สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บล็อกจากคอนกรีตผสมผงยางรถยนต์ใช้แล้วสำหรับป้องกันอุทกภัย

SCRAP RUBBER TIRE-CONCRETE BLOCK FOR FLOOD PREVENTION

นายคณินพิสิษฐ์ ประมวลพรสถิต

นายวรพล ฉัตรอารียกุล

วพ.
ค๗๖ ม
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83214
วัน,เดือน,ปี 6 ส.ค. 2551

b 11962331
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCRAP RUBBER TIRE-CONCRETE BLOCK FOR FLOOD PREVENTION

KANINPISIT PRAMONPORNSATIT

VORAPHOL CHATAREEYAGUL

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE BACHELOR DEGREE OF

CHEMICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	บล็อกจากคอนกรีตผสมผงยางรถยนต์ใช้แล้วสำหรับป้องกันอุทกภัย
โดย	นายคณินพิสิษฐ์ ประมวลพรสถิต
	นายวรพล ฉัตรอารียกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อภินันท์ นัมคณิสรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

_____ ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.อภินันท์ นัมคณิสรณ์)

_____ กรรมการ
(ดร.วลัยรัตน์ สุขสมัย)

_____ กรรมการ
(อาจารย์รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	บล็อกจากคอนกรีตผสมผงยางรถยนต์ใช้แล้วสำหรับป้องกันอุทกภัย
โดย	นายคณินพิสิษฐ์ ประมวลพรสถิต
	นายวรพล ฉัตรอารียกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี	คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อภินันท์ นัมคณิสรณ์
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ศึกษาแนวทางในการผลิตบล็อกคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ใช้แล้วเพื่อใช้ป้องกันอุทกภัย เม็ดยางรถยนต์ที่นำมาผสมกับคอนกรีตมีสองขนาดคือเม็ดยางขนาดใหญ่ (เบอร์ 7) และเม็ดยางขนาดเล็ก (เบอร์ 20) เม็ดยางที่เติมจะแทนที่ทรายหยาบโดยใช้อัตราส่วน 20, 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนักตามลำดับ หลังจากขึ้นรูปทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสม พบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตผสมเม็ดยางและกำลังในการรับแรงอัดลดลงเมื่อปริมาณเม็ดยางเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของคอนกรีตที่ผสมยางเบอร์ 20 ร้อยละ 80 จะมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดาคิดเป็นร้อยละ 51.82 ส่วนสมบัติเชิงกล เช่น ค่าการรับแรงอัดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณของเม็ดยางเพิ่มขึ้น ดังนั้นจากผลการทดลองแนะนำให้ใช้ปริมาณของเม็ดยางที่เติมไม่ควรเกินกว่าร้อยละ 40 เม็ดยางขนาดใหญ่ (เบอร์ 7) สามารถรับแรงอัดและมีการดูดซึมน้ำสูงกว่าเม็ดยางขนาดเล็ก สูตรที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปบล็อกเพื่อป้องกันอุทกภัยควรใช้เม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 40 ซึ่งมีค่าการรับแรงอัด 35.63 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการดูดซึมน้ำและน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตที่ผลิตจากเม็ดยางเบอร์ 7 ต้นทุนของบล็อกคอนกรีตผสมอยู่ที่ประมาณ 35 บาทต่อบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Scrap Rubber Tire-Concrete Block for Flood Prevention
By	Mr. Kaninpisit Pramonpornsatit
	Mr. Voraphol Chatareeyagul
Advisor	Assist. Prof. Dr. Apinan Namkanisorn
Report for	Bachelor Degree of Chemical Engineering
	Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

In this project, a light weight concrete block produced from mixing particles of used tire rubber with conventional concrete was studied. The block was aimed to be used for flood prevention. Two sizes of used tire rubber particle, namely, coarse (number 7) and fine (number 20) were used to replace rough sand, a normal aggregate added to the concrete. The amounts of rubber particles were varied from 20, 40, 60 and 80% by weight. Both physical and mechanical properties of the resulting block were tested. The density and compressive strength of block decreased with increasing amount of rubber particle. When adding 80% of rubber particle number 20, the density of the block decreased by 51.82% as compared to conventional concrete. Similarly, the compressive strength rapidly decreased with increasing amount of rubber particle. From the experimental results, therefore, it was recommended that the block should contain no more than 40% of the rubber particles. Coarse rubber particle (number 7) had higher compressive strength and water absorption compared to fine particle. For flood prevention purpose, the block made from 40% of fine rubber particle was found to be the most suitable formula, yielding a compressive strength of 35.63 kg/cm^2, lower water absorption and lighter weight compared to block made from coarse rubber particle. As an estimation, the cost per block was around 35 baht.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก ผศ.ดร. อภินันท์ นัมคณิสรณ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์นิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้สนับสนุนเงินทุนที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัท แฮนด์ อิน แฮนด์ ดีเวลลอปเม้นท์ แฮนด์ เมเนจเม้นท์ จำกัด สำหรับข้อมูลในการผสมและออกแบบบล็อกคอนกรีต

ขอขอบคุณ บริษัท ยูเนี่ยนพัฒนกิจ จำกัด สำหรับการอนุเคราะห์เม็ดยางรถยนต์บด

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับเครื่องมือในการทดสอบสมบัติเชิงกลของบล็อกคอนกรีต

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คุณพิมใจ ภู่ชนะกิจ และคุณพิสันต์ ผลโพธิ์ ในการติดต่อประสานงานรวมถึงความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณินพิสิษฐ์ ประมวลพรสถิต
วรพล ฉัตรอารียกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตการทดลอง 3

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎี 4

2.1.1 คอนกรีต 4

2.1.2 ยางรถยนต์ 4

2.1.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 9

2.1.4 มวลรวม 10

2.1.5 น้ำ 12

2.1.6 สารผสมเพิ่ม 13

2.1.7 การสึกกร่อนในโครงสร้างสัมผัสน้ำ 13

2.1.8 พอลิเมอร์โมดิฟายด์คอนกรีต 14

2.1.9 บล็อกคอนกรีตมวลเบา 14

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง 17

3.1 การผสมคอนกรีต 17

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 18
3.1.3 ขั้นตอนการผสมคอนกรีต 18
3.2 การทดสอบแท่งคอนกรีต 19
3.2.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ 19
3.2.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล 20
3.3 การขึ้นรูปบล็อกคอนกรีต 22

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล 23
4.1 คุณสมบัติเชิงกายภาพ 23
4.1.1 การกระจายตัวของมวลรวมและเม็ดยาง 23
4.1.2 ความหนาแน่น 28
4.1.3 การดูดซึมน้ำ 30
4.2 คุณสมบัติเชิงกล 31
4.2.1 ความสามารถในการรับแรงอัด 31
4.2.2 ความสามารถในการรับแรงกด 32

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 33
5.1 สรุปผลการทดลอง 33
5.2 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของบล็อกคอนกรีต 34
5.3 ข้อเสนอแนะ 34

เอกสารอ้างอิง 35
ภาคผนวก 37
ภาคผนวก ก รูปภาพขั้นตอนการผสมแท่งคอนกรีต 38
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมบัติเชิงกล 40
ภาคผนวก ค ตารางบันทึกผลการทดลอง 41
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณ และ ตารางบันทึกผลการคำนวณ 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 สัดส่วนของส่วนประกอบของยางรถยนต์ 7

2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของบล็อกและอิฐ 14

2.3 การจำแนกประเภทของคอนกรีตเบาตามลักษณะการนำไปใช้งาน

3.1 อัตราส่วนในการผสมปูน ทราย เม็ดยาง และ น้ำ 18

4.1 (ก) ความหนาแน่นของแท่งคอนกรีตธรรมดา

และคอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 7 29

4.1 (ข) ความหนาแน่นของแท่งคอนกรีตธรรมดา

และคอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 20 29

ค.1 ค่าที่วัดได้จากแท่งคอนกรีต 41

ค.2 น้ำหนักของแท่งคอนกรีต 42

ง.1 ความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 ปัญหาที่เกิดจากยางรถยนต์ใช้แล้ว 2

1.2 ปัญหาภาวะน้ำท่วม 2

2.1 โครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์ 7

2.2 บล็อกประสานชนิดต่างๆ 15

3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 17

3.2 ก) เม็ดยางเบอร์ 7 17

ข) เม็ดยางเบอร์ 20 17

3.3 แท่งคอนกรีตที่ได้จากการหล่อ 19

3.4 ก) คอนกรีตขนาดเล็ก 20

ข) คอนกรีตที่ทำการแช่น้ำ 20

3.5 ก) ผงซัลเฟอร์ที่ใช้ในการหล่อหมวก 21

ข) แท่งคอนกรีตหลังทำการหล่อหมวก 21

3.6 แบบหล่อบล็อกคอนกรีต 22

4.1 การกระจายตัวของทรายในคอนกรีต 24

4.2 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 7 ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต 24

4.3 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 7 ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต 25

4.4 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 7 ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต 25

4.5 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 7 ร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต 26

4.6 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต 26

4.7 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต 27

4.8 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต 27

4.9 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต 28

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น (kg/m^3) กับปริมาณยางรถยนต์ (%โดยน้ำหนัก) 30

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักยาง (kg water/kg rubber) กับปริมาณเม็ดยางรถยนต์ (%โดยน้ำหนัก) 30

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดสูงสุดต่อแท่งคอนกรีต (kN) กับปริมาณเม็ดยางรถยนต์ (%โดยน้ำหนัก) 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดสูงสุดต่อแท่งคอนกรีต (kN)
กับปริมาณเม็ดยางรถยนต์ (%) 32

5.1 บล็อกคอนกรีตที่ได้จากการทดลอง 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาขยะจากอุตสาหกรรมรถยนต์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี หนึ่งในปัญหาเหล่านั้นคือของเสียจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว ซึ่งยากต่อการกำจัดทิ้งก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆ ตามมา ในประเทศไทยเฉพาะปี 2543 มีปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์จากยางสูงถึง 250,000 ตัน และกว่า 38% ของจำนวนนี้เป็นยางรถยนต์ ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะ โดยส่วนใหญ่จะนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วมากำจัดโดยวิธีเผาทิ้ง แต่วิธีนี้ก่อให้เกิดควันพิษจำนวนมากและสามารถก่อปัญหาต่างๆตามมาอีก นอกจากวิธีนี้จะมีการนำยางรถยนต์ใช้แล้วมากองรวมกันดังรูปที่ 1.1 ซึ่งวิธีนี้ยังเป็นแหล่งที่อยู่ของแมลงและพาหะนำโรคต่างๆ อีกทั้งยังเป็นเชื้อเพลิงที่ดีในการเผาไหม้และเป็นการสิ้นเปลืองพื้นที่ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีค่าของประเทศ [1]

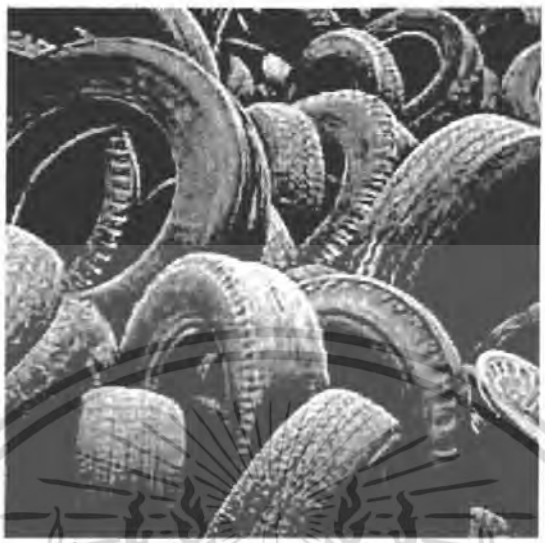
ประเทศไทยประสบปัญหาอุทกภัยมาโดยตลอด มีหลายโครงการที่นำมาแก้ปัญหานี้ เช่น โครงการแก้มลิงใน พ.ศ. 2538 ซึ่งเป็นหนึ่งในโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ปัญหาน้ำท่วมก่อให้เกิดปัญหาต่างๆตามมา เช่น โรคฉี่หนู และสร้างความเสียหายแก่พืชผลทางการเกษตรรวมทั้งทรัพย์สินต่างๆของประชาชน จากการประเมินความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมทั้งประเทศพบว่ามีความเสียหายประมาณ 1600 ล้านบาท ในปี พ.ศ.2549 [2]

โครงงานนี้ต้องการหาแนวทางในการใช้ประโยชน์ยางรถยนต์ใช้แล้วโดยนำมาบดเป็นผงยางเพื่อเติมลงไปในคอนกรีตที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสาน โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้คือบล็อกยางสำหรับใช้ในงานป้องกันอุทกภัย บล็อกยางที่ผลิตขึ้นนี้จะมีคุณสมบัติคือ น้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นสูง สามารถนำมาประกอบเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงเพื่อใช้ป้องกันอุทกภัยได้ง่าย มีประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำซึมผ่าน และผลิตจากของเสียที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก อันจะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าของยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว และเป็นการลดมลพิษจากการกำจัดยางรถยนต์ อีกทั้งเป็นการตอบสนองต่อแนวทางของภาครัฐที่ต้องการให้มีการคิดค้นผลิตภัณฑ์ที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาอุทกภัยที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นในแต่ละปี

ในการทดลองครั้งนี้ จะเป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การกระจายตัวของเม็ดยาง ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และคุณสมบัติเชิงกล เช่น ความสามารถในการรับแรงอัด ความสามารถในการรับแรงกดของบล็อกคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ โดยจะทำการเปลี่ยนขนาดและอัตราส่วนของเม็ดยางรถยนต์เพื่อหาขนาดและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ นอกจากนี้แนวทางเดียวกันนี้อาจก่อให้เกิดแนวทางในการผลิตภัณฑ์อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างที่ต้องการพื้นคอนกรีตที่มีความยืดหยุ่นสูง เหมาะกับสภาพภูมิประเทศของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่มีอัตราการทรุดตัวของดินสูง



รูปที่ 1.1 ปัญหาที่เกิดจากยางรถยนต์ใช้แล้ว

รูปที่ 1.2 ปัญหาภาวะน้ำท่วม

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การกระจายตัวของเม็ดยาง ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และคุณสมบัติเชิงกลเช่น ความสามารถในการรับแรงอัด ความสามารถในการรับแรงกดของบล็อกคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์

1.2.2 เพื่อหาแนวทางในการนำผงยางรถยนต์ใช้แล้วมาผลิตเป็นบล็อกสำหรับการป้องกันอุทกภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางในปรับปรุงคุณภาพของบล็อกคอนกรีตให้ที่คุณภาพเพื่อการผลิตเชิงพาณิชย์

1.2.4 เพื่อให้เกิดทักษะในการปฏิบัติงานจริงในการร่วมมือกับโรงงานอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตโครงงาน

ขอบเขตของโครงงานนี้คือ ออกแบบและสร้างบล็อกคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ เพื่อหาขนาด และอัตราส่วนของเม็ดยางรถยนต์ที่เหมาะสม เป็นแนวทางในการผลิตบล็อกคอนกรีตที่มีคุณสมบัติในการป้องกันน้ำท่วม โดยผสมคอนกรีตกับเม็ดยางรถยนต์ 2 ขนาด คือ เม็ดยางรถยนต์เบอร์ 7 (2.794 มิลลิเมตร) และเม็ดยางรถยนต์เบอร์ 20 (0.833 มิลลิเมตร) เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลสมบัติทางกายภาพของบล็อกคอนกรีต รวมถึงผลกระทบของการผสมเม็ดยางรถยนต์ในบล็อกคอนกรีต

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงาน

- ได้แนวทางในการผลิตบล็อกคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์
- ทราบถึงผลกระทบของตัวแปร เช่น ขนาด อัตราส่วน ของเม็ดยางรถยนต์ต่อคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีต และสามารถเป็นแนวทางในการนำไปปรับปรุงคุณภาพ
- ช่วยลดปัญหาขยะ ลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการกำจัด และเป็นการเพิ่มมูลค่าของยางรถยนต์เก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี [3-5]

2.1.1 คอนกรีต

คอนกรีต คือวัสดุวิศวกรรมที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้างต่าง ๆ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต มีอยู่เป็นจำนวนมากตามธรรมชาติ และมีราคาไม่สูงมากเมื่อเทียบกับวัสดุวิศวกรรมก่อสร้างชนิดอื่น ๆ ขณะที่ประโยชน์ที่ได้รับ ยังตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานอื่น ๆ ได้หลายรูปแบบ พร้อมที่จะใช้งานได้ทันที คอนกรีตจะประกอบด้วยส่วนผสมหลัก 5 อย่าง อันจะนำมาซึ่งสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อเพื่อให้ได้คอนกรีตที่ดี ได้แก่

- ซีเมนต์ (Cement)
- หิน (Crush Rock ; Coarse Agg.)
- ทราย (Sand ; Fine Agg.)
- น้ำ (Water)
- สารผสมเพิ่ม (Admixture)

ปัจจุบันคอนกรีตทั่วไป จะได้รับการดัดแปลงส่วนผสม เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน เช่น คอนกรีตไหล (Flow Concrete) คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) คอนกรีตสมรรถนะสูง (High Performance Concrete) คอนกรีตสูบส่ง (Pumped Concrete) คอนกรีตแข็งตัวเร็ว (High Early Strength Concrete) เป็นต้น คอนกรีตเหล่านี้ มักจะเป็นคอนกรีตที่มีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มขึ้นจากคุณสมบัติของคอนกรีตทั่วไป โดยมีการใส่สารผสมต่าง ๆ เพิ่มลงไป เช่น สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures) สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures) เป็นต้น โดยที่สัดส่วนผสมที่เลือกใช้ จะต้องมีการศึกษารายละเอียด และทดสอบให้สอดคล้องกับความต้องการของการใช้งานที่กำหนด เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการใช้งาน

2.1.2 ยางรถยนต์

หากพิจารณายางรถยนต์ในทางเคมี ยาง 1 เส้นจะประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอน (ซึ่งคือรูปแบบหนึ่งของพลังงาน) ในสัดส่วนร้อยละ 51 คาร์บอนแบล็กร้อยละ 26 น้ำมันร้อยละ 13 ออกไซด์ของสังกะสีร้อยละ 2 กำมะถันร้อยละ 1 และสารประกอบทางเคมีอื่นๆ ในส่วนที่เหลือ

ในอดีตมีการทำมาจากส่วนต่อเนื่องของน้ำมัน คือ แอสฟัลต์ ผสมกับสารเคมีอื่น ๆ และวัสดุบางอย่างเพื่อให้เกิดเป็นยางคุณภาพและนำมาใช้งาน ก่อนที่จะมีการคิดค้นในการหาวัสดุตัวอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาทดแทน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการใช้ยางรถยนต์ โดยมีการประกอบด้วยผ้าใบ ยางดิบ สารเคมี และโลหะ นำมาเข้าสู่กระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ และพยายามหายางธรรมชาติเข้ามาทดแทนเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงเริ่มนำยางดิบจากยางพาราเป็นส่วนผสมของยางมากขึ้น

ก) สมบัติทางกายภาพ

- ชิ้นยาง

ชิ้นยางมีลักษณะค่อนข้างแบนราบ เนื้อยางไม่ค่อยเรียบ มีขอบขรุขระที่ยื่นหรือไม่ยื่นขนาดของชิ้นยางจะอยู่ในช่วงประมาณ 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) ถึง 460 มิลลิเมตร (18 นิ้ว) และส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 100 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) ถึง 200 มิลลิเมตร (8 นิ้ว) ความหนาแน่นเฉลี่ยของชิ้นยางเปลี่ยนตามขนาดของชิ้นยาง แต่สามารถประมาณค่าได้ระหว่าง 390 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ฟุต (24 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) ถึง 535 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ฟุต (33 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) และความหนาแน่นแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 650 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ฟุต (40 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) ถึง 840 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ฟุต (52 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต)

- ยางบด

ยางบดจะมีความละเอียดและสม่ำเสมอกันกว่าชิ้นยาง ขนาดจะอยู่ในช่วงระหว่าง 76 มิลลิเมตร (3 นิ้ว) ลงไปจนถึงประมาณ 13 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) แม้ว่าขนาดของยางบดใกล้เคียงกับชิ้นยาง โดยขึ้นอยู่กับการผลิตและภาวะของเครื่องมือกระบวนการผลิต เม็ดยางเกือบทั้งหมดจะสามารถทำให้มีขนาดใกล้เคียงกับก้อนกรวด ยางบดจะมีความหนาแน่นหลวมประมาณ 320 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ฟุต (20 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) ถึง 490 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ฟุต (30 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) และมีความหนาแน่นแน่นอยู่ในช่วง 570 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ฟุต (35 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) ถึง 730 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ฟุต (45 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) ยางบดมีค่าการดูดซึมประมาณ 2 ถึง 3.8 เปอร์เซ็นต์

- เม็ดยาง

เม็ดยางมีขนาดอนุภาคระหว่างยางบดและผงยาง ขนาดของเม็ดยางจะอยู่ในช่วง 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) ถึง 0.85 มิลลิเมตร (No.20 sieve)

- ผงยาง

โดยปกติผงยางใช้ในการผสมกับแอสฟัลต์ซึ่ง 100 เปอร์เซ็นต์ของอนุภาคจะละเอียดมากกว่า 4.75 มิลลิเมตร (No. 4 sieve) ถึงแม้ว่าอนุภาคส่วนใหญ่ที่ใช้ในกระบวนการที่มีความชื้นจะมีขนาดประมาณ 1.2 มิลลิเมตร (No. 16 sieve) ถึง 0.42 มิลลิเมตร (No. 40 sieve) อนุภาคของผงยางบางส่วนจะมีความละเอียดประมาณ 0.075

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิเมตร (No. 200 sieve) ความถ่วงจำเพาะของผงยางมีค่าประมาณ 1.15 และผลิตภัณฑ์ต้องไม่มีสารเจือปนอื่นๆ

ข) สมบัติทางเคมี

ยางบดและชิ้นยางจะไม่ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาพแวดล้อมปกติ สารประกอบทางเคมีที่สำคัญของยางรถยนต์เป็นส่วนผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางสังเคราะห์ นอกเหนือจากนี้ยังมีคาร์บอนแบล็ก กำมะถัน พอลิเมอร์ น้ำมัน พาราฟิน เม็ดสี ผ้ายาง และขอบยางหรือเข็มขัดรัดหน้ายาง

ค) คุณสมบัติเชิงกล

ข้อมูลด้านค่ากำลังเฉือนที่มีอยู่ของยางบดมีอยู่อย่างจำกัด ขณะที่ข้อมูลของยางบดนั้นแทบจะไม่มีข้อมูลเลย ขนาดของยางบดมีช่วงแตกต่างกันมากทำให้หาค่าได้ยาก โดยแท้จริงแล้วสามารถทำได้ แต่ต้องหาเครื่องมือที่มีการแสดงค่ากว้างในการทดสอบกำลังเฉือน แม้ว่าค่ากำลังเฉือนของยางบดจะแปรผันตามขนาดและรูปร่างของเม็ด มุมเสียดทานภายในอยู่ในช่วงระหว่าง 19 องศา ถึง 26 องศา ขณะที่ค่าการยึดเกาะอยู่ในช่วงระหว่าง 4.3 กิโลปาสคาล (90 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ถึง 11.5 กิโลปาสคาล (90 ถึง 240 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ยางบดจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่านอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5 ถึง 3.5 เซนติเมตรต่อวินาที

ง) คุณสมบัติอื่นๆ

ผงยางรถยนต์มีค่าความร้อนอยู่ในช่วงระหว่าง 28,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัม (12,000 บีทียูต่อปอนด์) ถึง 35,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัม (15,000 บีทียูต่อปอนด์)

การนำยางรถยนต์กลับมาใช้ใหม่

ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี 2000 ยางรถยนต์ประมาณ 15 ล้านเส้นจากยางรถยนต์ 273 ล้านเส้นจะถูกบดและส่งออก ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ 8 ล้านเส้น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม 125 ล้านเส้นใช้ในด้านวิศวกรรมโยธา 30 ล้านเส้น [9] ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยาง 18 ล้านเส้น เช่น กระเบื้องยาง ที่รองพรม ผลิตภัณฑ์จากพลาสติก และยางรถยนต์ที่ไม่ถูกทิ้งในแต่ละปีเกือบ 30 ล้านเส้น ส่วนมากแล้วจะส่งไปยังช่างแปรรูปยางรถยนต์ ซึ่งแปรรูปได้หนึ่งในสามของยางรถยนต์ที่ได้รับ [10]

ก) ส่วนประกอบหรือสัดส่วนในโครงสร้างของยางรถยนต์

ยางธรรมชาติที่ผลิตได้ในโลกถูกใช้เป็นผลิตภัณฑ์ยางหลากหลายชนิด ซึ่งยางธรรมชาติในรูปยางแผ่นรมควัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.1 สัดส่วนของส่วนประกอบของยางรถยนต์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) [11]

ส่วนประกอบของยางรถยนต์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล		รถยนต์บรรทุก	
	โครงสร้างธรรมดา	โครงสร้างเรเดียล	โครงสร้างธรรมดา	โครงสร้างเรเดียล
1.ยางธรรมชาติ	6	19	29	36
2.ยางสังเคราะห์	37	25	21	11
เขม่าถ่านดำ	27	25	25	23
สารประกอบเคมี	19	13	11	7
ผ้าใบ/เส้นยาง	7	7	10	1
เส้นลวดขอบ	4	5	4	4
โครงสร้างใบเหล็ก	-	6	-	18
รวม	100	100	100	100

รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน้ายาง (Tread)

เป็นส่วนที่อยู่นอกสุดของยาง และเป็นส่วนที่สัมผัสผิวถนน ทำหน้าที่ป้องกันของมีคม ที่จะทำอันตรายต่อโครงยาง ที่หน้ายางประกอบไปด้วยดอกยางและร่องยาง เพื่อทำหน้าที่ในการยึดเกาะถนนมีแรงกรุยเวลาวิ่ง เบรกหยุดได้ดี เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันนี้ ดอกยางมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็จะให้ประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น ควรเลือกชนิดของดอกยางให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

- ไหล่ยาง (Shoulder)

ประกอบด้วยเนื้อยางที่หนา หน้าที่ของเนื้อยางก็คือ ป้องกันอันตรายที่จะมีต่อโครงยาง ปกติไหล่ยางจะถูกออกแบบเป็นร่องให้เหมาะสมเพื่อช่วยระบายความร้อนภายในยางออกมาได้ง่าย

- แก้มยาง (Sidewall)

เป็นส่วนนอกสุดของยางที่ไม่ได้สัมผัสพื้นถนนที่รถวิ่งอยู่ ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายที่มีต่อโครงยางและเป็นยางส่วนที่ยืดหยุ่น (Flexible) มากที่สุด

-โครงยาง (Carcass)

เป็นส่วนประกอบหลักของยาง ซึ่งมีบทบาทสำคัญที่จะรักษาความดันลมภายในยางเพื่อให้ยางสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ รวมทั้งต้องทนทานต่อแรงกระแทกหรือสั่นสะเทือนจากถนนที่มีต่อยางได้ดี

- ผ้าใบเสริมหน้ายาง หรือ เข็มขัดรัดหน้ายาง (Breaker or Belt)

เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างหน้ายาง (Tread) กับโครงยาง (Carcass) ในกรณีของยางธรรมดา (Bias Tire) เรียกว่า ผ้าใบเสริมใยหน้ายาง (Breaker) และในกรณีของยางเรเดียล (Radial Tire) จะเรียกว่า เข็มขัดรัดหน้ายาง (Belt) ซึ่งทำให้หน้ายางมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น รับแรงกระแทกได้ดี และป้องกันไม่ให้โครงยางชำรุดเสียหาย

หมายเหตุ มียางธรรมดา (Bias) บางรุ่นที่สภาพการใช้งานไม่รุนแรง อาจจะออกแบบโดยไม่มีชั้นของผ้าใบเสริมหน้ายาง (Breaker) ก็ได้

- ขอบยาง (Bead)

ประกอบด้วยกลุ่มของเส้นลวดเหล็กกล้า (High Carbon Steel) ที่ช่วยยึดส่วนปลายทั้ง 2 ข้างของโครงยางไว้ เพื่อให้บริเวณขอบยาง (Bead) มีความแข็งแรง สามารถยึดแน่นสนิทกับกระทะล้อได้ดี เมื่อนำไปใช้งานสำหรับยางรถยนต์ที่ไม่ใช้ยางใน (Tubeless Tire) ขอบยางเป็นส่วนที่สำคัญที่จะต้องทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลมยางรั่วซึมออกมา ยางรถยนต์ซึ่งด้านหนึ่งประกอบด้วยขดลวด (Bead wire) ขอบยางเป็นส่วนที่สำคัญที่จะต้องทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลมยางรั่วซึมออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีสารประกอบรวมกันอยู่หลายชนิด แต่สารประกอบหลักมี 4 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

ส่วนที่ 1 ไตรคัลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate) $3CaO \cdot SiO_2$ (C_3S)

ส่วนที่ 2 ไดคัลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) $2CaO \cdot SiO_2$ (C_2S)

ส่วนที่ 3 ไตรคัลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium aluminate) $3CaO \cdot Al_2O_3$ (C_3A)

ส่วนที่ 4 เททระคัลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (Tetracalcium aluminoferrite) $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ (C_4AF)

สารประกอบแต่ละชนิดเหล่านี้ สามารถปรับปริมาณ เพื่อทำให้เป็นซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดต่างๆ ตามความต้องการใช้งาน

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยทั่วไปเป็นปูนซีเมนต์ที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด สามารถจำแนกตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 ได้ 5 ประเภทด้วยกันคือ

ก) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่ง

(Type I Normal Portland Cement)

จัดเป็นปูนซีเมนต์มาตรฐาน เหมาะกับงานก่อสร้างทั่วๆไป ที่ไม่ต้องการคุณสมบัตินอกเหนือไปกว่าปกติ ส่วนใหญ่ใช้ในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น งานก่อสร้างเสา คาน พื้นของอาคารต่างๆ สะพาน ถังน้ำ บ่อน้ำ ท่อระบายน้ำ คอนกรีตทางเท้า เป็นต้น ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ไม่เหมาะกับงานที่ต้องสัมผัสกับซัลเฟตที่มีความเข้มข้นสูง หรืองานที่ไม่ต้องการให้เกิดความร้อนจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำมาก จนเป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตเสียหาย ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตและมีจำหน่ายทั่วไปในประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราเพชรเม็ดเดียว ตราพญานาคเศียรเดียว ชนิดถุงสีเขียว ตราทีพีไอชนิดถุงสีแดง ตราภูเขา และตราดาวเทียม เป็นต้น

ข) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลงหรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่สอง

(Type II Modified Portland Cement)

จัดเป็นปูนซีเมนต์ดัดแปลง เพื่อให้มีความต้านทานต่อซัลเฟตปานกลาง เกิดความร้อนจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำต่ำและค่อยๆ เพิ่มขึ้นในอัตราช้ากว่าปูนประเภทที่หนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถช่วยลดอุณหภูมิของคอนกรีตในอากาศร้อนได้ดี ปูนซีเมนต์ประเภทนี้เหมาะกับงานโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น ตอม่อขนาดใหญ่ สะพานเทียบเรือ เขื่อนหรือกำแพงกันดิน รวมทั้งในบริเวณที่สัมผัสกับน้ำเค็มหรือน้ำทะเลเป็นครั้งคราว ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่เคยผลิตในประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาค 7 เศียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็วหรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่สาม

(Type III High-early Strength Portland Cement)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ จะมีเนื้อปูนละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นผลทำให้แข็งตัวและรับแรงได้เร็วกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยปกติจะสามารถรับแรงที่อายุ 7 วัน เท่ากับที่อายุ 28 วัน ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 นอกจากนั้นยังนิยมนำไปใช้กับงานที่ต้องถอดแบบเร็ว เช่น คอนกรีตสำเร็จรูป หรืองานซ่อมแซมถนน หรืออาคารต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตในประเทศไทย ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราเอราวัณ ตราพญานาคเศียรเดียวสีแดง ตราสามเพชร และตราทีพีไอ สีดำ เป็นต้น

ง) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่สี่

(Type IV Low-heat Portland Cement)

เป็นซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่มีคุณสมบัติเหมาะกับงานที่ต้องการควบคุมทั้งปริมาณ และอัตราความร้อนที่เกิดขึ้นในคอนกรีตให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นอัตราการเกิดกำลังของคอนกรีต ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะเป็นไปอย่างช้าๆ จึงนิยมใช้กับงานคอนกรีตขนาดใหญ่ เช่น เขื่อนกั้นน้ำ ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ถ้ามากเกินไปจะเป็นอันตรายกับตัวโครงสร้างเขื่อน เนื่องจากจะทำให้เกิดขยายตัว เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ และทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวขึ้นได้

จ) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ต้านทานซัลเฟตได้สูง หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ห้า

(Type V Sulphate-resistance Portland Cement)

เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีคุณสมบัติในการต้านทานซัลเฟตสูง จึงเหมาะกับงานก่อสร้างในบริเวณดินหรือน้ำที่มีส่วนประกอบของซัลเฟตเข้มข้นสูง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ที่ผลิตในประเทศไทย ได้แก่ ตราปลาฉลาม ตราช้างพื้นสีฟ้า และตราทีพีไอ สีฟ้า ฯลฯ

2.1.4 มวลรวม (Aggregates)

จัดว่าเป็นวัสดุสำคัญในงานก่อสร้าง เพราะเป็นส่วนผสมส่วนใหญ่ของคอนกรีตโดยมีประมาณร้อยละ 75 โดยปริมาตร โดยทั่วไปมวลรวมที่นิยมใช้ได้แก่ หินย่อย กรวด และทราย การผสมคอนกรีตโดยทั่วไปจะนำปูนซีเมนต์มาผสมกับมวลรวมได้แก่ หิน และทรายหยาบ ในอัตราส่วนต่างๆ กันขึ้นกับลักษณะของงานก่อสร้างที่ต้องการ เช่น งานก่อสร้างทั่วไป จะนิยมใช้อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินเท่ากับ 1 : 2 : 4 โดยปริมาตร หรือประมาณ 1 : 2 : 3 โดยน้ำหนัก เป็นต้น นอกจากจะนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ เพื่อให้ได้มีขนาด รูปร่าง ความแข็งแรงตามต้องการแล้ว ยังทำให้คอนกรีตมีราคาถูกลงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)

มวลรวมละเอียด คือวัสดุผสมคอนกรีตที่สามารถร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ได้ (ช่องเปิดขนาด 4.75 มม.) ได้แก่ ทรายธรรมชาติ และทรายสังเคราะห์ ทรายธรรมชาตินิยมทรายน้ำจืด ก่อนนำมาใช้งานต้องทำความสะอาด ไม่ให้มีเศษวัชพืชเจือปนอยู่ เพราะจะทำให้คอนกรีตมีคุณภาพต่ำ ทรายที่เหมาะสมต้องมีความแข็ง เหลี่ยมคม และขนาดคละกันดี ที่นิยมในงานคอนกรีตจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 2.0 - 4.5 มิลลิเมตร ทราย (sand) เป็นหินแข็งที่แตกแยกออกมาจากก้อนหินใหญ่ โดยทรายจะแยกตัวออกมาได้เองตามธรรมชาติ ทรายมีขนาดระหว่าง 1/12 นิ้วถึง 1/400 นิ้ว ถ้ามีขนาดเล็กกว่านี้จะมีสภาพเป็นฝุ่นทราย จะประกอบด้วยแร่ควอตซ์หรือหินบะซอลต์ ทรายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ทรายบกและทรายแม่น้ำ

- ทรายบก

ทรายบกเกิดจากหินทรายที่แตกแยกชำรุดออกมาเป็นเม็ดทรายตามสภาพภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม และจะฝังจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่ง ๆ ทรายชนิดนี้จะมีดิน ซากพืช และซากสัตว์ปะปนอยู่ด้วย ในการใช้งานจึงต้องนำทรายมาล้างแยกดินซากพืชและซากสัตว์ออกให้สะอาด ทรายจากทะเลทรายก็จัดเป็นทรายบกด้วย

- ทรายแม่น้ำ

ทรายชนิดนี้มีอยู่ทั่ว ๆ ไปในที่ราบลุ่มของแม่น้ำ ทรายชนิดนี้เกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ โดยกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่าง ๆ มาตกตะกอนรวมกันในแหล่งที่ราบลุ่มที่เป็นที่รวมของทราย

- ขนาดของทราย

ในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ทรายแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. ทรายหยาบ เป็นทรายที่มีเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยมคม และแข็งแรงดีมาก เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการความแข็งแรงมาก ๆ
2. ทรายกลาง เป็นทรายที่มีขนาดเล็กกว่าทรายหยาบมาก เป็นทรายที่เหมาะสำหรับงานปูนทั่วไป เช่น งานก่ออิฐถือปูน พื้นบ้าน ทางเท้า
3. ทรายละเอียด เป็นทรายที่มีขนาดเม็ดเล็กมาก เหมาะสำหรับงานปูนฉาบ ทำบัว

ข) มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate)

มวลรวมหยาบ คือวัสดุผสมคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อน จะค้างอยู่บนตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 วัสดุดังกล่าวได้แก่ หินย่อย หรือ หินกรวด หินที่เหมาะจะนำมาผสมคอนกรีตควรมีลักษณะเป็นเหลี่ยม คม แข็งแกร่ง ผิวขรุขระ ยึดหดตัวต่ำ ทนทานต่อการสึกหรอ เวลานำมาใช้ต้องมีขนาดคละกัน โดยทั่วไปใช้ขนาด 3/16 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 3 นิ้ว ขึ้นอยู่กับขนาดของคอนกรีตที่จะเทลงแบบ มวลรวมหยาบส่วนมาก ได้มาจากการระเบิดภูเขาหินปูนแล้วมาย่อยด้วยเครื่องย่อยหิน แหล่งผลิตหินย่อยที่สำคัญของประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดสระบุรี ลพบุรี และราชบุรี

2.1.5 น้ำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งในการผสมคอนกรีต มีผลต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีตสด และมีผลต่อกำลัง ตลอดจนความทนทานของคอนกรีตเมื่อแข็งตัวแล้ว น้ำอาจมีผลกระทบต่อสีผิวของคอนกรีต และการเป็นสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีต ซึ่งหากแบ่งประเภทของน้ำตามสภาพการใช้งาน สามารถแบ่งได้ดังนี้

ก. น้ำสำหรับผสมคอนกรีตให้มีความข้นเหลวทำงานง่าย

ข. น้ำสำหรับบ่มคอนกรีตให้แข็งตัวและมีกำลังรับแรงตามต้องการ

ค. น้ำสำหรับล้างวัสดุผสมให้สะอาดก่อนใช้ผสมทำคอนกรีต

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต มีความสำคัญมาก น้ำต้องสะอาด มีความขุ่นไม่เกิน 2000 ppm. (ส่วนในล้าน) ปราศจากกรด ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่นๆ ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริม โดยปกติน้ำประปาและน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน หรือจากโรงงานอุตสาหกรรม จัดว่ามีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับใช้ในการผสมคอนกรีต ในกรณีที่ไม่แน่ใจว่า น้ำที่ใช้มีความสะอาดเพียงพอหรือไม่ ให้ทำการทดสอบโดยทำก้อนมอร์ตาร์ลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม. ซึ่งผสมด้วยน้ำที่สงสัยและเปรียบเทียบกำลังอัด ที่อายุ 7 และ 28 วันของก้อนลูกบาศก์ มอร์ตาร์ขนาดเท่ากันที่ทำจากน้ำที่มีคุณภาพดี หากก้อนมอร์ตาร์ที่ใช้น้ำที่สงสัยให้กำลังอย่างน้อยร้อยละ 90 จะถือว่าน้ำนั้นไม่มีปัญหาด้านคุณภาพ และใช้ผสมคอนกรีตได้

หน้าที่หลักของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

1. ทำหน้าที่เข้าผสมเข้ากับปูนซีเมนต์และทำปฏิกิริยาเคมีแล้วเกิดความร้อน ที่เรียกว่า Heat of hydration ทำให้ผงปูนนั้นเป็นวุ้น และเป็นซีเมนต์เหนียว ซึ่งเป็นตัวประสานผิวระหว่างเม็ดของวัสดุผสม เกาะยึดกันแน่นเมื่อแข็งตัว

2. ทำหน้าที่เคลือบหินและทรายให้เปียก เพื่อให้ปูนซีเมนต์เข้าเกาะโดยรอบและแข็งตัวยึดเกาะกันแน่น

3. ทำหน้าที่หล่อลื่นให้วัสดุทั้งหมด เกิดความเหลว สามารถเทและกระทุ้ง หรือเขย่าเข้าแบบหล่อให้เป็นรูปร่างต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 สารผสมเพิ่ม (Admixture)

สารผสมเพิ่มได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในวงการก่อสร้าง โดยได้มีการนำสารผสมเพิ่มมาใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีต นอกเหนือจากส่วนผสมปกติคือ ปูนซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีต เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการทำงานตามที่ต้องการ เช่น ปรับปรุงความสามารถทำงานได้ การหน่วงหรือเร่งเวลาการก่อตัว ควบคุมการพัฒนากำลังอัดตามการออกแบบ หรือปรับปรุงคุณสมบัติด้านความคงทนต่อสภาวะต่าง ๆ เป็นต้น

สารผสมเพิ่มสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภทหลักคือ

ก. สารกระจายกักฟองอากาศ (Air Entraining Agent) นิยมใช้ในการเพิ่มความคงทนของคอนกรีตต่อสภาพอากาศที่หนาวเย็น ซึ่งสารตัวนี้จะไม่นิยมใช้ในประเทศไทย ซึ่งมีอากาศร้อน

ข. สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixture) สารประกอบทางเคมีที่ละลายในน้ำ นิยมใช้สำหรับหน่วงหรือเร่งเวลาการก่อตัว หรือลดความต้องการน้ำในการผสมคอนกรีต

ค. สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) โดยส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นผงละเอียดนิยมใช้แทนที่หรือผสมเพิ่มปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต หรือใช้สำหรับทำให้ความสามารถทำงานได้และความคงทนของคอนกรีตดีขึ้น

ทั้งนี้การพิจารณาเลือกใช้สารผสมเพิ่ม จะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ รวมถึงข้อจำกัดในการใช้งาน โดยควรมีการศึกษา ทดลอง ตรวจสอบคุณภาพ และพิจารณาข้อแนะนำการใช้งานจากผู้ผลิตประกอบ เพื่อให้ ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพ และตรงตามความต้องการในการออกแบบและการใช้งานต่อไป

2.1.7 การสึกกร่อนในโครงสร้างสัมผัสน้ำ (Leaching in Hydraulic Structure)

ในโครงสร้างที่ใช้งานเกี่ยวข้องกับน้ำ จะพบการรั่วซึมเกิดขึ้นตลอดเวลา การรั่วซึมนี้อาจจะเกิดจากรอยแตกร้าว รอยต่อคอนกรีต การเกิดการแยกตัวขณะเท หรือคอนกรีตที่มีรูพรุนมาก การที่น้ำสามารถผ่านไปได้นี้ น้ำจะชะล้างสารจำพวกแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ซึ่งเกิดขึ้นในปฏิกิริยาไฮเดรชัน) และสารประกอบอื่นในเนื้อคอนกรีต เมื่อถึงเวลาหนึ่งก็จะทำให้เกิดการชำรุดเสียหายในโครงสร้างคอนกรีตได้ ดังนั้น ในเบื้องต้นจึงต้องพยายามผลิตคอนกรีตให้มีความสามารถต้านทานการซึมผ่านให้ได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 พอลิเมอร์โมดิฟายด์คอนกรีต PMC (Polymer Modified Concrete)

วัสดุพอลิเมอร์คอนกรีตเป็นวัสดุชนิดใหม่ ซึ่งเกิดจากแนวความคิดที่จะนำเอาวัสดุสองชนิดมารวมกัน เพื่อที่จะนำเอาคุณสมบัติเด่นของแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ โดยเป็นการนำเอาคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุที่มีกำลังอัดสูง แต่ก็ค่อนข้างจะอ่อนแอในด้านการรับแรงดึงและการยึดเกาะ (Adhesion) อีกทั้งรูพรุนของมันเองจะนำมาซึ่งการเสื่อมสภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีมารวมกับวัสดุพอลิเมอร์ที่แม้ว่าเป็นวัสดุที่มีกำลังอัดต่ำ แต่ก็มีความสามารถในการรับแรงดึงและการยืดตัวที่สูง อีกทั้งยังสามารถยึดเกาะกับวัสดุอื่นได้ดี และมีความทนทานต่อการกระทำทางกายภาพและทางเคมี ด้วยเหตุนี้เมื่อรวมวัสดุคอนกรีตและพอลิเมอร์เข้าด้วยกัน จะทำให้เกิดวัสดุใหม่ที่มีทั้งความแข็งแรงและความคงทนควบคู่กันไป [12]

2.1.9 บล็อกคอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบา เป็นนวัตกรรมความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการผลิตทางด้านการก่อสร้าง ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของความต้องการปัจจัยพื้นฐานของมนุษย์ โดยบล็อกคอนกรีตทั่วไปมีลักษณะรูปร่าง คุณสมบัติแตกต่างกัน ขึ้นกับการนำไปใช้งาน ดังแสดงในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของบล็อกและอิฐ [13, 16]

คุณสมบัติ	บล็อกประสานมวลเบา	อิฐมวลเบาทั่วไป	อิฐมอญ	C-Lite	หน่วย
ขนาด (หนาxกว้างxยาว)	7.5x10.0x30.0	7.5x20.0x60.0	7.0x3.0x15.0	-	ซม.
ความหนาแน่น	1,000-1,100	500-600	1,350-1,500	-	กก./ลบ.ม.
กำลังรับแรงอัด	80-100	40-50	35	30 - 80	กก./ตร.ซม.
การดูดซึมน้ำ	25	45	15	12.5	% โดยน้ำหนัก
ความผิดพลาดของมิติ	± 0.1	± 0.1	ไม่มีมาตรฐาน	± 0.1	ซม.
จำนวนก้อน/ตร.ม.	33.33	8.33	140	8.33	ก้อน/ตร.ม.
ความสามารถในการก่อ	20-25	20-25	8-12	25	ตร.ม./คน/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 บล็อกประสานชนิดต่างๆ

เมื่อนำบล็อกคอนกรีตไปใช้ในงานโครงสร้าง บล็อกที่ใช้ต้องสามารถรับแรงได้มาก แต่ถ้านำบล็อกคอนกรีตไปใช้เป็นฉนวนความร้อน บล็อกที่ใช้ไม่จำเป็นต้องรับแรงมาก ดังแสดงในตาราง 2.3

ตาราง 2.3 การจำแนกประเภทของคอนกรีตเบาตามลักษณะการนำไปใช้งาน [11]

ประเภท	กำลังอัด (กก. /ตร.ซม.)	หน่วยน้ำหนัก (กก. /ลบ.ม.)
คอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete)	180-480	1400-1800
คอนกรีตสำหรับงานก่อ (Masonry Concrete)	100-180	500-800
คอนกรีตสำหรับงานฉนวนความร้อน (Insulating Concrete)	10-100	น้อยกว่า 800

บล็อกคอนกรีตโดยทั่วไปมีส่วนผสมหลักคือ ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ โดยมีทรายเป็นตัวประสาน ปัจจุบันได้มีการนำบล็อกคอนกรีตมาปรับปรุงคุณภาพ โดยมีการผสมวัสดุต่างๆ เช่น เม็ดยางรถยนต์ ฟางข้าว อนุภาคเงินที่มีขนาดระดับนาโนเมตร (silver nano-particle) เพื่อบล็อกที่ได้จะมีคุณสมบัติหลากหลาย เช่น มีน้ำหนักเบา ยืดหยุ่นได้มากขึ้น ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยของ ปิติ และคณะฯ [1] พบว่าเมื่อนำพอลิเมอร์ผสมคอนกรีตจะพบว่าคอนกรีตที่ได้มีคุณสมบัติเชิงกลเปลี่ยนไป โดยกำลังในการรับแรงอัดและความทนต่อการสึกหรอ มีค่าน้อยลง แต่จะมีความเหนียว ความสามารถในการรับพลังงาน เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่ผสมพอลิเมอร์มีค่าลดลง เมื่อเพิ่มปริมาณของพอลิเมอร์ที่ผสม

คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่ลดลงดังกล่าวจะส่งผลให้คอนกรีตจะยืดหยุ่นและนุ่มขึ้น เมื่อเทียบกับคอนกรีตปกติทั่วไป ความแข็งแรงของคอนกรีตที่ลดลงเกิดจากการขาดหายไปของพันธะระหว่างคอนกรีตบริเวณที่จับกับเม็ดยาง โดยความแข็งแรงที่ลดลงจะเป็นเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับปริมาณของเม็ดยางที่ใส่ไป และพบว่าขนาดของเม็ดยางก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความแข็งแรงของคอนกรีตด้วย เม็ดยางที่หยาบหรือใหญ่จะลดความแข็งแรงของคอนกรีตได้น้อยกว่าเม็ดยางขนาดเล็ก

จากการศึกษางานวิจัยของ J.Rossignolo และ M.Agnesini [14] เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของยางสไตรีนบิวตะไดอีน (Styrene–butadiene rubber) ที่ผสมกับคอนกรีตมวลเบาและใช้มวลรวมของบราซิลเป็นส่วนผสม โดยทดสอบคุณสมบัติสถานะของคอนกรีตสด ความสามารถในการรับแรงกด (Compressive strength) ความสามารถในการรับแรงอัด (Splitting tensile strength) กำลังดัดของคอนกรีต (Flexural strength) ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

จากการศึกษางานวิจัยของ สมยศ [11] เกี่ยวข้องกับการนำยางรถยนต์เก่าที่ผ่านกระบวนการย่อย 2 ขนาด คือ เม็ดยางเบอร์ 6 และ เม็ดยางเบอร์ 26 มาแทนที่มวลรวมละเอียดในสัดส่วนไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เพื่อผลิตคอนกรีตมวลเบาปานกลางโดยศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกายภาพ และคุณสมบัติเชิงกลกับคอนกรีตธรรมดา จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า คอนกรีตผสมเม็ดยางมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกว่าคอนกรีตธรรมดา อันได้แก่ การลดลงของความหนาแน่น การลดลงของสัมประสิทธิ์การนำความร้อน และการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง จากการที่มีความหนาแน่นลดลง ทำให้คุณสมบัติเชิงกลในด้านกำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดัดลดลงเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

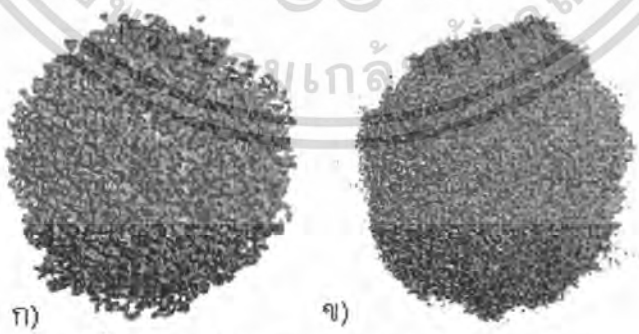
บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 การผสมคอนกรีต

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1
2) เม็ดยางรถยนต์เบอร์ 7 (2.794 มิลลิเมตร)
   เม็ดยางรถยนต์เบอร์ 20 (0.833 มิลลิเมตร)
3) ทราย
4) น้ำ

รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1



ก) ข)

รูปที่ 3.2 ก) เม็ดยางเบอร์ 7 ข) เม็ดยางเบอร์ 20

83214
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) ถังผสม
2) เครื่องชั่งน้ำหนัก
3) แบบหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอกทำด้วยโลหะที่ซีเมนต์ไม่เกาะติดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว และสูง 12 นิ้ว
4) ถุงมือยาง

3.1.3 ขั้นตอนการผสมคอนกรีต

1) ผสมวัสดุตามสัดส่วนดังตาราง 3.1
2) นำวัสดุที่ได้จากการผสมให้เข้ากันอย่างดีแล้ว ไปเทในแบบหล่อคอนกรีต
3) ทิ้งคอนกรีตให้แข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4) นำคอนกรีตออกจากแบบหล่อ และทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 28 วัน
5) นำคอนกรีตที่ได้ไปทดสอบตามกระบวนการ

ตาราง 3.1 อัตราส่วนในการผสมปูน ทราย เม็ดยาง และ น้ำ

ชนิดของคอนกรีต	ปริมาณยาง	อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (ปูน : ทราย : ยาง : น้ำ)
คอนกรีตทั่วไป	0%	1 : 1.5 : 0 : 0.4
7	20%	1 : 1.2 : 0.3 : 0.4
	40%	1 : 0.9 : 0.6 : 0.42
	60%	1 : 0.6 : 0.9 : 0.49
	80%	1 : 0.3 : 1.2 : 0.5
20	20%	1 : 1.2 : 0.3 : 0.5
	40%	1 : 0.9 : 0.6 : 0.6
	60%	1 : 0.6 : 0.9 : 0.75
	80%	1 : 0.3 : 1.2 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 แท่งคอนกรีตที่ได้จากการหล่อ

3.2 การทดสอบแท่งคอนกรีต

3.2.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1) การกระจายตัวของเม็ดยาง

ทำการทุบแท่งคอนกรีตให้แตกแยกออกจากกัน จากนั้นใช้กล้องบันทึกภาพลักษณะการกระจายตัวของเม็ดยาง เพื่อศึกษาการแทนที่ตัวประสานของเม็ดยางและมวลรวม

2) ความหนาแน่น

นำแท่งคอนกรีตไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักของแท่งคอนกรีต และหาปริมาตรของแท่งคอนกรีตโดยการวัดส่วนสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางซึ่งความหนาแน่นสามารถคำนวณได้จากสมการ (3.1)

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{3.1}$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

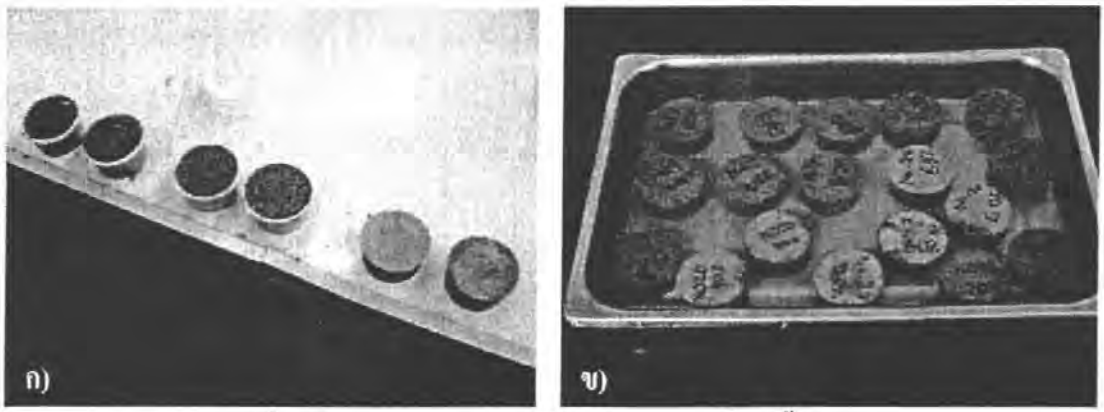
m = น้ำหนักของแท่งคอนกรีต (กิโลกรัม)

V = ปริมาตรของแท่งคอนกรีต (ลูกบาศก์เมตร)

3) การดูดซึมน้ำ

ผสมคอนกรีตในแบบหล่อคอนกรีตย่อส่วนให้มีขนาดเล็กลง นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักของคอนกรีตคงที่ แสดงว่าคอนกรีตปราศจากน้ำ แล้วบันทึกน้ำหนักของคอนกรีตที่ปราศจากน้ำ จากนั้นนำคอนกรีตที่ผ่านการอบไปแช่น้ำเป็นเวลา 100 ชั่วโมงเพื่อให้แน่ใจว่าคอนกรีตดูดซึมน้ำได้อย่างเต็มที่ แล้วบันทึกน้ำหนักของคอนกรีตที่ดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ก) คอนกรีตขนาดเล็ก ข) คอนกรีตที่แช่น้ำ

3.2.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล [15]

1) ความสามารถในการรับแรงอัด

นำแท่งคอนกรีตไปทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต (Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimen) ASTM: C 39 – 93a โดยนำแท่งคอนกรีตมาหล่อหมวก (capped) หัวของแท่งคอนกรีตโดยการให้ความร้อนกับผงซัลเฟอร์เพื่อให้กลายเป็นของเหลว แล้วนำหัวของแท่งคอนกรีตไปแช่แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง จะได้หมวกของแท่งคอนกรีต ออกมาดังรูปที่ 3.5 เพื่อให้แท่งคอนกรีตสามารถรับน้ำหนักได้อย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำแท่งคอนกรีตเข้าเครื่องทดสอบในแนวตั้งและบันทึกกำลังรับแรงอัดสูงสุด

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมีหน่วยเป็นกิโลนิวตัน จึงต้องคำนวณเพื่อหาค่ากำลังการรับแรงอัดจากสมการที่ (3.2)

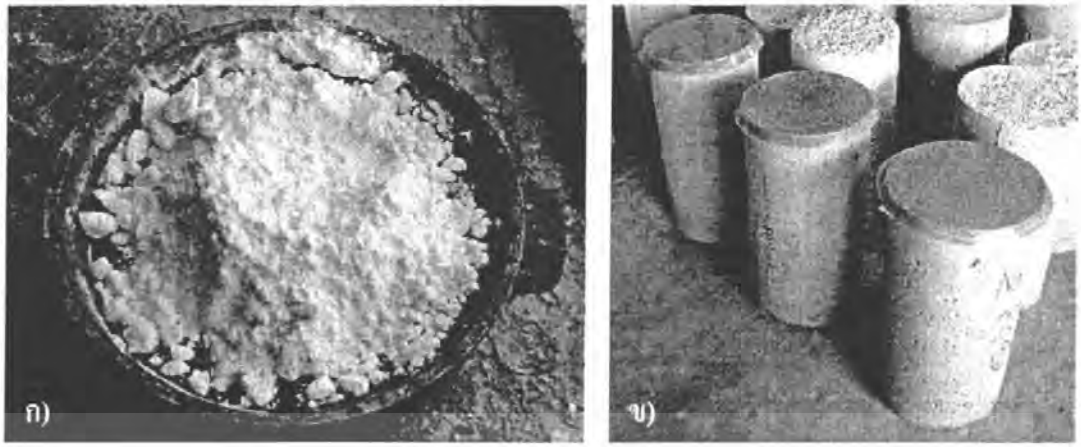
$$Compressive\ Strength = \frac{F}{A} \tag{3.2}$$

โดยที่ $Compressive\ Strength$ = กำลังของแท่งคอนกรีต (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

F = แรงกระทำสูงสุดต่อแท่งคอนกรีต (กิโลกรัม)

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งคอนกรีตที่วัดตั้งฉากกับแรงกระทำ (ตารางเซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ก) ผงซัลเฟอร์ที่ใช้ในการหล่อหมวก ข) แท่งคอนกรีตหลังทำการหล่อหมวก

2) ความสามารถในการรับแรงกด

นำแท่งคอนกรีตไปทดสอบกำลังรับแรงกดของแท่งคอนกรีต (Test for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens) ASTM: C 496-90 โดยนำแท่งคอนกรีตเข้าเครื่องทดสอบในแนวนอนและบันทึกกำลังรับแรงกดสูงสุด

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมีหน่วยเป็นกิโลนิวตัน จึงต้องคำนวณเพื่อหาค่ากำลังการรับแรงกดจากสมการ (3.3)

$$T = \frac{2P}{\pi DL} \tag{3.3}$$

โดยที่ T = กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตแท่งตัวอย่าง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

P = แรงกระทำสูงสุดต่อแท่งตัวอย่าง (กิโลกรัม)

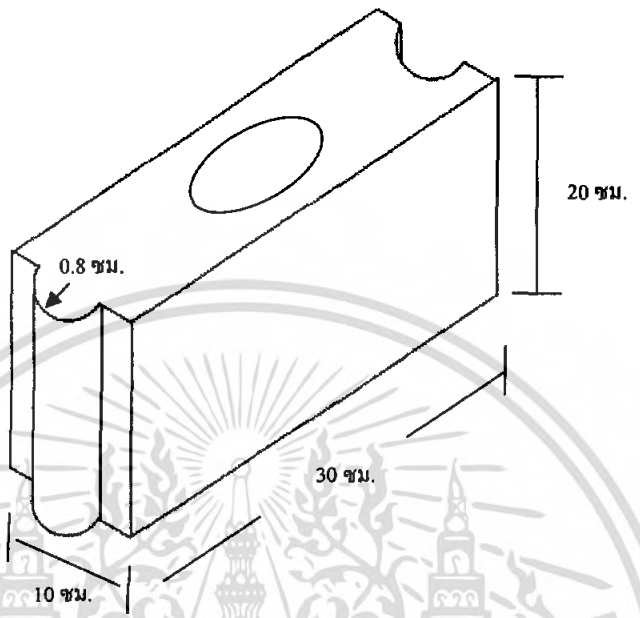
D = เส้นผ่านศูนย์กลางของเฉลี่ยแท่งตัวอย่าง (เซนติเมตร)

L = ความยาวเฉลี่ยของแท่งตัวอย่าง (เซนติเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การขึ้นรูปบล็อกคอนกรีต

นำแผ่นสังกะสีมาตัดขึ้นรูปเป็นบล็อกคอนกรีตตามขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร และมีรัศมีความโค้งของเดือย 0.8 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 บล็อกคอนกรีตต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

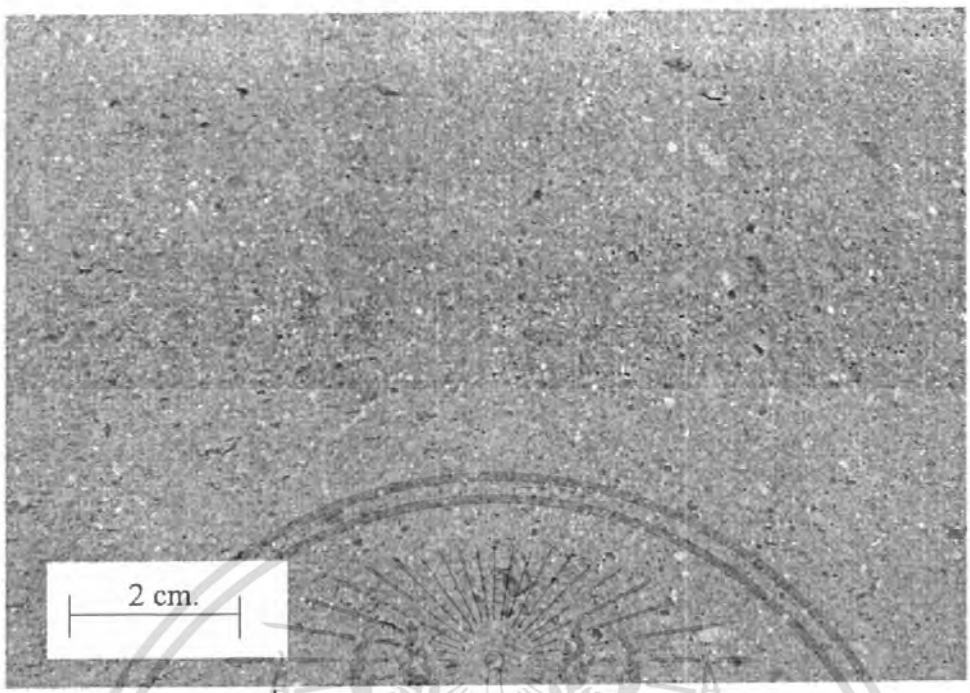
จากผลการทดสอบเชิงกายภาพ (การกระจายตัวของเม็ดยาง ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ) และผลการทดสอบเชิงกล (ความสามารถในการรับแรงกด และความสามารถในการรับแรงอัด) ของบล็อกคอนกรีตในอัตราส่วนของเม็ดยางรถยนต์ในการแทนที่ทรายที่แตกต่างกัน คือ 0, 20, 40, 60 และ 80% ตามลำดับ

4.1 คุณสมบัติเชิงกายภาพ

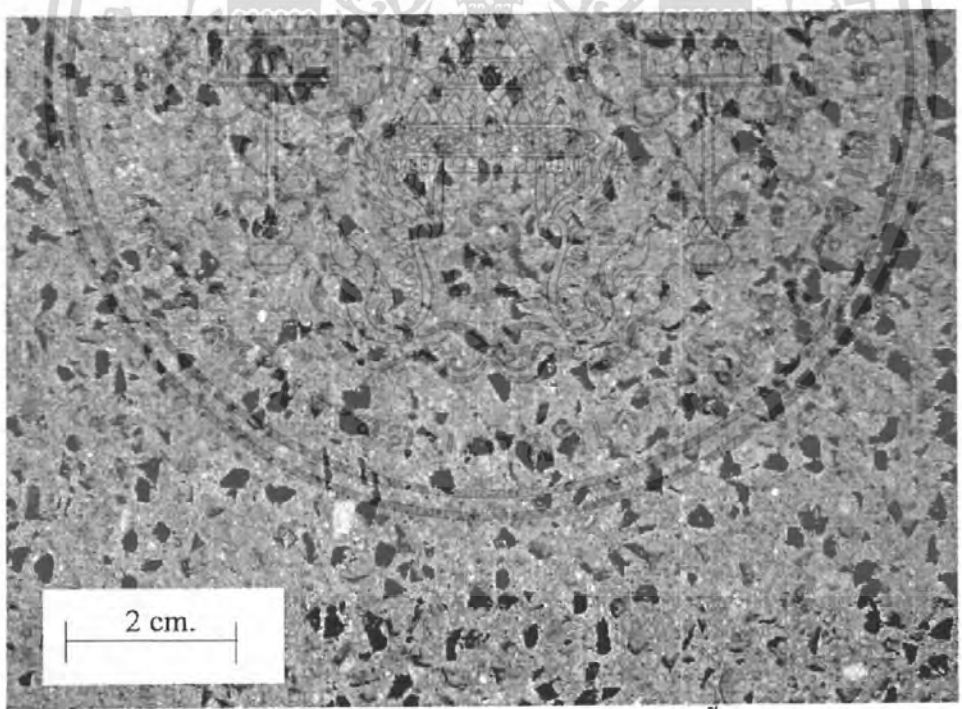
4.1.1 การกระจายตัวของมวลรวมและเม็ดยาง

เมื่อสังเกตลักษณะการกระจายตัวของมวลรวมภายในแท่งคอนกรีตทั่วไป เม็ดทรายที่แทรกอยู่ในคอนกรีตสามารถกระจายตัวกันได้ดี และเนื้อคอนกรีตจะมีลักษณะแข็ง เมื่อทำการผสมเม็ดยางรถยนต์ภายในแท่งคอนกรีต พบว่าลักษณะการกระจายตัวของเม็ดยางรถยนต์เบอร์ 7 จะสังเกตเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากเม็ดยางมีขนาดใหญ่และเมื่อเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ การกระจายตัวของเม็ดยางรถยนต์จะกระจายได้ไม่ดีและเริ่มจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อน สังเกตได้จากรูปที่ 4.5 ที่ปริมาณยางรถยนต์ 80% มีปริมาณเม็ดยางมากกว่าปริมาณของปูน ส่งผลให้ตัวประสานมีไม่เพียงพอ ส่วนการกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 จะมีลักษณะที่ดีกว่าเม็ดยางเบอร์ 7 เนื่องจากเม็ดยางเบอร์ 20 มีขนาดเล็ก ทำให้สามารถแทรกตัวในคอนกรีตได้ดีกว่า และเมื่อปริมาณยางเพิ่มขึ้นเนื้อคอนกรีตมีลักษณะร่วนและเป็นผงเล็กๆ ดังรูปที่ 4.9 เนื่องจากเม็ดยางแทรกตัวในคอนกรีตปริมาณมาก ทำให้ตัวประสานที่มีน้อยไม่สามารถเกาะตัวได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

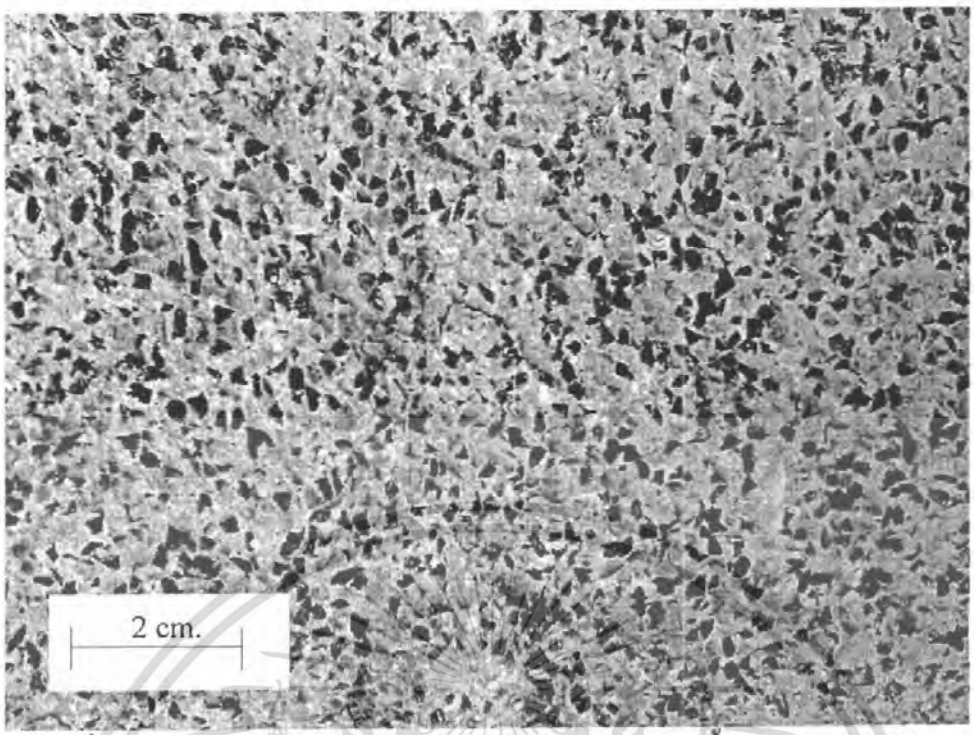


รูปที่ 4.1 การกระจายตัวของทรายในคอนกรีต

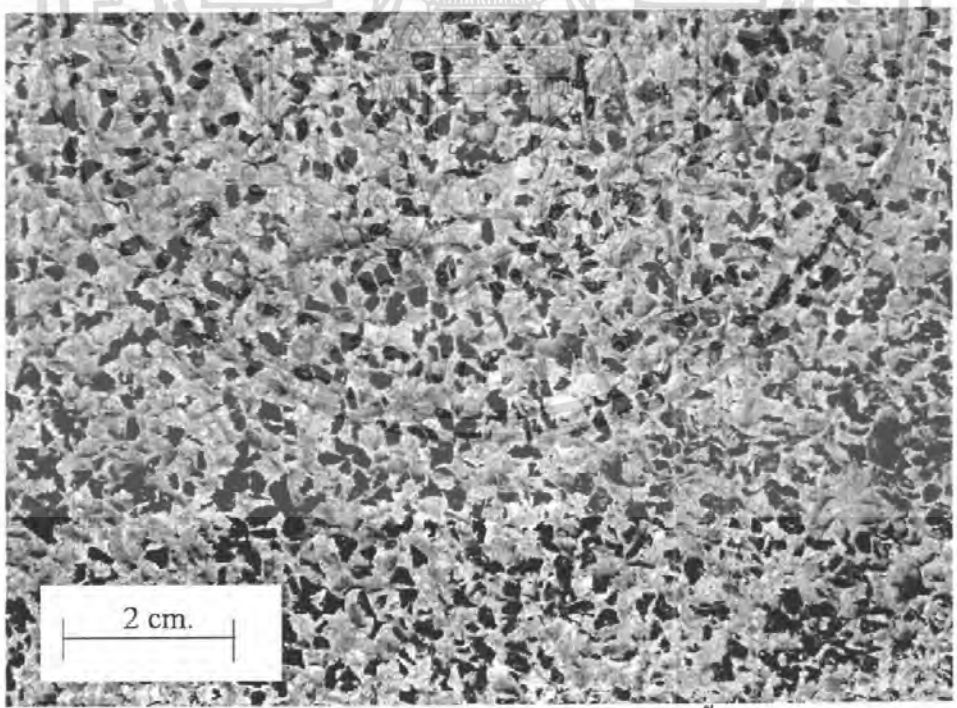


รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 7 ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

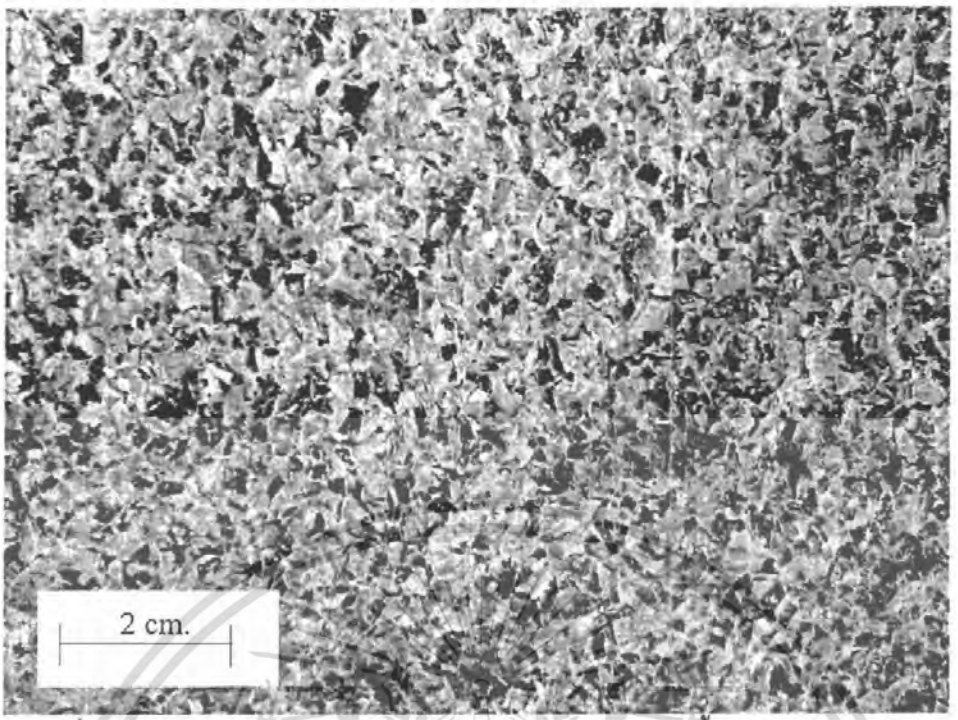


รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 7 ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต

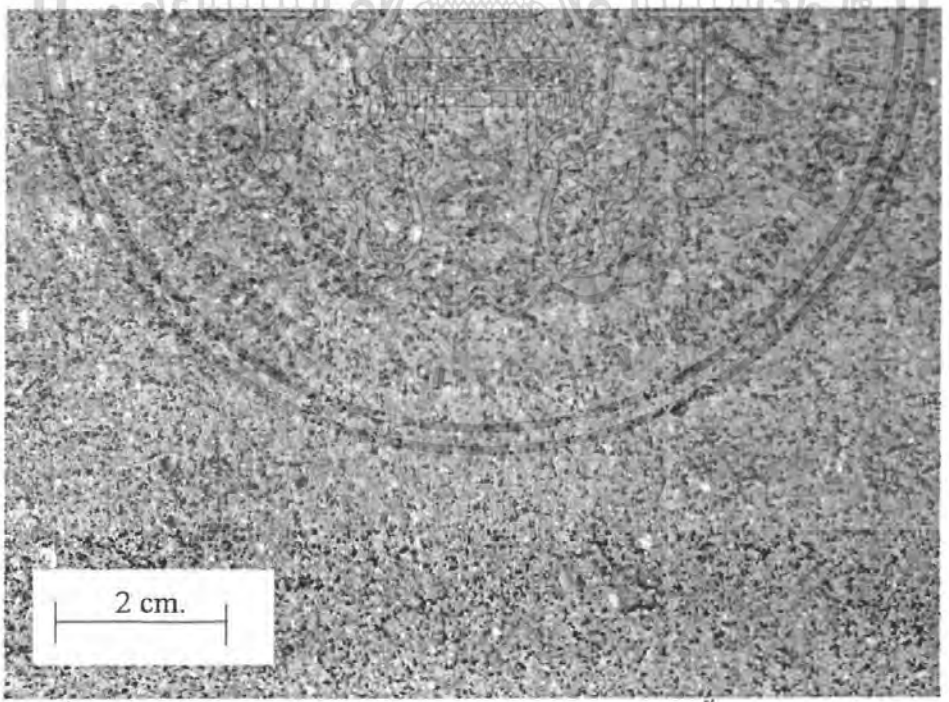


รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 7 ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

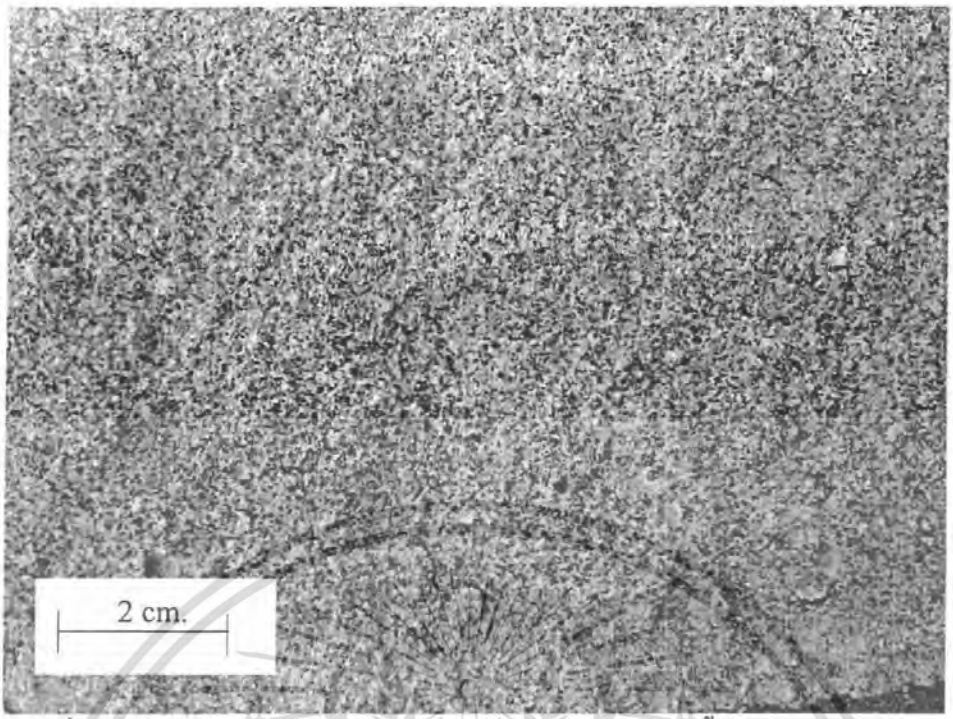


รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 7 ร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต

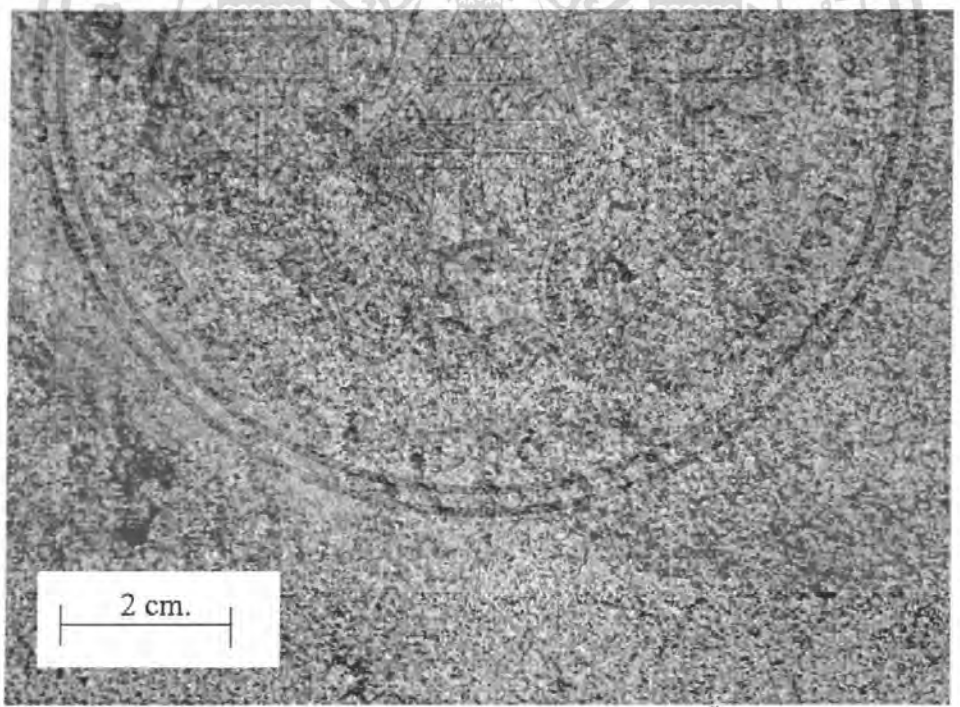


รูปที่ 4.6 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

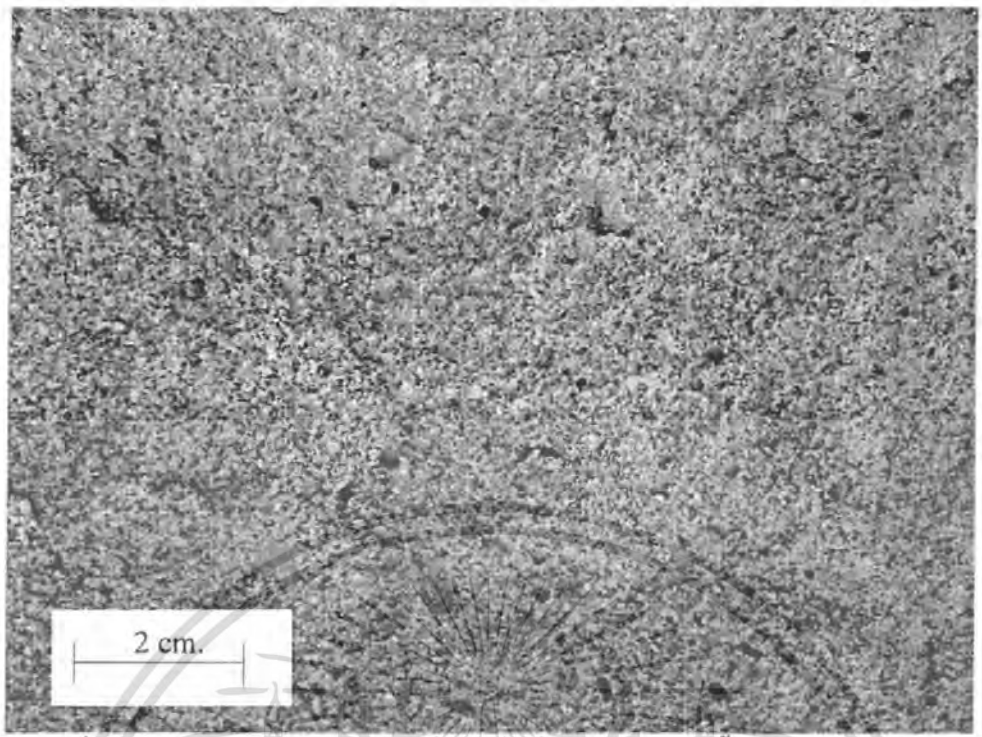


รูปที่ 4.7 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต



รูปที่ 4.8 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การกระจายตัวของเม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก ในคอนกรีต

4.1.2 ความหนาแน่น

ทำการทดสอบโดยการผสมเม็ดยางเบอร์ 7 และเม็ดยางเบอร์ 20 ลงในคอนกรีตจะพบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตธรรมดาจะมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2,158.8 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

เมื่อผสมเม็ดยางในอัตราส่วนที่สูงขึ้นคอนกรีตจะมีความหนาแน่นลดลง โดยที่คอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 7 จะมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,358.69 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่อัตราส่วน 80% โดยน้ำหนัก ถึง 1,948 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่อัตราส่วน 20% โดยน้ำหนัก ส่วนคอนกรีตที่ผสมเม็ดยางเบอร์ 20 จะมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,040.79 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่อัตราส่วน 80% โดยน้ำหนัก ถึง 1,646.86 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่อัตราส่วน 20% โดยน้ำหนัก ดังแสดงในตาราง 4.1 (ก) และ 4.1 (ข)

และเมื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของคอนกรีตที่ผสมเม็ดยางทั้ง 2 ขนาด ที่ปริมาณของเม็ดยางเท่ากัน พบว่า คอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 20 มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าคอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 7 ดังเปรียบเทียบจากรูปที่ 4.10

การที่เม็ดยางเบอร์ 20 ให้ค่าความหนาแน่นที่ต่ำกว่าเนื่องมาจากคุณสมบัติเชิงกายภาพของเม็ดยางด้านความถ่วงจำเพาะที่มีค่าต่ำกว่า โดยลักษณะของเม็ดยางเบอร์ 20 นี้เมื่อนำไปแทนที่มวลรวมละเอียดทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง อีกทั้งผลที่ได้จะเป็นไปในแนวทางเดียวกับคุณสมบัติเชิงกลในการรับแรงอัดและแรงดัด ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป โดยผลการทดสอบนี้มีความสอดคล้องกับการวิจัยของ สมยศ [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

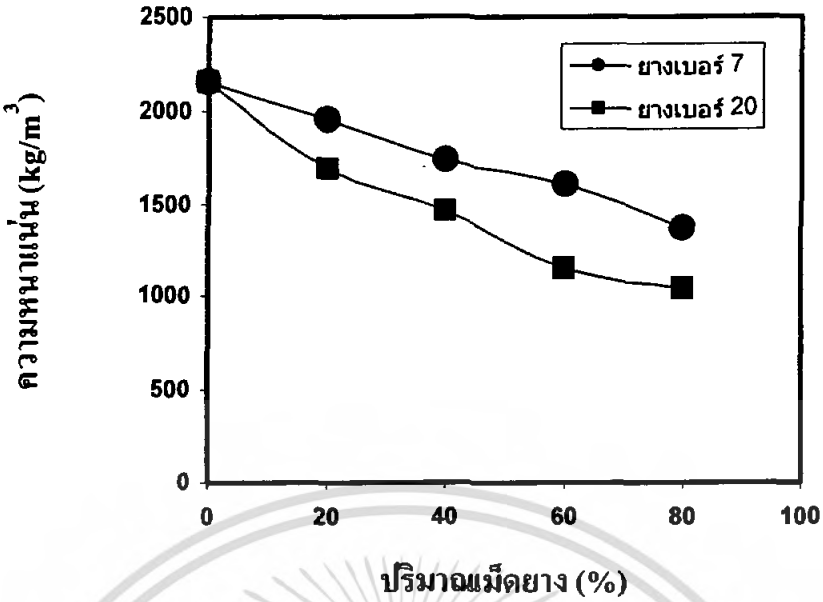
ตาราง 4.1 (ก) ความหนาแน่นของแท่งคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 7

ชนิด			ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
คอนกรีตทั่วไป		1	2144.06
		2	2173.54
คอนกรีตผสมยางเบอร์ 7	20%	1	1976.45
		2	1919.55
	40%	1	1725.57
		2	1751.05
	60%	1	1583.33
		2	1612.61
	80%	1	1365.98
		2	1351.39

ตาราง 4.1 (ข) ความหนาแน่นของแท่งคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 20

ชนิด			ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
คอนกรีตทั่วไป		1	2144.06
		2	2173.54
คอนกรีตผสมยางเบอร์ 20	20%	1	1691.99
		2	1680.94
	40%	1	1460.02
		2	1451.03
	60%	1	1157.75
		2	1144.33
	80%	1	1049.61
		2	1031.98

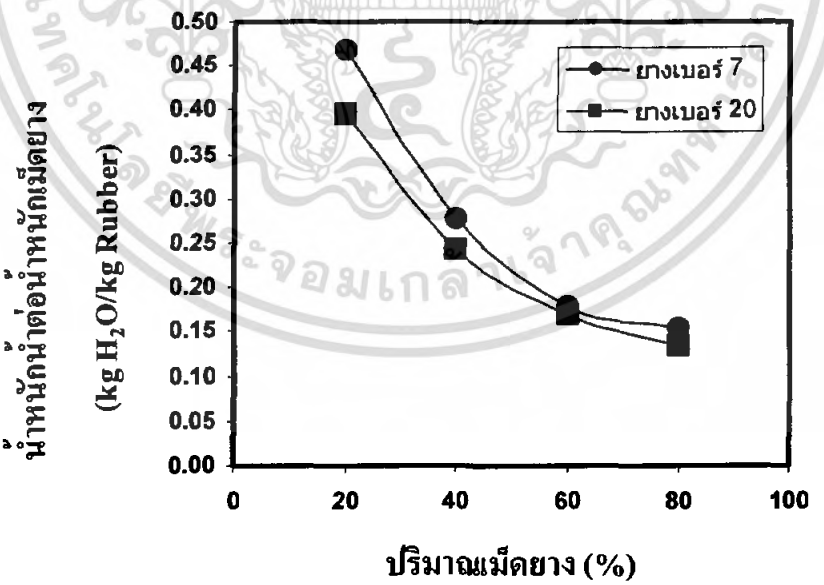
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น (kg/m^3) กับปริมาณยางรถยนต์ (%โดยน้ำหนัก)

4.1.3 การดูดซึมน้ำ

คอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 7 และ เบอร์ 20 มีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักน้ำต่อปริมาณเม็ดยางในแนวโน้มที่ลดลง และที่ปริมาณเม็ดยางเท่ากัน เม็ดยางเบอร์ 7 จะมีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักน้ำต่อปริมาณเม็ดยางมากกว่าเม็ดยางเบอร์ 20 ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักยาง (kg water/kg rubber) กับปริมาณเม็ดยางรถยนต์ (%โดยน้ำหนัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

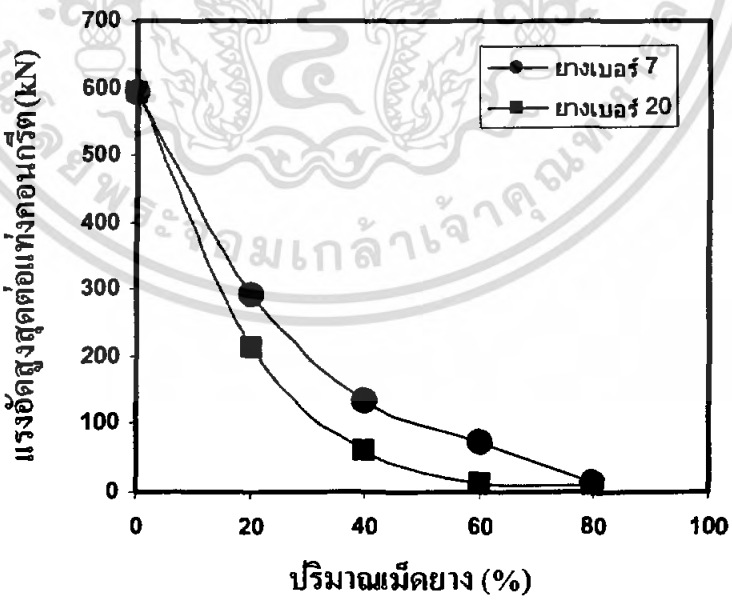
4.2 คุณสมบัติเชิงกล

4.2.1 ความสามารถในการรับแรงอัด

คอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 7 และ เบอร์ 20 สามารถรับแรงอัดสูงสุดที่กระทำในแนวโน้มที่ลดลง ซึ่งมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตทั่วไปคือ 591.5 กิโลนิวตัน ส่วนยางเบอร์ 7 สามารถรับแรงได้อยู่ในช่วง 13.1 กิโลนิวตัน (80%) ถึง 230.3 กิโลนิวตัน (20%) และยางเบอร์ 20 สามารถรับแรงได้อยู่ในช่วง 9.2 กิโลนิวตัน(80%) ถึง 211.0 กิโลนิวตัน (20%) โดยที่ปริมาณเม็ดยางเท่ากัน เม็ดยางเบอร์ 7 จะสามารถรับแรงอัดได้มากกว่าเม็ดยางเบอร์ 20 ดังรูปที่ 4.12

คอนกรีตผสมเม็ดยางเบอร์ 7 อัตราส่วน 20 % โดยน้ำหนัก สามารถรับแรงอัดสูงสุดได้ 35.64 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีต ซี-ไลต์ ซึ่งใช้ปูนปอร์ตแลนด์ ทราย น้ำ น้ำยาชีวภาพ เป็นส่วนผสมหลักโดยมีความสามารถในการรับแรงอัดได้ 30-80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

เหตุผลที่ทำให้ค่ากำลังของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเม็ดยางเบอร์ 7 ดีกว่าเบอร์ 20 น่าจะมาจากลักษณะทางกายภาพของเม็ดยางเบอร์ 7 มีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมคล้ายเม็ดทราย ซึ่งแตกต่างจากเบอร์ 20 ที่มีลักษณะเป็นทรงกลม เมื่อเกิดรอยร้าวภายในเนื้อคอนกรีต พฤติกรรมของเม็ดยางเบอร์ 7 ที่เป็นเหลี่ยม จะชะลอการเกิดรอยร้าวได้นานกว่าเม็ดยางเบอร์ 20 อีกทั้ง ผลการทดสอบด้านกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเม็ดยางที่ได้ในการศึกษาสอดคล้องกับ Pierce [17] และสมยศ [11] ในแง่ของกำลังที่ลดลงตามปริมาณเม็ดยางที่เพิ่มมากขึ้น



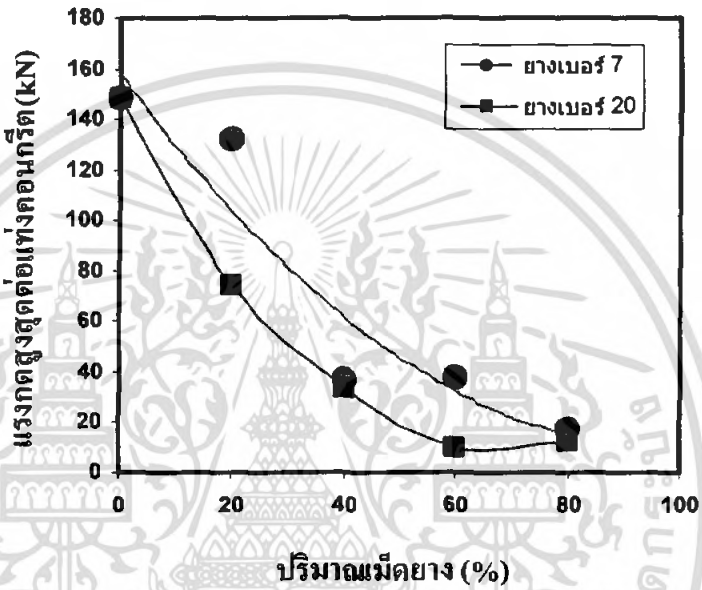
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดสูงสุดต่อแท่งคอนกรีต (kN) กับปริมาณเม็ดยางรถยนต์ (%โดยน้ำหนัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ความสามารถในการรับแรงกด

คอนกรีตทั่วไปจะมีค่าความสามารถในการรับแรงกดประมาณ 147.9 กิโลนิวตัน แต่เมื่อนำคอนกรีดผสมเม็ดยางเบอร์ 7 และ เบอร์ 20 มีแนวโน้มในการรับแรงกดที่ลดลง โดยยางเบอร์ 7 สามารถรับแรงได้อยู่ในช่วง 17.0 กิโลนิวตัน (80%) ถึง 131.6 กิโลนิวตัน (20%) และยางเบอร์ 20 สามารถรับแรงได้อยู่ในช่วง 12.2 กิโลนิวตัน (80%) ถึง 74.4 กิโลนิวตัน (20%)

ที่ปริมาณเม็ดยางเท่ากัน เม็ดยางเบอร์ 7 จะสามารถรับแรงอัดได้มากกว่าเม็ดยางเบอร์ 20 ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดสูงสุดต่อแท่งคอนกรีต (kN) กับปริมาณเม็ดยางรถยนต์ (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การผสมเม็ดยางเข้าไปในคอนกรีตส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตขึ้นกับขนาดและปริมาณเม็ดยาง ดังนี้

5.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

- การกระจายตัวของคอนกรีต คอนกรีตที่ผสมเม็ดยางรถยนต์ร้อยละ 80 โดยน้ำหนักมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะเห็นว่ามีช่องว่างน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา
- การดูดซึมน้ำ เมื่อเพิ่มปริมาณยางรถยนต์มากขึ้น ค่าการดูดซึมน้ำจะมีค่าลดลงและเม็ดยางขนาดเล็ก (เบอร์ 20) จะสามารถกันการดูดซึมน้ำได้ดีกว่าเม็ดยางขนาดใหญ่ (เบอร์ 7)
- ความหนาแน่น ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตผสมเม็ดยาง ลดลงตามปริมาณสัดส่วนยางที่เพิ่มขึ้น โดยที่การแทนที่เม็ดยางเบอร์ 20 ร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก จะมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดาคิดเป็นร้อยละ 51.82

5.1.2 คุณสมบัติเชิงกล

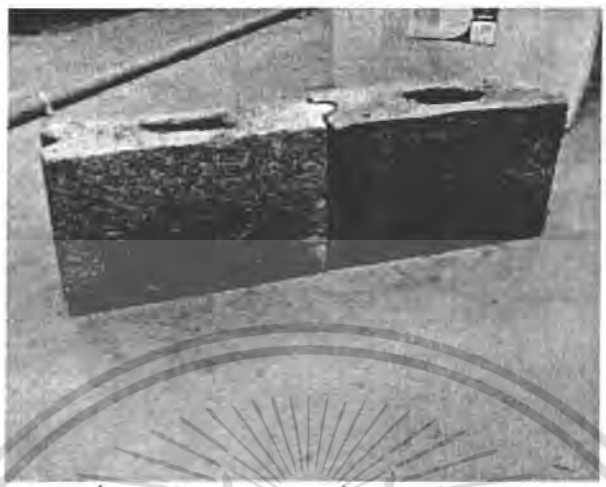
- ความสามารถในการรับแรงอัด กำลังในการรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเม็ดยางลดลงตามปริมาณสัดส่วนยางที่เพิ่มขึ้น โดยมีการแทนที่ด้วยเม็ดยางเบอร์ 20 ปริมาณร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก จะมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดาคิดเป็นร้อยละ 98.44
- ความสามารถในการรับแรงกด กำลังในการรับแรงกดของคอนกรีตผสมเม็ดยางลดลงตามปริมาณสัดส่วนยางที่เพิ่มขึ้น โดยมีการแทนที่ด้วยเม็ดยางเบอร์ 20 ปริมาณร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก จะมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดาคิดเป็นร้อยละ 91.75

5.1.3 การขึ้นรูปบล็อกคอนกรีต

บล็อกคอนกรีตมวลเบาโดยทั่วไป เช่น คอนกรีต ซี-ไลต์ จะสามารถรับแรงอัดได้ 30-80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และจากผลการทดลองพบว่า คอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์เบอร์ 7 ที่ใช้แทนที่ทราย 40% โดยน้ำหนักมีกำลังในการรับแรงอัด 77.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์เบอร์ 20 ที่ใช้แทนที่ทราย 40 % โดยน้ำหนักจะมีกำลังในการรับแรงอัด 35.64 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่เนื่องจากคอนกรีตบล็อกที่ได้การทดลอง จะนำไปประยุกต์ใช้งานกับการป้องกันน้ำท่วมซึ่งเป็นงานที่ไม่ต้องรับแรงอัดมาก ดังนั้นจึงเลือกบล็อกที่ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เม็ดยางเบอร์ 20 เพราะมีน้ำหนักเบา การดูดซึมน้ำที่น้อยกว่า บล็อกคอนกรีตที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 บล็อกคอนกรีตที่ได้จากการทดลอง

5.2 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของบล็อกคอนกรีต [ง.3]

บล็อกคอนกรีตสำหรับการป้องกันน้ำท่วมควรผลิตโดยใช้ผงยางรถยนต์ในสัดส่วนร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก กล่าวคือจะใช้อัตราส่วน ปูน : ทราย : ยาง : น้ำ คือ 1 : 0.9 : 0.6 : 0.6 ดังนั้นบล็อกคอนกรีต 1 บล็อกใช้ปริมาณปูนประมาณ 3 กิโลกรัม ทราย 2.7 กิโลกรัม เม็ดยาง 1.8 กิโลกรัม และน้ำ 1.8 กิโลกรัม ซึ่งคำนวณต้นทุนต่อหนึ่งหน่วยบล็อกคอนกรีตได้ดังนี้

ต้นทุนรวม = ราคาปูน + ราคาทราย + ราคายาง

ต้นทุนประมาณ 35 บาทต่อบล็อกยังอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับบล็อกคอนกรีตมวลเบาทั่วไป ซึ่งมีราคาต่อหน่วยประมาณ 15 บาท จึงสมควรที่จะทำการศึกษาต่อไปเพื่อลดต้นทุนต่อหน่วยลงอีก

5.3 ข้อเสนอแนะ

บล็อกคอนกรีตที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปปรับปรุงเป็นแนวทางเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ต่อไปและผลการทดลองในครั้งนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างที่ต้องการพื้นคอนกรีตที่มีความยืดหยุ่นสูง เหมาะกับสภาพภูมิประเทศของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่มีอัตราการทรุดตัวของดินสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Sukontasukkul, P. and Chaikaew, C. "Properties of Concrete Pedestrian Block Mixed with Crumb Rubber." J. Construction and Building Materials. 2005, 20 (7), pp. 450-457.

[2] กรุงเทพธุรกิจ. "ศูนย์วิจัยกสิกรฯคาดภาคเกษตรได้รับผลกระทบน้ำท่วม 1600 ล้าน." [Online] : http://www.bangkokbiznews.com/2006/10/13/e001_145153.php?news_id=145153.

[3] ศูนย์บริการรถยนต์ บี-ควิก. "เรื่องน่ารู้." [Online] : http://www.b-quik.com/know_05.php.

[4] ความรู้พื้นฐานของการผลิตคอนกรีตทั่วไป. "บทที่ 1 คอนกรีตทั่วไปในงานก่อสร้าง." [Online] : http://www.learn.in.th/sample/flyash/chapter01.html.

[5] SCRAP TIRES. "MATERIAL PROPERTIES." [Online] : http://www.eng-forum.com/recycling/Scrap_Tires_Material.htm.

[6] ปูนซีเมนต์ (Cement). "ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และประโยชน์ในการใช้งาน." [Online] : http://www.learn.in.th/sample/flyash/FrameMain013.html.

[7] ฉลองคอนกรีตกรุ๊ป. "มวลรวม (Aggregates)." [Online] : http://www.chalongconcretegroup.com/clinic/page8.html.

[8] จักรราวุธ บัณฑุรัตน์. "สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 24." [Online] : http://www.eng-forum.com/recycling/Scrap_Tires_Material.htm.

[9] Rubber Manufacturer's Association. "Scrap Tire Characteristics." [Online] : http://www.energyjustice.net/tires/files/scrapchn.html#anchor135840.

[10] Scrap Tire Management Council. "Scrap Tires." [Online] : http://www.rma.org/scrap_tireshttp.

[11] สมยศ วิวัฒน์พัฒนพงศ์. "คอนกรีตมวลเบาปานกลางผสมเม็ดยาง." วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2548.

[12] พรรษวัชร อุดมเสฏฐ์ชัย. "การศึกษาความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำในโพลีเมอร์โมดิฟายด์คอนกรีตผสมเส้นใยเหล็ก." วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2550.

[13] บล็อคประสานมวลเบา สมาร์ท ไอ บล็อก. "ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติ." [Online] : http://www.thaihardscape.com/index.php?lay=show&ac=article&Ntype=34.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[14] Rossignolo, J. A. and Agnesini, M. V.C. "Mechanical Properties of Polymer-Modified Lightweight Aggregate Concrete." J. Cement and Concrete Research. 2002, 32 (3), pp. 329-334.

[15] ศิริวัฒน์ ไชยชนะ. "ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี." ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2541.

[16] Cellular Lightweight Concrete. "ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติผนังอิฐมอญกับคอนกรีต ซี-ไลต์." [Online] : http://www.c-lite.co.th/features_1.shtml.

[17] Blackwell, M. C. and Pierce, C. E. "Potential of Scrap Tire Rubber as Lightweight Aggregate in Flowable Fill." J. Waste Management. 2003, 23 (3), pp. 197-208.

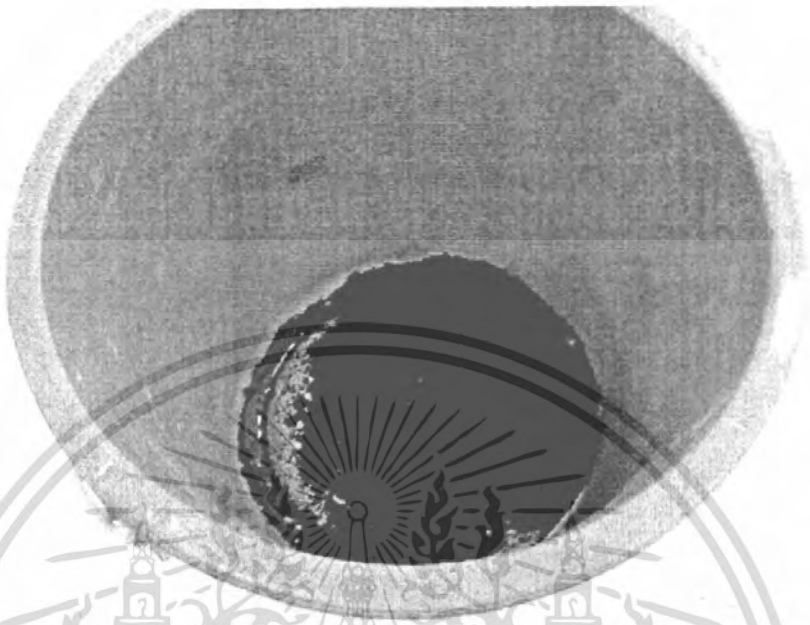
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก ขั้นตอนการผสมคอนกรีต

ขั้นตอนที่ 1 นำวัสดุทั้งหมดตามสัดส่วนลงในถังผสม

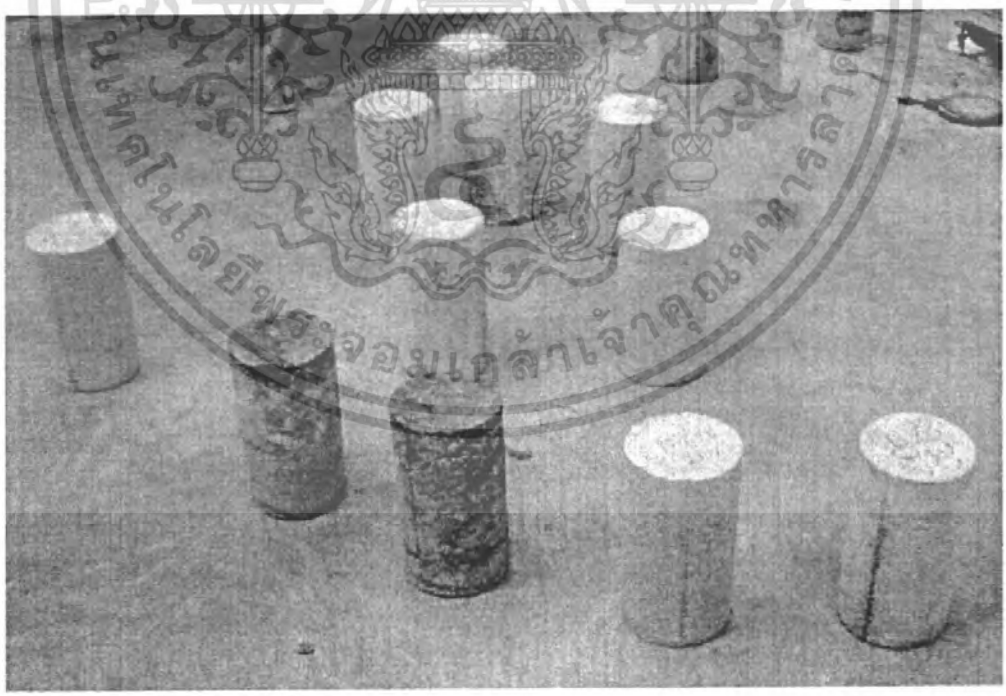


ขั้นตอนที่ 2 ผสมให้เข้ากันอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 เทในแบบหล่อคอนกรีต แล้วทิ้งคอนกรีตให้แข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 นำคอนกรีตออกจากแบบหล่อ และทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 28 วัน

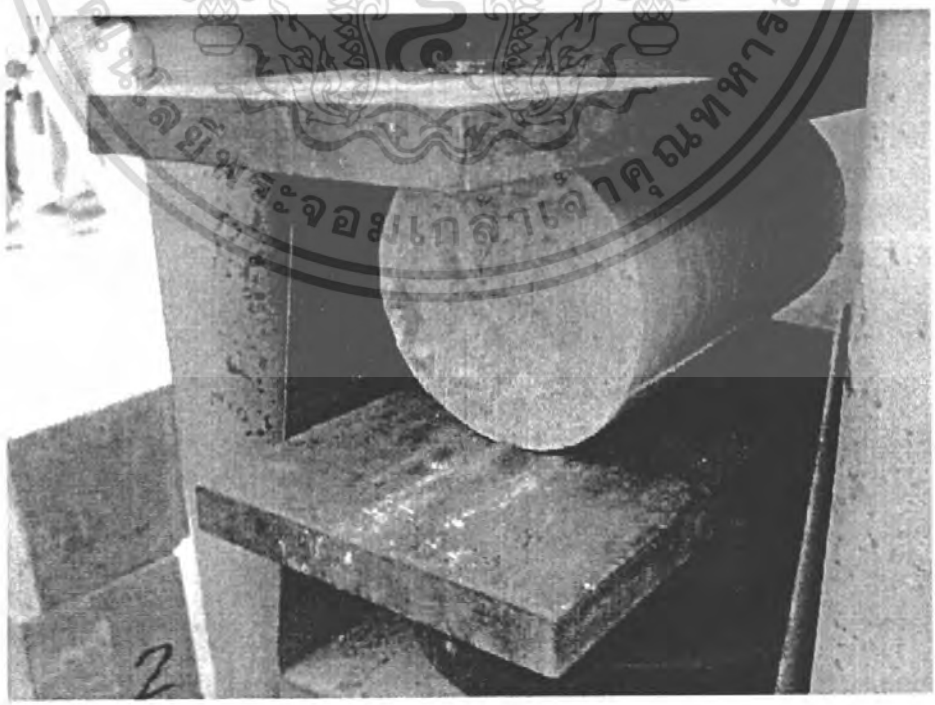


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสมบัติเชิงกล

ข.1 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด

ข.2 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงกด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตาราง ค.1 ค่าที่วัดได้จากแท่งคอนกรีต

ชนิด			ความสูง (เมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	กำลังรับแรงอัด (กิโลนิวตัน)	กำลังรับแรงกด (กิโลนิวตัน)
คอนกรีตทั่วไป		1	0.291	11.02	591.5	147.9
		2	0.264	10.14		
No.7	20%	1	0.275	9.60	290.3	131.6
		2	0.292	9.90		
	40%	1	0.293	8.93	134.0	36.7
		2	0.291	9.00		
	60%	1	0.290	8.11	73.7	37.4
		2	0.290	8.26		
	80%	1	0.300	7.24	13.1	17.0
		2	0.305	7.28		
No.20	20%	1	0.295	8.82	211.0	74.4
		2	0.290	8.61		
	40%	1	0.292	7.53	61.7	33.4
		2	0.291	7.46		
	60%	1	0.283	5.79	13.0	10.0
		2	0.288	5.82		
	80%	1	0.284	5.27	9.2	12.2
		2	0.286	5.21		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.2 น้ำหนักของแท่งคอนกรีต

ชนิด		เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักของแท่งคอนกรีต (กรัม)								
			ช่วงอบแห้ง								แช่น้ำ
			0	2	4	6	8	10	12	24	100 hr
คอนกรีตทั่วไป		1	109.52	107.85	106 65	106.02	105.67	105.52	105.46	105.30	115.59
		2	113.21	111.60	110.42	109.76	109.31	109.11	109.02	108.81	118.28
No.7	20%	1	100.00	98.41	97.1	96.48	96.14	96.02	95.96	95.81	105.61
		2	96.69	95.11	94.01	93.43	93.14	93.04	93.00	92.84	102.44
	40%	1	92.43	90.73	89.45	88.78	88.41	88.28	88.23	88.08	99.11
		2	88.32	86.61	85.38	84.74	84.45	84.34	84.31	84.16	94.83
	60%	1	80.16	78.73	77.80	77.33	77.09	77.01	76.98	76.85	86.02
		2	84.67	83.13	82.19	81.61	81.32	81.21	81.19	81.08	90.80
	80%	1	71.81	70.34	69.52	69.22	69.09	69.05	69.03	68.95	78.55
		2	68.90	67.41	66.81	66.58	66.49	66.45	66.44	66.40	75.56
No.20	20%	1	89.54	87.90	86.80	86.27	86.04	85.96	85.91	85.79	94.99
		2	90.82	89.14	88.08	87.55	87.32	87.25	87.22	87.11	96.39
	40%	1	66.60	65.03	64.32	64.05	64.00	63.98	63.95	63.89	73.89
		2	67.10	65.46	64.74	64.48	64.40	64.38	64.36	64.30	74.44
	60%	1	65.04	63.49	62.83	62.59	62.51	62.51	62.50	62.45	71.89
		2	67.65	66.02	65.29	65.00	64.91	64.89	64.87	64.82	74.97
	80%	1	52.80	51.51	51.08	50.87	50.81	50.81	50.80	50.75	60.50
		2	50.24	49.00	48.49	48.37	48.33	48.33	48.30	48.25	57.34

ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณ และ ตารางบันทึกผลการคำนวณ

ง.1) การคำนวณหาค่าความหนาแน่น

จากตารางภาคผนวก ค.1 หาค่าความหนาแน่นได้จากสมการ (ง.1)

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \qquad \text{(ง.1)}$$

โดย V = ปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร)

r = รัศมีของทรงกระบอก (เมตร)

h = ความสูงของแท่งทรงกระบอก (เมตร)

แทนค่าคอนกรีตทั่วไปชนิดที่ 1 ลงในสมการ (ง.1) จะได้ว่า

$$V = \pi \cdot 0.075^2 \cdot 0.291$$
$$V = 0.00514 \quad m^3$$

จากนั้นนำค่าน้ำหนักที่ชั่งได้มาแทนในสมการ (3.1)

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (3.1)$$
$$\rho = \frac{11.02}{0.00514} \quad \frac{kg}{m^3}$$
$$\rho = 2144.06 \quad \frac{kg}{m^3}$$

ทำการคำนวณหาความหนาแน่นในคอนกรีตทุกชนิด แล้วนำค่าที่ได้มาบันทึกในตาราง ง.1 และนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟ เพื่อดูแนวโน้มและเปรียบเทียบความหนาแน่นของคอนกรีตทั่วไป คอนกรีตผสมยางเบอร์ 7 และคอนกรีตผสมยางเบอร์ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ง.1 ความหนาแน่นที่ได้จากการคำนวณ

ชนิด			ความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
คอนกรีตทั่วไป		1	2144.058
		2	2173.540
No.7	20%	1	1976.452
		2	1919.553
	40%	1	1725.566
		2	1751.045
	60%	1	1583.327
		2	1612.612
	80%	1	1365.983
		2	1351.386
No.20	20%	1	1691.988
		2	1680.943
	40%	1	1460.024
		2	1451.033
	60%	1	1157.750
		2	1144.334
	80%	1	1049.610
		2	1031.976

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.2) การคำนวณหาค่าความสามารถในการรับแรงอัด

นำค่ากำลังรับแรงอัดที่อ่านได้จากเครื่องมาทำการคำนวณจากสมการ (3.2)

$$Compressive\ Strength = \frac{F}{A} \qquad (3.2)$$

$$Compressive\ Strength = \frac{591.5}{\pi \cdot 7.5^2 \cdot 9.8} \ \frac{kN \cdot s^2}{cm^2 \cdot m}$$

$$Compressive\ Strength = 341.55 \ \frac{kg}{cm^2}$$

ง.3) การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาต้นทุนของบล็อกคอนกรีต

ปูนซีเมนต์ 1 ถุง น้ำหนัก 50 กิโลกรัม	ราคา	100	บาท
ทราย 1 ถุง น้ำหนัก 10 กิโลกรัม	ราคา	20	บาท
เม็ดยางเบอร์ 20 น้ำหนัก 1 กิโลกรัม	ราคา	13	บาท
น้ำ	ราคา	-	บาท

บล็อกคอนกรีต 1 บล็อกใช้ปูนประมาณ 3 กิโลกรัม และ ที่สัดส่วน ปูน: ทราย: ยาง: น้ำ เท่ากับ 1: 0.9: 0.6: 0.6 จะได้ว่า

ต้นทุนรวม = ปูน + ทราย + ยาง

$$= \frac{100 \text{ บาท}}{50 \text{ กก.}} \times 3 \text{ กก.} + \frac{20 \text{ บาท}}{10 \text{ กก.}} \times 2.7 \text{ กก.} + \frac{13 \text{ บาท}}{1 \text{ กก.}} \times 1.8 \text{ กก.}$$

= 34.8 บาทต่อบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้