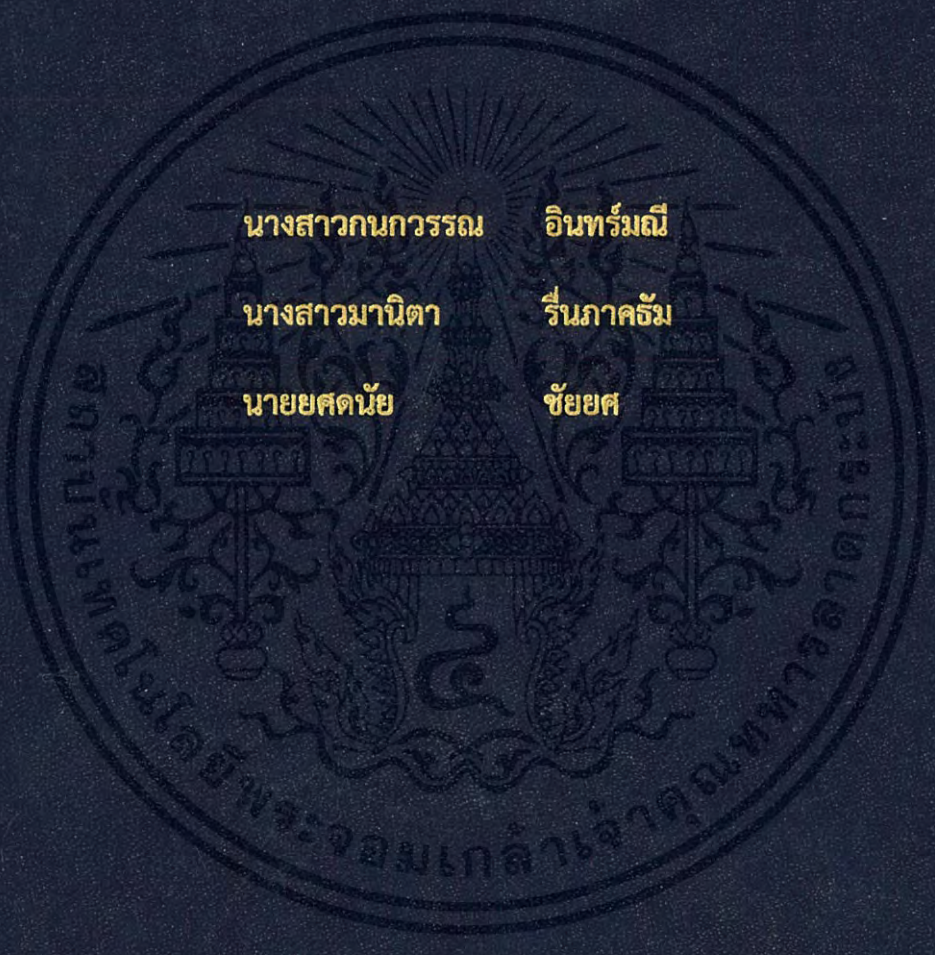
คอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ ผสมน้ำยางพารา

CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE MIXED LATEX

นางสาวกนกวรรณ อินทร์มณี

นางสาวมานิตา รื่นภาคธัม

นายยศดนัย ชัยยศ



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

คอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ ผสมน้ำยางพารา

CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE MIXED LATEX

นางสาวกนกวรรณ อินทร์มณี

นางสาวมานิตา รื่นภาคธัม

นายยศดนัย ชัยยศ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE MIXED LATEX

MISS. KAKNOKWAN INMANEE

MISS. MANITA RUENPAKTUM

MR. YOTDANAI CHAIYOT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEER, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	คอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ ผสมน้ำยางพารา CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE MIXED LATEX			
นักศึกษา	นางสาวกนกวรรณ	อินทร์มณี	รหัสประจำตัว	58010009
	นางสาวมานิตา	รื่นภาคธัม	รหัสประจำตัว	58011011
	นายยศดนัย	ชัยยศ	รหัสประจำตัว	58011027
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา			
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร. แหลมทอง เหล่าคงถาวร			

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร ผศ.ดร.ชลิดา อู่ตะเภา ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ ผสมน้ำยางพารา

นางสาวกนกวรรณ	อินทร์มณี	58010009
นางสาวมานิตา	รื่นภาคธัม	58011011
นายยศดนัย	ชัยยศ	58011027
รศ. ดร. แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

คอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุก่อผนังที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ทำงานง่าย และมีความเป็นฉนวนกันเสียงและกันความร้อน แต่มีข้อเสียคือ ดูดซึมน้ำมาก ขณะที่ยางพารามีค่าความทึบน้ำมาก และปัจจุบันยางพารามีราคาถูก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสัดส่วนน้ำยางพาราที่เหมาะสมเพื่อลดอัตราการดูดซึมน้ำในคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ โดยใช้อัตราส่วน ซีเมนต์ : ทราย : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 : 0.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำยาผลิตโฟมสำหรับ ผลิตคอนกรีตมวลเบา ร้อยละ 0.4408 โดยปริมาตร และแบ่งชนิดตัวอย่างในการวิจัยออกเป็น 5 ชนิด ด้วยค่าน้ำยางพาราต่อซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0, 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการขึ้นรูปตัวอย่างด้วยแบบหล่อขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร แล้วนำมาทดสอบหา ค่ากำลังรับแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ ค่าความหนาแน่นและค่าการนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM จากผลการทดสอบพบว่าน้ำยางพาราสามารถลดการดูดซึมน้ำได้เมื่อใส่ลงไปในปริมาณที่เหมาะสม และหากใส่มากไปจะทำให้มีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณการใส่น้ำยางในตัวอย่างจะแปรผกผันกับความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัด แต่มีการนำความร้อนค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของน้ำยางพารา ต่อซีเมนต์ (P/C) ในการวิจัยนี้ เท่ากับ 0.05 โดยน้ำหนัก เพราะมีค่าความหนาแน่น, ความต้านแรงอัด และการนำความร้อน ใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ที่ไม่ผสมน้ำยางพารา(P/C=0)มีอัตราดูดซึมน้ำน้อยกว่าและผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2601-2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE MIXED LATEX

Miss. Kaknokwan	Inmanee	58010009
Miss. Manita	Ruenpaktum	58011011
Mr. Yotdanai	Chaiyot	58011027

Assoc.Prof.Dr. Laemthong Laokhongthavorn Advisor

Academic Year 2018

ABSTRACT

Lightweight concrete was used widely as material to build the wall because it has advantageous properties such as heat proof, sound proof, fire proof, light weight and easy to use. But its disadvantages are more water absorption. Whereas latex is high impervious and low-cost material. So mixing latex with lightweight concrete will be the good way to improve water proof property. So, this research aims to study the proportion of latex that is suitable for decreasing water absorption of cellular lightweight concrete. Samples were mixed with the ratio of cement : sand : water, 1 : 1 : 0.5 by weight and percentage of CLC foaming agent is 0.4408 by volume. All samples were divided into 5 types by latex-cement ratio (P/C) is 0, 0.05, 0.10, 0.15 and 0.20 by weight. Then samples were casted in mold 5 x 5 x 5 cm. All cured samples were tested to find compressive strength, water absorption, specific gravity and thermal conduction, by using ASTM standard. By results of study, latex can reduce the water absorption of CLC mixed with optimum quantity of latex. But CLC is mixed with latex over than optimum quantity, it will enhance its water absorption. The amount of latex in the sample is inversely proportional to density and compressive strength of CLC, but the heat conductivity is quite similar. The optimum ratio of latex to cement in this research is 0.05 by weight because it has properties of density, compressive strength, and thermal conductivity similar to no-latex CLC, P/C=0, lower water absorption and conforms to TIS 2601-2556.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ต้องกราบขอบพระคุณอาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ สำหรับความสำเร็จได้ด้วยดีของโครงงานพิเศษ ซึ่งท่านได้เสนอแนะและให้คำแนะนำ สำหรับแนวทางในการทำงานที่ถูกต้อง แนะนำแหล่งข้อมูล ให้การสนับสนุนในด้านวัสดุอุปกรณ์ รวมถึงการให้กำลังใจในการทำงาน จนโครงงานพิเศษได้สำเร็จลุล่วง และต้องกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ซึ่งให้เกียรติเป็นกรรมการสอบโครงการพิเศษนี้ คือ อาจารย์ชลิดา อู่ตะเภา และอาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ สำหรับคำแนะนำ ข้อคิดเห็น และข้อชี้แนะต่างๆที่ได้จากอาจารย์ทุกท่าน ซึ่งถือเป็นพระคุณอย่างสูง ในการแนะนำแนวทางในการปรับปรุงโครงงานพิเศษนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติงานทุกท่านซึ่งให้คำแนะนำในการทดสอบต่างๆ พี่พัด พี่ ป.โท ที่ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำงาน และให้คำปรึกษาที่ดีเสมอมา และเพื่อนๆที่ช่วยในการผสมคอนกรีต รวมทั้งคำติชมต่างๆ ซึ่งเป็นกำลังใจที่มีให้แก่นักศึกษาผู้จัดทำด้วยดีเสมอมาจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา และญาติพี่น้องซึ่งให้ความช่วยเหลืออันดีและเป็นกำลังใจ ในทุกสิ่งทุกอย่างด้วยดีเสมอมา

นางสาวกนกวรรณ อินทร์มณี
นางสาวมานิตา รื่นภาคธัม
นายยศดนัย ชัยยศ
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง		หน้า
	บทคัดย่อภาษาไทย		I
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
	กิตติกรรมประกาศ		III
	สารบัญ		IV
	สารบัญตาราง		VI
	สารบัญรูป		VIII
1	**บทนำ**		
	1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2	วัตถุประสงค์	2
	1.3	ขอบเขตการศึกษา	2
	1.4	วิธีการศึกษา	2
	1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	**วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**		
	2.1	คอนกรีตมวลเบา(Lightweight Concrete)	4
	2.2	ยางพารา	16
	2.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
3	**วิธีการดำเนินงานวิจัย**		
	3.1	วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	29
	3.2	การกำหนดอัตราส่วนผสม	30
	3.3	การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา	31
	3.4	การทดสอบชิ้นตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา	32
4	**ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล**		
	4.1	ผลการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยางพารา	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	เรื่อง		หน้า
5	**สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ**		
	5.1	สรุปผลการวิจัย	38
	5.2	การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา	38
	5.3	ปัญหาที่พบในงานวิจัย	39
	5.4	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	39
	เอกสารอ้างอิง		41
	ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก. ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น ของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ขนาด 5x5x5 cm		42
	ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด ของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ขนาด 5x5x5 cm		47
	ภาคผนวก ค. ผลการทดสอบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ ของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ขนาด 5x5x5 cm		51
	ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ขนาด 1x5x5 cm		53
	ประวัติผู้เขียน		54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	ขนาดคละของทรายที่ใช้ผสมคอนกรีต	12
2.2	ชนิดของคอนกรีตมวลเบา	14
2.3	ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกมวลเบา	15
2.4	อัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกมวลเบา	15
2.5	ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ	20
2.6	มูลค่าสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญ พ.ศ. 2552-2553	21
2.7	เปรียบเทียบสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพารา (P/C = 0.075) คอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบาที่จำหน่ายในท้องตลาด	27
3.1	อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบ	31
3.2	จำนวนก้อนตัวอย่างที่ทำการศึกษา	31
ก.1	แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 0%	42
ก.2	แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 5%	43
ก.3	แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 10%	44
ก.4	แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 15%	45
ก.5	แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 20%	46
ข.1	แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 0%	47
ข.2	แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 5%	48
ข.3	แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 10%	49
ข.4	แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 15%	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ข.5	แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 20%	50
ค.1	แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 0%, 5% และ 10%	51
ค.2	แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 15% และ 20%	52
ง.1	แสดงการนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 0%, 5%, 10%, 15% และ 20%	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1	การพัฒนากำลังของสารประกอบหลัก	8
2.2	กระบวนการผลิตแบบเปียกและแบบแห้ง	9
2.3	กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก	10
2.4	กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง	10
2.5	ขั้นตอนการก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางในคอนกรีต	18
2.6	โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ	19
3.1	น้ำยางพารา	29
3.2	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	29
3.3	มวลผสม	29
3.4	น้ำยาผลิตโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา (CLC)	30
3.5	น้ำประปา	30
3.6	การเตรียมเครื่องผลิตโฟมเหลว	31
3.7	การทดสอบหน่วยน้ำหนักของโฟมเหลว	32
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น (kg/m^3)	35
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด(ksc) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)	36
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)	37
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อน(เคลวิน) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)	37
5.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าการทดสอบหลังเติมน้ำยาง ในปริมาณต่างๆ กับค่าการทดสอบเมื่อไม่มีการเติมน้ำยาง	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจมากขึ้นในหลายสาขาและอสังหาริมทรัพย์เป็นสาขาหนึ่งที่มีการเติบโตอย่างมั่นคง แม้จะอยู่ในภาวะแวดล้อมที่ตลาดกำลังซื้อไม่ค่อยดีนักแต่เมื่อเทียบกับธุรกิจหรืออุตสาหกรรมสาขาอื่นจะพบว่าบริษัทอสังหาริมทรัพย์ก็เติบโตขึ้นมาเต็มที่แล้วไม่ต่างไปจากอุตสาหกรรมใหญ่อื่นๆเลย ไม่เพียงเท่านั้นอสังหาริมทรัพย์ยังเป็นธุรกิจที่ยังเห็นโอกาสเติบโตได้อีกมากมายทำให้ยักษ์ใหญ่จากธุรกิจอื่นๆ ต่างมุ่งมาสู่ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์

ปัจจุบันพบว่าอสังหาริมทรัพย์ ไม่ว่าจะเป็นคอนโด บ้านเดี่ยว หรือทาวน์เฮ้าส์ ล้วนต้องการความรวดเร็วและสะดวกในการก่อสร้างจึงมีความนิยมใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมากขึ้น คอนกรีตมวลเบาจึงเป็นวัสดุ หนึ่งที่มีประโยชน์และมีความสำคัญต่องานก่อสร้างเกือบทุกชนิด เนื่องจากน้ำหนักเบาขนาดใหญ่ สามารถทำงานได้เร็ว ทนทานต่อทุกสภาพอากาศ และมียังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนและกันเสียงรบกวนได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ทำให้คอนกรีตมีความพรุนและมีคุณสมบัติกันซึมน้ำไม่ดีเท่าที่ควร

ปัญหาสำหรับอาคารทั่วไปในเขตภูมิภาคที่มีฝนตกสม่ำเสมอทุกปี คือการรั่วซึมของน้ำฝนจากบริเวณดาดฟ้า ผนัง ระเบียงเข้าไปบริเวณภายใน หรือแม้กระทั่งปัญหาภายในห้องน้ำจะเกิดการซึมบริเวณที่โดนน้ำ อาจจะก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้อยู่อาศัยแล้ว บางครั้งยังทำความเสียหายให้กับสิ่งของต่าง ๆ ในอาคารด้วย

ในรอบทศวรรษที่ผ่านมาพบว่ามีการวิจัยและพัฒนาในเรื่องของวัสดุเพิ่มมากขึ้น มีการนำวัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมาปรับใช้ในด้านของวิศวกรรมการก่อสร้าง เช่น การใส่ผักตบชวาเพิ่มกำลังคอนกรีต เป็นต้น

ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง พบว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราเป็นอันดับหนึ่งของโลก นับตั้งแต่ พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา ซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละกว่า 400,000 ล้านบาท แต่การส่งออกยางพาราส่วนใหญ่อยู่ในรูปวัตถุดิบแปรรูปขั้นต้นซึ่งมีมูลราคาเพิ่มต่ำ เช่น ยาง แผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น ทำให้มีผลต่อการสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศและการยกระดับรายได้ของเกษตรกรไม่มากเท่าที่ควร และหากเรื่องนี้ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ก็จะส่งผลดีต่อประเทศและเกษตรกรชาวสวนยางพาราอย่างมหาศาล ดังนั้นยางพาราก็ยังคงเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นในการส่งเสริมอาชีพและมีโอกาสในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นแนวคิดในการนำน้ำยางพารา (Latex) ที่เป็นผลิตผลที่ได้จากท่อลำเลียงอาหารในส่วนเปลือกของต้นยางพารามาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตมวลเบาใช้ในงานกันซึมจะทำให้มีการใช้ประโยชน์ของยางพาราในประเทศมากขึ้น ในขณะเดียวกันยังทำให้ลดปัญหาเรื่องยางพาราราคาตกต่ำ ปัญหายางล้นตลาด ซึ่งอาจเกิดมากขึ้นในอนาคตเนื่องจากปัจจุบันการขยายเขตพื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นทั่วทุกภาคของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาหาสัดส่วนยางพาราที่เหมาะสมเพื่อลดอัตราการดูดซึมน้ำในคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์

1.3.2 หาสัดส่วนผสมคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสมโดยที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ น้ำยาผลิตโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา (CLC Foaming agent) และน้ำยางพารา

1.3.3 ใช้อัตราการเพิ่มน้ำยางพารา ในอัตราส่วนร้อยละ 0.0 , 5.0 , 10.0 , 15.0 และ 20.0 ของปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก แล้วหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำไปทดสอบหาค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของกรีตมวลเบา

1.3.4 ในแต่ละอัตราส่วนจะหล่อก้อนตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม. บ่มเป็นเวลา 7 วันและ 28 วัน แล้วนำมาทดสอบค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบา ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตมวลเบา และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบา

1.3.5 เลือกสัดส่วนผสมที่เหมะสมเพื่อนำมาหล่อเป็นบล็อกขนาด กว้างxยาวxหนา เท่ากับ 15x15x7.5 ซม. ทดสอบค่าเฉลี่ยการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา

1.4 วิธีการศึกษา

1.4.1 เตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1.4.1.1 เตรียมน้ำยางพาราโดยผสมสารรักษาสภาพน้ำยาง ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักยาง

1.4.1.2 เตรียมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมอก.15 เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ

1.4.1.3 เตรียมมวลผสม ได้แก่ ทรายบดละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.15 มม. หรือสามารถผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100

1.4.1.4 เตรียมน้ำยาผลิตโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา (CLC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.1.5 เตรียมน้ำประปา

1.4.2 การกำหนดอัตราส่วนผสม

ในการทำวิจัยจะมีการทดลองผสมคอนกรีตมวลเบาเพื่อเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในขั้นต้นแล้วนำอัตราส่วนนั้นมาทำการทดลองอย่างละเอียดในขั้นต่อไป

โดยใช้อัตราส่วน Sand : Cement : Water เท่ากับ 1 : 1 : 0.5 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วน Foaming Agent เท่ากับ 44.08 % โดยปริมาตร ในการทดลองจะแบ่งตัวอย่างออกเป็น 5 ชนิดตาม Latex cement ratio ดังนี้ 0, 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20

1.4.3 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา

1.4.3.1 การเตรียมน้ำยาโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา

1) เตรียมเครื่องผลิตโฟมเหลวโดยต่อเข้ากับเครื่องปั๊มลมให้เรียบร้อย

2) ผสมสารเพิ่มฟองกับน้ำในอัตราส่วน 1:25 ตามคำแนะนำของผู้ผลิต

3) ใส่สารที่ได้ลงในถังของเครื่องผลิตโฟมเหลว

4) เดินเครื่องผลิตโฟมเหลว โดยควบคุมแรงดันในถังให้คงที่

5) ทดสอบหน่วยน้ำหนักของโฟมเหลวก่อนนำไปใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา

1.4.3.2 การผสมคอนกรีตมวลเบา

1) เตรียมส่วนผสมโดยการชั่ง ตวง วัด ตามอัตราส่วนที่ต้องการ

2) ทำความสะอาดใบพายและหม้อของเครื่องมือผสมให้แห้ง

3) ใส่ส่วนผสมที่เตรียมไว้ลงหม้อผสมโดยเริ่มจากใส่ปูนและทราย ไปผสมให้เข้ากัน แล้วค่อยใส่น้ำแล้วตามด้วยยางพารา

4) ในแต่ละชนิดตาม Latex cement ratio จะจัดทำก้อนตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 cm ชนิดละ 12 ตัวอย่าง

1.4.4 การทดสอบชิ้นตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา

1.4.4.1 นำตัวอย่างทั้งหมดไปทำการบ่มชื้นเป็นเวลา 28 วัน แล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) ความหนาแน่น (Density)

2) อัตราการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

3) กำลังอัดประลัย (Compressive Strength)

4) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 พัฒนาคอนกรีตมวลเบาให้มีคุณสมบัติกันซึมน้ำได้ดีขึ้น

1.4.2 สามารถเพิ่มมูลค่าของยางพารา และกระตุ้นเศรษฐกิจทางการเกษตรของไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คอนกรีตมวลเบา (Lightweight Concrete)

2.1.1 นิยามของคอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบา คือผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับงานก่อสร้างผนังและพื้น ด้วยคุณสมบัติพิเศษที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นน้อยและมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงและกำลังอัดประลัยสูงกว่าอิฐมอญและคอนกรีตบล็อกทั่วไป 2-4 เท่า

2.1.2 คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบาต่างจากคอนกรีตทั่วไป ทั้งเรื่องส่วนผสมและสมบัติทางกายภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำการศึกษาว่าจะกำหนดแลออกแบบอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ และปริมาณโฟมมากน้อยเพียงใด โดยคุณสมบัติที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

2.1.2.1 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น (Density) คืออัตราส่วนระหว่างมวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบต่อปริมาตรของชิ้นทดสอบ ในการเลือกใช้คอนกรีตมวลเบาสำหรับก่อผนังแล้ว ส่วนใหญ่จะเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งต่ำจะทำให้น้ำหนักของโครงสร้างเบาลง แต่เมื่อคอนกรีตมวลเบามีความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งต่ำ ค่ากำลังรับแรงอัดก็จะต่ำลงด้วย (กฤษฎา สุทธิพันธ์, 2557)

2.1.2.2 อัตราการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

อัตราการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำสูงสุดที่คอนกรีตมวลเบาสามารถดูดซับได้ ต่อน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบาในสภาพแห้ง การเลือกใช้งานคอนกรีตมวลเบาสำหรับก่อผนังควรเลือกคอนกรีตมวลเบาที่มีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ เพราะถ้าหากคอนกรีตมวลเบามีอัตราการดูดซึมน้ำสูง เมื่อคอนกรีตมวลเบาได้รับความชื้นจากภายนอก คอนกรีตมวลเบาจะดูดซับความชื้นไว้ได้มาก ทำให้ความแข็งแรงของผนังลดต่ำลง การยืดหดตัวก็เปลี่ยนแปลงได้มากขึ้น และการเลือกใช้คอนกรีตมวลเบาสำหรับก่อสร้างผนังจำเป็นต้องฉาบผนังด้วยปูนฉาบให้เรียบเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของผนัง และลดสภาวะอากาศจากภายนอกที่มีผลต่อคอนกรีตมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งต่างจากอิฐดินเผาและคอนกรีตบล็อกที่สามารถก่อเปลือยผิวได้ (กฤษฎา สุทธิพันธ์, 2557)

2.1.2.3 กำลังรับแรงอัด (Compressive strength)

กำลังรับแรงอัด (compressive strength) คือความสามารถในการรับแรงกดต่อพื้นที่ในการรับแรงกดของชิ้นทดสอบ การทดสอบทำโดยการวัดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบแล้วกดให้ชิ้นทดสอบแตก ในการเลือกใช้คอนกรีตมวลเบาสำหรับก่อผนัง ยิ่งคอนกรีตมวลเบามีค่ากำลังรับแรงอัดสูง จะทำให้ผนังของอาคารมีความแข็งแรงขึ้น แต่โดยปกติเมื่อคอนกรีตมวลเบามีค่ากำลังรับแรงอัดสูง น้ำหนักของผนังก็จะสูงตามไปด้วย ดังนั้นการเลือกใช้งานควรเลือกให้เหมาะสมกับชนิดและตำแหน่งของผนัง เช่น ถ้าผนังภายนอกควรเลือกใช้คอนกรีตมวลเบาที่มีกำลังรับแรงอัดสูง ส่วนผนังกั้นห้องภายใน อาจเลือกคอนกรีตมวลเบาที่มีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำลงได้ (กฤษฎา สุทธิพันธ์, 2557)

2.1.2.4 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity)

สัมประสิทธิ์การนำความร้อนเป็นค่าที่แสดงถึงการนำความร้อนได้ดีหรือไม่จะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุแต่ละชนิด โดยทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า วัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึง อีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหนึ่งหน่วยความหนาในทิศทางที่มีความร้อนไหลผ่าน และหน่วยอุณหภูมิวัดเป็น W/m.K (นวรัตน์ นิธิสุวรรณรักษา, 2559)

2.1.3 ประเภทของคอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบามีหลายประเภทแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้และละกระบวนการผลิตที่ต่างกันจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาแตกต่างกัน คอนกรีตมวลเบาโดยทั่วไปอาจแบ่งตามความหนาแน่นได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1.3.1 คอนกรีตมวลเบาชนิดทำฉนวน (Insulating Lightweight Concrete)

คอนกรีตมวลเบาชนิดทำฉนวนมีความหนาแน่นตั้งแต่ 315-1,100 kg/m^3 และมีค่ากำลังรับแรงอัดที่การบ่มน้ำ 28 วัน ระหว่าง 7-70 kg/cm2

2.1.3.2 คอนกรีตมวลเบาชนิดใช้เป็นโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete)

คอนกรีตมวลเบาชนิดใช้เป็นโครงสร้างมีความหนาแน่น 1,400-1,800 kg/m^3 และมีค่ากำลังรับแรงอัดที่การบ่มน้ำ 28 วัน ไม่น้อยกว่า 170 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 คอนกรีตมวลเบาชนิดกึ่งเบา (Semi-Lightweight Concrete)

คอนกรีตมวลเบาชนิดกึ่งเบามีความหนาแน่น1,800-2,050 kg/m^3 และมีค่ากำลังรับแรงอัดที่การบ่มน้ำ 28 วัน ไม่น้อยกว่า 120 kg/cm^2

2.1.4 กระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบา

2.1.4.1 การผลิตแบบไม่ผ่านการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Non-autoclaved System)

การผลิตวิธีนี้เป็นการนำวัสดุที่เตรียมไว้มาร่อนด้วยตะแกรงคัดขนาดเพื่อแยกส่วนหยาบออก คลุกเคล้าส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำวัสดุแต่ละชนิดที่เตรียมไว้เทลงในเครื่องผสม คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดจากนั้นเติมน้ำลงไปคลุกเคล้าเป็นลำดับสุดท้าย คลุกเคล้าต่อไปกระทั่งส่วนผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียว นำวัสดุผสมไปอัดเป็นรูป ตามขนาดที่ต้องการหลังจากถอดแบบพิมพ์ให้ตากลมทิ้งไว้ประมาณ 3 วัน คอนกรีตมวลเบาที่ได้จะแห้งสนิท สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 ใช้วัสดุเบากว่ามาทดแทน เช่น เศษไม้ เถ้า ชานอ้อย เม็ดโฟม ทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่นน้อยลง แต่จะมีอายุการใช้งานสั้น เป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยหากเกิดอัคคีภัย

ประเภทที่ 2 ใช้สารเคมี(Circular Lightweight Concrete) เพื่อให้เนื้อคอนกรีตฟูและทิ้งให้แข็งตัว คอนกรีตประเภทนี้จะมีการหดตัวมากกว่าทำให้ปูนฉาบแตกร้าวได้ง่ายรับกำลังรับแรงอัดได้น้อย

2.1.4.2 การผลิตแบบผ่านการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (Autoclaved System)

การผลิตวิธีนี้ เป็นการนำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนขาว ผงอะลูมิเนียม ทราย ซีเมนต์ยิปซัม ผสมเข้ากันตามอัตราส่วนด้วยเครื่องผสม (Mixing) จากนั้นเทเข้าแม่พิมพ์ นำเข้าห้องบ่มเพื่อให้เกิด ปฏิกิริยาเป็นฟองอากาศและฟูขึ้นมา ซึ่งแบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1 Lime Base ใช้ปูนขาว ซึ่งควบคุมคุณภาพได้ยากมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต ทำให้คุณภาพคอนกรีตที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ มีการดูดซึมน้ำ (Adsorption) มากกว่า

ประเภทที่ 2 Cement Base ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเป็นระบบที่นอกจากจะช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพได้มาตรฐานสม่ำเสมอ แล้วยังช่วยให้เกิดการตกผลึกแคลเซียมซิลิเกตในเนื้อคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความแข็งแกร่งทนทานกว่าการผลิตในระบบอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ส่วนประกอบของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์

2.1.5.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์เป็นผลผลิตมาจากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่างๆ จนรวมตัวกันสุกพอดี

1) กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีในการผลิตปูนซีเมนต์ สามารถจำแนกออกเป็น 2 วิธี คือ กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (Wet Process) และกรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (Dry Process)

กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (Wet Process) เป็นกรรมวิธีในการผลิตปูนซีเมนต์โดยใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นสูงมาบดผสมกันในสภาพที่เปียกและเติมน้ำเพิ่มลงไปในอัตราส่วนที่พอเหมาะเพื่อช่วยในการบดผสม วัตถุดิบที่เตรียมเสร็จจะมีน้ำเป็นส่วนผสมประมาณ 35-50% ซึ่งอยู่ในรูป Slurry กรรมวิธีในการเผาจะใช้พลังงานความร้อนมากกว่าการผลิตแบบแห้งเพราะว่าต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งในการไล่ความชื้นใน Slurry ออกให้หมดก่อนที่จะเผาต่อเพื่อให้ได้ปูนเม็ดออกมา กรรมวิธีในการผลิตแบบเปียกถือได้ว่าเป็นวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ในสมัยก่อน ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากต้องใช้พลังงานมากในขบวนการผลิตปูนซีเมนต์

กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (Dry Process) เป็นกรรมวิธีในการผลิตซีเมนต์โดยใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นปกติ เช่น หินปูน (Limenstone), หินดินดาน (Shale), ดินลูกรัง (Laterite) และแร่เหล็ก (Iron Ore) มาบดผสมในสภาพที่แห้งและนำไปเข้าเตาเผาโดยเพิ่มอุณหภูมิจนถึงประมาณ 1450 ^{o}C หลังจากนั้นทำให้เย็นลงจะได้เป็นปูนเม็ด (Clinker) ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลมขนาดประมาณ 3-25 มม. หลังจากที่ได้เป็นปูนเม็ดแล้วนำไปบดในหม้อบดปูนซีเมนต์ (Cement Mill) โดยทำการบดปูนเม็ดร่วมกับยิปซัมบดจนได้ความละเอียดตามที่ต้องการ หลังจากนั้นก็นำปูนซีเมนต์ที่ได้ไปบรรจุเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป

2) องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั่วไปจะประกอบด้วยออกไซด์ 2 กลุ่มใหญ่ คือ

- ออกไซด์หลัก ได้แก่ CaO (60-67%), SiO_2 (17-25%), Al_2O_3 (3-8%) และ Fe_2O_3 (0.5-0.6%) ซึ่งรวมกันประมาณ 90%
- ออกไซด์รอง ได้แก่ MgO, TiO_2, Mn_2O_3, Na_2O, K_2O

3) สารประกอบหลักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

สารประกอบหลักเกิดจากการรวมตัวกันของออกไซด์หลักในการเผาปูนเม็ดซึ่งจะทำให้ได้สารประกอบหลัก ที่สำคัญ 4 ชนิด คือ

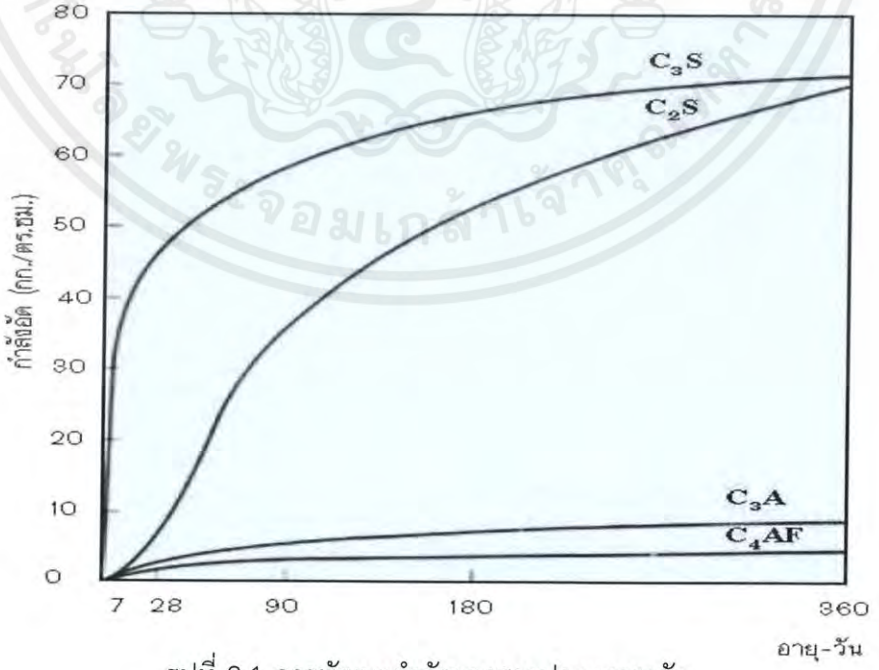
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) เมื่อผสมกับน้ำจะเกิดการแข็งตัวตัวภายใน 2-3 ชั่วโมง การเกิดปฏิกิริยาจะให้ความร้อนประมาณ 500 จูลต่อกรัม มีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มมากขึ้นมากในสัปดาห์แรก ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมี C_3S ประมาณ 50-70%

- ไดแคลเซียมซิลิเกต (C_2S) มีการแข็งตัวและให้กำลังช้ากว่า C_3S เมื่อผสมกับน้ำจะแข็งตัวและให้ความร้อนประมาณ 250 จูลต่อกรัม ซึ่งค่าความร้อนจากปฏิกิริยาที่มีค่าน้อยทำให้ปูนซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบของ C_2S มาก ช่วยลดการแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิลงได้ ส่วนค่ากำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นในระยะหลัง ซึ่งในระยะยาวแล้วกำลังที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับ C_3S ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมี C_2S ประมาณ 15-30%

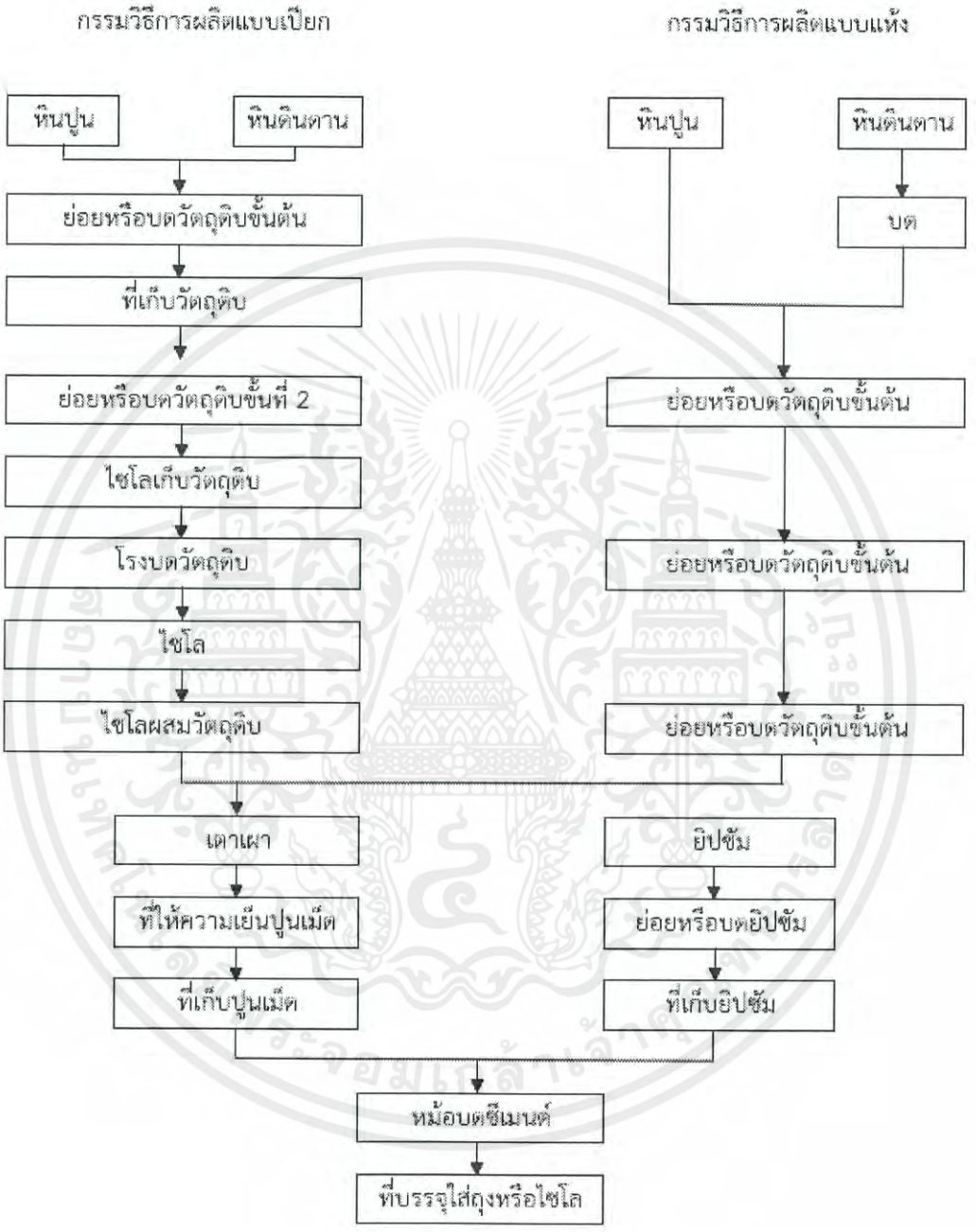
- ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต (C_3A) เป็นสารประกอบที่ทำปฏิกิริยากับน้ำทันทีก่อให้เกิด Flash Set และเกิดความร้อนสูงในช่วงแรก ให้ค่าความร้อนประมาณ 850 จูลต่อกรัม ซึ่งในขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ได้ทำการป้องกันการเกิด Flash Set โดยการเติมยิปซัม เพื่อหน่วงการก่อตัวอันเนื่องจากปฏิกิริยาของ C_3A อยู่ประมาณ 5-10% ซึ่งถ้าต้องการปูนซีเมนต์ที่สามารถทนทานต่อซัลเฟตได้ดี ควรเลือกใช้ปูนซีเมนต์ที่มีค่า C_3A ต่ำ

- เตตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรด์ (C_4AF) เป็นสารประกอบที่ได้จากวัตถุดิบที่มีสารประกอบแร่เหล็กและอะลูมิเนียม เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิของปูนเม็ดระหว่างกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ความร้อนที่เกิดประมาณ 420 จูลต่อกรัม มีผลทำให้ปูนซีเมนต์เป็นสีเทาซึ่งสำหรับปูนซีเมนต์ขาวจะมีสัดส่วนของ C_4AF อยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมี C_4AF ประมาณ 5-15%



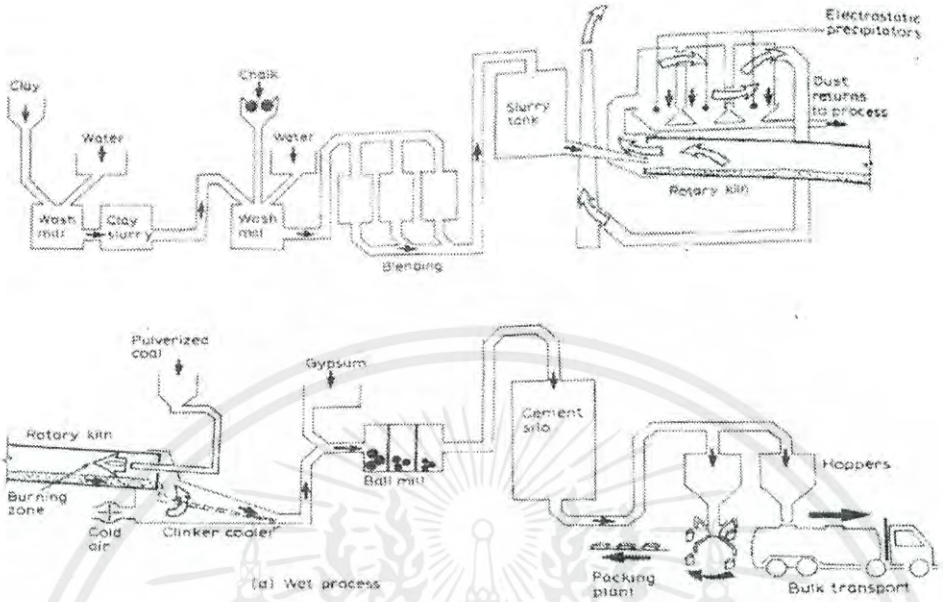
รูปที่ 2.1 การพัฒนากำลังของสารประกอบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

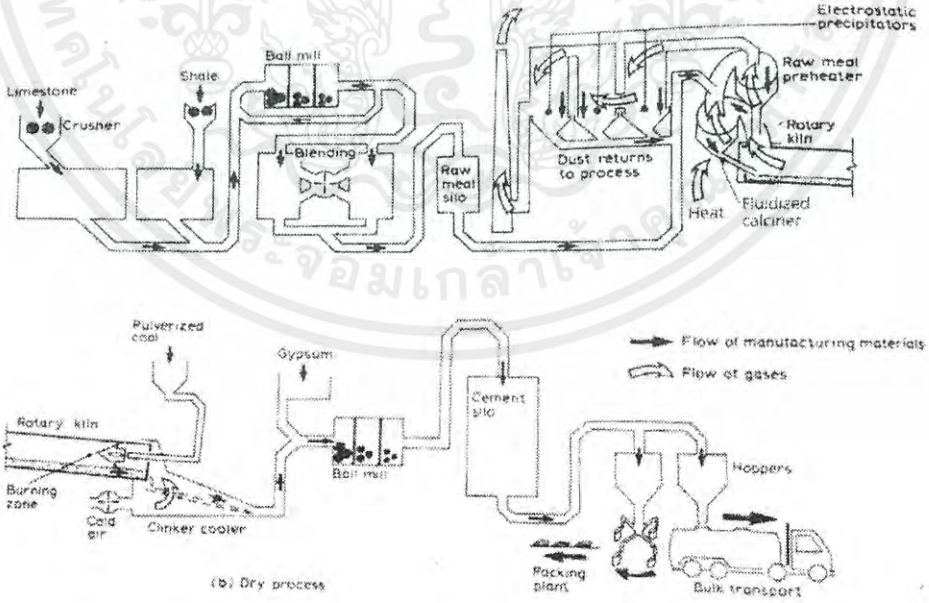


รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตแบบเปียกและแบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก



รูปที่ 2.4 กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ประเภทของซีเมนต์

ปัจจุบันซีเมนต์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทโดยถูกพัฒนามาเพื่อใช้งานภายใต้สภาพเงื่อนไขการทำงานที่ต่างกัน เช่น การเทคอนกรีตในปริมาณมากๆ ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันจะเกิดขึ้นมาก ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดรอยร้าวที่ผิวนอกอันเนื่องมาจากการขยายตัวได้ สำหรับการก่อสร้างบริเวณใกล้กับทะเลที่มีการกัดกร่อนของคลอไรด์จากน้ำทะเลทำให้เหล็กเสริมในคอนกรีตเป็นสนิมได้ง่าย และการก่อสร้างที่ต้องการกำลังคอนกรีตเร็วในระยะต้นนั้น ความต้องการต่างๆ เหล่านี้ถูกตอบสนองโดยการเลือกใช้ปูนซีเมนต์ให้ถูกกับประเภทของงาน เพื่อทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในงานก่อสร้าง ประเภทซีเมนต์ต่างๆ ที่ใช้กันในปัจจุบันคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) ส่วนใหญ่ใช้สำหรับงานโครงสร้างมาตรฐานปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ของไทย มอก.15 แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ใช้กันมากในงานคอนกรีต ประมาณได้ว่าร้อยละ 90 ของปูนซีเมนต์ที่ผลิตในสหรัฐอเมริกาเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 นี้ ใช้สำหรับงานโครงสร้างปกติงานทั่วไป เช่น เสา คาน ฐานรากอาคาร ถนน เป็นต้น ปูนซีเมนต์ประเภทนี้มีการพัฒนากำลังเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันที่อายุ 28 วัน มีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปฏิกิริยาไฮเดรชันที่สมบูรณ์ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ปูนซีเมนต์ตราอินทรีย์เพชร ปูนซีเมนต์ตราทีพีไอแดง เป็นต้น

ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่มีการดัดแปลงมาจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 คือมีการปรับให้ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันมีค่าลดแต่ก็ยังสูงกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำประเภทที่ 4 โดยที่กำลังมีค่าใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ในปัจจุบันไม่ได้ใช้ในเมืองไทย

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว (Rapid Hardening Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังสูงในระยะแรก ให้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันสูงเพราะมีปริมาณ C_3S มากที่สุดในประเภทต่างๆ ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เหมาะสำหรับงานที่ต้องการใช้งานเร็ว เช่น งานซ่อมแซม หรืองานที่ต้องการถอดแบบเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต เสาไฟฟ้าคอนกรีต ผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ที่ผลิตในประเทศไทยปัจจุบันส่วนใหญ่มีองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์เหมือนกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แต่มีค่าความละเอียดของปูนซีเมนต์ที่สูงกว่า ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดขึ้นได้เร็วและให้กำลังสูงในระยะต้น ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างรับกำลังอัดเร็ว ปูนซีเมนต์ตราอินทรีย์ดำ ปูนซีเมนต์ตราทีพีไอดำ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ (Low Heat Portland Cement) ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้ความร้อนจากปฏิกิริไฮเดรชันที่ต่ำมาก เพราะมีปริมาณของ C_3S ต่ำ คือโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 แต่จะมี C_2S ค่อนข้างสูง โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 50 ถึง 60 ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับใช้งานในการก่อสร้างคอนกรีตหลา เช่น เขื่อนคอนกรีตหรือตอม่อขนาดใหญ่ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ไม่มีจำหน่ายในท้องตลาดเมืองไทยต้องสั่งโดยตรงจากผู้ผลิต

ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต (Sulfate Resisting Portland Cement) เป็นปูนซีเมนต์ที่ต้านทานซัลเฟตสูง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะมีปริมาณของ C_3A ต่ำมากโดยทั่วไปไม่เกินร้อยละ 5 เพราะ C_3A จะทำให้เกิดการรวมตัวกับซัลเฟตได้ง่าย ดังนั้นเมื่อ C_3A มีปริมาณน้อยจึงมีการทำปฏิกิริยากับซัลเฟตได้น้อยหรือไม่ได้เลย ทำให้การกัดกร่อนเนื่องจากสารละลายซัลเฟตลดลง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้จึงเหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่สร้างอยู่ในที่มีเกลือหรือสารละลายซัลเฟต เช่น โครงสร้างในทะเล ริมทะเล ท่าเรือ หรือบริเวณที่มีดินเค็ม ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้างทนซัลเฟตสูง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อินทรีย์ฟ้า ปูนซีเมนต์ตราทีพีไอสีฟ้า เป็นต้น

2.1.5.2 มวลรวมละเอียด

มวลรวมละเอียด หมายถึงทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.75 มิลลิเมตร (ผ่านตะแกรงเบอร์ 4) ทรายเป็นวัสดุของเศษหิน เศษแร่ขนาดเล็ก มีลักษณะร่วนซุยไม่เกาะกัน เกิดจากกระบวนการผุพังสลายตัวทางธรรมชาติทั้งจากปฏิกิริยาทางเคมีและทางกายภาพของหินต้นกำเนิด (หินอัคนี, หินตะกอนหรือหินชั้น และหินแปร) โดยทั่วไปเม็ดทรายมีขนาดระหว่าง 1/16 ถึง 2 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.1 ขนาดคละของทรายที่ใช้ผสมคอนกรีต

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	ร้อยละของวัสดุมวลที่ผ่านตะแกรง
9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)	100
4.74 มิลลิเมตร (เบอร์ 4)	95-100
2.36 มิลลิเมตร (เบอร์ 8)	80-100
1.18 มิลลิเมตร (เบอร์ 16)	50-85
0.60 มิลลิเมตร (เบอร์ 30)	25-60
0.30 มิลลิเมตร (เบอร์ 50)	5-30
0.15 มิลลิเมตร (เบอร์ 100)	0-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายเป็นทรัพยากรธรณีประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญ มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น ใช้เป็นมวลรวมหรือวัสดุผสมปูนซีเมนต์ และเป็นวัสดุในการปรับถมสภาพพื้นที่ เป็นต้น แหล่งทรายในประเทศส่วนใหญ่เป็นทรายที่ได้มาจากแม่น้ำและที่ราบลำน้ำเก่า เรียกว่า "ทรายน้ำจืด" มากกว่าทรายที่ได้จากชายฝั่งและในทะเล ซึ่งเป็นทรายที่เรียกกันว่า "ทรายทะเล" ทรายทั่วไปที่ใช้ผลิตคอนกรีตส่วนใหญ่เป็นชนิดทรายน้ำจืด คือทรายแม่น้ำ และทรายบก

2.1.5.3 น้ำยาผลิตโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์

น้ำยาผลิตโฟมเป็นส่วนหนึ่งของการปรับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์คอนกรีตระบบเซลลูล่าร์ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ เช่นการนำไปผลิตเป็นอิฐมวลเบา, กำแพงมวลเบา, ผนังมวลเบา, การเทหล่อกับที่ ซึ่งโฟมที่ได้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ฟองโฟมมั่นคง ให้ประสิทธิภาพดีเยี่ยมในการต้านทานความร้อน โดยน้ำยาผลิตโฟมดังกล่าวประกอบด้วยสารเคมี ดังนี้

- สารลดความตึงผิวของน้ำ
- สารกระจายตัวของปูน
- สารพลาสติกเคลือบผิวฟอง
- สารปั๊มเป่าพ่นคอนกรีต
- สารปรับสภาพฟองละเอียด
- สารกันคอนกรีตหดและขยายตัว

2.1.5.4 น้ำ

น้ำถือว่าเป็นส่วนสำคัญในงานคอนกรีต นอกจากการที่ใช้ในการผสมคอนกรีตแล้วยังใช้ในการบ่มคอนกรีต เป็นต้น โดยทั่วไปหน้าที่หน้าที่หลักๆ ที่จะใช้ในการทำคอนกรีตมี 3 อย่างด้วยกัน

- ใช้ผสมในการทำคอนกรีต
- ใช้บ่มคอนกรีตให้มีกำลังเพิ่ม
- ใช้ล้างมวลรวมที่สกปรก

การเลือกน้ำที่จะนำมาผสมคอนกรีตต้องแน่ใจว่าเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี เพราะว่าคุณภาพของน้ำที่นำมาผสมคอนกรีตจะส่งผลถึงคุณภาพของคอนกรีตที่ได้ เช่น การหดตัวของคอนกรีต ระยะเวลาในการก่อตัว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติของน้ำก่อนหน้าที่หลักของน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

- ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์
- ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้
- เคลือบหิน ทราย ให้เปียก เพื่อให้ซีเมนต์เพสต์สามารถเข้าเกาะได้

2.1.6 มาตรฐานของของกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์

สำหรับประเทศไทย ได้มีการประกาศกฎกระทรวงอุตสาหกรรมเกี่ยวกับคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก.2601-2556 ในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้คอนกรีตมวลเบาที่มีคุณลักษณะผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2601-2556ด้วยคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1) ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง ตามตารางที่ 2.1

2) กำลังรับแรงอัด ตามตารางที่ 2.2

3) อัตราการดูดซึมน้ำ ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 ชนิดของคอนกรีตมวลเบา

ชนิด	ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งเฉลี่ย (kg/m^3)
C6	501 ถึง 600
C7	601 ถึง 700
C8	701 ถึง 800
C9	801 ถึง 900
C10	901 ถึง 1000
C12	1001 ถึง 1200
C14	1201 ถึง 1400
C16	1401 ถึง 1600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกมวลเบา

ชนิด	กำลังรับแรงอัด ไม่น้อยกว่า MPa (kg/cm^2)
C6	2.0 (20.4)
C7	
C8	
C9	2.5 (25.5)
C10	
C12	
C14	5.0 (51.0)
C16	

ตารางที่ 2.4 อัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกมวลเบา

ชนิด	อัตราการดูดซึมน้ำ ไม่มากกว่า % (เศษส่วนโดยมวล)
C6	25
C7	
C8	
C9	23
C10	
C12	
C14	20
C16	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ยางพารา

ยางพารามีข้อมูลทางพฤกษศาสตร์ ดังต่อไปนี้

ชื่อวิทยาศาสตร์	Hevea brasiliensis Muell. Arg.
ชื่อวงศ์	Euphorbiacea
จีนัส	Hevea
สปีชีส์	brasiliensis
ชื่อสามัญ	para rubber
ชื่อไทย	ยางพารา

2.2.1 ประวัติยางพารา

ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางและอเมริกาใต้เรียกต้นไม้ที่ให้ยางว่า คาอุท์ชุค (Caoutchouc) แปลว่า ต้นไม้ร้องไห้ จนถึงสมัยที่โลกได้มีการปลูกยางกันมากในประเทศแถบอเมริกาใต้นั้นจึงได้ค้นพบว่าพันธุ์ยางที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ Hevea brasiliensis ซึ่งมีคุณภาพดีกว่ายาง Hevea sp. ธรรมดามาก จึงมีการปลูกและซื้อขายยางพันธุ์ดังกล่าวมาก และศูนย์กลางของการซื้อขายยางก็อยู่ที่เมืองท่าชื่อ พารา (Para) บนฝั่งแม่น้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ด้วยเหตุดังกล่าวยาง Hevea brasiliensis จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ยางพารา (Para Rubber) และเป็นชื่อที่ใช้เรียกกันแพร่หลายจนถึงทุกวันนี้ ยางมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่างที่มีความสำคัญต่อมนุษย์คือ มีความยืดหยุ่น (Elastic) กันน้ำได้ เป็นฉนวนกันไฟได้ เก็บและพองลมได้ดี เป็นต้น ดังนั้นมนุษย์จึงยังจะต้องพึ่งยางต่อไปอีกยาวนาน แม้ในปัจจุบันมนุษย์สามารถผลิตยางเทียมได้แล้วก็ตาม แต่คุณสมบัติบางอย่างของยางเทียมก็ไม่สามารถเปรียบเทียบกับยางธรรมชาติไม่ได้

โลกเพิ่งจะมีโอกาสรู้จักและใช้ประโยชน์จากยางพาราเมื่อประมาณปลายคริสต์ศตวรรษที่ 15 ในขณะที่คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส ผู้ค้นพบโลกใหม่เดินทางไปอเมริกาในครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2036 (ค.ศ.1493) ก็พบว่ามีชาวพื้นเมืองบางเผ่าทั้งในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ได้รู้จักและใช้ประโยชน์จากยางพารากันบ้างแล้ว เช่น ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางที่ทำรองเท้าจากยางพาราโดยการใช้มีดฟันต้นยางพาราแล้วรองน้ำยางใส่ภาชนะ หลังจากนั้นจึงเอาเท้าจุ่มลงไปในน้ำยางหรือเอาเท้าวางไว้บนภาชนะแล้วเทน้ำยางราดลงบนเท้าก็จะได้รองเท้าที่เข้ากับเท้าพอดี หรือบางเผ่าในอเมริกาใต้ทำเสื้อกันฝนและผ้ากันน้ำจากยาง หรือเผ่ามายันในอเมริกาใต้ที่ทำลูกบอลด้วยยางแล้วนำมาเล่นโดยการให้กระเด้งขึ้นลงเพื่อเป็นการสักการะเทพเจ้า จึงทำให้คริสโตเฟอร์ โคลัมบัสและคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความแปลกใจเป็นอันมากและคิดกันไปว่าในลูกกลมๆ ที่เด้งได้นั้นต้องมีตัวอะไรอยู่ข้างในเป็นแน่ หลังจากนั้นเมื่อคริสโตเฟอร์ โคลัมบัสเดินทางกลับยุโรปก็ได้นำวัตถุประหลาดนั้นกลับไปด้วย จึงถือได้ว่าคริสโตเฟอร์ โคลัมบัส จึงเป็นชาวยุโรปคนแรกที่ได้มีโอกาสสัมผัสยางและนำยางเข้าไปเผยแพร่ในยุโรป

การส่งยางเข้ามาในยุโรปในระยะแรกนั้นต้องใช้เวลานานมาก จึงทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน ดังนั้นยางที่เข้ามาในยุโรปสมัยแรกๆ จึงเป็นยางที่ผลิตเป็นสินค้าแล้วเนื่องจากมนุษย์ยังไม่รู้จักวิธีที่จะทำให้ยางที่จับตัวกันเป็นก้อนแล้วเปลี่ยนสภาพมาเป็นน้ำยางก่อนทำเป็นรูปทรงที่ต้องการได้อย่างไร การผลิตยางจึงต้องทำทันทีหลังจากได้น้ำยางมาก่อนที่ยางจะจับตัวกันเป็นก้อน ประเทศในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ เช่น ประเทศเม็กซิโก ก็มีหลักฐานว่าได้มีการใช้ประโยชน์จากยางกันบ้างแล้ว แต่เป็นการผลิตอย่างง่ายๆ เช่น ทำผ้ายางกันน้ำ ลูกบอล และเสื้อกันฝน เป็นต้น

ต้นยางพาราเข้ามาปลูกในประเทศไทยตั้งแต่สมัยที่ยังใช้ชื่อว่า "สยาม" ประมาณกันว่าควรเป็นหลัง พ.ศ. 2425 ซึ่งช่วงนั้นได้มีการขยายเมล็ดกล้ายางพารา จากพันธุ์ 22 ต้นนำไปปลูกในประเทศต่างๆ ของทวีปเอเชีย และมีหลักฐานเด่นชัดว่า เมื่อปี พ.ศ. 2442 พระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) ได้นำต้นยางพาราต้นแรกของประเทศมาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง จึงได้รับเกียรติว่าเป็น "บิดาแห่งยาง" จากนั้นพระยารัษฎา-นุประดิษฐ์ ได้ส่งคนไปเรียนวิธีปลูกยางพาราเพื่อมาสอนประชาชนพร้อมนำพันธุ์ยางพาราไปแจกจ่าย และส่งเสริมให้ราษฎรปลูกทั่วไป ซึ่งในยุคนั้นอาจกล่าวได้ว่า เป็นยุคตื่นยางพาราและชาวบ้านเรียกยางพารานี้ว่า “ยางเทศา” ต่อมาราษฎรได้นำเข้ามาปลูกเป็นสวนยางพารามากขึ้น และได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราไปในจังหวัดภาคใต้รวม 14 จังหวัด ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไปถึงจังหวัดที่ติดชายแดนประเทศมาเลเซีย การพัฒนาอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศได้เจริญรุดหน้าเรื่อยมาจนทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกยางพาราได้มากที่สุดในโลก

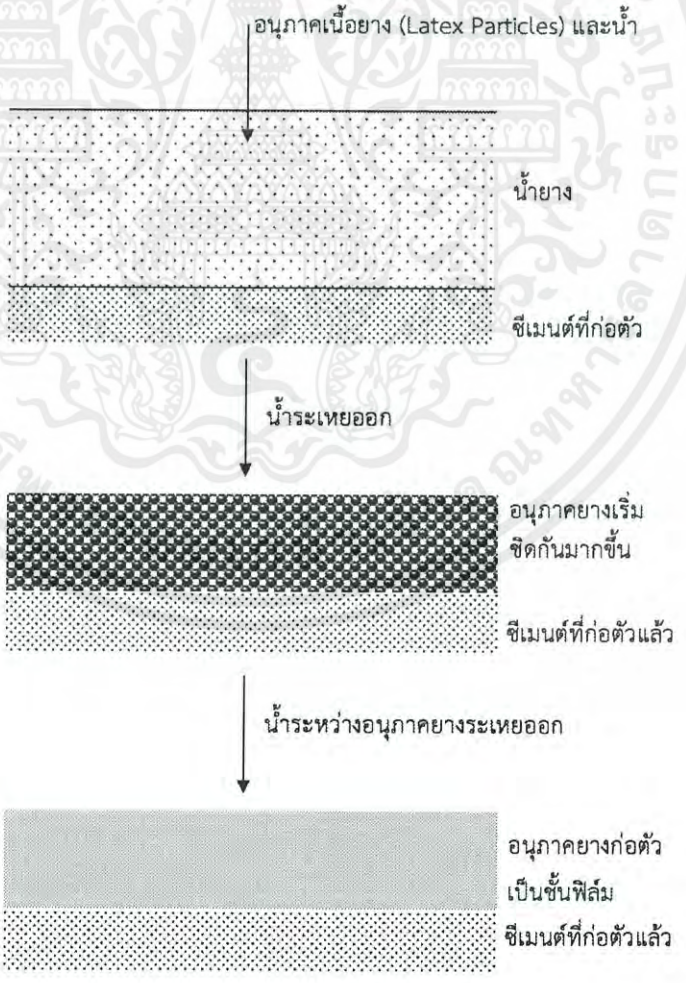
ในปี พ.ศ. 2444 พระสถลสถานพิทักษ์ ได้นำกล้ายางพารามาจากประเทศอินโดเซีย โดยปลูกไว้ที่บริเวณหน้าบ้านพักที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ซึ่งปัจจุบันนี้ยังเหลือให้เห็นเป็นหลักฐานเพียงต้นเดียวอยู่บริเวณหน้าสหกรณ์การเกษตรกันตัง และจากยางรุ่นแรกนี้ พระสถลสถานพิทักษ์ได้ขยายเนื้อที่ปลูกออกไป จนมีเนื้อที่ปลูกประมาณ 45 ไร่ นับได้ว่า พระสถลสถานพิทักษ์คือผู้เป็นเจ้าของสวนยางคนแรกของประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 กลไกการทำงานของน้ำยางในคอนกรีต

จากการศึกษา ใน ค.ศ. 1987 โดย Ohama ได้มีการอธิบายการก่อตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางว่า น้ำยางที่ใช้ผสมจะอยู่ในรูปของสารแขวนลอย (Emulsion) โดยอนุภาคของ Polymer จะแขวนลอยอยู่ในน้ำยางเหลว ซึ่งเมื่อผสมน้ำยางเข้ากับคอนกรีต จะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น 2 ส่วน คือ

1.ปฏิกิริยา Hydration จากซีเมนต์ผสมกับน้ำ และ 2.ปฏิกิริยาการก่อตัวเป็นฟิล์ม ที่เกิดจากอนุภาค Polymer มารวมตัวกันซึ่งการก่อตัวของชั้นฟิล์มนี้ จะเกิดขึ้นในช่วงใดนั้น ขึ้นอยู่กับการระเหยออกไปของน้ำในเนื้อคอนกรีต กล่าวคือ ถ้าน้ำระเหยออกไปเร็วชั้นฟิล์มนี้จะเกิดก่อนปฏิกิริยา Hydration ได้ ทั้งนี้ ผลจากทั้ง 2 ปฏิกิริยาดังกล่าว จะเกิดขึ้นปะปนกัน เสมือนเป็นเนื้อเดียวกันซึ่งจะทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานหรือตัวยึดระหว่างมวลรวมละเอียด (ทราย) และมวลรวมหยาบ (หิน) เข้าด้วยกันเป็นคอนกรีต (รูปที่2.1 แสดงขั้นตอนการก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางในคอนกรีต)



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการก่อตัวของชั้นฟิล์มจากน้ำยางในคอนกรีต

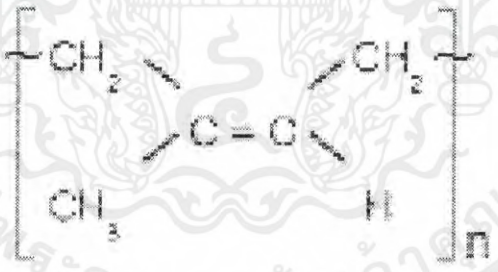
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 สมบัติของน้ำยางพารา

2.2.3.1 สมบัติทั่วไปของน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางที่กรีดเสร็จใหม่ หรือน้ำยางสด จะมีลักษณะเป็นสารแขวนลอย อนุภาคยางมีรูปร่างกลม หรือรูปลูกแพร์ มีขนาด 0.05–5.00 ไมครอน มีความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร มีค่าความเป็นกรด/ด่าง ประมาณ 6.5-7.0 ความหนาประมาณ 12-15 centipoise อย่างไรก็ตาม ค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ และฤดูกาล (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2546)

ในทางเคมี ยางธรรมชาติ จัดเป็นสารประกอบในกลุ่มพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วย หน่วยย่อยชนิดเดียวที่ซ้ำๆ กัน เป็นจำนวนมาก มีสมบัติที่สำคัญ คือความยืดหยุ่น โครงสร้างทางเคมีของหน่วยย่อยของยางธรรมชาติประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม C_5H_8 เรียกชื่อทางเคมี “ไอโซพรีน” (รูปที่2.2 แสดงโครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ) หน่วยย่อยดังกล่าวเมื่อเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุล จะเรียงตัวกันในแบบ cis-configuration เรียกชื่อโมเลกุลยางว่าเป็น “cis-1, 4-polyisoprene” มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณหนึ่งล้าน พืชที่ให้น้ำยางสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงการค้าในรูปน้ำยาง คือ ยางพารา และยางวายยูเล่ แต่ที่ใช้ประโยชน์เชิงการค้ามากที่สุด คือ ยางพารา (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, ม.ป.ป.)



รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ

2.2.3.2 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติ มีส่วนประกอบต่างๆ ดังตารางที่ 2.1 (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2546) ซึ่งจะเห็นว่าส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมด จะมากกว่าเนื้อยางแห้งประมาณ 3% ซึ่งไม่ต่างกันมาก และสำหรับน้ำในส่วนประกอบจะมีประมาณ 60% โดยน้ำในส่วนนี้จะต้องเป็นตัวแปรในการคำนวณส่วนผสมของคอนกรีตร่วมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.5 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ (เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, 2546)

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
ส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมด	27-48
เนื้อยางแห้ง	25-45
สารกลุ่มโปรตีน	1.0-1.5
สารกลุ่มเรซิน	1.00-1.25
ขี้เถ้า	สูงถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ	ส่วนที่เหลือทั้งหมด
รวม	100

2.2.4 ความสำคัญของยางพารา

ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง พบว่ามีเกษตรกรตลอดจนผู้ที่ทำธุรกิจเกี่ยวข้องกับยางพาราประมาณ 1 ล้านครอบครัว จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ล้านคน ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราเป็นอันดับ 1 ของโลก นับตั้งแต่ พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา โดยใน พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีการผลิตยางพารา จำนวน 3.16 ล้านตัน มีการส่งออก จำนวน 2.73 ล้านตัน (ร้อยละ 86 ของผลผลิตทั้งหมด) ผลิตเพื่อใช้ในประเทศ จำนวน 399,415 ตัน (ร้อยละ 12 ของผลผลิตทั้งหมด) ซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละกว่า 400,000 ล้านบาท แต่การส่งออกยางพาราส่วนใหญ่อยู่ในรูปวัตถุดิบแปรรูปขั้นต้น ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มต่ำ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น ทำให้มีผลต่อการสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศและการยกระดับรายได้ของเกษตรกรไม่มากเท่าที่ควร และหากเรื่องนี้ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นก็จะส่งผลดีต่อประเทศและเกษตรกรชาวสวนยางพาราอย่างมหาศาล ดังนั้นยางพาราก็ยังคงเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นในการส่งเสริมอาชีพและมีโอกาสในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคใต้และของประเทศไทย โดยเฉพาะน้ำยาง (Latex) ซึ่งเป็นผลิตผลที่ได้จากท่อลำเลียงอาหารในส่วนเปลือกของต้นยางพารา สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่างๆ สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภทตั้งแต่อุตสาหกรรมหนัก เช่น การผลิตยางรถยนต์ ไปจนถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในครัวเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำยางที่ได้จากต้นยางพารามีคุณสมบัติบางอย่างที่ยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) ไม่สามารถทำให้เหมือนได้ ดังนั้นยางพาราจึงมีความสำคัญต่อประเทศไทยด้านต่างๆ ดังนี้

1. ความสำคัญทางเศรษฐกิจยางพารามีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยใน 3 ด้าน คือ

1.1 การฟื้นฟูเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากยางพาราเป็นพืชทำรายได้ให้กับประเทศเป็น จำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2553 มีมูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติจำนวน 94,508 ล้านบาท (เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553) ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 91.45 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันในปี พ.ศ. 2552 โดยมีมูลค่าการส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ

ตารางที่ 2.6 มูลค่าสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญ พ.ศ. 2552-2553

รายการสินค้า	2552	2552 (ม.ค. - พ.ค.)	2553 (ม.ค. - พ.ค.)	อัตราการเพิ่ม/ลด (%)
1. ข้าวและผลิตภัณฑ์	183,422	71,772	70,596	-1.64
2. ยางธรรมชาติ	146,264	49,365	94,508	91.45
3. น้ำตาลและผลิตภัณฑ์	68,748	27,282	47,526	74.20
4. ปลาและผลิตภัณฑ์	97,585	38,817	38,999	0.47
5. มันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์	51,641	15,843	33,880	113.84
6. กุ้งและผลิตภัณฑ์	94,149	30,278	33,785	11.58
7. ผลไม้และผลิตภัณฑ์	60,757	23,765	26,393	11.05
8. ไม้และผลิตภัณฑ์	41,549	14,791	20,272	37.05
9. ไก่แปรรูป	47,456	19,069	18,459	-3.20
10. ผักและผลิตภัณฑ์	19,483	8,058	8,329	3.36

1.2 การกระจายรายได้ของเกษตรกรที่ประกอบอาชีพทำสวนยางพาราจำนวนมากกว่า 6 ล้านคนทั่วประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เกษตรกรมีรายได้ที่แน่นอนและมีจำนวนเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากสถิติยางพาราตั้งแต่ปี พ.ศ. 2509 ซึ่งผลผลิตเฉลี่ย 60 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เมื่อมีการปลูกทดแทนด้วยยางพันธุ์ดี จนถึงปัจจุบันในปี พ.ศ. 2552 มีการผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นถึง 276 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ทำให้เกษตรกรชาวสวนยางพารามีรายได้จากการทำสวนยางพาราเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยางพารายังเป็นพืชที่ปลูกแล้วส่งผลให้มีรายได้สม่ำเสมอเกือบตลอดทั้งปี ราคาผันผวนไม่มากนัก จึงสร้างรายได้ที่แน่นอนให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกยางมากกว่าปลูกพืชชนิดอื่นๆ

2. ความสำคัญทางสังคม

ยางพาราเป็นพืชที่ทำให้เกิดการสร้างงานและอาชีพในชนบท จึงสามารถช่วยลดและแก้ปัญหาการเคลื่อนย้ายของแรงงานจากชนบทสู่สังคมเมือง และส่งผลให้เกิดความเข้มแข็งของชุมชนให้ครอบครัวมีความอบอุ่นมากขึ้น

3. การรักษาสภาพแวดล้อม

ยางพาราเป็นพืชที่ทีอายุมากกว่า 20 ปี มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศมากกว่า 12.3 ล้านไร่ กระจายอยู่ทุกจังหวัดในภาคใต้ ยางพาราจึงเป็นพืชทดแทนป่าไม้ที่มีจำนวนลดลง และเป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวของประเทศให้มีมากขึ้น อีกทั้งภายในสวนยางพารายังมีพืชชนิดอื่นๆ ที่สามารถปลูกร่วมได้ จึงทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพมากขึ้น รวมทั้งเป็นที่อาศัยของสัตว์ต่างๆ ตามธรรมชาติ

4. อุตสาหกรรมไม้ยางพารา

อุตสาหกรรมไม้ยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นอนาคตของประเทศไทย เนื่องจากประเทศต่างๆ เกือบทั่วโลกมีการปิดป่าทำให้เกิดการขาดแคลนไม้ในการบริโภค จึงส่งผลให้ไม้ยางพาราเป็นที่ต้องการมากขึ้น นอกจากจะทำรายได้ให้เกษตรกรชาวสวนยางทางหนึ่งแล้วยังทำให้เกิดรายได้เข้าประเทศมากขึ้นจากการส่งออกผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพารา และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปีด้วย โดยในเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ประเทศไทยส่งออกไม้ยางพาราและเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพาราคิดเป็นมูลค่า 1,454.80 ล้านบาท

5. อุตสาหกรรมยางพารา

ผลผลิตของยางพารายังสามารถพัฒนาต่อไปในอนาคตได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยางพาราหลายประเภทได้นำมาใช้ในชีวิตประจำวันของคนทั่วโลก เช่น ยางรถยนต์ และเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น เขื่อนยาง หรือใช้ยางพาราทำถนน ก็จะทำให้มีการใช้ยางพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ยางพารามีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นโอกาสในการพัฒนาของประเทศไทยในฐานะผู้ผลิตยางพารามากเป็นอันดับหนึ่งของโลกด้วย

6. อุตสาหกรรมถุงมือยาง

อุตสาหกรรมถุงมือยางจะมีการขยายตัวได้ดีจากความต้องการถุงมือยางในตลาดโลกที่มีอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากกระแสความวิตกกังวลต่อการรักษาสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค แม้ว่าช่วงต้นปี พ.ศ. 2553 ผู้ประกอบการผลิตถุงมือยางจะได้รับผลกระทบจากการที่ราคาน้ำยางข้นซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักปรับตัวสูงและขาดแคลน แต่มีการคาดว่าสถานการณ์ดังกล่าวจะดีขึ้นในช่วงระยะเวลาเมื่อเข้าสู่ฤดูกรีดยางพาราใหม่ โดยปริมาณส่งออกถุงมือยางในเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ทั้งประเทศ มีจำนวน 955.7 ล้านคู่ คิดเป็นมูลค่า 2,274.9 ล้านบาท

2.2.5 การใช้ประโยชน์และแปรรูป

ยางพาราเป็นพืชยืนต้นใช้เวลาในการปลูกนานถึง 6 ปี จึงจะสามารถกรีดน้ำยางได้ปกติ ผลผลิตยางพาราจะออกสู่ตลาดเกือบทั้งปี โดยจะออกสู่ตลาดมากในช่วงปลายปีต่อเนื่องจนถึงต้นปี เนื่องจากเป็นช่วงปลายฤดูฝน ดินมีความชุ่มชื้น หลังจากนั้นผลผลิตจะลดลงในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนที่ต้นยางผลัดใบจะได้น้ำยางน้อยกว่าปกติ เนื่องจากสภาพอากาศก่อให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของต้นยาง ชาวสวนจึงหยุดกรีดยางและผลผลิตจะกลับมาเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน จนกระทั่งในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน การกรีดยางก็จะทำให้ยากลำบาก ประกอบกับน้ำฝนทำให้น้ำยางที่ได้มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นชาวสวนยางจึงไม่นิยมกรีดยางในช่วงดังกล่าว ดังนั้นในปีหนึ่งๆ ชาวสวนจะกรีดยางได้เฉลี่ยประมาณ 120-180 วัน

น้ำยางที่กรีดได้ประมาณร้อยละ 90 ถูกผลิตเป็นยางแผ่นดิบ เพื่อนำไปแปรรูปเป็นยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครฟ และที่เหลือร้อยละ 10 จะถูกนำไปแปรรูปเป็นน้ำยางข้น (อมรรัตน์, 2551) ซึ่งอุตสาหกรรมการแปรรูปยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศและภาคใต้เป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการจ้างงานและการสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมาก โดยอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปขั้นต้นที่นำเอายางพาราสดมาแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางพาราต่อไป อุตสาหกรรมแปรรูป แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ (อมรรัตน์, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ยางแห้ง ได้แก่ ย่างแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางเครพ ยางแผ่นผึ่งแห้ง และยางสกิม

2) ยางน้ำ ได้แก่ น้ำยางข้น หรือยางลาเท็กซ์

ประเทศไทยมีความได้เปรียบด้านอุตสาหกรรมยาง เนื่องจากเป็นประเทศผู้ผลิตยางอันดับหนึ่งของโลกจึงมีโอกาสและความเป็นไปได้ในการพัฒนาประเทศให้เป็นศูนย์กลางการผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปเบื้องต้นให้มีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้ได้ รวมทั้งพัฒนาการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางในชั้นปลาย ทั้งนี้หน่วยงานภาครัฐได้สนับสนุนให้มีการใช้ยางธรรมชาติในประเทศเพิ่มมากขึ้น โดยให้มีการเพิ่มการผลิตยางที่มีศักยภาพ พัฒนาผลิตภัณฑ์ยาง สร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อเพิ่มปริมาณการใช้ยางให้มากขึ้นโดยมีเป้าหมายเพิ่มการใช้ยางภายในประเทศเป็นร้อยละ 20 จากเดิมที่มีการใช้เพียงร้อยละ 11 ของผลผลิตทั้งหมด หรือประมาณ 3.2 – 3.4 แสนตันต่อปี ทั้งนี้ ในปี 2553 คาดว่าจะมีการใช้ยางพาราในอุตสาหกรรมในประเทศประมาณ 0.373 ล้านตัน โดยจะเพิ่มขึ้นจากปี 2552 ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากประเทศผู้ใช้ยางส่วนใหญ่ เช่น จีน ญี่ปุ่น มีการขยายฐานการผลิตในไทยมากขึ้น

การใช้ยางพาราผสมยางมะตอยสำหรับทำผิวถนน ปัจจุบันการคมนาคมขนส่งมีความสำคัญและมีการขยายตัวมาก โดยเฉพาะถนนถือเป็นปัจจัยหลักของการคมนาคมแลถนน แต่มักจะประสบปัญหาในเรื่องเกิดการชำรุดเสียหายเร็วกว่าปกติ การปรับปรุงสมบัติของยางมะตอยให้ใช้ในงานทางให้ดีขึ้นจะช่วยให้ถนนมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น โดยใช้ยางพาราผสมยางมะตอยในอัตราร้อยละ 5 ทำให้ยางมะตอยมีความแข็งมากขึ้นมีความอ่อนตัวและยืดหยุ่นมากขึ้น ดังนั้นถนน ที่ราดยางมะตอยผสมกับยางพาราจะมีความแข็งแรงและทนทานมากขึ้น และมีการเกิดร่องล้อน้อยกว่าการใช้ยางมะตอยปกติ ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม บำรุงรักษาและเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยางภายในประเทศให้มากขึ้นด้วย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม)

2.2.6 การใช้น้ำยางผสมในงานคอนกรีต

Polymer latex มีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากขึ้นในปัจจุบัน ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้น้ำยางผสมคอนกรีตมากขึ้น น้ำยางที่ใช้อยู่ในรูปการสังเคราะห์ (Synthetic Rubber Latex, SRL) น้ำยางสังเคราะห์ส่วนใหญ่นำเข้าจากมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตธรรมดากับคอนกรีตผสมน้ำยาง ซึ่งมีข้อดีกว่าคอนกรีตธรรมดาหลายประเด็น

1) ความสามารถในการรับแรงดึงและแรงอัดสูงขึ้น

2) น้ำซึมผ่านได้ยากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) มีความทนทานต่อการกัดกร่อนโดยสารเคมีได้ดี

4) สามารถยึดเกาะกับคอนกรีตเก่าที่แข็งตัวแล้วได้ดีจึงเหมาะกับงานซ่อมแซม

5) น้ำยางที่ใช้ผสมจะไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

6) น้ำยางอยู่ในสภาพ Emulsion จึงง่ายต่อการเติมสารผสมเพิ่มอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภิวิชญ์ พูลสง (2556) ศึกษาการพัฒนาคอนกรีตมวลเบาโดยผสมผงฝุ่นหินจากโรงโม่หินมาเป็นวัสดุผสมในงานคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ (CLC) โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผงฝุ่นหินปูนจากโรงโม่มาแทนที่ปูนซีเมนต์ โดยใช้ปริมาณฝุ่นหินจากโรงโม่ที่อัตราส่วนแทนปูนซีเมนต์ 10% 20% และ30% โดย น้ำหนัก, อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.40 0.50 และ 0.60 และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ (S/C) เท่ากับ 1:1

ผลการวิจัยการแทนที่ผงฝุ่นหินในปูนซีเมนต์พบว่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผันตามค่าความหนาแน่น เมื่อความหนาแน่นมีค่าลดลง กำลังรับแรงอัดก็จะมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาผสมผงฝุ่นหิน ในอัตราส่วนที่กำหนด พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดแปรผกผันกับการแทนที่ของฝุ่นหิน โดยการแทนที่ฝุ่นหินเพิ่มมากขึ้นค่ากำลังรับแรงอัดลดลง และค่าอัตราการดูดซึม (Water Absorption) จะแปรผกผันกับค่าความหนาแน่นเช่นกัน กล่าวคือเมื่อความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าอัตราการดูดซึมก็จะมีค่าลดลง เนื่องจากตัวอย่างคอนกรีตมวลเบาที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีช่องว่างอากาศมากกว่า ทำให้มีการดูดซึมได้ดีกว่าตัวอย่างที่มี ความหนาแน่นมาก โดยพบว่าค่าอัตราการดูดซึมน้ำจะอยู่ระหว่าง 4% - 18%

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ (2548) ได้ศึกษาการใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต โดยการศึกษาหาเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการผสมน้ำยางในคอนกรีต ซึ่งได้ศึกษาความสามารถเทได้ (workability) ของ น้ำยางที่ผสมกับคอนกรีต หลังจากนำมาหล่อแบบแล้วหาค่ากำลังอัด (compressive strength) และค่ากำลังดัด (flexural strength) สัดส่วนของน้ำยางพาราต่อคอนกรีต (P/C) ที่ศึกษาได้แก่ 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 ตามลำดับ และส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ คือ ซีเมนต์:ทราย:หิน (1:2:4) โดยน้ำหนัก วิธีการผสม น้ำยางกับคอนกรีต โดยทั่วไปแล้วยางกับคอนกรีตจะเข้ากันได้ยาก จึงต้องมีการผสมสารลดแรงตึงผิว สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (nonionic surfactants) คือ Lutensol XL 80 (C10–guerbet alcohol alkoxylate) ในสัดส่วนร้อยละ 4 ของน้ำหนักของซีเมนต์ เมื่อผสมคอนกรีตตามสูตรแล้วนำมาทดสอบค่าการยุบตัว (slump test) จากนั้นหล่อเข้าแบบมาตรฐาน (รูปลูกบาศก์ และ รูปคาน) แล้วทำการบ่มชื้นเป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นทำการบ่มแห้งในอากาศเป็นเวลา 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับแล้วทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด (compressive strength) ค่ากำลังดัด (flexural strength)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางจะมีกำลังอัดลดลงประมาณร้อยละ 60 และเมื่อปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้นการรับกำลังอัดของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลง สำหรับค่ากำลังดัดพบว่าลดลงประมาณร้อยละ 10 เมื่อสัดส่วนยางพาราต่อซีเมนต์ (P/C) ที่เพิ่มขึ้น และเมื่อศึกษาระยะเวลาการบ่มแห้งในอากาศเพิ่มเป็น 14 และ 28 วัน ที่สัดส่วนยางพาราต่อซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0.15 และ 0.20 พบว่าคอนกรีตผสมนำยางพาราจะมีค่ากำลังดัดของสูงกว่าคอนกรีตปกติเนื่องจากอนุภาคเนื้อยาง เกาะตัวกันเป็นชั้นฟิล์ม (film) ที่แข็งแรงขึ้น ทางผู้วิจัยรายงานว่าการใช้งานคอนกรีตผสมน้ำยางยังไม่เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องรับแรงอัดมาก แต่อาจเหมาะกับงานซ่อมแซมหรือเหมาะกับงานคอนกรีตบล็อกสำหรับก่อผนังที่ไม่รับแรงอัดมาก ซึ่งการยืดเหนี่ยวของน้ำยางจะมีประโยชน์ในการเป็นตัวประสานกับคอนกรีตเดิม

ประชุม คำพุฒ (2550) ทำการศึกษาการใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับแรงและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบา แบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์:ทรายบดละเอียด (1:1) โดยน้ำหนัก ปริมาณผงอะลูมิเนียม ร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมด อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณปูนขาวร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณยิปซัมร้อยละ 5 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ แล้วใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณ ร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยทำการศึกษาอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ แล้วนำมาทดสอบค่าความหนาแน่น ค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัด และการดูดซึมน้ำ รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน พบว่าน้ำยางพาราที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ คือการใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ 0.10 เมื่อนำน้ำยางพาราผสมในคอนกรีตมวลเบาจะให้ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำมาก มีค่ากำลังรับแรงอัดและกำลังดัดสูงมาก ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาทั่วไปราคาของคอนกรีตมวลเบาที่ผสมยางพาราจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1-2 บาทต่อก้อน ต่อมาในปี พ.ศ. 2550 ทางคณะวิจัยจึงทำการศึกษาในเรื่องการนำน้ำยางพารามาผสมกับคอนกรีตต่อ โดยทำการศึกษาการใช้น้ำยางพาราพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก โดยใช้อัตราส่วนยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.025, 0.050 และ 0.075 โดยน้ำหนัก อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่น (1:4) อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (0.40) และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4 ของน้ำหนักยางพารา

ผลการทดสอบ พบว่าปริมาณยางพาราต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมมากที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ คือ 0.075 แล้วทางคณะวิจัยได้ทำการศึกษาสมบัติต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคอนกรีตที่จำหน่ายในท้องตลาด ผลที่ได้แสดง ในตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพารา (P/C = 0.075) คอนกรีตบล็อกและคอนกรีตมวลเบาที่จำหน่ายในท้องตลาด

สมบัติ	คอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางพารา	คอนกรีตบล็อกในท้องตลาด	คอนกรีตมวลเบาในท้องตลาด
ค่าความหนาแน่น (g/cm3)	1.91	2.2	0.7 – 0.9
ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	4.80	6.5	~25
ค่ากำลังอัด (g/cm2)	96	14 - 21	>50
ค่าโมดูลัสการแตกร้าว (g/cm2)	52 - 79	14 - 21	8
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (w/m.K)	0.139	0.502	0.089 – 0.132

จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าการดูดซึมน้ำที่ 28 วัน มีค่าร้อยละ 4.80 ค่ากำลังอัดและกำลังดัดที่อายุ 28 วัน มีค่า 96 กก./ตร.ซม. และ 52 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนนั้นมีค่าต่ำมาก มีค่า 0.139 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่า น้ำยางพาราสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลได้ดี สามารถนำน้ำยางพารามาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มได้ ทำให้คอนกรีตบล็อกมีความสามารถในการรับกำลังดัดได้สูงขึ้น ดูดซึมน้ำได้น้อยลง และมีสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา และคอนกรีตบล็อกทั่วไปในท้องตลาด ราคาที่ใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อกที่จำหน่ายทั่วไปมีราคาเพิ่มขึ้นประมาณ 1 บาทต่อก้อน ดังนั้นผลการวิจัยดังกล่าวสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ คอนกรีต บล็อกสำหรับใช้ในงานวัสดุก่อที่ต้องการรับกำลังสูง และมีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

เจริญชัย ฤทธิรุทธ (2559) ได้ศึกษาการเพิ่มมูลค่าของน้ำยางโดยนำมาใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีต งานวิจัยทำโดยการนำยางพารามาผสมกับสารซีเมนต์ มีการศึกษาพัฒนาคุณสมบัติและทดสอบหาสูตรที่เหมาะสมในการใช้งานโดยเน้นเรื่องความแข็งแรง ทนทาน น้ำหนักเบา โดยยางพาราเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่จัดเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นสูง ทางทีมวิจัยได้ทำการสังเคราะห์ซีเมนต์ตัวใหม่เพื่อผสมกับยางพาราได้ พร้อมกับทดสอบคุณสมบัติทางกลทั้งความยืดหยุ่น ความอ่อนตัว ค่ากำลังอัด ระยะเวลาในการก่อตัว ความสามารถในการเข้าแบบที่ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป ถือว่าเป็นการดึงคุณสมบัติของยางพาราออกมาใช้ทำให้ได้คอนกรีตที่ มีคุณภาพมากขึ้น จากการรวบรวมข้อมูลการใช้งานปูนในประเทศปี 57-58 อุตสาหกรรมการก่อสร้างใช้ปูนซีเมนต์กว่า 50 ล้านตันต่อปี ขณะที่การใช้ยางพาราทั้งประเทศในปัจจุบันอยู่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.6 ล้านตันหากทดแทนสารซีเมนต์ด้วยน้ำยางพาราเพียงร้อยละ 1 ยางพาราจะถูกใช้สูงถึง 0.5 ล้านตัน เชื่อว่าหากใช้น้ำยางพาราทดแทนสารซีเมนต์เป็นส่วนผสม สามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาราคาน้ำยางพาราตกต่ำได้ ในขณะนี้กำลังอยู่ระหว่างการดำเนินการวิจัย

จากผลงานวิจัยที่ทำการศึกษาในการนำยางพาราผสมคอนกรีตที่ผ่านมา ผลการศึกษาน่าจะมีศักยภาพและควรจะมีการศึกษาหรือวิจัยในด้านอื่น ๆ เพิ่มเติมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1) การเตรียมน้ำยางพาราโดยผสมสารรักษาสภาพน้ำยาง ซึ่งในการวิจัยนี้เลือกใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักยาง

รูปที่ 3.1 น้ำยางพารา

2) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมอก.15 เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ

รูปที่ 3.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

3) มวลผสม ได้แก่ ทรายบดละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.15 มม. หรือสามารถผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100

รูปที่ 3.3 มวลผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) น้ำยาผลิตโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา (CLC)

รูปที่ 3.4 น้ำยาผลิตโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา (CLC)

5) น้ำประปา

รูปที่ 3.5 น้ำประปา

3.2 การกำหนดอัตราส่วนผสม

ในการทำวิจัยจะมีการทดลองผสมคอนกรีตมวลเบาเพื่อเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในขั้นต้น แล้วนำอัตราส่วนนั้นมาทำการทดลองอย่างละเอียดในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดสอบ

Sand/Cement	Water/Cement	Foaming Agent (%โดยปริมาตร)	Latex/Cement
1:1	1:2	44.08	0.00
			0.05
			0.10
			0.15
			0.20

ตารางที่ 3.2 จำนวนก้อนตัวอย่างที่ทำการศึกษา

Testing	Percentage of Latex					Total
	0%	5%	10%	15%	20%	
Water Absorption	3	3	3	3	3	15
Compressive Strength	3	3	3	3	3	15
Density	3	3	3	3	3	15
Thermal Conductivity	3	3	3	3	3	15
Total	12	12	12	12	12	

3.3 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา

3.3.1 การเตรียมน้ำยาโฟมสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา

1) เตรียมเครื่องผลิตโฟมเหลวโดยต่อเข้ากับเครื่องปั๊มลมให้เรียบร้อย

รูปที่ 3.6 การเตรียมเครื่องผลิตโฟมเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผสมสารเพิ่มฟองกับน้ำในอัตราส่วน 1:25 ตามคำแนะนำของผู้ผลิต

3) ใส่สารที่ได้ลงในถังของเครื่องผลิตโฟมเหลว

4) เดินเครื่องผลิตโฟมเหลว โดยควบคุมแรงดันในถังให้คงที่

5) ทดสอบหน่วยน้ำหนักของโฟมเหลวก่อนนำไปใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา

รูปที่ 3.7 การทดสอบหน่วยน้ำหนักของโฟมเหลว

3.3.2 การผสมคอนกรีตมวลเบา

1) เตรียมส่วนผสมโดยการชั่ง ตวง วัด ตามอัตราส่วนที่ต้องการ

2) ทำความสะอาดใบพายและหม้อของเครื่องมือผสมให้แห้ง

3)ใส่ส่วนผสมที่เตรียมไว้ลงหม้อผสมโดยเริ่มจากใส่ปูนและทราย ไปผสมให้เข้ากัน แล้วค่อยใส่น้ำแล้วตามด้วยยางพารา

3.4 การทดสอบชิ้นตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา

3.4.1 ความหนาแน่น (Density)

3.4.1.1 เครื่องมือ

1) เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มม.

2) เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม

3) ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ (105±5)°C

3.4.1.2 วิธีทดสอบ

ให้วัดปริมาตรและชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ (105±5)°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.4.1.3 วิธีคำนวณและการรายงานผล

ให้รายงานค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งของชิ้นทดสอบแต่ละค่าและค่าเฉลี่ยจากสูตร

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้ง เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

m คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบในตู้อบ เป็นกิโลกรัม

V คือ ปริตรมาตรของชิ้นทดสอบ เป็นลูกบาศก์เมตร

3.4.2 อัตราการดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

3.4.2.1 เครื่องมือ

1) เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 มม.

2) เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม

3) ตู้อบ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ (105±5)°C

3.4.2.2 วิธีทดสอบ

1) อบชิ้นทดสอบในตู้อบให้แห้งจนได้มวลคงที่ เป็นมวลคงที่ เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ (105±5)°C ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง จากนั้นชั่งมวลแต่ละก้อนเป็นมวลชิ้นทดสอบเมื่อแห้ง

2) แช่ชิ้นทดสอบตามข้อ 1 ในน้ำสะอาดให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วยกออก ใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดที่ผิวที่ละก้อนแล้วชั่งใหม่ให้เสร็จภายใน 3 นาที มวลที่ชั่งได้นี้ถือเป็นมวลชิ้นทดสอบเมื่อเปียก กรณีชิ้นทดสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 4 ให้ทำการทดสอบซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 โดยใช้ชิ้นทดสอบเดิมกับน้ำกลั่นอีก 1 ครั้ง

3.4.2.3 วิธีคำนวณและการรายงานผล

ให้รายงานค่าอัตราการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบทุกก้อนจากสูตร

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \qquad (3.2)$$

เมื่อ A คือ อัตราการดูดซึมน้ำ เป็นร้อยละ (เศษส่วนโดยมวล)

m_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบเมื่อแห้ง เป็นกรัม

m_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบเมื่อเปียก เป็นกรัม

3.4.3 กำลังอัดประลัย (Compressive Strength)

3.4.3.1 เครื่องมือ

1) เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องกดที่อ่านได้ละเอียดถึง 100 N และสามารถควบคุมอัตราเพิ่มแรงอัดได้ระหว่าง 0.05 ถึง 0.20 N/mm2/s

3.4.3.2 วิธีทดสอบ

ให้กดชิ้นทดสอบด้วยวิธีตามที่ระบุใน มอก.109 จนได้ค่าแรงอัดสูงสุดเมื่อชิ้นทดสอบแตกเสียหาย

3.4.3.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่ากำลังรับแรงอัดของชิ้นทดสอบแต่ละค่า

3.4.4 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity)

3.4.4.1 เครื่องมือ

1) เครื่องทดสอบการนำความร้อน

2) เทอโมเตอร์

3.4.4.2 วิธีทดสอบ

เครื่องทดสอบการนำความร้อนที่ให้ปริมาณความร้อนไหลผ่านชิ้นทดสอบ (Q) ด้วยการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดความร้อนบนผิวสัมผัสด้านหนึ่งของแท่งทองแดงซึ่งอยู่ติดกับชิ้นทดสอบ จนทำให้แท่งทองแดงมีอุณหภูมิประมาณ 60 °C และผิวสัมผัสของชิ้นทดสอบอีกด้านที่อยู่ตรงกันข้ามจะสัมผัสอยู่กับแท่งทองแดงที่ควบคุมให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องโดยการหล่อเย็นด้วยน้ำหมุนวน เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อน ทำการวัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ของชิ้นทดสอบสองจุดที่มีระยะห่างเท่ากับ 55 มม. นำค่าที่ได้แทนลงในสมการการทดสอบความหนาแน่นแห้ง

3.4.4.3 วิธีการคำนวณและรายงานผล

ให้รายงานค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของชิ้นทดสอบจากสูตร

$$k = \frac{QL}{A\Delta T} \qquad (3.3)$$

เมื่อ k คือ Thermal conductivity (W/m.K หรือ W/m. °C)

Q คือ ปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านตัวอย่างทดสอบ (Watt หรือ W)

L คือ ความหนาของตัวอย่างทดสอบ (m)

A คือ พื้นที่หน้าตัดขวาง (m2)

ΔT คือ ผลต่างระหว่างจุดที่วัดอุณหภูมิ (K หรือ °C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล

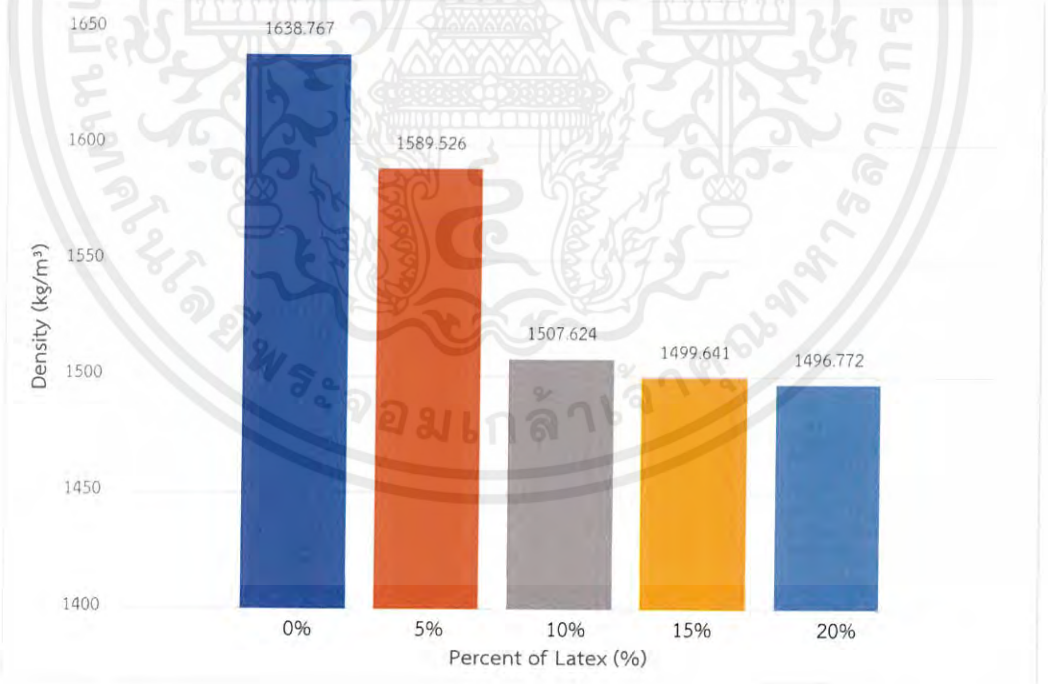
4.1 ผลการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำยางพารา

เป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสม สามารถวิเคราะห์จากความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำ กำลังรับแรงอัด และการนำความร้อน

4.1.1 ผลการทดสอบหาความหนาแน่น

ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา จากข้อมูลพบว่าความหนาแน่น ของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำยางพาราและความหนาแน่นเฉลี่ยของคอนกรีตมวลเบามีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 1496.772 kg/m³ ที่อัตราส่วนน้ำยางพารา 20% ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับอัตราส่วนน้ำยางพารา พบว่าความหนาแน่น ของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำยางพารา



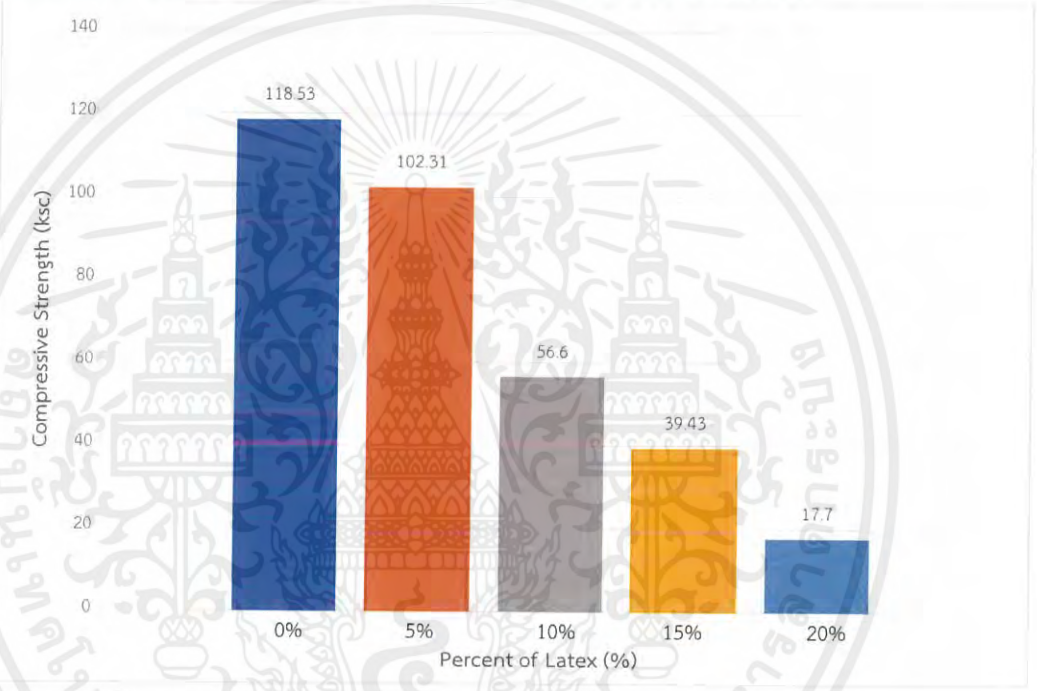
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น (kg/m³) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับอัตราส่วนน้ำยางพาราและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตมวลเบามีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 118.53 ksc ที่อัตราส่วนน้ำยางพารา 0% ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วนน้ำยางพารา



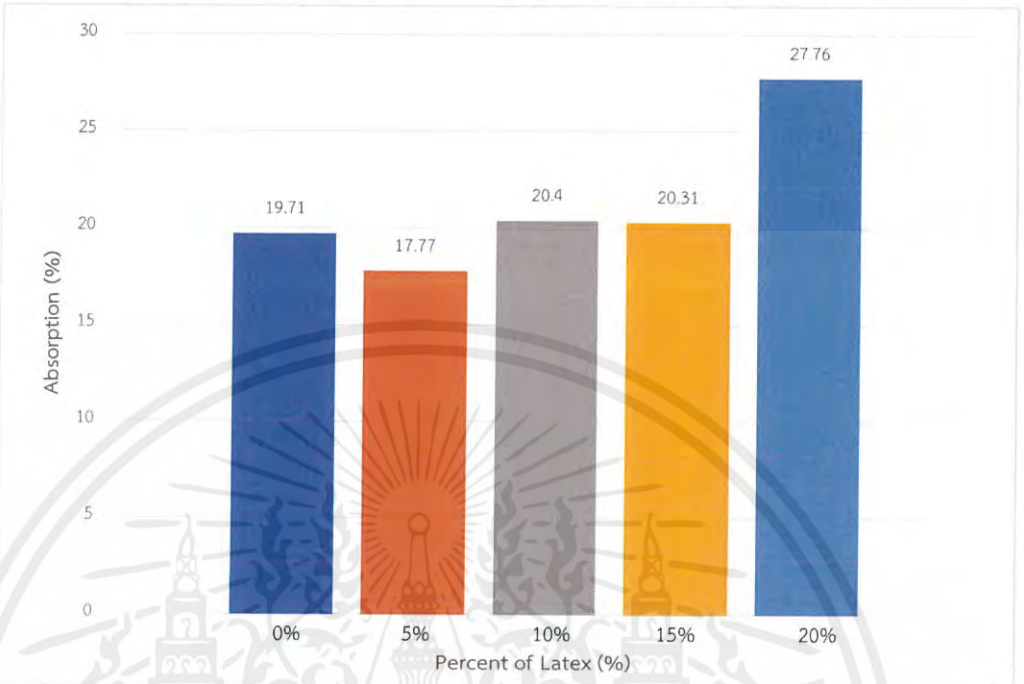
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัด (ksc) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)

4.1.3 ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา เห็นได้ว่าอัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของคอนกรีตมวลเบามีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 17.77% ที่อัตราส่วนน้ำยางพารา 5% ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)

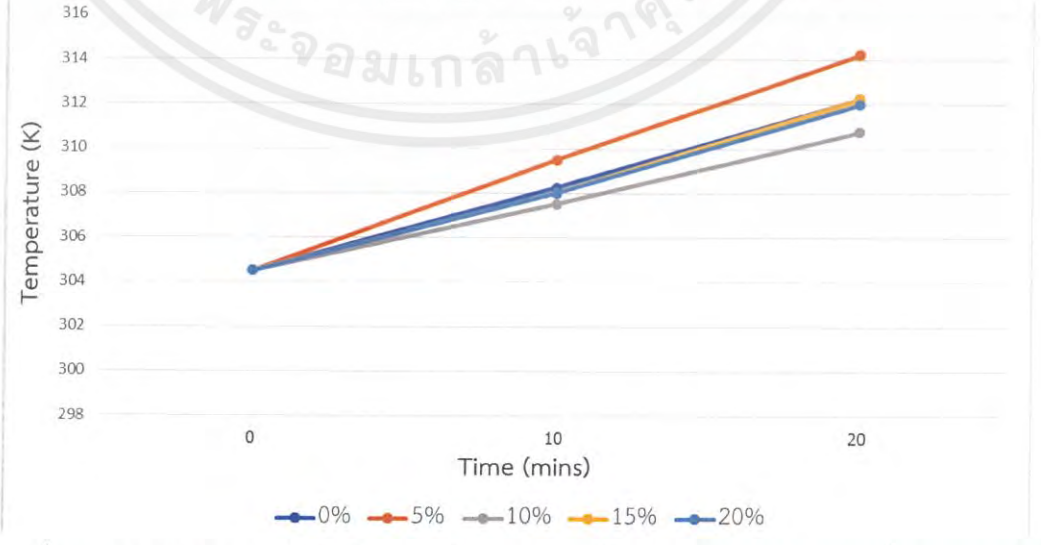


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (%) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)

4.1.4 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน

ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา เห็นได้ว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของคอนกรีตมวลเบามีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 307.5 และ 310.75 เคลวินที่เวลา 5 และ 10 นาทีตามลำดับ ที่อัตราส่วนน้ำยางพารา 10% ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อน(เคลวิน) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อน(เคลวิน) กับอัตราส่วนน้ำยางพารา (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของซีเมนต์ ซึ่งจะนำค่าที่ได้จากการทดสอบเหล่านี้ไปเปรียบเทียบ พบว่า การนำน้ำยางพารามาผสมในคอนกรีตมวลเบาในปริมาณต่างๆ จะแปรผกผันกับค่าความหนาแน่น และค่าความต้านแรงอัด แต่จะค่อนข้างผันผวนเมื่อเทียบกับค่าการดูดซึมน้ำ และค่าการนำความร้อน ซึ่งจะได้ว่าค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดถึงต่ำสุดได้แก่ ส่วนอัตราส่วนน้ำยางพาราร้อยละ 20, 10, 15, 0 และ 5 ตามลำดับ และค่าการนำความร้อนจากสูงสุดถึงต่ำสุด ได้แก่ ส่วนอัตราส่วนน้ำยางพาราร้อยละ 5, 0, 15, 20 และ 10 ตามลำดับ

อัตราส่วนน้ำยางพาราร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของซีเมนต์เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1589.526 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ 17.77% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบไม่ผสมน้ำยางพารา และมีการลดลงของค่าความต้านแรงอัดแบบไม่ผสมน้ำยางพาราเพียง 13.68% รวมไปถึงค่าการนำความร้อนที่มีค่าใกล้เคียงกัน

5.2 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา

5.2.1 ความหนาแน่น

ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพาราสามารถสรุปได้ดังนี้ คอนกรีตมวลเบาไม่ผสมน้ำยางพารา มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1638.767 kg/m^3 คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1589.926 kg/m^3 คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 10 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1507.624 kg/m^3 คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 15 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1499.641 kg/m^3 คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1496.772 kg/m^3

5.2.2 ความต้านแรงอัด

ผลการทดสอบความต้านแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพาราสามารถสรุปได้ดังนี้ คอนกรีตมวลเบาไม่ผสมน้ำยางพารา มีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ย 118.53 ksc คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ย 102.31 ksc คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 10 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าความต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงอัดเฉลี่ย 56.60 ksc คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 15 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ย39.43 ksc คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ย 17.70 ksc

5.2.3 อัตราการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา สามารถสรุปได้ดังนี้ คอนกรีตมวลเบาไม่ผสมน้ำยางพารา มีอัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 19.71% คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีอัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 17.77% คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 10 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีอัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 20.40% คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 15 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีอัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 20.31% คอนกรีตมวลเบาผสมน้ำยางพาราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีอัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ย 27.76%

5.2.4 ค่าการนำความร้อน

ผลการศึกษาค่าการนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบา พบว่าค่าการนำความร้อนของอัตราส่วนที่ไม่มียางพาราจะมีค่าสูงกว่าอัตราส่วนที่มีส่วนผสมของยางพารา ซึ่งในทางทฤษฎีความเป็นฉนวนความร้อนจะดีก็ต่อเมื่อค่าการนำความร้อนต่ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนยางพารา 10% มีค่าการนำความร้อนต่ำเมื่อเทียบกับอัตราส่วนยางพาราอื่นๆ

5.3 ปัญหาที่พบในงานวิจัย

5.3.1 ปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ

ปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ การเตรียมน้ำยางพารา เนื่องจากน้ำยางพารามีความแข็งตัวเร็ว ถึงแม้จะมีการใส่สารคงสภาพเหลวแต่ก็ไม่สามารถคงสภาพได้ทั้งหมด ทำให้ต้องเตรียมน้ำยางพาราอยู่บ่อยครั้ง

5.3.2 ปัญหาการผสมวัตถุดิบ

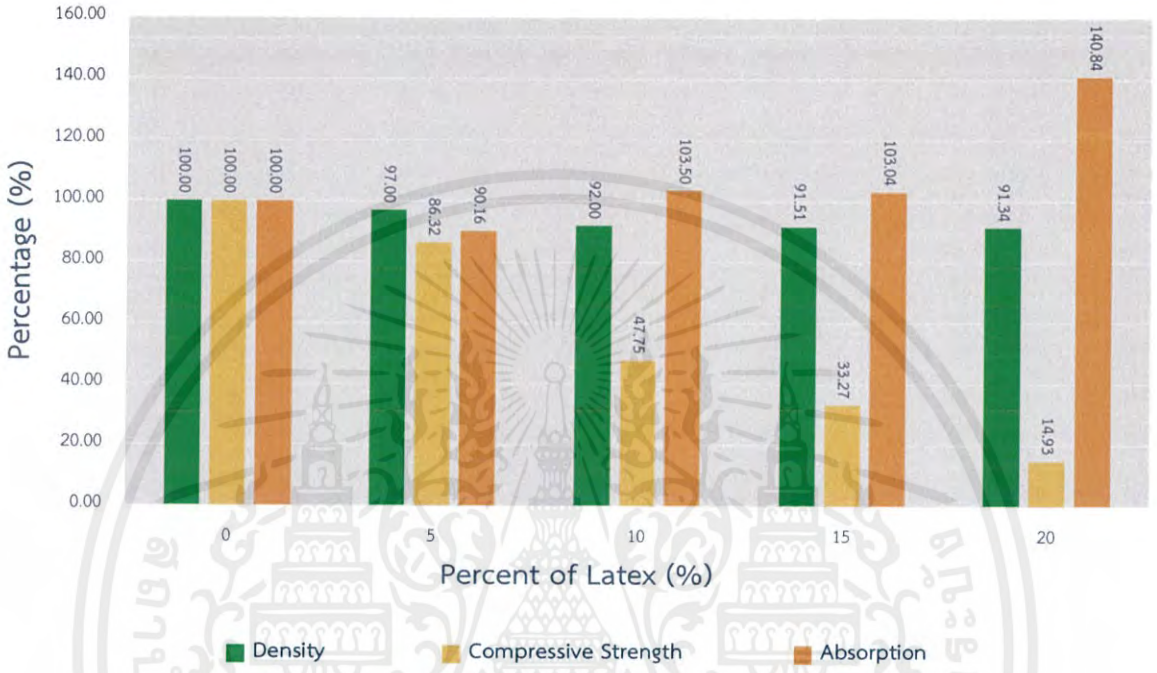
ปัญหาการผสมวัตถุดิบต้องอาศัยความชำนาญในการผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวและต้องตวงปริมาณ ชั่งน้ำหนักของส่วนผสมให้มีความถูกต้อง เพื่อไม่ให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพาราเพียงประการเท่านั้น ควรมีการศึกษาวิจัยด้านอื่นๆ ด้วย เช่น ความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรด อายุการใช้งาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ ผสมยางพาราด้านต่างๆจะได้กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าการทดสอบหลังเติมน้ำยางพาราในปริมาณต่างๆ กับค่าการทดสอบเมื่อไม่มีการเติมน้ำยางพารา (เมื่อกำหนดให้ค่าการทดสอบเมื่อไม่มีการเติมน้ำยางพารามีค่า 100%)



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าการทดสอบหลังเติมน้ำยางในปริมาณต่างๆ กับค่าการทดสอบเมื่อไม่มีการเติมน้ำยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา สุทธิพันธ์, คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานก่อ, วารสารวิจัยโครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, พฤศจิกายน 2557.

นวรัตน์ นิธิสุวรรณรักษา, ผลของอัตราส่วนพลาสติกพอลิโพรไพลีนในอิฐมวลเบาต่อค่าความแข็งแรงอัดและสภาพการนำความร้อน, วิศวกรรมการเกษมบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน 2559.

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี, การผลิตยางธรรมชาติ (Natural rubber production), มหาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, หน้า 67-78, 2546.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, ข้อมูลวิชาการยางพารา, [ออนไลน์], 2559, เข้าถึงจาก : http://www.rubberthai.com/book/file/69.pdf

อมรรัตน์ สีสุกกอง และคณะ, การสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากวัชพืชท้องถิ่นในจังหวัดนนทบุรี, ใน เอกสารประกอบการวิจัยโปรแกรมวิชาชีวะวิทยาประยุกต์, กรุงเทพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏส่วนดุสิต, 2551.

อภิวิชญ์ พูลสง, 2556. การพัฒนาคอนกรีตมวลเบาโดยผสมผงฝุ่นหินจากโรงโม่หินมาเป็นวัสดุผสมในงานคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์

สิทธิชัย ศิริพันธุ์ และคณะ, การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนาคอนกรีต, เอกสารการประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่10, ชลบุรี, 2559.

ประชุม คำพุฒ, 2550. การใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ, วารสารวิจัยและพัฒนา, มิถุนายน, 2550.

เจริญชัย ฤทธิรุทธ, วัสดุทดแทนซีเมนต์, ภาควิศษวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, 2559.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น

ของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ขนาด 5x5x5 cm

ตารางที่ ก.1 แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 0%

Percentage of Latex (%)	NO.	Weight (kg)	Volume (cm^3)	Density (kg/m^3)	Average Density (kg/m^3)
0	1	0.192	111.84	1716.738	1638.767
	2	0.195	114.114	1708.817	
	3	0.196	124	1580.645	
	4	0.195	113.752	1714.256	
	5	0.195	124.5	1566.265	
	6	0.194	119.52	1623.159	
	7	0.194	123	1577.236	
	8	0.197	109.94	1791.886	
	9	0.195	119.064	1637.775	
	10	0.192	123.504	1554.606	
	11	0.193	117.612	1640.989	
	12	0.199	117.608	1692.062	
	13	0.195	122.508	1591.733	
	14	0.193	120.5	1601.660	
	15	0.194	122.5	1583.673	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 5%

Percentage of Latex (%)	NO.	Weight (kg)	Volume (cm^3)	Density (kg/m^3)	Average Density (kg/m^3)
5	1	0.189	117.03	1614.971	1589.526
	2	0.189	123.5	1530.364	
	3	0.189	123	1536.585	
	4	0.191	122.01	1565.445	
	5	0.188	117.5	1600.000	
	6	0.19	120	1583.333	
	7	0.188	120	1566.667	
	8	0.186	111.72	1664.876	
	9	0.19	115.15	1650.022	
	10	0.188	120	1566.667	
	11	0.191	115.5	1653.680	
	12	0.186	118	1576.271	
	13	0.188	122.5	1534.694	
	14	0.183	108	1694.444	
	15	0.183	120.018	1524.771	
	16	0.186	118.5	1569.620	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 10%

Percentage of Latex (%)	NO.	Weight (kg)	Volume (cm^3)	Density (kg/m^3)	Average Density (kg/m^3)
10	1	0.179	123	1455.285	1507.624
	2	0.177	118.56	1492.915	
	3	0.18	116	1551.724	
	4	0.179	120	1491.667	
	5	0.178	121.014	1470.904	
	6	0.174	119.022	1461.915	
	7	0.176	120.5	1460.581	
	8	0.178	119.52	1489.290	
	9	0.182	115.5	1575.758	
	10	0.178	121.03	1470.710	
	11	0.179	116.112	1541.615	
	12	0.191	125	1528.000	
	13	0.192	125	1536.000	
	14	0.192	125	1536.000	
	15	0.194	125	1552.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 15%

Percentage of Latex (%)	NO.	Weight (kg)	Volume (cm^3)	Density (kg/m^3)	Average Density (kg/m^3)
15	1	0.171	121.014	1413.060	1499.641
	2	0.18	124	1451.613	
	3	0.181	124.5	1453.815	
	4	0.186	120.018	1549.768	
	5	0.183	124.5	1469.880	
	6	0.182	117.572	1547.988	
	7	0.181	118.5	1527.426	
	8	0.179	120.5	1485.477	
	9	0.18	118.08	1524.390	
	10	0.179	125	1432.000	
	11	0.18	115.536	1557.956	
	12	0.181	123	1471.545	
	13	0.181	120.5	1502.075	
	14	0.188	122	1540.984	
	15	0.183	120	1525.000	
	16	0.187	122.5	1526.531	
	17	0.181	119.52	1514.391	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 แสดงค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 20%

Percentage of Latex (%)	NO.	Weight (kg)	Volume (cm^3)	Density (kg/m^3)	Average Density (kg/m^3)
20	1	0.18	121.17	1485.516	1496.772
	2	0.19	126.68	1499.842	
	3	0.183	121.824	1502.167	
	4	0.177	117.12	1511.270	
	5	0.176	117.5	1497.872	
	6	0.177	118.27	1496.576	
	7	0.179	120.528	1485.132	
	8	0.177	118	1500.000	
	9	0.178	119.86	1485.066	
	10	0.176	117	1504.274	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

ของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ขนาด 5x5x5 cm

ตารางที่ ข.1 แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 0%

Percentage of Latex (%)	NO.	Age (days)	Cross-sectional Area (cm^2)	Ultimate Load (kN)	Compressive Strength (ksc)	Average Compressive Strength (ksc)
0	1	28	5.44 x 4.76	27.36	107.71	118.53
	2	28	5.32 x 4.88	28.27	111.00	
	3	28	5 x 4.96	30.84	126.76	
	4	28	4.6 x 4.78	26.27	121.79	
	5	28	4.92 x 4.84	26.7	114.30	
	6	28	4.98 x 4.96	28.71	118.48	
	7	28	4.86 x 4.84	31.38	135.99	
	8	28	4.82 x 4.88	29.49	127.80	
	9	28	4.92 x 4.98	27.25	113.37	
	10	28	4.82 x 5	26.04	110.14	
	11	28	4.9 x 5	28.01	116.54	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 5%

Percentage of Latex (%)	NO.	Age (days)	Cross-sectional Area (cm^2)	Ultimate Load (kN)	Compressive Strength (ksc)	Average Compressive Strength (ksc)
5	1	28	5 x 4.92	25.09	103.97	102.31
	2	28	4.98 x 4.98	20.99	86.27	
	3	28	4.9 x 4.98	22.56	94.24	
	4	28	4.98 x 5	20.66	84.58	
	5	28	4.48 x 5	26.12	118.87	
	6	28	5 x 4.7	24.78	107.49	
	7	28	5 x 4.8	25.57	108.61	
	8	28	4.8 x 5	23.78	101.00	
	9	28	4.56 x 4.9	22.63	103.24	
	10	28	4.7 x 4.9	25.11	111.14	
	11	28	5 x 4.8	25.44	108.05	
	12	28	5 x 4.62	24.15	106.57	
	13	28	5 x 4.32	20.35	96.04	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 10%

Percentage of Latex (%)	NO.	Age (days)	Cross-sectional Area (cm^2)	Ultimate Load (kN)	Compressive Strength (ksc)	Average Compressive Strength (ksc)
10	1	28	4.8 x 4.94	12.49	53.69	56.60
	2	28	4.64 x 5	14.43	63.40	
	3	28	4.8 x 5	14.13	60.02	
	4	28	4.98 x 4.86	15.64	65.87	
	5	28	4.98 x 4.78	15.85	67.87	
	6	28	5 x 4.9	11.89	49.47	
	7	28	4.98 x 4.92	11.9	49.51	
	8	28	5 x 4.98	11.48	47.00	
	9	28	5 x 4.82	12.42	52.53	

ตารางที่ ข.4 แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 15%

Percentage of Latex (%)	NO.	Age (days)	Cross-sectional Area (cm^2)	Ultimate Load (kN)	Compressive Strength (ksc)	Average Compressive Strength (ksc)
15	1	28	4.96 x 4.62	10.41	46.31	39.43
	2	28	4.98 x 4.62	7.54	33.41	
	3	28	5 x 4.96	8.24	33.87	
	4	28	4.96 x 4.8	9.44	40.42	
	5	28	4.5 x 5	10.6	48.02	
	6	28	5 x 4.8	8.26	35.08	
	7	28	5 x 4.9	9.55	39.73	
	8	28	4.88 x 4.8	9.75	42.43	
	9	28	4.98 x 4.8	8.34	35.57	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 แสดงกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ ผสมน้ำยางพารา 20%

Percentage of Latex (%)	NO.	Age (days)	Cross-sectional Area (cm^2)	Ultimate Load (kN)	Compressive Strength (ksc)	Average Compressive Strength (ksc)
20	1	28	4.9 x 4.66	3.34	14.91	17.70
	2	28	4.82 x 4.8	5.08	22.38	
	3	28	4.64 x 4.82	4.24	19.33	
	4	28	4.7 x 4.82	3.92	17.64	
	5	28	4.72 x 4.98	3.57	15.48	
	6	28	4.52 x 5	4.02	18.13	
	7	28	4.76 x 4.7	3.52	16.04	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
ผลการทดสอบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ
ของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ขนาด 5x5x5 cm

ตารางที่ ค.1 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 0%, 5% และ 10%

Percentage of Latex (%)	NO.	Dry Weight (g)	Wet Weight (g)	Absorption (%)	Average Absorption (%)
0	1	192	228	18.75	19.71
	2	195	232	18.97	
	3	193	232	20.21	
	4	194	233	20.10	
	5	191	229	19.90	
	6	192	231	20.31	
5	1	193	227	17.62	17.77
	2	193	226	17.10	
	3	191	226	18.32	
	4	192	226	17.71	
	5	192	226	17.71	
	6	195	229	17.44	
	7	188	222	18.09	
	8	187	221	18.18	
10	1	183	218	19.13	20.40
	2	182	218	19.78	
	3	182	218	19.78	
	4	178	214	20.22	
	5	182	221	21.43	
	6	186	227	22.04	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 แสดงอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา 15% และ 20%

Percentage of Latex (%)	NO.	Dry Weight (g)	Wet Weight (g)	Absorption (%)	Average Absorption (%)
15	1	181	217	19.89	20.31
	2	186	222	19.35	
	3	179	213	18.99	
	4	180	216	20.00	
	5	188	228	21.28	
	6	187	226	20.86	
	7	188	228	21.28	
	8	187	226	20.86	
20	1	177	225	27.12	27.76
	2	176	226	28.41	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน
ของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าร์ขนาด 1x5x5 cm

ตารางที่ ง.1 แสดงค่าการนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ผสมน้ำยางพารา

Percentage of Latex (%)	Time (mins)	NO.	Initial Temperature (K)	Post Temperature (K)	Average Post Temperature (K)
0	10	1	304.5	308.5	308.25
		2		308	
	20	1		313	312.25
		2		311.5	
5	10	1	304.5	310	309.5
		2		309	
	20	1		315	314.25
		2		313.5	
10	10	1	304.5	308	307.5
		2		307	
	20	1		311	310.75
		2		310.5	
15	10	1	304.5	308	308
		2		308	
	20	1		312	312.25
		2		312.5	
20	10	1	304.5	308	308
		2		308	
	20	1		312.5	312
		2		311.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกนกวรรณ อินทร์มณี
วัน เดือน ปีเกิด	5 เมษายน 2540
ที่อยู่	312 หมู่12 ต.ปากช่อง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ 67110
โทร	082-785-1829
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2554 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนหล่มสักวิทยาคม อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ พ.ศ.2557 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนหล่มสักวิทยาคม อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
E-mail	kanokwan_inmanee@hotmail.com

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวมานิตา รื่นภาคธัม
วัน เดือน ปีเกิด	4 ตุลาคม 2539
ที่อยู่	61/107 ซ.แจ้งวัฒนะ5 ถ.แจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทร	081-173-5956
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2554 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ กรุงเทพฯ พ.ศ.2557 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนศรีอยุธยา ในพระอุปถัมภ์ฯ กรุงเทพฯ ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
E-mail	manita_r@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน (ต่อ)

ชื่อ-นามสกุล	นายยศดนัย ชัยยศ
วัน เดือน ปีเกิด	25 ตุลาคม 2539
ที่อยู่	366/2 หมู่2 ต.บ้านนา อ.บ้านนาเดิม จ.สุราษฎร์ธานี
โทร	091-823-2426
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2554 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่โรงเรียนสุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี พ.ศ.2557 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนสุราษฎร์ธานี อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี ปัจจุบันศึกษาอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
E-mail	y.otdanai @hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้