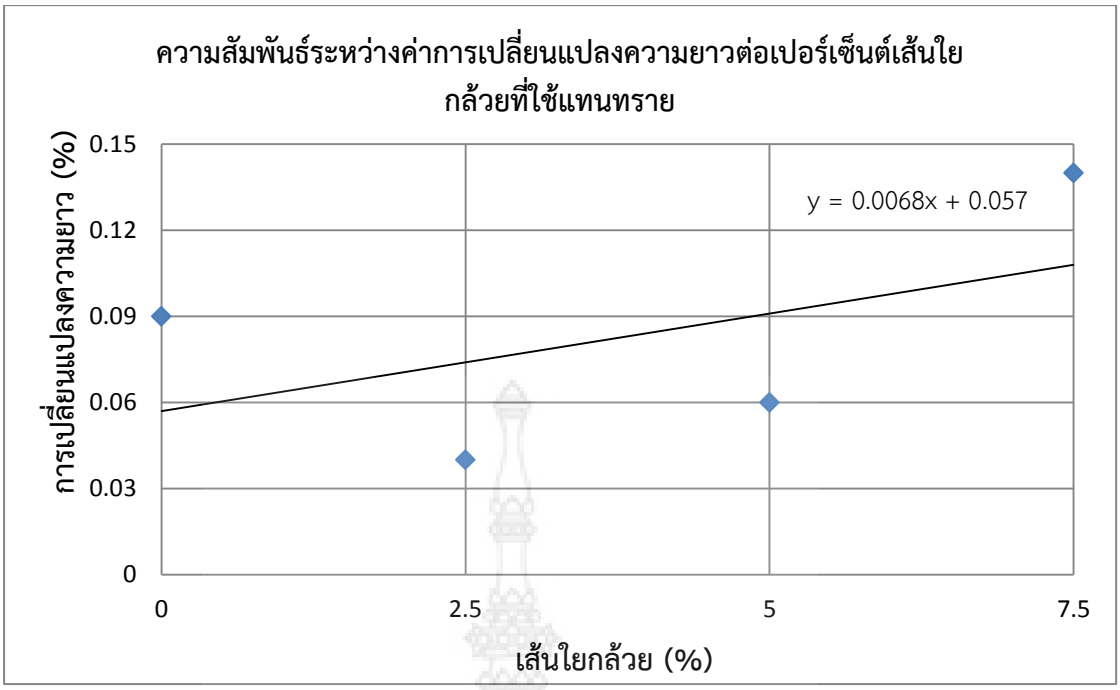


ระยะเวลาการบ่ม	Control	A	B	C	D	E	F
7 วัน	0.08	0.1	0.04	0.14	0.08	0.12	0.08
14 วัน	0.14	0.06	0.04	0.14	0.1	0.04	0.12
28 วัน	0.06	0.08	0.12	0.12	0.04	0.06	0.14

รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำกับระยะเวลาในการบ่มน้ำของอิฐบล็อกแต่ละอัตราส่วน



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความยาวกับอัตราส่วนของเส้นใยกล้วยที่ใส่แทนปริมาณปูนซีเมนต์ ที่อายุ 28 วัน



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความยาวกับอัตราส่วนของเส้นใยกล้วยที่ใส่แทนปริมาณทราย ที่อายุ 28 วัน

จากรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 แสดงผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกที่ระยะเวลาการบ่มอายุ 28 วัน พบว่าการเพิ่มปริมาณเส้นใยกล้วยมีผลต่อการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาว โดยกรณีที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์มีค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวสูงสุดคือ 0.12 เปอร์เซ็นต์ และกรณีที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนทรายค่าสูงสุดคือ 0.14 เปอร์เซ็นต์

4.2.4 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อก

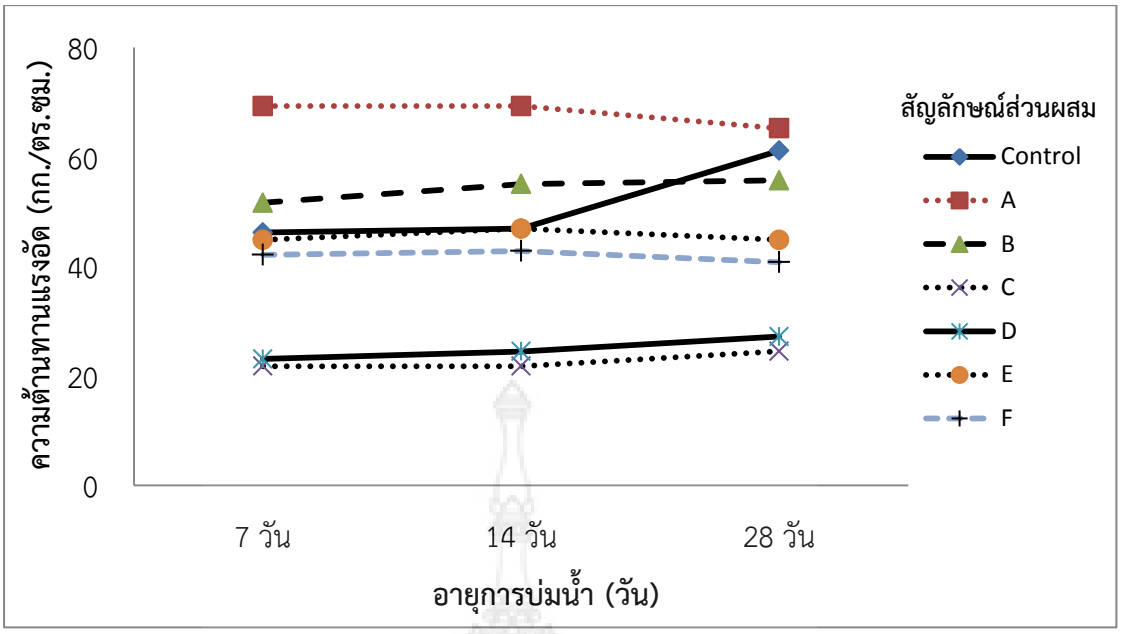
จากการทดลองความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วย กรณที่ 1 คือเมื่อแทนปูนซีเมนต์ด้วยเส้นใยกล้วยตามอัตราส่วนร้อยละ 0.25, 0.5 และ 0.75 บ่มที่อายุ 7 วัน จะมีความต้านทานแรงอัดลดลง ซึ่งมีความสามารถรับกำลังอัดได้เท่ากับ 69.30, 51.63 และ 21.77 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร บ่มที่อายุ 14 วัน จะมีความต้านทานแรงอัดลดลงเช่นกัน ซึ่งมีความสามารถรับกำลังอัดได้เท่ากับ 69.30, 55.05 และ 21.77 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และระยะเวลาการบ่มที่อายุ 28 วัน จะมีความต้านทานแรงอัดลดลง ซึ่งมีความสามารถรับกำลังอัดได้เท่ากับ 65.25, 55.73 และ 24.50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เมื่อนำค่าที่ได้ระหว่างอิฐบล็อกที่ไม่ผสมเส้นใยเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกที่ผสมเส้นใย พบว่า การเพิ่มเส้นใยที่อัตราส่วน 2.5 เปอร์เซ็นต์ให้ค่าต้านทานแรงอัดมากกว่าอิฐบล็อกที่ไม่ผสมเส้นใย เนื่องมาจากเส้นใยกล้วยซึ่งเป็นเซลลูโลสระหว่างสายโมเลกุลจะมีการยึดจับกันเป็นสายพันธะไฮโดรเจนทำให้เส้นใยมีความความเหนียวแข็งแรง การเพิ่มเส้นใยในอัตราส่วนที่ 2.5 เปอร์เซ็นต์แทนที่ปูนซีเมนต์จึงเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับอิฐบล็อก แต่ในอัตราส่วนอื่นๆที่มีการเพิ่มปริมาณเส้นใยกล้วยพบว่าค่าความต้านทานแรงอัดจะมีค่าน้อยกว่าอิฐบล็อกที่ไม่ผสมเส้นใย

เนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณของเส้นใยทำให้ความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของปูนซีเมนต์ลดน้อยลง ผนวกกับเส้นใยกล้วยมีความหนาแน่นน้อยเมื่อเส้นใยมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ความต้านทานแรงอัดลดน้อยลงด้วย อย่างไรก็ตามผลการทดสอบแรงอัดเมื่อแทนปูนซีเมนต์ด้วยเส้นใยกล้วย เมื่อทำการบ่มน้ำครบอายุ 28 วัน พบว่ามีค่าผ่านมาตรฐาน มอก.1505-2541 จัดอยู่ในชั้นคุณภาพที่ 4 ดังแสดงในรูปที่ 4.14

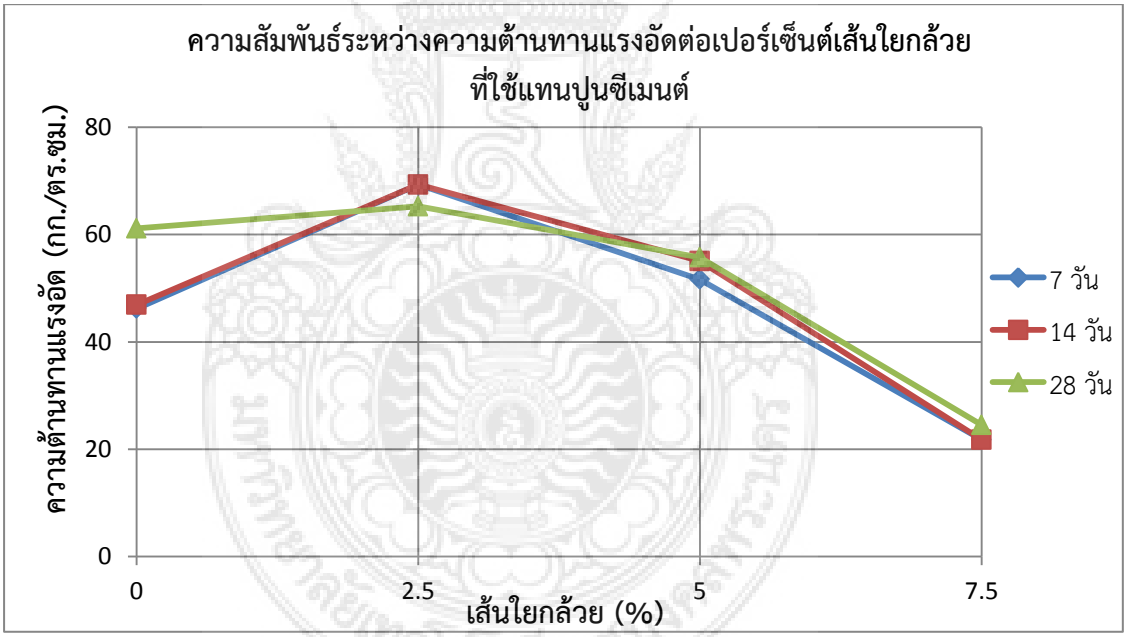
กรณีที่ 2 คือเมื่อแทนทรายด้วยเส้นใยกล้วยตามอัตราส่วนร้อยละ 0.25, 0.5 และ 0.75 บ่มที่อายุ 7 วัน จะมีความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสามารถรับกำลังอัดได้เท่ากับ 23.10, 44.85 และ 42.13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร บ่มที่อายุ 14 วัน จะมีความต้านทานแรงเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งมีความสามารถรับกำลังอัดได้เท่ากับ 24.47, 46.90 และ 42.85 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และระยะเวลาการบ่มที่อายุ 28 วัน จะมีความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสามารถรับกำลังอัดได้เท่ากับ 27.20, 44.85 และ 40.80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลการทดลองทั้ง 3 อัตรามาทำการเปรียบเทียบค่าต้านทานแรงอัดกับอิฐบล็อกที่ไม่ผสมเส้นใยพบว่า อิฐบล็อกที่ไม่มีการผสมเส้นใยลงไปมีค่าต้านทานแรงอัดที่สูงกว่า เนื่องมาจากเส้นใยกล้วยมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าทราย เมื่อลดปริมาณทรายให้น้อยลงจึงมีผลให้ก้อนอิฐมีความสามารถในการต้านทานแล้วอัดที่ต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบแรงอัดเมื่อแทนทรายด้วยเส้นใยกล้วย ทำการบ่มน้ำจนครบอายุ 28 วัน ดังแสดงในรูปที่ 4.15 พบว่ามีค่าผ่านมาตรฐาน มอก.1505 - 2541 จัดอยู่ในชั้นคุณภาพที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกผสมเส้นใยกล้วยในอัตราส่วนต่างๆ

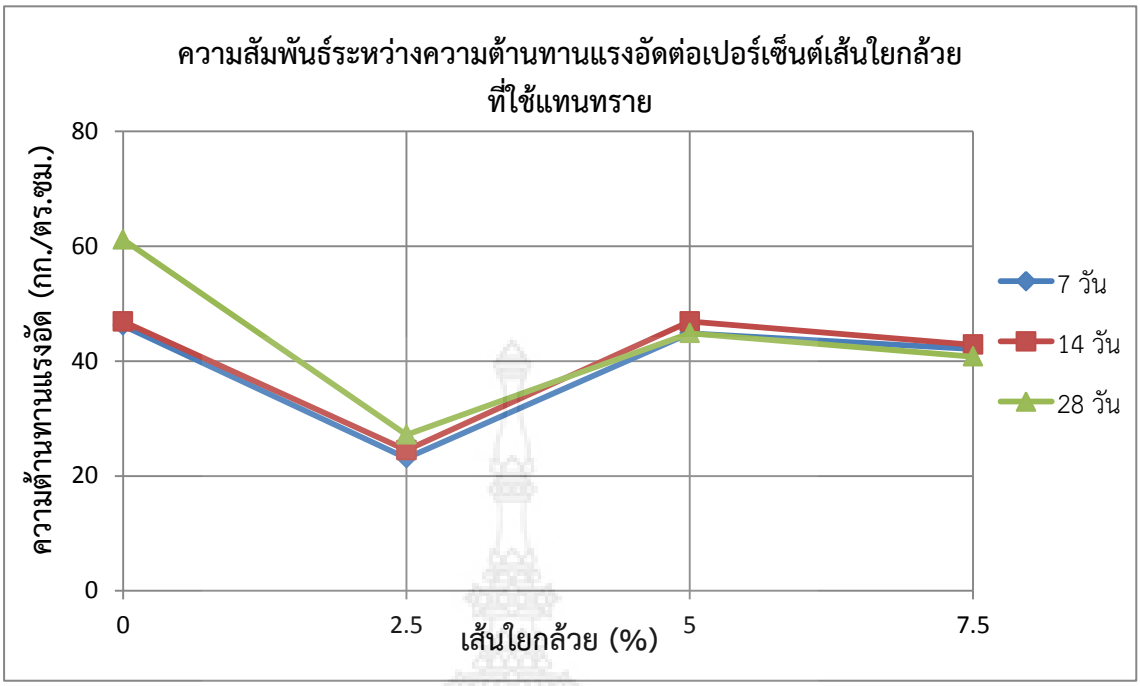
ส่วนผสม	อัตราส่วนการผสม (ทราย : ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซั่ม : ผงอะลูมิเนียม : เส้นใยกล้วย)	ความต้านทานแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	50% : 30% : 9% : 9% : 2% : 0%	46.20	46.90	61.15
A	50% : 27.5% : 9% : 9% : 2% : 2.5%	69.30	69.30	65.25
B	50% : 25% : 9% : 9% : 2% : 5%	51.63	55.05	55.73
C	50% : 22.5% : 9% : 9% : 2% : 7.5%	21.77	21.77	24.50
D	47.5% : 30% : 9% : 9% : 2% : 2.5%	23.10	24.47	27.20
E	45% : 30% : 9% : 9% : 2% : 5%	44.85	46.90	44.85
F	52.5% : 30% : 9% : 9% : 2% : 7.5%	42.13	42.85	40.80



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับระยะเวลาในการบ่มน้ำของอิฐบล็อกแต่ละอัตราส่วน



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนของเส้นใยกล้วยที่ใส่แทนปริมาณของปูนซีเมนต์ ที่ระยะการบ่มต่างๆ



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดกับอัตราส่วนของเส้นใยกล้วยที่ใส่แทนปริมาณของปูนซีเมนต์ ที่ระยะการบ่มต่างๆ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการดำเนินการศึกษาวิจัยและทดสอบคุณสมบัติของอิฐบล็อกมวลเบาที่ผสมเส้นใยกล้วย ใน 2 กรณี คือผสมเส้ยใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์ และผสมเส้นใยกล้วยแทนทรายเพื่อหาส่วนผสมที่ดีที่สุดในการใช้งาน โดยทำการทดสอบความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงความยาว และความต้านทานแรงอัด สามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ผลสรุปจากการทดสอบความหนาแน่น ที่ระยะบ่ม 28 วัน พบว่าค่าความหนาแน่นของอิฐบล็อกที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์มีค่าอยู่ในช่วง 1,012 – 1,213 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีความใกล้เคียงกับบล็อกที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนทรายมีค่าอยู่ในช่วง 1,172 - 1,226 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยทั้ง 2 กรณีมีแนวโน้มความหนาแน่นที่ลดลงตามการเพิ่มปริมาณของเส้นใยกล้วย

5.1.2 ผลสรุปจากการทดสอบการดูดซึมน้ำ พบว่าที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์มีค่าสูงสุดคือร้อยละ 32.86 ส่วนอิฐบล็อกที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนทรายค่าสูงสุดคือร้อยละ 21.39 โดยทั้ง 2 กรณีมีแนวโน้มของร้อยละการดูดซึมน้ำที่เพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มปริมาณของเส้นใยกล้วย

5.1.3 ผลสรุปจากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาว พบว่าระยะเวลาการบ่ม 28 วัน ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความยาวของอิฐบล็อกที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์มีค่าสูงสุดคือร้อยละ 0.12 ส่วนกรณีอิฐบล็อกที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนทรายค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวสูงสุดคือร้อยละ 0.14 ซึ่งทั้ง 2 กรณีค่าใกล้เคียงกันมากโดยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความยาวของเส้นใยจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของเส้นใยที่เพิ่มมากขึ้น

5.1.4 ผลสรุปจากการทดสอบความต้านทานแรงอัด พบว่าระยะเวลาการบ่ม 28 วัน ค่าต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนปูนซีเมนต์มีค่าสูงสุดคือ 65.25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนกรณีอิฐบล็อกที่ใช้เส้นใยกล้วยแทนทรายค่าต้านทานแรงอัดสูงสุดคือ 40.80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ามีค่าผ่านมาตรฐาน มอก.1505-2541 จัดอยู่ในชั้นคุณภาพที่ 4

สรุปว่าอิฐบล็อกมวลเบาผสมเส้นใยกล้วยที่ส่วนผสมของสูตร A ซึ่งมีอัตราส่วนร้อยละระหว่างทราย : ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : ยิปซั่ม : ผงอะลูมิเนียม : เส้นใยกล้วย คือ 50 : 27.5 : 9 : 9 : 2 : 2.5 มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 65.25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าความหนาแน่น 1,203

กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การดูดซึมน้ำร้อยละ 18.65 และค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวเท่ากับร้อยละ 0.08 เมื่อนำผลการทดสอบไปเทียบกับมาตรฐาน มอก.1505- 2541 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงที่ มอก. กำหนดไว้ ถึงแม้ว่าบางค่าที่ทำการตรวจวัดยังไม่เป็นค่าที่ดีที่สุดแต่ก็ไม่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานมากหนัก ซึ่งสามารถพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นการนำเส้นใยกล้วยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ทดแทนวัสดุผสมจึงเป็นอีกแนวทางที่มีความน่าสนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง แทนการใช้วัสดุผสมที่ต้องนำมาจากทรัพยากรธรรมชาติโดยตรง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาอิฐบล็อกมวลเบาผสมเส้นใยธรรมชาติในครั้งนี้ ได้นำเส้นใยกล้วยมาทำการศึกษาเพียงอย่างเดียว ซึ่งในการผลิตอิฐบล็อกมวลเบานั้นสามารถใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่นมาเป็นส่วนผสมเพื่อทำการศึกษาเพิ่มเติมและเปรียบเทียบประสิทธิภาพได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น เส้นใยสับปะรด เส้นใยมะพร้าว เป็นต้น

5.2.2 ควรมีการศึกษาสมบัติของอิฐบล็อกผสมเส้นใยเพิ่มเติม เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน การดูดซับเสียง ค่าความต้านทานการกัดกร่อนจากกรด และความทนทานต่อสภาพแวดล้อม เป็นต้น เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำอิฐบล็อกไปใช้ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] Millogo, Y., Morel J-C., Aubert, J-E., Ghavami, K. 2014. Experimental analysis of Pressed Adobe Blocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers. Construction and Building Materials 52: 71–78.

[2] Taallah, B., Guettala, A., Guettala, S., Kriker, A. 2014. Mechanical properties and hygroscopicity behavior of compressed earth block filled by date palm fibers. Construction and Building Materials 59: 161–168.

[3] Tang, Z., Ali, M., Chouw, N. 2014. Residual compressive and shear strengths of novel coconut-fibre-reinforced-concrete interlocking blocks. Construction and Building Materials 66: 533–540.

[4] คำนูณ กาญจนภูมิ 2551 การอนุรักษ์พันธุกรรมกล้วยในภาคใต้ของประเทศไทยภายใต้สภาวะเจริญช้าในหลอดทดลอง.รายงานฉบับสมบูรณ์ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2550-2551.มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[5] อาดีละฮ์ ศิริวัลลภ. 2558. วัสดุเชิงประกอบจากโฟมพอลิสไตรีนรีไซเคิลและเส้นใยธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[6] Samrat Mukhopadhyay, Raul Fangueiro, Yusuf Arpaç , Ülkü Şentürk. 2008. Banana Fibers Variability and Fracture Behaviour. Journal of Engineered Fibers and Fabrics: Volume 3, Issue 2.

[7] ปราณี ชุมสำโรง. 2547. การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศไทย.รายงานการวิจัยปีงบประมาณ 2545. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[8] M. Idicula, S. Thomas, K. Joseph, Mechanical performance of short banana/sisal hybrid fiber reinforced polyester composites, J. Reinf. Plast. Compos. 29 (1) (2009) 12–29.

[9] K.G. Satyanarayana, C.K.S. Pillai, K. Sukumaran, S.G.K. Pillai, Structure property studies of fibres from various parts of the coconut tree, J. Mater. Sci. 17 (8) (1982) 2453–2462.

[10] K. Obi Reddy, G. Sivamohan Reddy, U. Maheswari, A. Varada Rajulu, K. Madhusudhana Rao, Structural characterization of coconut tree leaf sheath fiber reinforcement, J. For. Res. 21 (1) (2010) 53–58.

[11] Bisanda, E. T.N. (2000). The effect of alkali treatment on the adhesion characteristics of sisal fibers. Applied Composite Materials 17:910-918.

[12] Keats, J. 1994. Stabilization and solidification in hazardous waste management. 641-642. Singapore :McGrawHill Book Co.

[13] ประชุม คำพุฒ และ กิตติพงษ์ สุวีโร .2553. การศึกษาคอนกรีตมวลเบาผสมเถแกลบเสริมแผ่นยางธรรมชาติ.รายงานฉบับสมบูรณ์งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2553 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[14] วินิต ช่อวิเชียร. 2539. คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิสวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[15] ACI DESIGNATION : 213R – 87, Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete.

[16] Zhang, MH. and Malhotra VM. 1996. High-performance concrete incorporating rice husk ash as a supplementary cementing material. ACI Material journal. 93:629-636.

[17] วีระศักดิ์ ละอองจันทร์, อมเรศ บกสุววรรณ, หมิง จิ๋ง, นิติ วิทยาวิโรจน์. 2553. ทำการศึกษาการพัฒนากล็อกแก้วคอนกรีตมวลเบาโดยการผสมฝุ่นจากเตาเผาปูนขาวผลพลอยได้จากกากอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ.รายงานฉบับสมบูรณ์งบประมาณประจำ ปี พ.ศ. 2553. คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

[18] ภานุ คะนอง.2552.การเตรียมอิฐบล็อกมวลเบาจากแกลบขัดผิว. วิทยานิพนธิวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมีประยุกต์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[19] T. Nishino, K. Hirao, M. Kotera, K. Nakamae, H. Inagaki, Kenaf reinforced biodegradable composite, Compos. Sci. Technol. 63 (1) (2003) 1281–1286.

[20] D. Gay, S.V. Hoa, S.W. Tsai, Composite Materials: Design and Applications, Editions Hermes, Paris, 1997.

[21] S. Shibata, Y. Cao, I. Fukumoto, Press forming of short natural-fiber reinforced biodegradable resin: effects of fiber volume and length on flexural properties, Polym. Test. 24 (8) (2005) 1005–1011.

[22] Villamizar, M C., Araque, VS., Reyes, CA., Silva, RS. 2012. Effect of the addition of coal-ash and cassava peels on the engineering properties of compressed earth blocks. Construction and Building Materials 36:276–286.

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) วรนุช ดีละมัน

(ภาษาอังกฤษ) Woranuch Deelaman

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
โทรศัพท์ 02 836 3000
E-mail : woranuch.d@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยทักษิณ
วท.ม.(การจัดการสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Environmental management
Sediment
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

6.1 International Journal

1. D. Tipmanee, W. Deelaman, S. Pongpiachan, K. Schwarzer, and P. Sompongchaiyakul. 2012. Using Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) as a chemical proxy to indicate Tsunami 2004 backwash in Khao Lak coastal area,Thailand. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*., 12, 1441–1451.

2. S. Pongpiachan, D. Tipmanee, W. Deelaman, J. Muprasit, P. Feldens, K. Schwarzer.2013. Risk assessment of the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in coastal areas of Thailand affected by the 2004 tsunami. *Marine Pollution Bulletin.*

3. W. Deelaman, and C. Choomchuay. 2015. Assessment of Heavy Metal Content in PM_{10} at Amphoe Mueang Pathum Thani Province in Thailand. Applied Mechanics and Materials Vol. 804: 223-226.

6.2 National Conference

1. วรนุช ดีละมัน, ศิวัช พงษ์เพียจันทร์ และ เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล. 2552. การกระจายตัวของสารก่อมะเร็งโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ในตะกอนทะเลสาบสงขลาตอนนอกและตะกอนอ่าวทับละมุ จังหวัดพังงา. ในเอกสารประกอบ *การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 8* จัดโดยสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยระหว่างวันที่ 25-27 มีนาคม พ.ศ. 2552 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.

2. อัศดร คำเมือง, อัศมน ลิ่มสกุล, วรางคณา ศรนิล, วุฒิชัย แพงแก้ว, วรนุช ดีละมัน และนิดาลักษณ์ สิทธิพล. 2554. ความสัมพันธ์ระหว่างความโปร่งแสงกับยูโทรฟิเคชั่น กรณีศึกษาแหล่งน้ำนิ่งในจังหวัดปทุมธานีและนครนายก.เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ *สิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่7* ระหว่างวันที่ 29-30 กรกฎาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก.

3. วุฒิชัย แพงแก้ว, อัศมน ลิ่มสกุล, อัศดร คำเมือง, วรนุช ดีละมัน และนิดาลักษณ์ สิทธิพล. 2554. ลักษณะอุทกและนิเวศแหล่งน้ำไหล : กรณีศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่านปราการชล และเขื่อนอุบลรัตน์.เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ *สิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่7* ระหว่างวันที่ 29-30 กรกฎาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก.

4. อัศดร คำเมือง, อัศมน ลิ่มสกุล,วุฒิชัย แพงแก้ว,อ่อนจันทร์ โคตรพงษ์, วรนุช ดีละมัน และ นิดาลักษณ์ สิทธิพล. 2555. ลักษณะนิเวศ-อุทกวิทยาของแหล่งน้ำไหล: กรณีศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเขื่อนรัชชประภา เขื่อนขุนด่านและเขื่อนอุบลรัตน์.ในเอกสารประกอบ *การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 11* จัดโดยสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยระหว่างวันที่ 21-23 มีนาคม พ.ศ. 2555 ณ โรงแรมโพธิ์วดล รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดเชียงใหม่

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. **ชื่อ - นามสกุล**

(ภาษาไทย) ดร. กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล

(ภาษาอังกฤษ) Dr. Kantima Chaochanchaikul

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. **หน่วยงานและที่อยู่**

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
โทรศัพท์ 02 836 3000
E-mail : kantima.c@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(วัสดุศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วศ.ม. (เทคโนโลยีวัสดุ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปร.ด. (เทคโนโลยีวัสดุ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Polymer Composites
Wood/Natural Fiber Plastic Composites
Polymer Processing

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

6.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

1. โครงการสมบัติทางวิศวกรรมและการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับผลิตภัณฑ์ไม้หน้าตัดกลวงจากวัสดุผสมระหว่างพลาสติกกับขี้เลื่อยไม้ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)/2548-2550 ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

2. โครงการการปรับปรุงสมบัติทางกลเชิงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมพีวีซีและผงขี้เลื่อยไม้ โดยการใช้เส้นใยสังเคราะห์ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)/2549-2551 ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

3. อิทธิพลของวิธีการผสมและคุณลักษณะของสารเสริมแรงที่มีต่อสมบัติทางกล ทางความร้อน และทางกายภาพของวัสดุผสมพอลิเอทธิลีนความหนาแน่นต่ำ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.)/2549-2551 หัวหน้าโครงการ)

4. โครงการสมบัติทางวิศวกรรม การจำลองทางคอมพิวเตอร์ และผลของความร้อนและแสงยูวีของผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมระหว่างพลาสติกกับผงขี้เลื่อยไม้ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)/2550-2552 ผู้ร่วมโครงการวิจัย

6.2 International Journal

1. Chaochanchaikul, K., Jayaraman, K., Rosarpitak, V. and Sombatsompop, N., 2012, "Influence of Lignin Content on Photodegradation in Wood/HDPE Composites under UV Weathering", BioResources, Vol. 7, No. 1, pp. 38-55.

2. Chaochanchaikul, K., Rosarpitak, V. and Sombatsompop, N., 2011, "Structural and Thermal Stabilizations of PVC and Wood/PVC Composites by Metal Sterates and Organotin", BioResources, Vol. 6, No. 3, pp. 3115-3131.

3. Chaochanchaikul, K. and Sombatsompop, N., 2011, "Stabilizations of Molecular Structures and Mechanical Properties of PVC and Wood/PVC Composites by Tinuvin and TiO_2 Stabilizers", Polymer Engineering and Science, Vol. 51, No. 6, pp. 1354-1365.

4. Pattamasattayasonti, N., Chaochanchaikul, K., Rosarpitak, V. and Sombatsompop, N., 2010, "Effects of UV-Weathering Aging and CeO_2 Based Coating Layer on Mechanical and Structural Changes in Wood/PVC Composites**",** Journal of Vinyl & Additive Technology, Vol. 17, No. 1, pp. 9-16**.**

5. Pulngern, T., Choocheepsakul, S., Padyenchean, C., Rosarpitak, V., Prapruit, W., Chaochanchaikul, K. and Sombatsompop, N., 2010, "Effects of Cross-section Design and Loading Direction on Creep and Fatigue Properties of Wood/PVC Composite Beams", Journal of Vinyl & Additive Technology, Vol. 16, No. 1, pp. 42-49.

6. Sombatsompop, N., Prapruit, W., Chaochanchaikul, K., Pulngern, T. and Rosarpitak, V., 2010, "Effect of Cross-section Design and Testing Conditions on Flexural Properties of Wood/PVC Composite Beams", Journal of Vinyl & Additive Technology, Vol. 16, No. 1, pp. 33-41.

7. Chaochanchaikul, K., Kositchaiyong, A., and Sombatsompop, N., 2009, "Blending Techniques Affecting Mechanical and Morphological Properties of Fly Ash/LDPE and $CaCO_3$/LDPE Composites", Polymers & Polymer Composites, Vol. 17, No. 5, pp. 281-290.

8. Sombatsompop, N., Taptim, K., Chaochanchaikul, K., Thongpin, C. and Rosarpitak, V., 2008, "Improvement of Structural and Thermal Stabilities of PVC and Wood/PVC Composites by Pb and Zn Stearates, and Zeolite", Journal of Macromolecular Science. Part A: Pure and Applied Chemistry, Vol. 45, No. 7, pp. 534-541.

9. Tungjitpornkull, S., Chaochanchaikul, K. and Sombatsompop, N., 2007, "Mechanical Characterization of E-Chopped Strand Glass Fiber Reinforced

Wood/PVC Composites", Journal of Thermoplastic Composite Materials, Vol. 20, No. 6, pp. 535-550.

10. Chotirat, L., Chaochanchaikul, K. and Sombatsompop, N., 2007, "On Adhesion Mechanisms and Interfacial Strength in ABS/Wood Sawdust Composites", International Journal of Adhesion and Adhesives, Vol. 27, No. 8, pp. 669-678.

11. Sombatsompop, N., Uawongsuwan, P. and Chaochanchaikul, K., 2007, "Effect of Molecular Structure on Extrudate Swell Behavior for Different Thermoplastic Melts in an Electro-magnetized Die", Polymer Engineering and Science, Vol. 47, No. 3, pp. 270-280.

12. Prachayawarakorn, J., Kumsri, J., Chaochanchaikul, K. and Sombatsompop, N., 2006, "Effects of Compatibilizer Type and Rubber-Wood Sawdust Content on the Mechanical, Morphological and Thermal Properties of PVC/LDPE Blend", Journal of Applied Polymer Science, Vol.102, No. 1, pp. 598-606.

13. Sombatsompop, N. and Chaochanchaikul, K., 2005, "Average Mixing Torque, Tensile and Impact Properties and Thermal Stability of PVC/Sawdust Composites with Different Silane Coupling Agents", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 96, No. 1, pp. 213-221.

14. Sombatsompop, N. and Chaochanchaikul, K., 2004, "Effect of Moisture Content on Mechanical Properties, Thermal and Structural Stability, and Extrudate Texture of PVC/Wood Sawdust Composites", Polymer International, Vol. 53, No. 9, pp. 1210-1218.

15. Sombatsompop, N., Chaochanchaikul, K., Phromchirasuk, C. and Thongsang, S., 2003, "Effect of Wood Sawdust Content on Rheological and Structural Changes, and Thermo-Mechanical Properties of PVC/Sawdust Composites", Polymer International, Vol. 52, No. 12, pp. 1847-1855.

6.3 International Conference

1. Chaochanchaikul K, Sombatsompop N &Rosarpitak V (2011) Thermal Stabilizations of PVC and Wood/PVC Composites under Thermal Ageing by Metal Stearate and Organotin - Processing and Fabrication of Advanced Materials XIX: 14-17 January 2011, The University of Auckland, Auckland, New Zealand, pp. 986-997.

6.4 National Conference

1. Pattamasattayasonthi N, Chaochanchaikul, K &Sombatsompop N (2010) Effects of UV-Weathering Aging and CeO_2 Based Coating Layer on Mechanical and Structural Changes in Wood/PVC Composites - 11th Graduate Conference, 12 February 2010, KhonKaen University, KhonKaen, Thailand.

2. Pattamasattayasonthi N, Chaochanchaikul, K &Sombatsompop N (2009) UV Light Effects on the Properties of Wood PVC Composite (WPC) Products – 1st KMUTT Graduate Poster Forum, 22 April 2009, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand.

3. Tungjitpornkull S, Chaochanchaikul K &Sombatsompop N (2007) Glass Fibre Reinforcement in Wood/PVC Composites – 1st Polymer Graduate Conference of Thailand, 10-11 May 2007, Mahidol University, Paper O-PP08.

6.5 สิทธิบัตร

1. "กรรมวิธีการเสริมแรงผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมพีวีซี และขี้เลื่อยไม้โดยเส้นใยแก้วสังเคราะห์และสารเพิ่มเสถียรภาพทางความร้อนและแสงยูวี (Reinforcing and stabilizing Methods for Wood/PVC Composite Products by Synthetic Glass Fiber and Thermal-UV Stabilizers)" เลขที่คำขอ 080100

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นายกิติยศ ตั้งสัจจวงศ์

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Kitiyot Tungsudjawong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
โทรศัพท์ 086 553 3599
E-mail : kitiyot.t@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

วศ.บ.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วศ.ม.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Water and Wastewater Treatment

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

International Conference

Pacharaporn Suwanvitaya,Panumas Puongkaew, Kitiyos Tuungsudjawong.2006. Comparison of Ozonation and photooxidation of phenol. International Conference fremantle, western Australia 10-12 July 2006.Decentralised Water and Wastewater Systems, 207-213.