



การศึกษาผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อกำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา
A STUDY ON THE EFFECT OF SURFACTANT ON COMPRESSIVE STRENGTH
OF CONCRETE MIXED WITH LATEX

วิทยานิพนธ์

ของ

พัฒนัย นิโรจน์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

บัณฑิตศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กันยายน 2565

การศึกษาผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อกำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

**A STUDY ON THE EFFECT OF SURFACTANT ON COMPRESSIVE STRENGTH
OF CONCRETE MIXED WITH LATEX**

วิทยานิพนธ์
ของ
พัฒนชัย นิโรจน์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กันยายน 2565

พัฒนไชย นิโรจน์. (2565) การศึกษาผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อกำล้างอัดของคอนกรีตผสมน้ำ
ยางพารา.

วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

พอพันธ์ สุทธิวัฒน์ ค.อ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล)

ประธานกรรมการ

จักรพันธ์ วงษ์พา ปร.ด. (วิศวกรรมโยธา)

กรรมการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อกำล้างอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยเลือกออกแบบส่วนผสมคอนกรีตควบคุมกำล้างอัด 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าการยุบตัวระหว่าง 7.5 – 12.5 เซนติเมตร ตัวอย่างทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยชุดแรก น้ำในส่วนผสมคอนกรีตควบคุมบางส่วนถูกแทนที่ด้วยน้ำยางพาราในอัตราส่วนร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของน้ำ ส่วนชุดที่สอง นำส่วนผสมของชุดแรกมาแทนที่น้ำยางพารา ด้วยสารลดแรงตึงผิวอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำยางพารา หาค่าการยุบตัวขณะสดของคอนกรีตทุกส่วนผสม และทดสอบกำล้างอัดที่อายุ 7, 14 และ 28 วันตามลำดับ กำล้างอัดของคอนกรีตแต่ละตัวอย่างคำนวณจากการทดสอบรายก้อน จากการทดสอบพบว่า ถ้าใส่น้ำยางพาราในอัตราส่วนร้อยละ 0.5 และ 1.0 จะมีค่ากำล้างอัดอยู่ในระดับคอนกรีตควบคุม แต่ถ้าใส่น้ำยางพาราในอัตราส่วนร้อยละ 1.5 เพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ กำล้างอัดต่อคอนกรีตจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ ความหนาแน่นของคอนกรีตแต่ละตัวอย่างคำนวณจากน้ำหนักและปริมาตรรายก้อนจากการทดสอบพบว่าการเติมสารลดแรงตึงผิวช่วยให้คอนกรีตสด มีค่ายุบตัวสูงขึ้น และพบว่าการเติมสารลดแรงตึงผิวส่งผลให้คอนกรีตผสมน้ำยางพารามีกำล้างอัดลดลง โดยเฉพาะในส่วนผสมที่มีน้ำยางพาราร้อยละ 1.5 และ 2.0 ซึ่งมีกำล้างอัดลดลงสูงถึงร้อยละ 32 และ 52 ตามลำดับ เทียบกับคอนกรีตปกติ

คำสำคัญ : คอนกรีต กำล้างอัด ความหนาแน่น น้ำยางพารา สารลดแรงตึงผิว

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Pattachai Nirot. (2022) A Study on The Effect of Surfactant on Compressive Strength of Concrete Mixed With Latex

Thesis M.Sc. (Industrial Technology). Chanthaburi : Rambhai Barni Rajabhat University.

Thesis Advisor

Porphan Suthiwattana M.S.Ind.Ed. (Mechanical Engineering)

Chairman

Jakrapan Wongpa Ph.D. (Civil Engineering)

Member

Abstract

The aim of this research is to study the effects of surfactant on workability, compressive strength and density of concrete containing para rubber latex as a mix ingredient. Concrete mix proportion of control concrete is designed by selecting compressive strength of 240 ksc and slump between 7.5-12.5 cm as requirements. The mix proportion of concrete is separated in to 2 groups. The first group, the para rubber latex is used as a partial water replacement in the control concrete. The replacement ratios are 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 by weight of water, respectively. For the second group, the surfactant of 5 percent by weight of para rubber latex is used as the latex replacement for all mixtures in the first group. The slump, compressive strength, and density of all mixtures are investigated at the ages of 7, 14 and 28 days, respectively. From the results, it is found that the para rubber latex concrete at the replacement ratios of 0.5 and 1.0 have a similar 28-day compressive strength to the control one which of about 340 ksc. The higher para rubber latex content, the lower compressive strength. In addition, it is found that the surfactant results in dramatical compressive strength reduction in the latex concrete. Especially, for the concretes those have latex ratios of 1.5 and 2.0 percent, the compressive strength reduction as high as 32 and 52 percent is observed while comparing to the control concrete, respectively. The density of the control concrete and the latex concrete without surfactant is similar which the value is placed during 2.44 - 2.50 g/cm³. Adding the surfactant results in decreasing of the density. For example, the mixture containing 2.0 percent of para rubber latex has the density of 2.15 g/cm³. It could be

mentioned that the weight also decrease for about 13 percent since the volume is fixed. Even though the surfactant results in lower compressive strength, dramatically, but the weight is lighter while workability is higher. Hence, this kind of concrete would suit very well to a work that require not that much high compressive strength but the light weight and high workability are more serious such as light-weight concrete wall instead of the traditional masonry wall.

Keywords : Concrete, Compressive Strength, Density, Para rubber latex, Surfactant

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากท่านอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ได้สละเวลาอันมีค่า ให้คำแนะนำ ปรีกษา แนวทาง หลักวิชาการและคำอธิบายต่างๆ ตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อมูลต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ ลุล่วงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ดังนี้

รองศาสตราจารย์พอพันธ์ สุทธิวัฒน์ อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ให้ความอนุเคราะห์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการสอบงานค้นคว้าด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมตลอดจน ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการทำงานค้นคว้าด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ฉบับนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ วงษ์พา อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาในการทำงานค้นคว้า พิเศษ ด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และแนวทางในการศึกษาค้นคว้าอันเป็นประโยชน์ยิ่ง ตลอดจน ช่วยดูแลและให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ไพลิน ทองสนิทกาญจน์ เป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สินาด โกศลนันท์ เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและสาขาวิศวกรรมโยธา ที่มีความตั้งใจจริง ในการให้คำปรึกษา รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ, อุปกรณ์, ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยี คอนกรีต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา และห้องปฏิบัติการงานวิศวกรรมคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ในการดำเนินงานวิจัย

สำหรับข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยยินดีรับฟังคำแนะนำจากทุกท่าน ที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัย ต่อไป

ทั้งนี้ ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ได้ศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้อง จึงขอขอบความดีทั้งหมดนี้ให้แก่คณาจารย์ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาซึ่งทำให้ผลงานวิจัย สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นายพัฒนไชย นิโรจน์

กรกฎาคม 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

หน้า

สารบัญ.....	(1)
สารบัญตาราง.....	(3)
สารบัญภาพ.....	(5)
บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขต.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
สารลดแรงตึงผิว.....	3
ทราย.....	4
หิน.....	5
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์.....	6
คอนกรีต.....	6
การป้อนคอนกรีต.....	7
คุณสมบัติของยาง.....	9
ผลิตภัณฑ์ยางพาราที่ใช้ในงานก่อสร้างและงานวิศวกรรม.....	10
การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต.....	12
การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตขณะสด.....	12
การทดสอบกำลังอัด.....	13
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
อุปกรณ์และวิธีการ	16
วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ.....	16
อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	16
ขั้นตอนการทดสอบ.....	16
การหาค่าปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสด (DRC) โดยการอบแห้ง.....	22
ผลและการวิจารณ์	23

ค่ายุบตัวของคอนกรีตสด.....	23
การพัฒนากำลังอัด.....	25
ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา.....	27
ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยาฟาราผสมสารลดแรงตึงผิว.....	28
ผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อคุณสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา.....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	32
สรุปผลการทดสอบ.....	32
ข้อเสนอแนะ.....	32
บรรณานุกรม.....	33
ภาคผนวก.....	35
ภาคผนวก ก. บันทึกข้อมูลรายละเอียดผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต รายก้อน	36
ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตรายก้อน.....	46
ภาคผนวก ค. ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา.....	48
ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา และสารลดแรงตึงผิว.....	50
ภาคผนวก จ. กระบวนการเตรียมและการเข้าแบบตัวอย่างคอนกรีต.....	52
ภาคผนวก ฉ. การทดสอบกำลังอัดคอนกรีต.....	56
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	59

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราต่อลูกบาศก์เมตรที่ใช้ในการทดสอบ.....	17
3.2 อัตราส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว/ลูกบาศก์เมตรที่ใช้.....	
ในการทดสอบ	17
4.1 ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา	23
4.2 ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว	24
4.3 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อายุทดสอบต่างๆ (ksc).....	25
4.4 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว.....	
ที่อายุทดสอบต่างๆ(ksc).....	27
4.5 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)....	28
4.6 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว.....	
(กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร).....	29
4.7 เปรียบเทียบค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและคอนกรีตผสมน้ำยางพารา.....	
และสารลดแรงตึงผิว	30
4.8 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและกำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสม.....	
น้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว	31
4.9 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและค่าเฉลี่ยความหนาแน่น	
ผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว	31
ก.1 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด Control	37
ก.2 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-0.5	38
ก.3 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-1.0	39
ก.4 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-1.5	40
ก.5 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-2.0	41
ก.6 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-0.5s	42
ก.7 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-1.0s	43
ก.8 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-1.5s	44
ก.9 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-2.0s	45
ข.1 กำลังอัดรายก้อนของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (ksc)	47
ข.2 กำลังอัดรายก้อนของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว (ksc)	47

ค.1 น้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (กรัม).....	49
ค.2 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร).....	49
ค.3 ความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา(กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	49
ง.1 น้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว (กรัม)	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ง.2 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว..... (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	51
ง.3 ความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว..... (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร).....	51

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ

หน้า

2.1 ส่วนประกอบของคอนกรีต.....	7
3.1 การวัดระยะยุบตัวของคอนกรีต.....	19
3.2 วิธีการเข้าแบบคอนกรีตสำหรับการทดสอบกำลัง.....	20
3.3 คอนกรีตที่เข้าแบบเรียบร้อยแล้ว.....	20
3.4 การบ่มคอนกรีตในน้ำเพื่อรอทดสอบกำลัง.....	21
4.1 ส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา.....	24
4.2 ส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยาฟาราและสารลดแรงตึงผิว	25
4.3 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา.....	26
4.4 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยาฟาราและสารลดแรงตึงผิว.....	27
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา.....	28
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา..... และสารลดแรงตึงผิว.....	29
จ.1 เครื่องผสมตัวอย่างคอนกรีตแบบลูกช้าง.....	53
จ.2 การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต.....	53
จ.3 ตัวอย่างคอนกรีตภายหลังการเข้าแบบ.....	54
จ.4 การบ่มตัวอย่างคอนกรีต.....	54
จ.5 การแคปหัวคอนกรีตด้วยกัมมะถัน.....	55
ฉ.1 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตก่อนการทดสอบกำลังอัด.....	57
ฉ.2 การหาน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีต.....	57
ฉ.3 การทดสอบแรงอัดคอนกรีตรูปทรงกระบอก.....	58
ฉ.4 คอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้ว.....	58

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันในทางวิศวกรรมโยธา มีความพยายามที่จะศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุในงานก่อสร้างให้มีความสะดวกในการใช้งาน ตามความจำเป็นในรูปแบบต่างๆ โดย ส่งเสริมการใช้วัสดุภายในประเทศและยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คอนกรีตเป็นตัวเลือกหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีการใช้งานในวงการวิศวกรรมโยธา โดยในอนาคตได้มีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตแนวใหม่ มีแนวโน้มที่จะศึกษาพฤติกรรมในสมรรถนะหลัก คือ กำลังของคอนกรีต, ความสามารถเทได้, ความทนทาน, การใช้งานพิเศษ, (เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ. 2538 : 64) ปัจจุบันมีแนวคิดที่จะพัฒนาการผสมวัสดุที่มีคุณสมบัติเด่นเพื่อนำไปชดเชยคุณสมบัติด้อยบางประการของคอนกรีตในปัจจุบัน

ยางพาราเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง พบว่ามีเกษตรกรตลอดจนผู้ทำธุรกิจเกี่ยวข้องกับยางพาราประมาณ 1 ล้านครอบครัวจำนวนไม่น้อยกว่า 6 ล้านคน ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางพาราเป็นอันดับ 1 ของโลก นับตั้งแต่ พ.ศ. 2534 เป็นต้นมา โดยใน พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีการผลิตยางพารา จำนวน 14.56 ล้านตัน มีการส่งออกจำนวน 12.67 ล้านตัน (ร้อยละ 87 ของผลผลิตทั้งหมด) ผลิตเพื่อใช้ในประเทศจำนวน 1.98 ล้านตัน (ร้อยละ 13 ของผลผลิตทั้งหมด) ซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศปีละกว่า 500,000 ล้านบาท แต่การส่งออกยางพาราส่วนใหญ่อยู่ในรูปวัตถุดิบแปรรูป ซึ่งมีมูลค่าเพิ่มต่ำ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางพารา ทำให้มีผลต่อการสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศและการยกระดับรายได้ของเกษตรกรไม่มากเท่าที่ควร และหากเรื่องนี้ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ก็จะส่งผลดีต่อประเทศและเกษตรกรชาวสวนยางพาราอย่างมหาศาล ดังนั้นยางพาราก็ควรเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความจำเป็นในการส่งเสริมอาชีพและมีโอกาสในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดยะลา. 2562 : 24) และช่วงที่ราคายางพาราตกต่ำอย่างล้นตลาด จึงทำให้ทั้งทางภาครัฐ ผู้ประกอบการ เกษตรกร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างให้ความสนใจที่จะเพิ่มมูลค้ายางพารา ด้วยการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หรือการนำไปผสมกับวัสดุอื่น เช่น การนำน้ำยางพาราขึ้นมาประยุกต์ใช้กับงานคอนกรีต เป็นต้น ซึ่งยางธรรมชาติจะมีคุณสมบัติคล้ายกาวเหมือนซีเมนต์เพสต์ มีความยืดหยุ่นและเหนียว ดังนั้นเมื่อนำมาประยุกต์ใช้งานในเชิงวิศวกรรมถือว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้ยางพาราของไทยได้

จากประเด็นดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยเลือกศึกษายางธรรมชาติจาก น้ำยางพาราที่มีอยู่ในท้องถิ่นและศึกษาสารลดแรงตึงผิวจากน้ำยาซักผ้าสูตรน้ำ ที่มี Sodium Lauryl Sulfate เป็นสารประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ มาประยุกต์ใช้งานในคอนกรีต เพื่อศึกษาผล

ต่อกำลังอัด ความสามารถเท่าได้ และความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา อาจเป็นทางเลือกใหม่ในงานวิศวกรรมโยธา อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่ายางพาราธรรมชาติ ที่มีอยู่ภายในประเทศ อีกทางหนึ่งด้วย



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อกำลั่งอัด ความสามารถในการทำงานได้ และความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ขอบเขต

1. ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผลิตคอนกรีต เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. ตัวอย่างคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลั่งอัด เป็นตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร
3. ยางพาราที่นำมาใช้เป็นน้ำยางพาราจากสหกรณ์กองทุนสวนยางบ้านอ่างศิรี จำกัด อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี
4. ร้อยละอัตราส่วนของน้ำยางพารา จำนวน 5 ส่วนผสม ได้แก่ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของน้ำ
5. กำลั่งอัดออกแบบของคอนกรีต เท่ากับ 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
6. ทดสอบกำลั่งอัดของคอนกรีตที่อายุ 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบกำลั่งอัด ความสามารถในการทำงานได้ และความหนาแน่นของคอนกรีตต่อปริมาณน้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมกับงานคอนกรีตผสม
2. ช่วยสนับสนุนส่งเสริมให้มีการใช้น้ำยางพาราเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ผสมคอนกรีตภายในประเทศให้มากขึ้น ช่วยเพิ่มทางเลือกในการใช้น้ำยางพารา

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อกำลังอัดคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวทางในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

2.1 สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวเป็นสารประกอบที่ทำให้แรงตึงผิวของของเหลวลดลง ช่วยให้การกระจายตัวของของเหลวดีขึ้นและช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลวสองชนิดหรือระหว่างของเหลวกับของแข็ง สารลดแรงตึงผิวสามารถใช้เป็น น้ำยาซักล้าง อิมัลชันโฟมมิงเอเจนต์ หรือ ดิสเพอร์แซนต์ สารชนิดนี้จะมีทั้งส่วนที่มีและไม่มีหัว เมื่ออยู่ในน้ำจึงมักจัดตัวเป็นไมเซลล์ สารลดแรงตึงผิวแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภท คือ สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ และสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ซึ่งแบ่งย่อยได้อีก ดังนี้

(1) สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์

สารลดแรงตึงผิวสังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาทางเคมี นิยมแบ่งเป็น 4 ชนิดตามลักษณะส่วนที่ชอบน้ำของโมเลกุล ได้แก่ สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ และสารลดแรงตึงผิวที่มีทั้งประจุบวกและลบ เป็นต้น

(2) สารลดแรงตึงผิวชีวภาพ

สารลดแรงตึงผิวชีวภาพแบ่งได้เป็น 5 ชนิดตามองค์ประกอบทางเคมีและชนิดของจุลินทรีย์ที่สร้างขึ้น ได้แก่ ไกลโคลิปิด ลิพอเปปไทด์ และลิพอโปรตีน กรดไขมันฟอสโฟลิปิด และนิวทรัลลิปิด สารลดแรงตึงผิวที่เป็นพอลิเมอร์ สารลดแรงตึงผิวที่เป็นอนุภาค หรือเป็นเซลล์จุลินทรีย์ทั้งเซลล์ ตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ ได้แก่ แรมนโนลิปิด (Rhamnolipid) ผลิตขึ้นได้จาก *Pseudomonas* sp. เซอแฟกติน (Surfactin) ผลิตจาก *Bacillus subtilis* อลาซาน (Alasan) ผลิตจาก *Acinetobacter radioresistens* และ ซาพอนิน (Saponin) เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ได้จากพืช เป็นต้น

สารลดแรงตึงผิวเป็นตัวช่วยผสมส่วนผสมอื่นๆให้เข้ากันได้ดีขึ้น และถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น น้ำยาซักผ้า น้ำยาปรับผ้านุ่ม อิมัลชัน สี กาว หมึก น้ำยาไล่หมอก น้ำจับใบสำหรับสารกำจัดศัตรูพืช น้ำยาลดค่าผิ ด, เครื่องสำอาง, แชมพู, น้ำนวดผม, ยาสีฟัน, น้ำยาดับเพลิง การนำสารลดแรงตึงผิวไปใช้ประโยชน์ สารลดแรงตึงผิวมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ในร่างกายมนุษย์ก็มีสารลดแรงตึงผิวประกอบอยู่ เช่น Gall Acid ซึ่งจะย่อยสารประเภทไขมันได้ สารลดแรงตึงผิวมีประโยชน์หลายๆ ด้าน โดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ต่างๆ

และเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตต่างๆ ได้แก่ สารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น ผงซักฟอก สบู่ ยาสีฟัน ยาสระผม ครีมนวดผม และผลิตภัณฑ์ที่มีฟอง สารลดแรงตึงผิว เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางและครีมกันแดด สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในทางการแพทย์ ผลิตภัณฑ์ สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการย้อมผ้า การเคลือบสีไม้หรือโลหะ การผลิตพลาสติก การทำหนังสัตว์ การผลิตเนยเทียม เค้กและไอศกรีม สารลดแรงตึงผิว ถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น บำบัดน้ำเสีย มลพิษทางดิน ดูดซับของเสีย สารลดแรงตึงผิวถูกนำมาใช้ในกระบวนการสกัดแยก เช่น การสกัดแยกแร่ การแยกน้ำมัน ออกจากน้ำ

2.2 ทราย

เป็นตัวอย่างหนึ่งของวัสดุจำพวก สสารแบบเม็ด (Granular matter) ตามธรรมชาติแล้ว ทรายเกิดจากหินที่ถูกย่อยเป็นเม็ดละเอียด ซึ่งหมายถึงทรายทั่วๆ ไปที่เราพบเห็นตามชายหาด แต่อีกความหมายหนึ่งในแง่วิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทางธรณีวิทยาแล้ว หมายถึงชื่อขนาดของอนุภาคขนาดเม็ด "ทราย" ที่มีขนาดอนุภาคหรือเม็ดตะกอนระหว่าง 0.0625 ถึง 2 มิลลิเมตร อนุภาคหนึ่งของทรายนั้น เรียกว่า "เม็ดทราย" ขนาดของอนุภาคที่เล็กถัดลงไป เรียกว่า ทรายแป้ง (Silt) เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.0625 มิลลิเมตร จนถึง 0.004 มิลลิเมตร ส่วนขนาดของอนุภาคที่ใหญ่กว่าขนาดอนุภาคของทราย เรียกว่า กรวด (Gravel) อนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 2 ถึง 64 มิลลิเมตร

2.2.1 ชนิดของทราย

ทรายเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยการแปรรูปหรือการกะเทาะแบ่งส่วนมาจากหินและกรวด ทรายที่ขุดได้บนพื้นดินเรียกว่า ทรายบก ที่เกิดจากลำธารแม่น้ำ เรียกว่า ทรายแม่น้ำ ที่เกิดจากทะเล เรียกว่า ทรายน้ำเค็ม ทรายที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตในงานก่อสร้างมี 2 ชนิดคือ ทรายบก และทรายแม่น้ำ

(1) ทรายบก เกิดจากหินทรายที่แตกแยกชำรุดออกมา เป็นเม็ดทรายละเอียดตามสภาพภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม และจะจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่งๆ ทรายชนิดนี้จะมีดินซากพืชและซากสัตว์ปะปนอยู่ด้วย ในการใช้งานจึงต้องนำทรายมาล้างแยกดินซากพืชและซากสัตว์ออกให้สะอาดการผลิตทรายบกแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ ผลิตโดยการเปิดหน้าดินด้วยรถตักดินจนถึงระดับน้ำใต้ดิน จนมีสภาพเป็นแอ่งน้ำขนาดใหญ่แล้วจึงนำเรือมาดูด หรือใช้รถตักทรายขึ้นมาจากตะแกรง เพื่อแยกกรวดออกและผลิตโดยใช้เครื่องจักรในการผลิตทราย โดยอาศัยการเปิดหน้าดินเหมือนวิธีแรก หลังจากนั้นจะผ่านขั้นตอนและเครื่องจักรต่างๆ

(2) ทรายแม่น้ำ ทรายชนิดนี้มีอยู่ทั่วไปที่ราบลุ่มของแม่น้ำเกิดจากกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่างๆ มาตกตะกอนรวมกันในแหล่งที่ราบลุ่ม เป็นทรายที่นิยมนำไปใช้ในการก่อสร้าง เพราะเป็นทรายที่สะอาด เม็ดมีเหลี่ยมมีมุมขนาดต่างๆ กันเมื่อผ่านตะแกรงร่อนแล้วนำไปใช้ในการก่อสร้าง เช่น งานโครงสร้าง งานปูนฉาบ ปูนก่อ ส่วนทรายแม่น้ำที่มีส่วนผสมของสารอินทรีย์มาก มีสีดำปนสีน้ำตาลเข้มใช้ในการก่อสร้างไม่ได้แต่นิยมนำมาใช้โรยบนหน้าดินก่อนทำสนามหญ้า และใช้ถมที่ดินเพราะมีราคาถูกกว่า ทรายซี้เปิด

2.2.2 ขนาดของทราย

ทรายในอุตสาหกรรมการก่อสร้างคือวัสดุผสมละเอียดที่มีขนาดผ่านตะแกรงร่อน 4.75 มิลลิเมตร เม็ดทรายมีลักษณะแข็งแกร่ง ทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยายตัวมาก มีสารประกอบอื่นเจือปนอยู่น้อย โดยทรายที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์จะเรียกว่าวัสดุผสมละเอียด มีขนาด 0.50 - 4.75 มิลลิเมตร ทรายละเอียด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.50 - 1.50 มิลลิเมตร ใช้ในงานปูนก่อ ปูนฉาบ ปูนถือ ทรายกลาง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 - 3.00 มิลลิเมตร ใช้ในงานคอนกรีต ปูนก่อที่ต้องรับแรงอัด ปูนฉาบผนังใต้ดิน พื้น คาน ไม่นิยมใช้ในการผสมคอนกรีตที่รับน้ำหนักมาก มีสีอ่อนกว่าทรายหยาบ และทรายหยาบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.00 - 4.75 มิลลิเมตร ใช้ในการผสมคอนกรีตทั่วไปที่ต้องการรับน้ำหนักมากงานคอนกรีตเทพื้น ฐานรากและงานที่ต้องการแรงอัดมาก

2.2.3 คุณสมบัติของทราย

ทรายที่ใช้ในการก่อสร้างมีคุณสมบัติดังนี้ ทรายแทรกเข้าไปในช่องว่างของหินในการผสมคอนกรีตทำให้เนื้อคอนกรีตแน่น ทรายช่วยลดการแตกร้าวของปูนฉาบ ทรายช่วยเพิ่มปริมาณส่วนผสมในคอนกรีต ทำให้ราคาปูนก่อ ปูนฉาบและคอนกรีตถูกลง

2.3 หิน

หินก่อสร้าง คือ หินอีกประเภทหนึ่งที่แตกต่างไปจากหินสวยงามต่างๆ ไป เป็นหินที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างบ้านเรือน ถนน อาคาร หรือสะพานต่างๆ โดยหินประเภทนี้ จะถูกนำมาบดผสมปูนเพื่อทำคอนกรีต คุณสมบัติหลักๆ จึงต้องทนต่อการขัดสีได้ดี มีความแกร่งสูง ทนต่อแรงกดอัดได้มาก และไม่เสื่อมสภาพง่าย เมื่อเจอกับสารเคมี เพื่อสะดวกในการนำไปใช้งานต่อไป หินที่ดีและมีคุณภาพจะต้องมีความชื้นน้ำต่ำ ผิวยึดเกาะกับซีเมนต์ได้ดี และมีปริมาณสารอินทรีย์ในเนื้อหินน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อนำมาใช้ทำคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หินก่อสร้างนั้นแบ่งออกได้มากมายหลายชนิด โดยแยกตามประเภทหินต่างๆ ดังนี้

(1) ลูกรัง คือ หินที่ดูตื้นขึ้นจากบ่อหินบ่อทรายต่างๆ หินมีลักษณะหยาบๆ ดูเป็นเหลี่ยมๆ เป็นหินที่มีขนาดค่อนข้างเล็กและละเอียดส่วนมากมีสีน้ำตาลแดง ลูกรังที่ดีต้องมีเม็ดปนมาด้วย โดยขนาดเม็ดก็ตามที่กำหนดไม่เกิน 1 นิ้ว ส่วนมากใช้สำหรับงานถมที่และถมถนน

(2) หินคลุก เป็นหินปูนที่ย่อยจนมี เกรตเด่นชัด ที่เรียกว่า Well grade โดยเป็นหินที่มีขนาด แตกต่างกันไปปนกัน ไม่สามารถนำไปเป็นหินก่อสร้าง หรือ นำไปบดเป็นปูนซีเมนต์ได้ เพราะไม่ได้ ขนาดหรือแร่ธาตุตามที่ต้องการ โดยส่วนมากใช้สำหรับเป็น ชั้นพื้นทางในงานถนน สามารถใช้ถมถนน ร่วมกับหินลูกรังได้ หรือ นำไปทำอิฐบล็อก โดยหินคลุกนั้นยังแบ่งย่อยออกเป็นอีกหลากหลายเกรด แล้วแต่ความเหมาะสมในการใช้งาน

(3) หินกรวด เป็นหินเนื้อหยาบเกิดจากตะกอนของหิน กรวด ทราย ถูกกระแสน้ำพัดพามา รวมกัน สารละลายในน้ำใต้ดินทำตัวเป็นซีเมนต์ประสานให้อนุภาคใหญ่เล็กเหล่านี้ เกาะตัวกันเป็นก้อน หิน (หินที่ประกอบด้วย Grain ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 2 มิลลิเมตรอยู่มากกว่าร้อยละ 25 ของ Grain ทั้งหมด และจะต้องมีความกลมมนอีกด้วย) ส่วนมากใช้ในการประดับตกแต่งสวน อาคารบ้านเรือน มีหลายสีหลายขนาด

(4) หินก่อสร้าง (หิน 1 หิน 2 หิน 3/4 หินฝุ่น หินเกล็ด) เป็นหินตะกอนคาร์บอเนต เกิดจากการทับถมของตะกอนคาร์บอเนตในท้องทะเล ทั้งจากสารอนินทรีย์ และซากสิ่งมีชีวิต ซึ่งถักถม กันภายใต้ความกดดันและตกผลึกใหม่เป็นแร่แคลไซต์จึงทำปฏิกิริยากับกรด หินปูนใช้ทำเป็นปูนซีเมนต์ และใช้ในการก่อสร้าง หิน 3/4 เป็นหินที่ใช้ในงานหล่อคอนกรีต งานเทพื้น และงานก่อสร้างทั่วไป เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตสำหรับงานวิจัยนี้

2.4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นสารเคมีหรือวัสดุเซรามิกส์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีเกิด การรวมตัวกันระหว่างอนุภาคเกิดเป็นโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาเคมีที่พบคือปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) ทั้งนี้คำว่า ซีเมนต์อาจหมายถึงสารที่สามารถยึดหรือประสานของแข็งให้เกิดเป็นชิ้น เดียวกัน จำแนกกลุ่มของวัสดุที่มีสมบัติเหมือนซีเมนต์ที่สำคัญมี 3 กลุ่มคือ ปูนซีเมนต์ ปูนพลาสติกอร์ และปูนขาว โดยปูนซีเมนต์เป็นกลุ่ม ที่สำคัญมากในการนำไปใช้งานด้านการก่อสร้างที่ทำหน้าที่เป็น วัสดุเชื่อมประสานสำหรับผลิตคอนกรีต มีส่วนผสมหลักคือ หินปูนและดินเหนียว และมีส่วนผสมอื่น เช่น ซิลิกาออลูมินา สินแร่เหล็ก ยิปซัม และสารเพิ่มพิเศษอื่น ๆ

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แบ่งเป็น 5 ชนิดด้วยกันคือ

(1) ชนิดธรรมดา ใช้งานก่อสร้างทั่วไป เช่น ทำผิวถนน สะพาน ท่อระบายน้ำ เป็นต้น ซีเมนต์ชนิดนี้มีข้อเสียคือ ไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง ในโครงสร้าง หรืออาคารที่มีสารเป็นด่างอยู่ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น จะไม่นิยมใช้ซีเมนต์ชนิดนี้

(2) ชนิดให้ความร้อน และทนต่างได้ปานกลาง ซีเมนต์ชนิดนี้เมื่อผสมกับน้ำจะคายความร้อนออกต่ำกว่าชนิดธรรมดา และมีความต้านทานต่อสารที่เป็นด่างได้บ้าง เหมาะสำหรับงานก่อสร้างต่อม่อขนาดใหญ่ในบริเวณที่มีอากาศร้อนจัด

(3) ชนิดเกิดแรงสูงเร็ว ซีเมนต์ชนิดนี้เกิดแรงสูงเร็วในระยะแรก เหมาะสำหรับงานที่ต้องการถอดไม้แบบเร็ว และต้องการประหยัดซีเมนต์ ซีเมนต์ชนิดนี้มีเนื้อละเอียดมากกว่าชนิดอื่นๆ แต่อาจทำให้เกิดรอยร้าวบนผิวคอนกรีตได้ง่าย

(4) ชนิดคายความร้อนต่ำ ซีเมนต์ชนิดนี้มีอัตราการคายความร้อนต่ำมาก เหมาะสำหรับงานก่อสร้างใหญ่ๆ โดยเฉพาะการสร้างเขื่อน

(5) ชนิดมีความต้านทานต่อสารที่เป็นด่าง ซีเมนต์ชนิดนี้ใช้สำหรับอาคารที่ต้องสัมผัสกับสารที่เป็นด่างอย่างแรง โดยปกติซีเมนต์ชนิดนี้จะแข็งตัวช้ากว่าธรรมดา

2.5 คอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุผสมที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างและส่วนประกอบของคอนกรีตแสดงดังภาพประกอบ 2.1

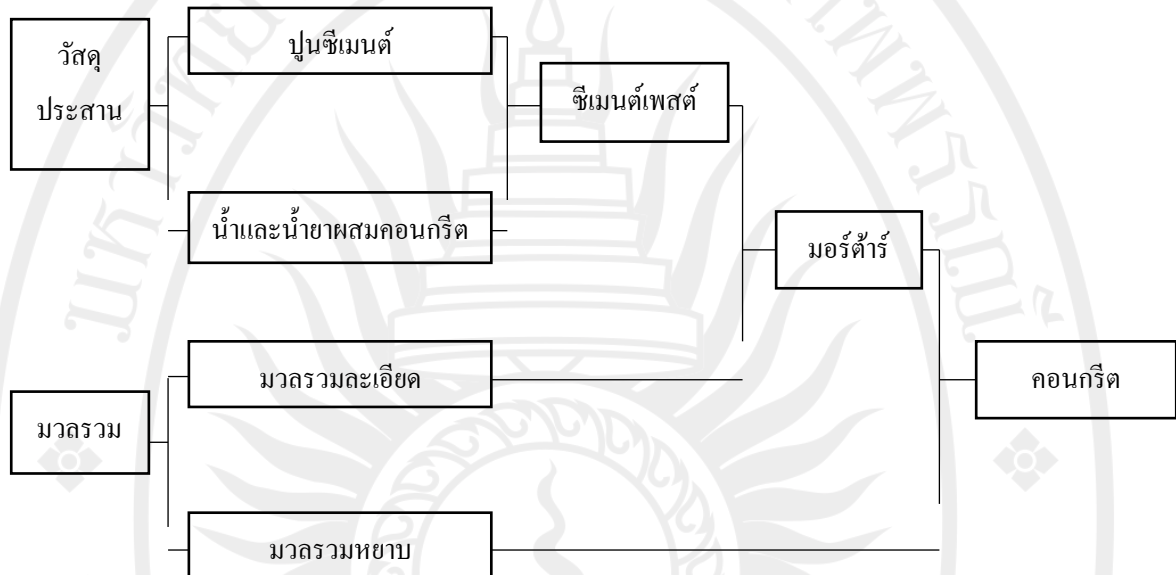
2.5.1 หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

(1) ปูนซีเมนต์ ทำหน้าที่ให้กำลังของคอนกรีต โดยทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับน้ำเกิดเป็นของเหลวหนืดจะทำหน้าที่หล่อลื่นคอนกรีตให้ สามารถเทได้และยึดประสานมวลรวมเข้าด้วยกัน เมื่อแข็งตัวจะให้กำลังกับคอนกรีต คุณสมบัติของปูนซีเมนต์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารเคมีและความละเอียดของเม็ดปูน

(2) มวลรวม จะทำหน้าที่เป็นวัสดุเผื่อกระจายอยู่ทั่วเนื้อคอนกรีตช่วยให้คอนกรีตมีความทนทานและยังลดการยึดหดตัวของคอนกรีตด้วยคุณสมบัติของมวลรวมที่ควรพิจารณา เช่น ความแข็งแรง ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมีการต้านทานแรงกระแทกและการเสียดสีมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อย

(3) น้ำ จะทำหน้าที่ผสมกับปูนซีเมนต์ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันและยังช่วยหล่อลื่นให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทลงในแบบหล่อได้

(4) น้ำยาผสมคอนกรีต จะทำหน้าที่ปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานเช่น เวลาการก่อตัวความสามารถในการเทได้ และกำลังอัด



ภาพประกอบ 2.1 ส่วนประกอบของคอนกรีต

2.6 การบ่มคอนกรีต

การบ่มคอนกรีตคือ วิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ จะส่งผลให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยมีน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชัน นอกจากนี้การบ่มคอนกรีตยังจะช่วยป้องกันการแตกร้าว อันเนื่องจากการสูญเสียน้ำและการหดตัวของคอนกรีตอีกด้วย

หน้าที่สำคัญของการบ่มคอนกรีต มีด้วยกัน 2 ประการ ได้แก่ ป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีตและรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตเพื่อให้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทาน เพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีตโดยเป็นการดูแลเอาใจใส่ชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างให้ถูกต้องตามแบบมากที่สุดและเป็นการทำงานที่ถูกขั้นตอน ถูกหลักวิชาการ ทำให้คุณภาพของงานที่มีประสิทธิภาพ

2.6.1 ระยะเวลาการบ่ม โดยทั่วไประยะเวลาการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ เช่น ชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ อัตราส่วนผสมของคอนกรีต กำลังของคอนกรีตที่

ต้องการขนาดและรูปร่างของแท่งคอนกรีต อุณหภูมิที่ใช้บ่ม ความชื้นในขณะบ่ม เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้ถือได้ว่าจะมีผลต่อระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต ซึ่งอาจจะถึง 1 เดือน สำหรับคอนกรีตที่ใช้ทำเขื่อน หรือเพียง 3 วัน สำหรับคอนกรีตที่มีปูนซีเมนต์ผสมอยู่ในปริมาณสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกำลังสูงเร็ว สำหรับงานโครงสร้างทั่วไปส่วนใหญ่จะกำหนดระยะเวลาในการบ่มไว้ 3 วัน จนถึง 2 สัปดาห์ ซึ่งกำหนดเวลาดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยปกตินิยมกำหนดระยะเวลาการบ่มไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา

2.6.2 อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีต อุณหภูมิสำหรับบ่มคอนกรีตสำหรับคอนกรีตต่างๆ ใ้ควรอยู่ระหว่าง 15-39 องศาเซลเซียส สำหรับงานคอนกรีตหนาควรใช้อุณหภูมิต่ำลง เพราะปฏิกิริยาของน้ำกับปูนซีเมนต์นั้น ให้ความร้อนออกมาเป็นจำนวนมากอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามไม่ควรบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส เพราะคอนกรีตจะแข็งตัวช้ามากเมื่อบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงมากและอากาศแห้งจะทำให้หน้าระเหยออกจากคอนกรีตอย่างรวดเร็วกำลังของคอนกรีตที่ได้จะต่ำและอาจเกิดรอยแตกกว้างได้ง่าย

2.6.3 วิธีการบ่มคอนกรีต โดยการบ่มคอนกรีตสามารถจำแนกได้หลายวิธีดังนี้

(1) การบ่มโดยการเพิ่มความชื้นให้คอนกรีตเป็นการบ่มที่เพิ่มความชื้นให้กับผิวคอนกรีตโดยตรง ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- การขังหรือหล่อน้ำ (Ponding) เป็นการทำแนวกันน้ำไม่ให้ไหลออกมักจะใช้กับงานทางระดับ เช่น พื้น หรือถนน
- การฉีบน้ำหรือรดน้ำ เป็นการฉีบน้ำหรือพรมน้ำด้วยหัวฉีดหรือท่ออย่างให้ผิวคอนกรีตเปียกอยู่เสมอวิธีนี้ใช้ได้กับงานคอนกรีต ทั้งในแนวตั้ง แนวระดับ หรือแนวเอียงวิธีนี้ต้องสิ้นเปลืองน้ำมากและต้องอาศัยที่มีแรงดันน้ำมากพอ
- การคลุมด้วยวัสดุเปียกชื้น เป็นวิธีที่ใช้กันมาก เพราะสะดวก ประหยัด และสามารถใช้ได้กับงานทั้งแนวระดับ แนวตั้ง และแนวเอียง วัสดุที่ใช้คลุมอาจจะใช้ ผ้าใบ กระสอบ หรือวัสดุอื่นที่ท่อน้ำ ถ้าใช้ฟางหรือขี้เลื่อยคลุมควรหนาไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร สำหรับการคลุมงานคอนกรีตในแนวตั้ง ต้องยึดวัสดุคลุมให้แน่นหนา ไม่เลื่อนหล่นลงมาได้ โดยเฉพาะเวลาที่ราดน้ำซึ่งจะต้องทำเป็นประจำ

(2) การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต เพื่อป้องกันมิให้ความชื้นจากคอนกรีตระเหยออกจากเนื้อคอนกรีต การบ่มลักษณะนี้สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- การบ่มในแบบหล่อ แบบหล่อไม้ที่เปียกและแบบหล่อเหล็กสามารถป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดีเพียงแค่วางแบบหล่อให้อยู่กับคอนกรีตที่หล่อไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้และคอยดูแลให้ผิวด้านบนคอนกรีตมีน้ำอยู่ โดยน้ำนั้นสามารถไหลซึมลงมาระหว่างแบบหล่อกับคอนกรีตได้

- การใช้กระดาษกันน้ำซึม เป็นการใช้กระดาษกันน้ำซึมปิดทับผิวคอนกรีตให้สนิทเป็นเวลาอย่างน้อย 3 วัน วิธีนี้นิยมใช้กับงานคอนกรีตแนวระดับ กระดาษกันน้ำซึมได้ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ ASTM C171 เป็นแผ่นโพลีเอทิลีน มี 2 ชั้นประกอบด้วยชั้นของกระดาษเหนียวยึดติดด้วยชั้นของกาวยางมะตอย เสริมความเหนียวด้วยใยแก้วและมีคุณสมบัติยึดหดตัวไม่มาก

- การใช้แผ่นพลาสติกคลุม การใช้แผ่นพลาสติกทำงานได้ง่ายมีน้ำหนักเบาและควรใช้แผ่นพลาสติก สีขาวเพื่อสะท้อนแสงแดด ไม่อมความร้อน สามารถใช้ได้กับงานโครงสร้างทุกชนิด แผ่นพลาสติกที่ใช้ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ ASTM C171 เป็นแผ่นโพลีเอทิลีน

- การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต เป็นการพ่นสารเคมีลงบนผิวคอนกรีตซึ่งสารเคมีที่พ่นนี้จะกลายเป็นเยื่อบางๆ คลุมผิวคอนกรีตป้องกันการระเหยออกของน้ำในคอนกรีตได้ การบ่มวิธีนี้ทั้งสะดวกและรวดเร็วแต่ค่าใช้จ่ายสูง การพ่นสารเคมีนี้ต้องกระทำในขณะที่ผิวคอนกรีตยังขึ้นอยู่สารเคมีที่ใช้ควรมีคุณภาพตามข้อกำหนดของ มอก. 841 หรือ ASTM C309 เป็นสารที่เคลือบบนผิวคอนกรีต

(3) การบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิสูงหรือการบ่มแบบเร่งกำลัง สามารถเร่งอัตราการเพิ่มกำลังได้อย่างรวดเร็ว ข้อดีของการบ่มที่อุณหภูมิสูง สามารถผลิตได้รวดเร็วขึ้น ประหยัดแบบหล่อ เพราะสามารถถอดแบบได้เร็ว คอนกรีตมีกำลังสูงเร็ว ทำให้ทนต่อการเคลื่อนย้ายและใช้งานได้ดีและนิยมใช้กันในงานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป

(4) การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันต่ำ อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 40-100 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่ได้ผลดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 65-80 องศาเซลเซียส การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับอัตรา การเพิ่มกำลังสูงสุดที่ต้องการ อุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและกำลังประลัยสูงสุดจะมีค่าต่ำ อุณหภูมิที่ต่ำทำให้กำลังประลัยสูงสุดที่สูง แต่ด้วยอัตราการเพิ่มกำลังที่ต่ำ นอกจากอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้บ่มแล้ว สิ่งสำคัญก็คือเวลาที่ใช้ในการบ่มซึ่งประกอบด้วยช่วงเวลา การค่อยเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น เวลาที่อุณหภูมิสูงสุดจริง และการลดอุณหภูมิลงสู่อุณหภูมิปกติ

(5) การบ่มด้วยไอน้ำที่ความกดดันสูง หากต้องการบ่มคอนกรีตด้วยอุณหภูมิเกิน 100 องศาเซลเซียส เราต้องให้ความกดดันสูงขึ้น และต้องบ่มคอนกรีตในภาชนะที่ปิดสนิท ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Autoclave อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 160-210 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 6-20 atm สารประกอบ

ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีภายใต้สภาวะดังกล่าวมีคุณสมบัติต่างจากสารประกอบ ซึ่งบ่มที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

(6) การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิ นอกจากวิธีการบ่มคอนกรีตซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามสภาพอุณหภูมิที่ใช้บ่มแล้ว ยังมีวิธีการบ่มอีกชนิดหนึ่ง คือ การบ่มแบบควบคุมอุณหภูมิซึ่งมีความจำเป็นต่องานบางประเภท โดยเฉพาะบางประเภท โดยเฉพาะงานคอนกรีตหยาบ (Mass concrete) สำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ใน ที่อุณหภูมิต่ำมาก หรือสูงมาก อาจจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตสดหรือต้องบ่มด้วยการห่อหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน

2.7 คุณสมบัติของยาง

คุณสมบัติของยางธรรมชาติ มีความยืดหยุ่นสูงมีสมบัติดีเยี่ยมในด้านการเหนียวติดกัน มีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงมากโดยไม่ต้องเติมสารเสริมแรง มีความทนต่อการฉีกขาดสูงมากทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูง มีความต้านทานต่อการล้าสูง มีความต้านทานต่อการขีดถูสูงมีความเป็นฉนวนไฟฟ้าสูงมากยางดิบละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เนือยางดิบไม่มีขั้วและไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมแต่ทนต่อความเหลวที่มีขั้ว เช่น อะซิโตน หรือแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ยังทนต่อกรด และด่างอ่อนๆ แต่ไม่ทนต่อกรดและด่างเข้มข้น ไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ไม่ทนต่อโอโซน การกระเด็นกระดอนสูง อุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 55-70 องศาเซลเซียส แต่หากเก็บไว้นานๆ จะทำให้ยางสูญเสียความยืดหยุ่นได้ลง ยางที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายประเภทแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น

(1) EPDM มีความยืดหยุ่นสูง แต่มีการทนต่อแรงดึงค่อนข้างต่ำ ต้องเติมสารเสริมแรง มีการทนต่อการฉีกขาดสูงโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง Compression test ต่ำมาก มีสมบัติเชิงพลวัตดีมาก มีความต้านทานต่อการล้าตัวสูง การทนต่อการเสื่อมสภาพอากาศ เช่น ออกซิเจน โอโซน แสงแดด ความร้อนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังทนต่อสารเคมี กรดและด่าง ได้ดีอีกด้วย EPDM เป็นยางที่ไม่มีขั้ว จึงไม่ทนต่อน้ำมัน หรือตัวทำละลายที่มีฮาโลเจนเป็นองค์ประกอบ มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะสูง ดังนั้นจึงมีความเป็นฉนวนสูง การหักงอที่อุณหภูมิต่ำดี อุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ 40-150 องศาเซลเซียส ยาง EPDM ส่วนมากนำไปใช้เป็นท่อของขบเครื่องซักผ้า สายพานลำเลียง แผ่นยางกันน้ำ แผ่นยางมุงหลังคา ฉนวนหุ้มสายเคเบิล

(2) CR มีคุณสมบัติด้านการเหนียวติดดีมาก มีการทนต่อแรงดึงและฉีกขาดค่อนข้างสูง และเนื่องจากการผสมคอรันอยู่ในโครงสร้างทำให้มีคุณสมบัติการดับไฟได้เอง Self extinguish การทนต่อสภาพอากาศและความร้อน โอโซน และแสงแดดได้ดีทนต่อการบวมพอง ในน้ำมันได้ปานกลางถึงดี ทนต่อกรดหรือด่างเจือจางได้ดีกว่ายางธรรมชาติและยาง SBR แต่ไม่ทนต่อน้ำมันเชื้อเพลิง

ไฮโดรคาร์บอน ฟอสเฟตเอสเทอร์คีโตน อัลดีไฮด์ และตัวทำลายไฮโดรคาร์บอนที่มีวงแหวนและมีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ การซึมผ่านของก๊าซต่ำกว่ายางธรรมชาติและยาง SBR แต่สูงกว่า NBR และยาง IIR อุณหภูมิการใช้งานอยู่ระหว่าง 40-100 องศาเซลเซียส เนื่องจากสมบัติการทนต่อการติดไฟ ทนต่อน้ำมัน สภาพอากาศ และโอโซน บางชนิดจึงนำมาใช้ในการผลิต ยางซีลท่อยางเสริมแรง ยางลูกกลิ้ง สายพานลำเลียงในเหมืองแร่และยางรองคอสพาน

(3) NBR ทัวไปของยาง NBR มีความยืดหยุ่นและความทนต่อแรงดึงและความเป็นฉนวนไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ จำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งเพื่อเพิ่มคุณภาพดังกล่าว คุณสมบัติเด่นหลายๆ ข้อ เช่น ความต้านทานต่อการขีดถู ทนทานต่อการเสื่อมสภาพ ความทนต่อน้ำมันและสารเคมี นอกจากนี้ยาง NBR ยังมีการซึมผ่านของก๊าซต่ำมาก อุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วงประมาณ 40-100 องศาเซลเซียส การใช้งานส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับงานที่ต้องสัมผัสกับน้ำมันทนต่อความร้อนและต้านทานการขีดถู ใช้ผลิตประเก็น น้ำมันยางโอริง ซีลยาง เป็นต้น

(4) SBR มีความเหนียวติดกันจำเป็นต้องใช้สารเพิ่มในการเหนียวติดในการผลิตสินค้าบางชนิด เช่นยางรถยนต์ ความยืดหยุ่นต่ำกว่ายางธรรมชาติและถ้ายาง SBR มีเปอร์เซ็นต์styrene สูงจะยิ่งทำให้ความยืดหยุ่นต่ำลง ความทนทานต่อแรงดึงต่ำความทนทานต่อแรงฉีกขาด ความต้านทานต่อการขีดถู ความทนต่อการเสื่อมสภาพ เมื่อโดนความร้อน แสงแดด ออกซิเจน และโอโซน ต่ำกว่ายางธรรมชาติ หากเติมสารเสริมแรง สารเสริมประสิทธิภาพจะทำให้คุณสมบัติต่างดีเทียบเท่ากับยางธรรมชาติ ยาง SBR ทนน้ำมันปิโตรเลียมและตัวทำลายไฮโดรคาร์บอนต่ำเนื่องจากไม่มีขั้วแต่จะทนต่อกรดและด่างจำพวก แอลกอฮอล์ น้ำ เหลือ และน้ำมันซิลิโคนได้เป็นอย่างดี ยางชนิดนี้มีความเป็นฉนวนสูงแต่จะมีการกระเด็นกระดอนต่ำกว่ายางธรรมชาติ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งาน ตั้งแต่ 50-100 องศาเซลเซียส (tcvrubber.com : (2014). คุณสมบัติของยาง.)

2.8 ผลิตภัณฑ์ยางพาราที่ใช้ในงานก่อสร้างและงานวิศวกรรม

ผลิตภัณฑ์ หมายความว่า วัสดุที่ผลิตสำเร็จรูปแล้วในงานวิจัยนี้จะหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของยางพาราเพื่อนำมาใช้ก่อสร้างโดยมีที่มาให้ตรวจสอบได้ และจำแนกได้หลายอย่าง เช่น

(1) ยางรองคอสพาน หรือแผ่นยางรองคอสพาน (Rubber Bridge Bearing) แบ่งตามชนิดของยางที่ใช้ผลิตเป็น 2 ประเภท คือ ยางรองคอสพานทำจากยางสังเคราะห์ Polychloroprene, (CR) or Neoprene และทำจากยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR) ซึ่งทั้ง 2 ประเภท มีทั้งแบบแผ่นยางล้วน (Plain) และแบบที่มีวัสดุเสริมแรง (Laminated) สำหรับการเลือกใช้ยางตามประเภทชนิด และแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดมาตรฐานของผู้ออกแบบหรือของผู้ก่อสร้าง

(2) แผ่นยางกันน้ำซึม ทำหน้าที่เหมือนปะเก็นของงานคอนกรีต ใช้ป้องกันการขยายตัว หรือหด ตัว ของคอนกรีต เพื่อไม่ให้น้ำรั่วซึมหรือผ่านได้ ในงานก่อสร้างทั่วไป เช่น คอนกรีต คานสะพาน

อาคารชั้นใต้ดิน คาดฟ้า เป็นต้น รวมทั้งงานก่อสร้างที่โครงสร้างต้องสัมผัสกับน้ำตลอดเวลา เช่น แทงค์น้ำ บ่อบำบัดน้ำเสีย สระว่ายน้ำ คลองส่งน้ำ เขื่อนและฝาย เป็นต้น

(3) ยางคั่นรอยต่อคอนกรีต ใช้เป็นเครื่องป้องกันการเฉียวหรือการกระแทกของเรือ หรือรถ เมื่อเข้าจอดเทียบท่าใช้วัตถุดิบผลิตได้ทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ ยางคั่นรอยต่อคอนกรีต มีลักษณะเป็นท่อนขนาดเล็กมีรูกลวงตลอดความยาวใช้อุดรอยต่อด้านล่างของคอนกรีตของสะพาน หรือรอยต่อระหว่างคานสะพานกับตอม่อของสะพานก่อนการหยอดยางมะตอย วัตถุดิบที่ใช้ผลิตทั้งจากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์แต่จะมีการกำหนดให้ใช้ยางสังเคราะห์

(4) บล็อกยางปูพื้นใช้ปูพื้นแทนอิฐบล็อกคอนกรีต บล็อกยางมีข้อได้เปรียบบล็อกคอนกรีต คือ เบากว่าผิวมีสปริงยืดหยุ่นได้เวลาสิ้นลัมจึงไม่บาดเจ็บมากและไม่เป็นแผล ส่วนใหญ่ผลิตจากยางธรรมชาติผสมกับยางรีไซเคิลธรรมชาติหรือสังเคราะห์ ปัจจุบันยังไม่ค่อยนิยมใช้ยางบล็อก ปูพื้นเพราะราคาค่อนข้างสูงกว่าบล็อกคอนกรีต

(5) แผ่นยางปูอ่างเก็บน้ำ เป็นผลิตภัณฑ์ยางที่สามารถใช้ยางธรรมชาติปูรองสระเพื่อกักเก็บน้ำบนผิวดินที่เก็บน้ำไม่ได้ เช่น ดินปนทราย ดินลูกรัง โดยมีสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้พัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ปี 2529 และสามารถพัฒนาได้กว้างขวาง ได้แก่ ใช้เก็บกักน้ำสำหรับเกษตรกร ใช้งานในสนามกอล์ฟและรีสอร์ทที่ใช้ในงานชลประทาน บ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำได้ โดยทั่วไปวัตถุดิบที่ใช้ในการปูสระกักเก็บน้ำสามารถใช้เป็นยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ หรือ พลาสติก หรือผ้าใบเคลือบยาง

(6) ฝายยางหรือเขื่อนยางส่วนใหญ่ผลิตจากยางสังเคราะห์แต่ผู้ผลิตให้ความเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้วิธีการเคลือบชั้นนอกของตัวฝายยางด้วยยางสังเคราะห์ และภายในใช้ยางธรรมชาติ แต่ความเป็นไปได้นี้ ต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ใช้อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่ค่อยเป็นที่สนใจของผู้ผลิตภายในประเทศ เพราะมีผู้ใช้จำกัด เพียงกรมชลประทานและมีราคาสูง แต่ข้อดีของฝายยางธรรมชาติ คือสามารถปรับระดับความสูงของฝายได้ตามความเหมาะสมของระดับน้ำ ซึ่งสามารถลดแรงกระแทกจากน้ำหลากและช่วยระบายน้ำป้องกันน้ำท่วมล้นตลิ่ง อีกทั้งยังไม่ก่อให้เกิดน้ำล้นหน้าฝาย ป้องกันตะกอนทราย ตกตะกอนหน้าฝายได้ นอกจากนี้ในฝายที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำจะสามารถป้องกันน้ำเค็มรุกเข้ามาในพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่อยู่อาศัยอีกทั้งฝายยางยังทนทานต่อการกัดกร่อนของน้ำเค็มได้ดีกว่าบานประตูระบายน้ำที่ทำด้วยเหล็ก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ศึกษาสูตรผลิตแผ่นฝายยางโดยการใช้ยางธรรมชาติผสมยางสังเคราะห์ EPEM และทดลองติดตั้งฝายยางเมื่อปี 2537

(7) แผ่นยางปูพื้น ส่วนใหญ่ผลิตจากยางธรรมชาติ ใช้ปูพื้นหรือทางเดินบนอาคาร โรงงาน สำนักงาน สนามบินใช้ได้ทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่ลาดเอียง เพื่อป้องกันการลื่น และลดเสียงที่เกิดจากการเดิน หรือการกระแทก

(8) การใช้ยางพาราผสมยางมะตอยสำหรับทำผิวถนน ปัจจุบันการคมนาคมขนส่งมีความสำคัญและมีการขยายตัวมาก โดยเฉพาะถนนถือเป็นปัจจัยหลักของการคมนาคมและถนนแต่ มักจะประสบปัญหาในเรื่องเกิดการชำรุดเสียหายเร็วกว่าปกติ การปรับปรุงสมบัติของยางมะตอยให้ใช้ในงานทางได้ดีขึ้นจะช่วยให้ถนนมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

2.9 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุผสมที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือปูนซีเมนต์ วัสดุผสม (หิน ททราย หรือ กรวด) และน้ำ โดยอาจมีสารเคมีเติมเพิ่มเข้าไปสำหรับคุณสมบัติด้านอื่นๆ เมื่อผสมเสร็จคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้าๆ น้ำและซีเมนต์จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกันในลักษณะที่เรียกว่าการไฮเดรชันโดยซีเมนต์จะเริ่มจับตัวกับวัสดุอื่นและแข็งตัว ซึ่งในสถานะนี้จะนิยมเรียกกันว่า คอนกรีต ความแข็งแรงของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆหลังจากที่ผสมและยังแข็งแรงขึ้นภายหลังจากการแข็งตัว โดยประมาณหลังจากแข็งตัวแล้ว 28 วัน ความแข็งแรงจะเริ่มคงที่ มาตรฐานที่นิยมใช้ในการออกแบบคอนกรีตเพื่อให้ได้กำลังอัดที่ต้องการมักใช้มาตรฐาน ACI เป็นสถาบันควบคุมมาตรฐาน โครงสร้างและคุณภาพคอนกรีต ได้รับความนิยมในประเทศไทย เนื่องจากกระบวนการออกแบบทำได้ง่ายและกำลังอัดของคอนกรีตที่ได้จากการออกแบบจะมีค่าใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้

2.10 การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตขณะสด

การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตขณะสด ใช้เพื่อทดสอบหาค่าความชื้นเหลวของคอนกรีต ในสภาพเหลวโดยใช้วิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัว เพื่อตรวจสอบความสามารถเทได้ของคอนกรีต (Workability) ค่ายุบตัวไม่ได้เป็นค่าที่วัดความสามารถเทได้ของคอนกรีตโดยตรง แต่เป็นการวัดความชื้นเหลวของคอนกรีต (Consistency) หรือลักษณะการไหลตัวของคอนกรีต (Flow Characteristic) แม้วิธีนี้จะไม่เหมาะสมสำหรับทดสอบคอนกรีตที่เหลว หรือแห้งมากแต่ก็มีประโยชน์อย่างมากและสะดวกสำหรับการควบคุมความสม่ำเสมอของการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ เช่น ในกรณีที่ค่ายุบตัวของคอนกรีตมีค่ามากกว่าปกติที่ออกแบบไว้ แสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องมีความผิดปกติเกิดขึ้นในสัดส่วนผสม ขนาดคละหรือความชื้นในมวลรวมซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตคอนกรีตสามารถตรวจสอบและแก้ไขได้ ค่ายุบตัวที่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างในประเทศไทยคอนกรีตสำหรับงานพื้นถนนสนามบิน ค่ายุบตัวที่เหมาะสม 5.0 ± 2.5 , เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานทั่วไป ค่ายุบตัวที่เหมาะสม 7.5 ± 2.5 ,

เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานฐานราก ค่ายุบตัวที่เหมาะสม 10.0 ± 2.5 , เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานคอนกรีตปั๊ม ค่ายุบตัว ที่เหมาะสม 10.0 ± 2.5 , เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานเสาเข็มเจาะเล็กค่ายุบตัวที่เหมาะสม 10.0 ± 2.5 , เซนติเมตร คอนกรีตสำหรับงานเสาเข็มเจาะใหญ่ มากกว่า 15 เซนติเมตร, คอนกรีตสำหรับงานฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ หรืองานที่มีเหล็กเสริมหนาแน่น มากกว่า 15 เซนติเมตร

2.11 การทดสอบกำลังอัด

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตทำได้โดยการกดหรืออัดแท่งทดสอบรูปทรงกระบอก ตามมาตรฐานอเมริกา ซึ่งบ่มในน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด จำกระทั่งแตกแล้วทำการคำนวณค่าความต้านทานของแรงอัดเฉลี่ย คือกำลังรับแรงสูงสุดที่ คอนกรีต จะสามารถรับได้ เวลาทดสอบคือค่าสุดท้ายก่อนก้อนปูนตัวอย่างที่ใช้กดทดสอบแตก ตัวอย่างมาตรฐานที่ทำเพื่อทดสอบกำลังอัดรูปทรงกระบอก เป็นการทดสอบตามมาตรฐานตามอเมริกา ASTM C39 เป็นมาตรฐานที่ใช้งานสำหรับอุตสาหกรรมสำหรับการทดสอบแรงอัดของชิ้นงานคอนกรีตทรงกระบอก

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิทธิชัย ศิริพันธุ์. (2548). ศึกษาเกี่ยวกับการนำน้ำยางธรรมชาติสดมาใช้เพื่อพัฒนางานคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสม โดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้และกำลังรับแรงของคอนกรีตผสมน้ำยางสดในสัดส่วน $P/C = 0.05, 0.10, 0.15, 0.20$ และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนผสมคอนกรีตใช้ซีเมนต์ : ทราย : หิน เป็น $1:2:4$ โดยน้ำหนัก แล้วหาค่าความสามารถเทได้ จากนั้นจึงหล่อเข้าแบบมาตรฐานรูปลูกบาศก์ และรูปคาน เพื่อหาลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดัด ตามลำดับ โดยการบ่มชิ้น 7 ตามด้วยบ่มแห้งในอากาศที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ

พีรวัฒน์ ปลาเงิน, และคณะ, ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา ได้ทำการศึกษาค้นสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (พรีวัลคาไนซ์) ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ โครงสร้างจุลภาคคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ความสามารถในการเทได้ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยกำหนดอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ ร้อยละ 0, ร้อยละ1, ร้อยละ3, ร้อยละ5, ร้อยละ10 และ ร้อยละ15 (โดยน้ำหนัก) และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตระยะเวลา 28 วัน พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ ร้อยละ1 มีคุณสมบัติการรับแรงต่างๆ ดีที่สุด ได้แก่ กำลังรับแรงอัด 244 กิโลกรัม/

ลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงดึง 35 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โมดูลัสความยืดหยุ่น 46 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร การดูดซึมน้ำร้อยละ 1.0 จากผลการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตในห้องปฏิบัติการจึงแนะนำให้ใช้อัตราส่วนผสมคอนกรีตสำหรับนำไปใช้งานในการหล่อคูล่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยใช้น้ำยางตอปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ ร้อยละ 1 (โดยน้ำหนัก) สำหรับปูนซีเมนต์ 50 กิโลกรัม ประกอบไปด้วยวัสดุต่างๆ ดังนี้ ทราย 135 กิโลกรัม หินกรวด 148 กิโลกรัม น้ำ 29.67 กิโลกรัม และน้ำยางพาราคาไนซ์ 0.83 กิโลกรัม การศึกษาวิจัยภาคสนามได้พัฒนาคูล่งน้ำผสมน้ำยางพาราแบบสำเร็จรูปและแบบควดในที่ติดตั้งในพื้นที่แปลงนาของเกษตรกร ความกว้างของคูล่งน้ำ 0.40 ม. สูง 0.30 ม. และความหนา 0.07 ม. การติดตามประเมินผลเบื้องต้นการใช้งานคูล่งน้ำในพื้นที่แปลงนา พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่แปลงนาจะไหลได้สะดวกและเร็ว สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำเนื่องจากการรั่วซึม จึงทำให้ประสิทธิภาพการชลประทานเพิ่มขึ้น

พอพันธ์ สุทธิวัฒน์, และคณะ. ศึกษาปัญหาหลักของรั่วคอนกรีตในปัจจุบันคือการแตกร้าวของคานซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบทำหน้าที่รับแรงดัดซึ่งเกิดจากน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร คานดังกล่าวสามารถเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติต้านทานแรงดัดน้อย ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการนำน้ำยางข้น ที่มีราคาถูกต่ำในปัจจุบันมาเพิ่มมูลค่า ด้วยคุณสมบัติเฉพาะของน้ำยางพารา คือ มีความยืดหยุ่นสูง ซึ่งเป็นผลมาจากหน่วยไอโซพรีน ซึ่งเชื่อมกันเป็นโมเลกุลของยาง ดังนั้นเมื่อมีแรงมากระทำต่ออย่างจะทำให้ยางเปลี่ยนรูปร่าง แต่เมื่อหยุดใช้แรง ยางจะกลับสู่สภาพเดิม ดังนั้น จึงนำประโยชน์ข้อนี้ของยางพารามาใช้จากการทดลอง พบว่า อัตราส่วนน้ำยางข้นต่อน้ำ (P/W) เท่ากับร้อยละ 0.5 และ 1.0 ให้ค่าความสามารถในการเทอยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ และค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 32.7 MPa และค่ากำลังดัดสูงสุดที่ 4.03 MPa ซึ่งค่ากำลังดัดเพิ่มขึ้นจากกรณีที่ไม่เติมน้ำยางข้นถึงร้อยละ 5 ดังนั้น อัตราส่วนของน้ำยางข้นต่อน้ำ (P/W) ไม่เกินร้อยละ 1 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาผลิตรั่วคอนกรีต เนื่องจากให้ค่ากำลังดัดที่เพิ่มขึ้น และกำลังอัดมีค่าสูงขึ้น

ประชุม คำพุฒ, และคณะ. ได้ศึกษาการนำน้ำยางธรรมชาติ (ยางพารา) มาใช้เป็นสารผสมเพิ่มในการปรับปรุงสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ ทำการทดลอง โดยใช้อัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์:ทรายบดละเอียด เท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนักปริมาณผงอลูมิเนียมเท่ากับร้อยละ 0.3 ของส่วนผสมทั้งหมดอัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.50 โดยน้ำหนัก (ไม่รวมน้ำหนักของน้ำในน้ำยางพารา) ปริมาณปูนขาวเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และปริมาณยิปซัมเท่ากับร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ในการเตรียมน้ำยางพาราใช้สารแอมโมเนียเหลวเข้มข้นร้อยละ 15 ในสัดส่วนร้อยละ 3 ของน้ำหนักน้ำยางพารา

คอนกรีตต้องผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0, 0.10, 0.15 และ 0.20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ตามลำดับ ทำการผสมและอบไอน้ำตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 นำมาทดสอบค่าความหนาแน่นค่ากำลังอัดและค่ากำลังดัด ที่อายุ 3, 7, 14, และ 28 วัน ค่าการดูดกลืนน้ำที่อายุ 7 และ 28 วัน ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาวและค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ผลการวิจัยพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาจะแปรผกผันกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ในขณะที่กำลังดัดของคอนกรีตจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนของน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ โดยที่เมื่อผสมน้ำยางพารามากขึ้นค่ากำลังอัดจะลดลงแต่ค่ากำลังดัดจะเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นจะแปรผันกับอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ ค่าการดูดกลืนน้ำจะแปรผันตรงกับอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว (ร้อยละการหดตัว) มีค่าไม่แน่นอนในแต่ละอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากกว่าคอนกรีตมวลเบาปกติอยู่เล็กน้อยโดยปริมาณน้ำยางพาราที่เหมาะสมที่สุดงานวิจัยนี้คือ การใช้อัตราส่วนน้ำยางพาราต่อปูนซีเมนต์ 0.10 เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วน้ำยางพาราสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบปานกลางที่สามารถรับกำลังได้สูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดี

ประชุม คำพุ่ม, และคณะ. งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำยางธรรมชาติ (ยางพารา) มาผสมในคอนกรีตบล็อกเพื่อพัฒนาคุณสมบัติด้านการรับกำลังและการเป็นฉนวนกันความร้อน โดยใช้อัตราส่วนยางพาราต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.025, 0.050 และ 0.075 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่น เท่ากับ 1:4 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.40 (ไม่คิดปริมาณน้ำในน้ำยางพารา) และใส่สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุร้อยละ 4 ของน้ำหนักยางพารา โดยปริมาณยางพาราต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมมากที่สุดในงานวิจัยครั้งนี้ เท่ากับ 0.075 มีการยอละการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 4.80 คากำลังอัดและ กำลังดัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 96 กก./ตร.ซม. และ 52 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนนั้นมีค่าต่ำมาก เท่ากับ 0.139 วัตต์/เมตร-องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วแสดงว่าน้ำยางพาราสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มได้ โดยช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีความสามารถในการรับกำลังดัดได้สูงขึ้น ดูดซึมน้ำต่ำลง และมีสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา

จากงานที่เกี่ยวข้องข้างต้นผู้วิจัยเลือกศึกษายางธรรมชาติจาก น้ำยางพารา ที่มีอยู่ในท้องถิ่น และศึกษาสารลดแรงตึงผิว มาประยุกต์ใช้งานในคอนกรีตผสมน้ำยางพารา เพื่อนำมาศึกษาผลต่อกำลังอัด ความสามารถเทได้และความหนาแน่นของคอนกรีต อาจเป็นทางเลือกใหม่ในงานวิศวกรรมโยธา อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่ายางพาราธรรมชาติที่มีอยู่ภายในประเทศอีกทางหนึ่งด้วย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

ในบทนี้เป็นกล่าวถึงวัสดุที่ใช้ในการทดสอบพร้อมทั้งอุปกรณ์, เครื่องมือ ที่ใช้ในการทำ และการดำเนินการทดสอบในการศึกษากำล้างอัดของคอนกรีต ดังนี้

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

1. ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. ทรายหยาบ จากตะแกรงร่อน No.4 ขนาดช่องว่าง 2.36 มิลลิเมตร
3. หิน ขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว
4. น้ำ ใช้น้ำสะอาด ในการทดสอบนี้ใช้น้ำประปา
5. นํ้ายาล้างไขมันผสมแอมโมเนียชนิด LA -TZ
6. สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ (Anionic surfactant) นํ้ายาล้างผ้าสูตรน้ำ มี Sodium Lauryl Sulfate เป็นสารประกอบหลัก

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการศึกษากำล้างอัดของคอนกรีต โดยประกอบไปด้วย

1. ตะแกรงวิเคราะห์ขนาด ใช้สำหรับคัดแยกทรายเพื่อหาโมดูลัสความละเอียดของทราย ให้ได้ขนาดที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต มีขนาด 100, 50, 30, 16, 8, 4, $\frac{3}{8}$ " , และ $\frac{1}{2}$ "
2. ตลับเมตรเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวัดขนาดใช้สำหรับวัดความกว้าง ความยาวและความลึกของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกเพื่อทดสอบกำล้างอัด
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีวิธีการใช้งานที่ง่าย มีความถูกต้องและความแม่นยำสูงโดยจะถูกนำมาใช้สำหรับชั่งน้ำหนักวัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้
4. แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอกแบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร เพื่อหาค่ากำล้างอัดของคอนกรีต
5. เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด สามารถใช้แรงกระทำต่อชิ้นงานที่ทดสอบในการกระทำต่อชิ้นงานความเร็วในการกดคงที่ ในการทดสอบนี้จะนำมาใช้สำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก

6. ชุดทดสอบความชันเหลวของคอนกรีต (slump test) ชุดทดสอบความชันเหลวของคอนกรีต ตามมาตรฐาน ASTM C143/C143M

- ถาดทำด้วยโลหะผสม ขนาด 24 x 24 นิ้ว
- กรวย (Slump Cone) ทำด้วยสแตนเลส ปีกที่ยื่นสำหรับเท้าเหยียบ
- แท่งกระทุ้ง (Tamping Rod) ทำด้วยเหล็กแข็งเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. ยาว 60

เซนติเมตร ชุบเคลือบกันสนิม

- ที่ตักตัวอย่างคอนกรีต (Scoop) ทำด้วยอลูมิเนียม

7. เครื่องผสมปูนแบบลูกข่างชนิดใช้เครื่องยนต์แบบมีน้ำมัน สำหรับผสมคอนกรีต

3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

3.3.1 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยมี ซีเมนต์ : ทราย : หิน : น้ำ : ยางพารา : สารลดแรงตึงผิว กำหนดร้อยละอัตราส่วนของน้ำยางพาราโดยน้ำหนักของน้ำตามส่วนผสมในตารางที่ 3.1 และกำหนดร้อยละอัตราส่วนของน้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวโดยน้ำหนักของน้ำโดยผสมสารลดแรงตึงผิวที่อัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำยางพาราดังแสดงในตารางที่ 3.2 การศึกษาครั้งนี้ใช้คอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร

ตาราง 3.1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราต่อลูกบาศก์เมตรที่ใช้ในการทดสอบ

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (kg/m ³)				
	ปูนซีเมนต์	ทราย	หิน	น้ำ	ยางพารา (แทนที่น้ำ)
Control	322	680	931	200	0
L-0.5	322	680	931	199	1.00
L-1.0	322	680	931	198	2.00
L-1.5	322	680	931	197	3.00
L-2.0	322	680	931	196	4.00

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 3.2 อัตราส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิวต่อลูกบาศก์เมตรที่ใช้ในการทดสอบ

ส่วนผสม	ปริมาณส่วนผสม (kg/m ³)					
	ปูนซีเมนต์	ทราย	หิน	น้ำ	ยางพาราชั้น (แทนที่น้ำ)	สารลดแรงตึงผิว (เติมในน้ำยางพารา)
Control	322	680	931	200	0	0
L-0.5s	322	680	931	199	1.00	0.05
L-1.0s	322	680	931	198	2.00	0.10
L-1.5s	322	680	931	197	3.00	0.15
L-2.0s	322	680	931	196	4.00	0.20

3.3.2 วิธีการผสมตัวอย่าง

วิธีการผสมตัวอย่างการหาค่ากำลังอัดในรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ของคอนกรีต จะต้องทำการหล่อตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยผู้วิจัยทำการเตรียมส่วนผสมในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, ทรายผ่านตะแกรงวิเคราะห์เบอร์ 4, หินขนาด ¾ นิ้ว ผิวแห้ง, น้ำสะอาด เป็นน้ำประปา, น้ำยางพาราชั้น

3.3.3 การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตขณะสด

การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ใช้เพื่อทดสอบหาค่าความชื้นเหลวของคอนกรีตในสภาพเหลวโดยใช้วิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัว เพื่อตรวจสอบความสามารถไหลได้ของคอนกรีต (Workability) ค่าการยุบตัวไม่ได้เป็นค่าที่วัดความสามารถไหลได้ของคอนกรีตโดยตรง แต่เป็นการวัดความชื้นเหลวของคอนกรีต (Consistency) หรือลักษณะการไหลตัวของคอนกรีต (Flow Characteristic) แม้วิธีนี้จะไม่เหมาะสมสำหรับทดสอบคอนกรีตที่เหลว หรือแห้งมากแต่ก็มีประโยชน์อย่างมากและสะดวกสำหรับการควบคุมความสม่ำเสมอของการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ เช่น ในกรณีที่ค่าการยุบตัวของคอนกรีตมีค่ามากกว่าปกติที่ออกแบบไว้ แสดงให้เห็นว่าจำเป็นต้องมีความผิดปกติเกิดขึ้นในส่วนผสมขนาดผลหรือความชื้นในมวลรวมซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตคอนกรีตสามารถตรวจสอบและแก้ไขได้

การทดสอบทำโดยตักคอนกรีตใส่ลงในโคนที่มีลักษณะเป็นกรวยยอดตัดให้ได้ 3 ชั้น โดยให้แต่ละชั้นมีปริมาตรเท่ากัน และต้องกระทุ้งด้วยเหล็กทีละชั้น ชั้นละประมาณ 25 ครั้ง แบ่งกระทุ้งเป็น 3 ชั้น แล้วจึงค่อยๆ ยกโคนขึ้นอย่างช้าๆ คอนกรีตจะยุบตัวลงด้วยน้ำหนักของตัวเอง ความสูงที่ยุบตัว

ลงของคอนกรีตที่วัดได้ถือว่าเป็นค่ายุบตัวของคอนกรีต (ควรใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดไม่เกิน 2:30 นาที)

3.3.4 ทำการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต

เมื่อผสมคอนกรีตได้ที่แล้ว ก่อนที่จะนำคอนกรีต ที่ผสมนำมาเทเข้าแบบ ต้องทำการหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต วางแบบ (Mold) ลงบนพื้นราบโดยให้ด้านที่มีหลายตัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 102 มิลลิเมตร อยู่ด้านบน เส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มิลลิเมตร อยู่ด้านล่าง ใช้เท้าเหยียบแผ่นเหล็กที่ฐานทั้งสองข้างไว้ให้แน่น ใช้แท่งเหล็กปาดขอบผิวของแบบจนคอนกรีตเรียบแล้ว จับที่หุยกแบบขึ้นตามแนวตั้งแล้ววัดระยะที่ยุบของคอนกรีตเทียบกับระยะความสูงของแบบ ดังภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 การวัดระยะยุบตัวของคอนกรีต

จากนั้นนำคอนกรีตจากการทดสอบค่าการยุบตัวผสมกับคอนกรีตในโม้ไปเทใส่แบบรูปทรงกระบอกที่เตรียมไว้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร โดยตักคอนกรีตออกจากเครื่องโม้ใส่ถึง นำมาเทใส่แบบรูปทรงกระบอกร้อยละ 25 แล้วใช้เหล็กกระทุ้งหนึ่งชิ้นจนทั่วแบบทรงกระบอก 25 ครั้ง แล้วเทคอนกรีตใส่แบบรูปทรงกระบอกร้อยละ 75 ชิ้นที่สอง แล้วใช้เหล็กกระทุ้งให้ทั่วแบบรูปทรงกระบอก 25 ครั้ง และเทคอนกรีตลงใส่รูปทรงกระบอกให้เต็มร้อยละ 100 แล้วใช้เหล็กกระทุ้งลงไปครึ่งหนึ่งของแบบทรงกระบอกให้ทั่วจำนวน 25 ครั้ง แล้วปาดผิวคอนกรีตให้

เรียบทำให้ได้ครบตามตัวอย่างที่ออกแบบไว้ แล้วนำตัวอย่างทดสอบเก็บไว้ในห้องที่จัดเตรียมไว้
ดังภาพประกอบ 3.2 – 3.3



ภาพประกอบ 3.2 วิธีการเข้าแบบคอนกรีตสำหรับการทดสอบกำลังอัด



ภาพประกอบ 3.3 คอนกรีตที่เข้าแบบเรียบร้อยแล้ว

เมื่อครบ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบคอนกรีตออกแล้วนำไปบ่มในน้ำ ดังภาพประกอบ 3.4 ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ คือ 7, 14 และ 28 วัน หลังจากนั้นนำมาบ่มขึ้นในอากาศ 1 วัน แล้วจึงนำตัวอย่างไปทำการแกะหัวคอนกรีตเพื่อให้สามารถเข้าเครื่องทดสอบได้และนำไปทดสอบกำลังอัด (Compression Test)



ภาพประกอบ 3.4 การบ่มคอนกรีตในน้ำเพื่อรอทดสอบกำลังอัด

3.3.5 การแกะหัวคอนกรีต

การแกะหัวคอนกรีตเริ่มจากเตรียมคอนกรีตรูปทรงกระบอกที่บ่มน้ำแล้วทิ้งไว้บนอากาศจนแห้ง และเตรียมผงกำมะถัน ตั้งกระทะบนเตาแก๊สแล้วนำผงกำมะถันมาใส่ลงบนกระทะ ใช้ไฟอ่อนๆ รอผงกำมะถันละลายเป็นน้ำใสๆ แล้วตักน้ำกำมะถันที่กำลังละลายเป็นน้ำใสๆ เทลงไปในแบบแกะหัวคอนกรีตรูปทรงกระบอกแล้วนำชิ้นงานรูปทรงกระบอกมากดทับลงบนผิวกำมะถันกดไว้ในแบบรอ 1 นาที ดูน้ำกำมะถันเริ่มแห้งและแข็งเปลี่ยนเป็นสีขุ่นๆ แล้วจึงนำแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกออกจากแบบแกะหัวคอนกรีตได้แล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง จึงนำไปเข้าเครื่องทดสอบแรงอัด

3.3.6 การทดสอบกำลังอัด

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตทำได้โดยการกดหรืออัดแท่งทดสอบ รูปทรงกระบอกตามมาตรฐานอเมริกา ซึ่งบ่มในน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด จนกระทั่งแตกแล้วทำการคำนวณค่าความต้านทานของแรงอัดเฉลี่ย ตัวอย่างมาตรฐานที่ทำเพื่อทดสอบกำลังอัด รูปทรงกระบอก

ตามมาตรฐานตามอเมริกา ขนาดที่ใช้คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ทำการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมสารลดแรงตึงผิวและไม่ผสมสารลดแรงตึงผิว โดยมีขนาดตัวอย่างทดสอบจำนวน 90 ตัวอย่าง ที่อายุการบ่มขึ้น ของคอนกรีต 7, 14 และ 28 วัน ทดสอบการรับแรงอัดภายใต้มาตรฐานกรมโยธาและผังเมือง (มยผ) 1210-50 มาตรฐานการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต นำชิ้นงานไปวางบนเครื่องทดสอบตรงกึ่งกลางเครื่องทดสอบและวางบนแท่นรับแรง จัดวางระบบแรงให้อยู่กึ่งกลางของแรงกระทำ นำแท่งกดสัมผัสผิวหน้าของทรงรูปทรงกระบอกและเริ่มทำการทดสอบเพิ่มแรงกระทำจนกระทั่งเกิดรอยร้าวและแตกในที่สุด จากนั้นให้บันทึกแรงสูงสุดเอาไว้เพื่อนำไปคำนวณกำลังอัดต่อไป โดยนำแรงอัดสูงสุดที่ได้หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างที่ทดสอบนั้น

3.3.7 วิธีคำนวณความหนาแน่นของคอนกรีต

การหาความหนาแน่นของคอนกรีตในแบบรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร สามารถคำนวณได้โดยนำน้ำหนักของก้อนคอนกรีตที่ต้องการหาความหนาแน่นมาหารด้วยปริมาณที่แท้จริงของตัวอย่างนั้น เช่น ปริมาณของก้อนคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตรจะมีปริมาตรตามสมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{ปริมาตร} &= \text{พื้นที่หน้าตัดวงกลม} \times \text{ความสูง} \\ &= 78.60 \times 20 \\ &= 1,572 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

3.4 การหาค่าปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสด (DRC) โดยการอบแห้ง

การอบแห้งเป็นวิธี หาค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยการนำน้ำยางไปทำให้แห้ง ให้เหลือแต่เฉพาะเนื้อยาง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบระหว่างน้ำยางสดก่อนที่จะนำไปทำให้แห้ง กับเนื้อยางที่อบแห้งแล้วว่าต่างกันเท่าไรเมื่อคิดออกมาเป็นร้อยละ เช่น ชั่งน้ำยางสดมา 100 กรัม นำไปอบแห้งแล้วชั่งน้ำหนักเหลือ 44 กรัม นั่นคือ น้ำยางสดนั้นมีค่าปริมาณเนื้อยางแห้งร้อยละ 44

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำอบแห้ง

1. ตู้บลมร้อนสำหรับใช้อบแผ่นยางตัวอย่าง
2. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ในหน่วยกรัม
3. กระปุกพลาสติก ไว้สำหรับใส่ตัวอย่างน้ำยาง

4. ถ้วยสแตนเลส หรืออลูมิเนียม ใส่น้ำยางสด 10 กรัม

วิธีการหาปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสด (DRC) มีขั้นตอนดังนี้

1. สุ่มตัดตัวอย่างน้ำยางสดที่ต้องการหาค่าเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง
2. เติมน้ำยางสดใส่ถ้วยอลูมิเนียม 10.00 กรัม
3. ชั่งน้ำยางสดที่ใส่ถ้วยอลูมิเนียม 10.00 กรัม
4. ตั้งทิ้งไว้ให้ยางจับตัวประมาณ 30 นาที
5. นำไปอบให้แห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลาอบ 24 ชั่วโมง
6. นำยางที่อบแห้งแล้วออกจากตู้อบ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกค่าไว้
7. นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาปริมาณเนื้อยางแห้งจากสูตร ดังนี้
ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) = (น้ำหนักยางแห้ง คูณด้วย 100) หารด้วยน้ำหนักน้ำยางสด

บทที่ 4

ผลและการวิจารณ์

ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการทดสอบกำลังอัด ความสามารถเทได้ และความหนาแน่นของคอนกรีต โดยวิเคราะห์ผลการทดสอบคอนกรีตแต่ละสัดส่วนของการทดสอบคอนกรีตทั้งส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยาพาราและส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยาพาราผสมสารลดแรงตึงผิว เมื่อนำตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมน้ำยาพาราและตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมน้ำยาพาราและสารลดแรงตึงผิว บ่มในน้ำในสัดส่วนที่กำหนดไว้ ที่ 7, 14 และ 28 วัน สำหรับรายละเอียดบทนี้จะกล่าวถึง การพัฒนากำลังอัด อิทธิพลของน้ำยาพาราชั้นผสมสารลดแรงตึงผิว ต่อกำลังอัดของคอนกรีต ความสามารถเทได้ และความหนาแน่นของคอนกรีต หาค่าการยุบตัวค่าเฉลี่ย ของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยาพาราผสมสารลดแรงตึงผิว

4.1 ค่ายุบตัวของคอนกรีตสด

การทดสอบค่าการยุบตัวเพื่อหาความสามารถไหลได้ หรือความสามารถเทได้ของคอนกรีตสดได้ค่า ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C143 มาตรฐานการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต (ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020)

ตาราง 4.1 ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยาพารา

ส่วนผสม	ค่าการยุบตัว (เซนติเมตร)
Control	9
L-0.5	10
L-1.0	10
L-1.5	11
L-2.0	12

การทดสอบค่าการยุบตัวเพื่อหาความสามารถไหลได้ หรือความสามารถเทคอนกรีตสดลงบนแบบได้ค่ายุบตัวดังแสดงในตารางที่ 4.2

ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราเมื่อปริมาณน้ำยางพาราเพิ่มขึ้นค่าการยุบตัวจะค่อยๆ เปลี่ยนไปตามระดับการเพิ่มของปริมาณน้ำยางพารา ไม่เกิน 12 เซนติเมตร ตามที่ออกแบบไว้และส่วนผสมคอนกรีตจะทำให้เนื้อยางพาราแตกเป็นก้อนไม่สามารถเข้ากับคอนกรีตเป็นเนื้อเดียวกันได้ ดังภาพประกอบ 4.1 แต่ในส่วน of ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำยางพาราเพิ่มขึ้นตามสัดส่วน ค่าการยุบตัวในสัดส่วนที่ผสมสารลดแรงตึงผิวจะเพิ่มขึ้นมากกว่าสัดส่วนที่ไม่ใส่สารลดแรงตึงผิว เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ทำให้เข้ากับน้ำยางได้ดี และมีค่าการยุบตัวที่เพิ่มขึ้นจากการออกแบบไว้มาก ดังภาพประกอบ 4.2

ตาราง 4.2 ค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

ส่วนผสม	ค่าการยุบตัว (เซนติเมตร)
Control	9
L-0.5s	9
L-1.0s	10
L-1.5s	12
L-2.0s	14



ภาพประกอบ 4.1 ส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.2 ส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

4.2 การพัฒนากำลังอัด

จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตแสดงผลให้ทราบถึงผลของคอนกรีตที่ใส่น้ำยางพาราลงไปในส่วนผสมพบว่ากำลังอัดเพิ่มขึ้น ในการใส่น้ำยางพาราที่ร้อยละ 1.0 และจะลดลงหลังจากเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 1.0 ซึ่งหมายความว่า ในการใส่น้ำยางพาราจะมีผลต่อความสามารถในการรับกำลังอัด ในงานวิจัยนี้ ส่วนผสมชุด Control มีกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 324.7 ksc เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ ACI 318 การออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดตามกรอบของ ACI 318-71 กำหนดให้ทดสอบก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อยืนยันว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ส่วนผสมชุด Control อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด สำหรับคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 มีกำลังที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 324.7, 336.5, 312.9, 315.9 และ 265.8 ksc ดังแสดงในตารางที่ 4.3

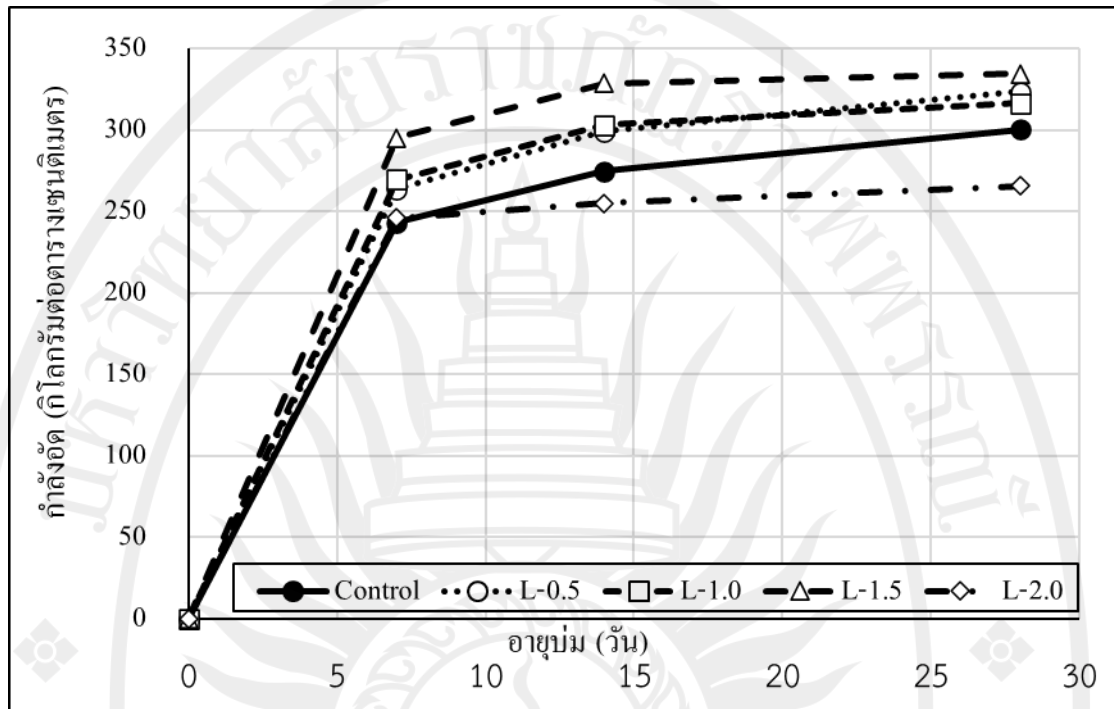
ตาราง 4.3 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อายุทดสอบต่างๆ (ksc)

กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ตัวอย่างทดสอบ	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	243.3	274.7	324.7
L-0.5	274.7	299.2	336.5
L-1.0	269.8	303.1	312.9
L-1.5	295.3	328.6	315.9
L-2.0	246.2	210.9	265.8

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา L0.5, L1.0 และ L1.5 มีค่ากำลังอัดสูงกว่าชุด Control ตั้งแต่อายุการบ่ม 7 และ 14 วัน โดยส่วนผสมที่ L0.5 ที่อายุ 28 วัน จะมีกำลังอัดสูงสุดในชุดการทดสอบนี้ เท่ากับ 336.5 ksc

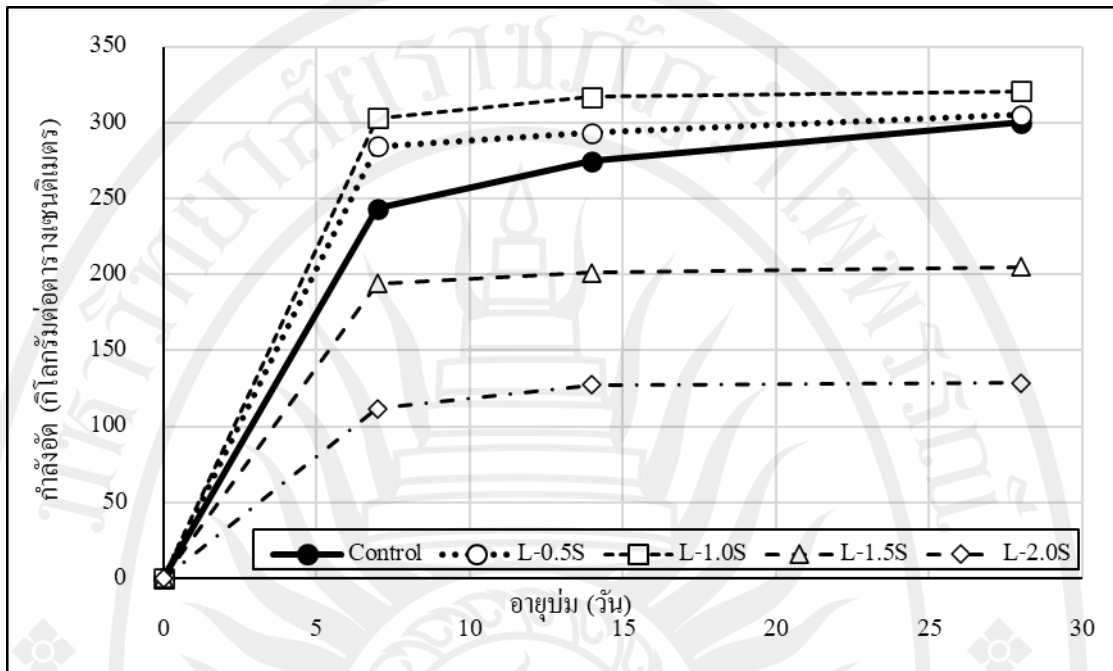
จากที่ทำการทดสอบกำลังของคอนกรีตแสดงผลให้เห็นในตารางที่ 4.4 และภาพประกอบที่ 4.4 แสดงให้ทราบถึงผลของคอนกรีตที่ใส่น้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวลงไปในส่วนผสมพบว่า กำลังอัดลดลงในการใส่น้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวที่ร้อยละ 1.0 และจะลดลงหลังจากเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 1.0 ซึ่งหมายความว่าในการใส่น้ำยางพาราจะมีผลต่อความสามารถในการรับกำลังอัดในงานวิจัยนี้ ส่วนผสมชุด Control มีความสามารถรับกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 324.7 ksc เมื่อเปรียบเทียบกับงานมาตรฐานของ ACI 318การออกแบบโดยวิธีกำลังประลัยได้กำหนดตามกรอบของ ACI 318-71 และ มอก 409-2525 กำหนดให้ทดสอบก่อนตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อยืนยันว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ส่วนผสมชุด Control อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด สำหรับคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราชั้น ร้อยละ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 มีกำลังที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 324.7, 305.0, 309.0, 205.0 และ 128.5 ksc พบว่ากำลังอัดคอนกรีตลดลงที่ชุด L-1.5s เมื่อใส่น้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิว



ภาพประกอบ 4.3 การพัฒนาก้างอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ตาราง 4.4 ก้างอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิวที่อายุทดสอบต่างๆ (ksc)

ก้างอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว (ksc)			
ตัวอย่างทดสอบ	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	243.3	274.7	324.7
L-0.5s	289.4	293.3	305.1
L-1.0s	303.1	320.8	321.0
L-1.5s	194.2	201.1	205.0
L-2.0s	111.8	127.5	128.5



ภาพประกอบ 4.4 การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว พบว่ากำลังอัดที่ L-0.5s และ L-1.0s มีค่ากำลังอัดสูงกว่าชุด Control ที่อายุการบ่ม 28 วัน โดยส่วนผสมที่ L-1.0s ที่อายุ 28 วัน ที่ผสมสารลดแรงตึงผิว มีกำลังอัดสูงสุดในชุดการทดสอบนี้ เท่ากับ 321.0 ksc

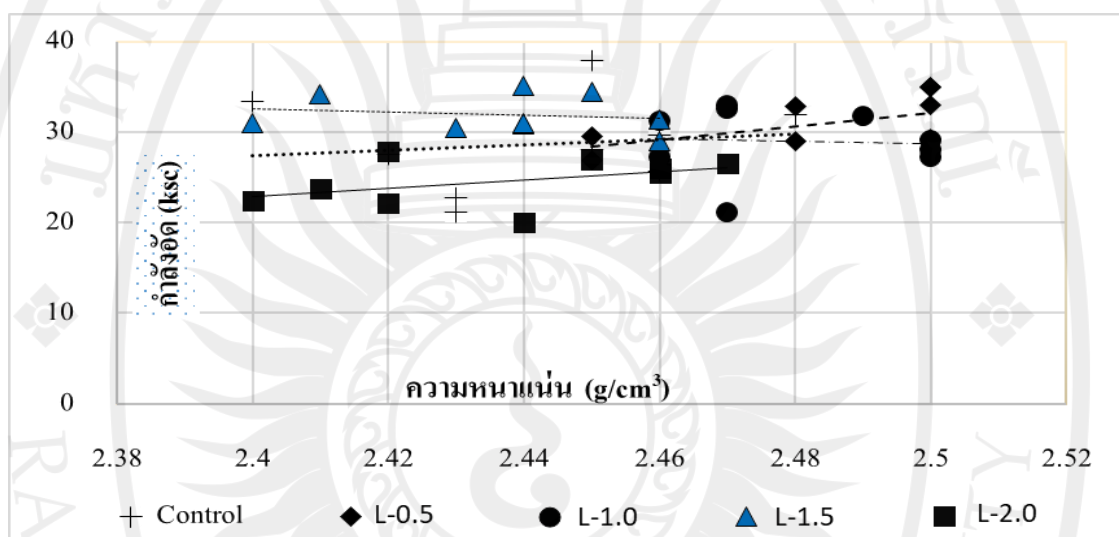
4.3 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

จากที่ทำการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตแสดงผลให้เห็นในตารางที่ 4.5 การหาค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราจากน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน พบว่าความหนาแน่น ชุด Control, L-0.5, L-1.0, L-1.5, และ L-2.0 ได้ค่าเท่ากับ 2.47, 2.50, 2.48, 2.44 และ 2.45 ตามลำดับ

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน
---------	-------	--------	--------

Control	2.44	2.43	2.47
L-0.5	2.48	2.48	2.50
L-1.0	2.48	2.48	2.48
L-1.5	2.44	2.43	2.44
L-2.0	2.44	2.42	2.45



ภาพประกอบ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

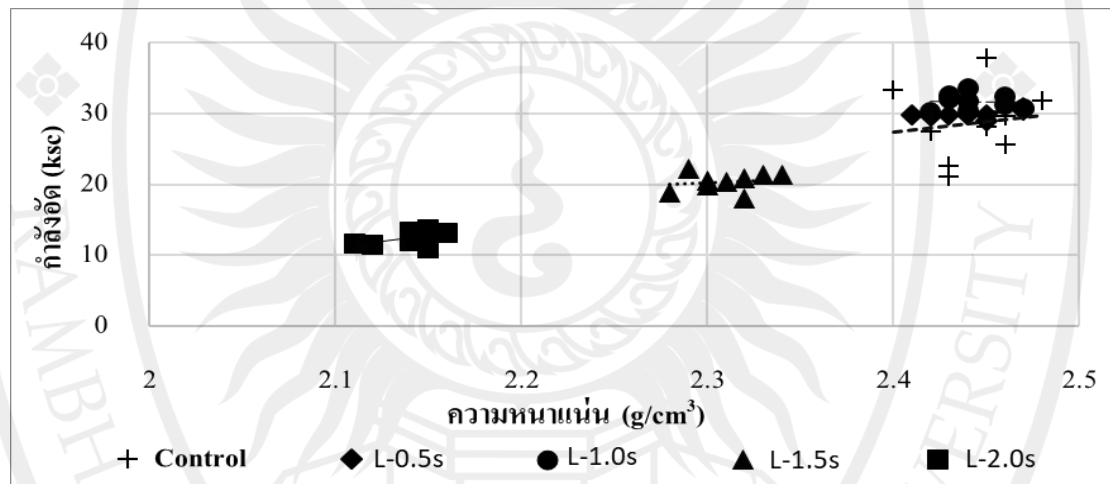
จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ในภาพประกอบ 4.5 พบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีการแปรผันโดยตรงกับกำลังอัดอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากคอนกรีตมีความหนาแน่นสูงจึงมีกำลังอัดสูงตามไปด้วยในทุกส่วนผสม โดยการสังเกตจากกราฟที่มีความชันคงที่และเป็นเส้นตรง

4.4 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสมสารลดแรงตึงผิว

จากที่ทำการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตแสดงผลให้เห็นในตารางที่ 4.6 การหาค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสมสารลดแรงตึงผิวจากน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน พบว่า ความหนาแน่นชุด Control , L-0.5s, L-1.0s, L-1.5s และ L-2.0s ได้ค่าเท่ากับ 2.46, 2.44, 2.44, 2.32 และ 2.15

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	2.44	2.43	2.46
L-0.5s	2.44	2.43	2.44
L-1.0s	2.44	2.44	2.44
L-1.5s	2.32	2.29	2.32
L-2.0s	2.13	2.15	2.15



ภาพประกอบ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว เมื่อผสมสารลดแรงตึงผิวถึงแม้ว่าจะช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานได้สูงขึ้น แต่ก็ทำให้เกิดโครงสร้างภายในเนื้อคอนกรีตตามปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เติมลงไปเป็นโพรงอากาศ

การศึกษาการนำน้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวมาผสมในงานคอนกรีตเพื่อหาเทคนิคการผสมน้ำยางในคอนกรีตอย่างเหมาะสมโดยพิจารณาถึงความสามารถเทได้และกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยาง ผลการวิจัยพบว่า น้ำยางผสมกับคอนกรีตยิ่งใส่ยางเพิ่มขึ้นจะได้กำลังอัดดีขึ้นจนถึงใส่ยางที่ร้อยละ 1.0 และถ้าใส่ยางเพิ่มขึ้นเกินร้อยละ 1.0 มากขึ้นตามลำดับที่ ร้อยละ 1.5, 2.0 กำลังอัดคอนกรีตจะลดลงหลังจากที่ใส่น้ำยางมากกว่าร้อยละ 1.0 จะลดลงเรื่อยๆ ตามลำดับ และ

คอนกรีตผสมน้ำยาพาราผสมสารลดแรงตึงผิว ผลการวิจัยพบว่าน้ำยาผสมกับคอนกรีตได้ดี และเข้ากันมากได้ค่ากำลังอัดดีขึ้นจนถึงใส่ยางที่ร้อยละ 1.0 และถ้าใส่ยางเพิ่มขึ้นเกินร้อยละ 1.0 มากขึ้นตามลำดับที่ร้อยละ 1.5, 2.0 กำลังอัดคอนกรีตจะลดลงหลังจากที่ใส่น้ำยามากกว่าร้อยละ 1.0 จะลดลงเรื่อยๆ ตามลำดับ

4.5 ผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวต่อคุณสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยาพารา

สารลดแรงตึงผิวต่อกำลังและความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาพารา โดยเลือกออกแบบส่วนผสมคอนกรีตควบคุมกำลังอัด 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าการยุบตัวระหว่าง 7.5 – 12.5 เซนติเมตร ตัวอย่างทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยชุดแรก น้ำในส่วนผสมคอนกรีตควบคุมบางส่วนถูกแทนที่ด้วยน้ำยาพาราในอัตราส่วนร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของน้ำ ส่วนชุดที่สอง นำส่วนผสมของชุดแรกมาแทนที่น้ำยาพาราบางส่วนด้วยสารลดแรงตึงผิวอัตราส่วนร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำยาพารา หาค่าการยุบตัวขณะสดของคอนกรีตทุกส่วนผสมและทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7 และพบว่า การเติมสารลดแรงตึงผิวส่งผลให้คอนกรีตผสมน้ำยาพารามีกำลังอัดลดลงอย่างมากโดยเฉพาะในส่วนผสมที่มีน้ำยางชั้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 เมื่อเทียบกับคอนกรีตปกติ ดังตารางที่ 4.8 ความหนาแน่นของคอนกรีตแต่ละตัวอย่างคำนวณจากน้ำหนักและปริมาตรรายก้อน จากการทดสอบพบว่า การเติมสารลดแรงตึงผิวช่วยให้คอนกรีตสดมีค่ายุบตัวสูงขึ้น และพบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาพาราทั้งที่มีและไม่มีสารลดแรงตึงผิวแปรผันโดยตรงกับกำลังอัดอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากคอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงจะมีกำลังอัดสูงตามไปด้วยในทุกส่วนผสมโดยการสังเกตจากตารางที่มีค่าคงที่ ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่ายุบตัวคอนกรีตผสมน้ำยาพาราและคอนกรีตผสมน้ำยาพาราและสารลดแรงตึงผิว

ค่ายุบตัวคอนกรีตผสมน้ำยาพารา		ค่ายุบตัวคอนกรีตผสมน้ำยาพาราและผสมสารลดแรงตึงผิว	
ส่วนผสม	ค่ายุบตัว	ส่วนผสม	ค่ายุบตัว
Control	9	Control	9
L-0.5	10	L-0.5s	9
L-1.0	10	L-1.0s	10
L-1.5	11	L-1.5s	12

L-2.0

12

L-2.0s

14

ตารางที่ 4.8 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา และกำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา				กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว			
ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน	ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน
control	243.3	274.7	324.7	control	243.3	274.7	324.7
L-0.5	274.7	299.2	336.5	L-0.5s	289.4	293.3	305.1
L-1.0	269.8	303.1	312.9	L-1.0s	303.1	320.8	309.0
L-1.5	295.3	328.6	315.9	L-1.5s	194.2	201.1	205.0
L-2.0	246.2	210.9	265.8	L-2.0s	111.8	127.5	128.5

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว

ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา				ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว			
ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน	ส่วนผสม	7 วัน	14 วัน	28 วัน
control	2.44	2.43	2.47	control	2.44	2.43	2.46
L-0.5	2.48	2.48	2.50	L-0.5s	2.44	2.43	2.44
L-1.0	2.48	2.48	2.48	L-1.0s	2.44	2.44	2.44
L-1.5	2.44	2.43	2.44	L-1.5s	2.32	2.29	2.32
L-2.0	2.44	2.42	2.45	L-2.0s	2.13	2.15	2.15

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลองสรุปได้ว่าคอนกรีตที่ใส่น้ำยางพาราที่ร้อยละ 0.5 มีกำลังอัดเท่ากับ 336.5 ksc และ 1.0 มีกำลังอัดเท่ากับ 312.9 ksc มีกำลังอัดใกล้เคียงกับคอนกรีตปกติที่ไม่ผสมน้ำยางพารา 324.7 ksc อายุการบ่มที่ 28 วัน ภายหลังเติมสารลดแรงตึงผิวเข้าไปผสมกับน้ำยางพาราในสัดส่วนผสมที่มีน้ำยางพาราร้อยละ 0.5 และ 1.0 ได้กำลังอัดเท่ากับ 305.1 และ 309.0 ksc ตามลำดับ โดยน้ำหนักของน้ำก็สามารถทำให้ตัวอย่างคอนกรีต มีกำลังอัดเทียบเท่ากับคอนกรีตผสมน้ำยางพาราได้ โดยปกติส่วนผสมของคอนกรีตและน้ำยางพารามีก้อนยางกระจายอยู่เต็มในส่วนผสมจะไม่จับตัวกับซีเมนต์ โดยเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวเข้าไปผสมน้ำยางพาราแล้วจะทำให้ น้ำยางพาราจับตัวกับซีเมนต์ได้ดีและทำให้ส่วนผสมของคอนกรีตกระจายตัวได้ทั่วทั้งส่วนผสมทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใส่ในสัดส่วนผสมที่มีน้ำยางพาราผสมสารลดแรงตึงผิวร้อยละ 1.5 และ 2.0 ขึ้นไปก็จะส่งผลให้กำลังอัดลดลงอย่างมาก ซึ่งลดลงถึงร้อยละ 50 ในส่วนผสมที่มีน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิวร้อยละ 2.0 และยังพบว่าถึงแม้กำลังอัดของคอนกรีตจะไม่สูงกว่าคอนกรีตควบคุม แต่ค่าการยุบตัวขณะสดของคอนกรีตมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเพิ่มสารลดแรงตึงผิวลงไปและเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำยางพาราในส่วนผสม

จากการแสดงน้ำหนักก่อนตัวอย่างคอนกรีตที่อายุ 28 วัน เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นเฉลี่ยพบว่า คอนกรีตผสมน้ำยางพารา มีความหนาแน่นในช่วง $2.40-2.50 \text{ kg/cm}^3$ ขณะที่คอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว มีความหนาแน่นต่ำกว่ามากและต่ำกว่า 2.15 kg/cm^3 ในส่วนผสม L-2.0s เมื่อตัวอย่างก่อนคอนกรีตมีความหนาแน่นลดลง ดังนั้นความหนาแน่นที่ลดลงจึงมาจากน้ำหนักที่ลดลงเพียงอย่างเดียวและเป็นข้อมูลที่สนับสนุนว่าคอนกรีตที่ผสมสารลดแรงตึงผิวในปริมาณมากขึ้นจะส่งผลให้คอนกรีตมีฟองอากาศภายใน เนื้อคอนกรีตมากขึ้นและกลายเป็นโครงสร้างโพรงจำนวนมาก สารลดแรงตึงผิวจะส่งผลให้คอนกรีตมีความหนาแน่นลดลงและพบว่ากำลังอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราทั้งที่ผสมและไม่ผสมสารลดแรงตึงผิวต่างก็แปรผันโดยตรงกับความหนาแน่นเฉลี่ยของคอนกรีต

ข้อเสนอแนะ

1. การนำสารลดแรงตึงผิวเป็นน้ำยาซักผ้ามาผสมกับน้ำยาล้างจานแล้วนำไปผสมกับซีเมนต์สามารถทำให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันได้ดีในการนำไปทำคอนกรีต แต่ถ้าผสมสารลดแรงตึงผิวมากเกินไปจะทำให้ค่ากำลังอัดลดลงไปตามลำดับในสัดส่วนผสมที่มากขึ้น

2. การผสมน้ำยาล้างจานในคอนกรีตจะต้องผสมน้ำและน้ำยาล้างจานรวมกันก่อนเพื่อลดความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน และไม่ให้คอนกรีตจับตัวกันเป็นก้อน จึงควรใช้สารลดแรงตึงผิวผสมกับน้ำยาล้างจานก่อนแล้วนำไปผสมน้ำให้เข้ากันจึงจะนำไปผสมกับซีเมนต์ ในการผสมคอนกรีต เพื่อไม่ให้คอนกรีตจับตัวกันเป็นก้อนๆ ในส่วนผสมของคอนกรีต

บรรณานุกรม

- กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2550 : “มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต” มาตรฐานการทดสอบวัสดุในงานคอนกรีต, หน้า 55-59.
- ประชุม คำพุฒ และคณะ. การใช้น้ำยางพาราปรับปรุงสมบัติด้านการรับแรงและการเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ. วิจัยและพัฒนา มจร. 30(2), เมษายน-มิถุนายน, 2550
- ประชุม คำพุฒ. โครงการการใช้น้ำยางพาราพัฒนาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีต บล็อก. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2550
- พอพันธ์ สุทธิวัฒน์, ไพลิน ทองสินทกัญจน์, อนุรักษ์ รอดบำรุง, เบญจมาศ เนติวรรักษา และกานต์ นักรวรา ยุทธ. (2564). การศึกษากำลังอัดของรีวคอนกรีตผสมน้ำยางพารา. วารสารวิจัย ราไพพรรณี. มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- พิรวัฒน์ ปลาเงิน, ชวน จันทวาลย์, และณัฐพล อภินันท์โน. (2561). การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา. ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23 วันที่ 18-20 กรกฎาคม พ.ศ. 2561. นครนายก.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก. 841-2548. สารเคลือบคอนกรีต. (2005)
- สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดยะลา. (2562). ยางพารา ข้อมูลรายสินค้าของจังหวัดยะลาประจำปีงบประมาณ 2562, จังหวัดยะลา.
- สิทธิชัย ศิริพันธุ์. (2548). การใช้ยางธรรมชาติเพื่อพัฒนางานคอนกรีต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตศรีวิชัย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ. (2538). การออกแบบเสาคอนกรีตในอาคารสูง. หลักสูตรการออกแบบโครงสร้างอาคารสูง, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ACI Committee 318, 2019, “Building Code Requirements for Structural Concrete”, ACI 318-19, p.628.
- American Society for Testing and Materials, 2001, “ASTM C39-01 : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”, Vol. 04.02, Philadelphia, ASTM, p.5.
- American Society for Testing and Materials, 2019, “ASTM C143/C143M-12 : Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete”, Vol. 04.02, Philadelphia, ASTM, p.4.
- American Society for Testing and Materials, 2001, “ASTM C150-00 : Standard Test Method for Portland Cement”, Vol. 04.01, Philadelphia, ASTM, p.7.
- American Society for Testing and Materials, 2007, “ASTM C171-07 : Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete”, Vol. 04.02, Philadelphia, ASTM, p.2.

American Society for Testing and Materials, 2019, “ASTM C309-19 : Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete”, Vol. 04.02, Philadelphia, ASTM, p.4.



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาคผนวก ก.

บันทึกข้อมูลรายละเอียดผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตรายก้อน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง ก.1 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด Control

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	05/02/2563	05/02/2563	05/02/2563	
Slump	9 cm	9 cm	9 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	C-1	C-2	C-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	06/02/2563	06/02/2563	06/02/2563	
วันที่ทดสอบ	12/02/2563	12/02/2563	12/02/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3798	3815	3863	
กำลังอัด (ksc)	269.72	208.48	251.47	
สัญลักษณ์	C-4	C-5	C-6	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	06/02/2563	06/02/2563	06/02/2563	
วันที่ทดสอบ	19/02/2563	19/02/2563	19/02/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3858	3780	3829	
กำลังอัด (ksc)	275.34	326.80	222.75	
สัญลักษณ์	C-7	C-8	C-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	06/02/2563	06/02/2563	06/02/2563	
วันที่ทดสอบ	04/03/2562	04/03/2562	04/03/2562	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3895	3850	3867	
กำลังอัด (ksc)	312.60	371.40	290.10	

ตาราง ก.2 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-0.5

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	12/02/2563	12/02/2563	12/02/2563	
Slump	10 cm	10 cm	10 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	DD-1	DD-2	DD-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	13/02/2563	13/02/2563	13/02/2563	
วันที่ทดสอบ	19/02/2563	19/02/2563	19/02/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3903	3896	3852	
กำลังอัด (ksc)	284.38	276.59	264.12	
สัญลักษณ์	DD-4	DD-5	DD-6	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	13/02/2563	13/02/2563	13/02/2563	
วันที่ทดสอบ	26/02/2563	26/02/2563	26/02/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3927	3899	3855	
กำลังอัด (ksc)	286.33	322.30	289.57	
สัญลักษณ์	DD-7	DD-8	DD-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	13/02/2563	13/02/2563	13/02/2563	
วันที่ทดสอบ	11/03/2563	11/03/2563	11/03/2563	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3876	3874	3899	
กำลังอัด (ksc)	322.82	343.59	342.81	

ตาราง ก.3 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา ชุด L-1.0

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	19/02/2563	19/02/2563	19/02/2563	
Slump	10 cm	10 cm	10 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	EE-1	EE-2	EE-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	20/02/2563	20/02/2563	20/02/2563	
วันที่ทดสอบ	26/02/2563	26/02/2563	26/02/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3865	3891	3895	
กำลังอัด (ksc)	268.28	275.03	267.24	
สัญลักษณ์	EE-3	EE-4	EE-5	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	20/02/2563	20/02/2563	20/02/2563	
วันที่ทดสอบ	04/03/2563	04/03/2563	04/03/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3865	3911	3878	
กำลังอัด (ksc)	306.19	285.68	318.92	
สัญลักษณ์	EE-7	EE-8	EE-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	20/02/2563	20/02/2563	20/02/2563	
วันที่ทดสอบ	18/03/2563	18/03/2563	18/03/2563	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3912	3889	3892	
กำลังอัด (ksc)	312.43	322.56	306.19	

ตาราง ก.4 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-1.5

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	27/02/2563	27/02/2563	27/02/2563	
Slump	11 cm	11 cm	11 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	FF-1	FF-2	FF-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	28/02/2563	28/02/2563	28/02/2563	
วันที่ทดสอบ	05/03/2563	05/03/2563	05/03/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3818	3834	3863	
กำลังอัด (ksc)	298.66	302.82	284.64	
สัญลักษณ์	FF-4	FF-5	FF-6	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	28/02/2563	28/02/2563	28/02/2563	
วันที่ทดสอบ	12/03/2563	12/03/2563	12/03/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3854	3840	3756	
กำลังอัด (ksc)	337.10	344.37	304.90	
สัญลักษณ์	RC-7	RC-8	RC-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	28/02/2563	28/02/2563	28/02/2563	
วันที่ทดสอบ	26/03/2563	26/03/2563	26/03/2563	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3788	3833	3866	
แรงกด (ksc)	334.76	304.38	308.01	

ตาราง ก.5 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-2.0

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	06/03/2563	06/03/2563	06/03/2563	
Slump	12 cm	12 cm	12 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	GG-1	GG-2	GG-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	07/03/2563	07/03/2563	07/03/2563	
วันที่ทดสอบ	13/03/2563	13/03/2563	13/03/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3864	3797	3865	
แรงกด (ksc)	250.36	233.48	255.03	
สัญลักษณ์	GG-4	GG-5	GG-6	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	07/03/2563	07/03/2563	07/03/2563	
วันที่ทดสอบ	20/03/2563	20/03/2563	20/03/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3811	3840	3775	
แรงกด (ksc)	281.78	254.77	285.16	
สัญลักษณ์	GG-7	GG-8	GG-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	07/03/2563	07/03/2563	07/03/2563	
วันที่ทดสอบ	03/04/2563	03/04/2563	03/04/2563	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3810	3847	3877	
แรงกด (ksc)	272.69	264.38	260.49	

ตาราง ก.6 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยาฟารา ชุด L-0.5s

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	22/03/2563	22/03/2563	22/03/2563	
Slump	9 cm	9 cm	9 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	RA-1	RA-2	RA-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	23/03/2563	23/03/2563	23/03/2563	
วันที่ทดสอบ	29/03/2563	29/03/2563	29/03/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3846	3803	3851	
กำลังอัด (ksc)	292.2	290.1	284.64	
สัญลักษณ์	RA-4	RA-5	RA-6	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	23/03/2563	23/03/2563	23/03/2563	
วันที่ทดสอบ	05/04/2563	05/04/2563	05/04/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3825	3789	3837	
กำลังอัด (ksc)	293.7	293.5	292.4	
สัญลักษณ์	RA-7	RA-8	RA-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	23/03/2563	23/03/2563	23/03/2563	
วันที่ทดสอบ	19/04/2563	19/04/2563	19/04/2563	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3886	3885	3835	
กำลังอัด (ksc)	303.6	300.7	313.1	

ตาราง ก.7 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-1.0s

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	01/04/2563	01/04/2563	01/04/2563	
Slump	10 cm	10 cm	10 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	RB-1	RB-2	RB-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	02/04/2563	02/04/2563	02/04/2563	
วันที่ทดสอบ	08/04/2563	08/04/2563	08/04/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3835	3809	3889	
กำลังอัด (ksc)	311.6	296.1	301.0	
สัญลักษณ์	RB-3	RB-4	RB-5	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	02/04/2563	02/04/2563	02/04/2563	
วันที่ทดสอบ	15/04/2563	15/04/2563	15/04/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3829	3844	3869	
กำลังอัด (ksc)	314.8	329.6	318.4	
สัญลักษณ์	RB-7	RB-8	RB-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	02/04/2563	02/04/2563	02/04/2563	
วันที่ทดสอบ	29/04/2563	29/04/2563	29/04/2563	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3827	3834	3874	
กำลังอัด (ksc)	321.2	298.9	321.0	

ตาราง ก.8 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-1.5s

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	18/04/2563	18/04/2563	18/04/2563	
Slump	12 cm	12 cm	12 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	RC-1	RC-2	RC-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	19/04/2563	19/04/2563	19/04/2563	
วันที่ทดสอบ	26/04/2563	26/04/2563	26/04/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3628	3650	3676	
กำลังอัด (ksc)	195.0	178.1	209.5	
สัญลักษณ์	RC-4	RC-5	RC-6	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	19/04/2563	19/04/2563	19/04/2563	
วันที่ทดสอบ	03/05/2563	03/05/2563	03/05/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3639	3585	3608	
กำลังอัด (ksc)	199.7	185.9	217.8	
สัญลักษณ์	RC-7	RC-8	RC-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	19/04/2563	19/04/2563	19/04/2563	
วันที่ทดสอบ	17/05/2563	17/05/2563	17/05/2563	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3656	3663	3621	
แรงกด (ksc)	204.9	209.3	201.0	

ตาราง ก.9 ตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ชุด L-2.0s

รายการ	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ค่าเฉลี่ย
วันที่เทคอนกรีต	26/04/2563	26/04/2563	26/04/2563	
Slump	14 cm	14 cm	14 cm	
ขนาดทรงกระบอก	10 x 20 cm	10 x 20 cm	10 x 20 cm	
สัญลักษณ์	RD-1	RD-2	RD-3	
วันที่บ่มน้ำ 7 วัน	27/04/2563	27/04/2563	27/04/2563	
วันที่ทดสอบ	03/05/2563	03/05/2563	03/05/2563	ทดสอบ 7 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3376	3324	3331	
แรงกด (ksc)	108.2	113.7	113.2	
สัญลักษณ์	RD-4	RD-5	RD-6	
วันที่บ่มน้ำ 14 วัน	27/04/2563	27/04/2563	27/04/2563	
วันที่ทดสอบ	10/05/2563	10/05/2563	10/05/2563	ทดสอบ 14 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3379	3376	118.16	
แรงกด (ksc)	133.23	132.71	91.0	
สัญลักษณ์	RD-7	RD-8	RD-9	
วันที่บ่มน้ำ 28 วัน	27/04/2563	27/04/2563	27/04/2563	
วันที่ทดสอบ	24/05/2563	24/05/2563	24/05/2563	ทดสอบ 28 วัน
น้ำหนัก (Kg)	3391	3365	3388	
แรงกด (ksc)	129.07	130.11	127.77	



ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตรายก่อน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง ข.1 กำลังอัดร่ายก่อนของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (ksc)

ส่วน ผสม	7 วัน			14 วัน			28 วัน		
	ตัวอย่าง ที่ 1	ตัวอย่าง ที่ 2	ตัวอย่าง ที่ 3	ตัวอย่าง ที่ 1	ตัวอย่าง ที่ 2	ตัวอย่าง ที่ 3	ตัวอย่าง ที่ 1	ตัวอย่าง ที่ 2	ตัวอย่าง ที่ 3
Control	269.8	208.0	251.1	275.7	326.7	222.7	312.9	371.8	290.4
L-0.5	284.5	276.6	263.9	286.4	321.8	289.4	323.7	343.3	324.4
L-1.0	267.8	274.7	266.8	306.1	285.5	318.8	311.9	322.7	208.0
L-1.5	298.2	303.1	284.5	337.5	344.3	304.1	334.5	304.1	308.0
L-2.0	250.1	233.5	255.1	216.8	196.2	219.7	272.7	263.9	260.0

ตาราง ข.2 กำลังอัดร่ายก่อนของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราและสารลดแรงตึงผิว (ksc)

ส่วน ผสม	7 วัน			14 วัน			28 วัน		
	ตัวอย่าง ที่ 1	ตัวอย่าง ที่ 2	ตัวอย่าง ที่ 3	ตัวอย่าง ที่ 1	ตัวอย่าง ที่ 2	ตัวอย่าง ที่ 3	ตัวอย่าง ที่ 1	ตัวอย่าง ที่ 2	ตัวอย่าง ที่ 3
Control	269.8	208.0	251.1	275.7	326.7	222.7	312.9	371.8	290.4
L-0.5s	292.3	290.4	284.5	293.3	293.3	292.3	303.1	300.2	312.9
L-1.0s	311.9	296.3	301.2	314.9	329.6	318.8	320.8	299.2	307.0
L-1.5s	195.2	177.6	208.9	199.1	185.4	217.8	205.0	208.9	201.1
L-2.0s	107.9	113.8	112.8	133.4	132.4	117.7	128.5	130.5	127.5



ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง ค.1 น้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (กรัม)

	7 วัน			14 วัน			28 วัน		
	ตัวอย่าง ที่1	ตัวอย่าง ที่2	ตัวอย่าง ที่3	ตัวอย่าง ที่1	ตัวอย่าง ที่2	ตัวอย่าง ที่3	ตัวอย่าง ที่1	ตัวอย่าง ที่2	ตัวอย่าง ที่3
Control	3798	3815	3863	3858	3780	3829	3895	3850	3867
L-0.5	3903	3896	3852	3927	3899	3855	3876	3874	3899
L-1.0	3865	3891	3895	3865	3911	3878	3912	3889	3892
L-1.5	3818	3834	3863	3854	3840	3756	3788	3833	3866
L-2.0	3864	3797	3865	3811	3840	3775	3810	3847	3877

ตาราง ค.2 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

	7 วัน			14 วัน			28 วัน		
	ตัวอย่าง ที่1	ตัวอย่าง ที่2	ตัวอย่าง ที่3	ตัวอย่าง ที่1	ตัวอย่าง ที่2	ตัวอย่าง ที่3	ตัวอย่าง ที่1	ตัวอย่าง ที่2	ตัวอย่าง ที่3
Control	2.42	2.43	2.46	2.45	2.40	2.43	2.50	2.45	2.46
L-0.5	2.48	2.50	2.45	2.50	2.48	2.45	2.50	2.50	2.50
L-1.0	2.46	2.50	2.50	2.46	2.50	2.47	2.49	2.47	2.47
L-1.5	2.43	2.44	2.46	2.45	2.44	2.40	2.41	2.44	2.46
L-2.0	2.46	2.41	2.46	2.42	2.44	2.40	2.42	2.45	2.47

ตาราง ค.3 ความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	2.44	2.43	2.47
L-0.5	2.48	2.48	2.50
L-1.0	2.48	2.48	2.48
L-1.5	2.44	2.43	2.44
L-2.0	2.44	2.42	2.45



ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตผสมน้ำยาฟาราและสารลดแรงตึงผิว

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง ง.1 น้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยาฟาราและสารลดแรงตึงผิว (กรัม)

ส่วนผสม	7 วัน			14 วัน			28 วัน		
	ตัวอย่างที่1	ตัวอย่างที่2	ตัวอย่างที่3	ตัวอย่างที่1	ตัวอย่างที่2	ตัวอย่างที่3	ตัวอย่างที่1	ตัวอย่างที่2	ตัวอย่างที่3
Control	3798	3815	3863	3858	3780	3829	3895	3850	3867
L-0.5s	3846	3803	3851	3825	3789	3837	3886	3885	3835
L-1.0s	3835	3809	3889	3829	3844	3869	3827	3834	3874
L-1.5s	3628	3650	3676	3639	3585	3608	3656	3663	3621
L-2.0s	3376	3324	3331	3379	3376	3371	3391	3365	3388

ตาราง ง.2 ความหนาแน่นของตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยาฟาราและสารลดแรงตึงผิว (กรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ส่วนผสม	7 วัน			14 วัน			28 วัน		
	ตัวอย่างที่1	ตัวอย่างที่2	ตัวอย่างที่3	ตัวอย่างที่1	ตัวอย่างที่2	ตัวอย่างที่3	ตัวอย่างที่1	ตัวอย่างที่2	ตัวอย่างที่3
Control	2.42	2.43	2.46	2.45	2.40	2.43	2.48	2.45	2.46
L-0.5s	2.45	2.42	2.45	2.43	2.41	2.44	2.47	2.47	2.44
L-1.0s	2.44	2.42	2.47	2.43	2.44	2.46	2.43	2.44	2.46
L-1.5s	2.30	2.32	2.34	2.31	2.28	2.29	2.32	2.33	2.30
L-2.0s	2.15	2.11	2.12	2.15	2.15	2.14	2.16	2.14	2.15

ตาราง ง.3 ความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยาฟาราและสารลดแรงตึงผิว (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

	7 วัน	14 วัน	28 วัน
Control	2.44	2.43	2.46
L-0.5s	2.44	2.43	2.44
L-1.0s	2.44	2.44	2.44
L-1.5s	2.32	2.29	2.32
L-2.0s	2.13	2.15	2.15



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ จ.1 เครื่องผสมตัวอย่างคอนกรีตแบบลูกช้าง



ภาพประกอบ จ.2 การทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต



ภาพประกอบ จ.3 ตัวอย่างคอนกรีตภายหลังการเข้าแบบ



ภาพประกอบ จ.4 การบ่มตัวอย่างคอนกรีต



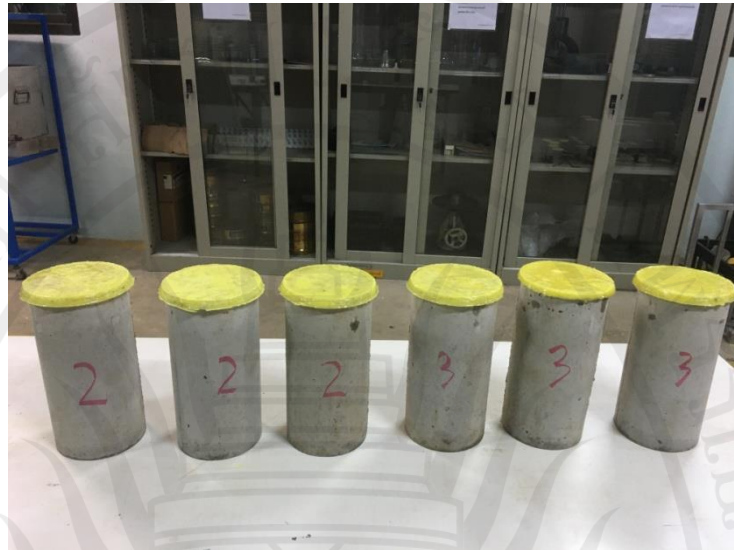
ภาพประกอบ จ.5 การแคปหัวคอนกรีตด้วยกำมะถัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาคผนวก ฉ
การทดสอบกำลังอัดคอนกรีต

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ จ.1 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีตก่อนการทดสอบกำลังอัด



ภาพประกอบ จ.2 การหาน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีต



ภาพประกอบ ฉ.3 การทดสอบแรงอัดคอนกรีตรูปทรงกระบอก



ภาพประกอบ ฉ.4 คอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้ว



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ-ชื่อสกุล

นายพัฒนไชย นิโรจน์

วัน เดือน ปี

วันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2522

สถานที่เกิด

อำเภอเมืองวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

78/13 หมู่ 2 ตำบลท่าช้าง อำเภอเมืองจันทบุรี
จังหวัดจันทบุรี 22000

ตำแหน่งหน้าที่การงาน

พนักงานมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สถานที่ทำงานปัจจุบัน

สำนักบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
อำเภอเมืองจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัดประดู่ในทรงธรรม

อำเภอบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2543

มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบางปะอิน“ราชานุเคราะห์ ๑”

อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

พ.ศ. 2547

อนุปริญญาศิลปศาสตร สาขาศิลปศาสตร

คณะวิทยาการจัดการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี

อำเภอเมืองจันทบุรี จังหวัดจันทบุรี

พ.ศ. 2549

บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ

คณะวิทยาการจัดการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี

พ.ศ. 2564

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม)

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี