

คอนกรีตมวลเบาผสมด้วยยางรถยนต์

LIGHTWEIGHT CONCRETE MIXED WITH
TIRE GRANULES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LIGHTWEIGHT CONCRETE MIXED
WITH TIRE GRANULES



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตมวลเบาผสมด้วยยางรถยนต์

นาย ภาณุภณ ศรีสมปอง รหัสนักศึกษา 59011060

นาย ยิงเจริญ ฤทธาคนานนท์ รหัสนักศึกษา 59011106

นาย ยุติธรรม ปะกิระคัง รหัสนักศึกษา 59011108

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอิฐมวลเบา หรือชื่อเรียกทางการว่า คอนกรีตมวลเบา เป็นอิฐยอดนิยมชนิดหนึ่งในงานก่อสร้างยุคใหม่ เพราะทำให้ลดน้ำหนักบรรทุกของอาคาร อีกทั้งยังช่วยลดเวลาในการทำงานได้ เป็นคอนกรีตมีน้ำหนักเบาและเป็นฉนวนกันความร้อนสูง การนำเม็ดยางรถยนต์มาผสมเป็นคอนกรีตมวลเบาแบบ Lightweight Aggregate Concrete เป็นการใช้เม็ดยางรถยนต์มาทดแทนหินเพื่อลดน้ำหนักของคอนกรีตลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการนำเม็ดยางรถยนต์มาใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา สำหรับเป็นทางเลือกใหม่ให้กับกลุ่มวิศวกรได้นำไปใช้ และได้เป็นการนำยางรถยนต์ที่หมดสภาพการใช้งานแล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยทำการทดสอบตัวอย่างตามมาตรฐาน มอก. 2601-2556 เพื่อให้ได้คอนกรีตมวลเบาที่มีคุณลักษณะที่ต้องการ ได้แก่ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร ความต้านทานแรงอัด และอัตราการดูดซึมน้ำ จากการวิเคราะห์พบว่ามีเพียงตัวอย่างเดียวที่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน คือตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ในอัตราส่วน ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีสภาพสมบูรณ์ ไม่แตก ไม่ร้าว ไม่บิดเบี้ยว ไม่แอ่นตัว ไม่มีตำหนิที่เป็นผลเสียต่อการใช้งาน มีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรที่ 1479 kg/m^3 กำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน ได้ 113.630 kg/cm^2 และมีอัตราการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 8.8

คำสำคัญ: คอนกรีตมวลเบา, อิฐ, วัสดุก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lightweight concrete mixed with tire granules

Mr. Panupon Srisompong Student ID. 59011060

Mr. Yingcharoen Ritthakananont Student ID. 59011106

Mr. Yuttitum Pakirakung Student ID. 59011108

Advisor: Assoc.Prof. Laemthong Laokhongthavorn

Academic Year 2019

ABSTRACT

Nowadays, autoclaved aerated bricks or officially called aerated concrete is one of the most popular bricks in modern construction because of resulting in reducing load of the buildings. It also helps to reduce working time. Its advantage are a light weight and being high insulator. The use of tire granules mixed into lightweight concrete by the Lightweight Aggregate Concrete method is using of tire granules to replace stone in order to reduce the weight of concrete. Therefore, this research aims to study the possibility of using tire granules in the mixture of lightweight concrete, as a new alternative for engineers using. In addition, it will be another way to reusing rubber tire. Samples were tested based on TIS. 2601-2556 standards in order to obtain lightweight concrete with the desired characteristics include density, compressive strength and the absorption rate. By the results of analysis, it is found that only one sample conforms to required qualification criteria according to the TIS. 2601-2556 standards, that is a sample of concrete mixed with 25% by weight - size 20 mesh tire granules Characteristics of this tested samples is in perfect form with no cracks, no defects and no deformation that are detrimental to usage and its properties are 1479 kg/m^3 density, 113.630 kg/cm^2 compressive strength at 28 days and 8.8% absorption rate.

KEYWORDS: lightweight concrete, bricks, construction material

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี อีกทั้งนายมานิตย์ บุปผชาติ, นายสมบัติ เนตรสว่าง และนายธีรเดช คำวิไล เจ้าหน้าที่วิจัยประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกตลอดมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยคณาจารย์ท่านต่าง ๆ ได้ถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ต่าง ๆ จนสามารถนำมาใช้ในการทำงานและการดำเนินชีวิตได้อย่างดียิ่ง ตลอดจนขอขอบพระคุณพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นกรรมการในการทดสอบ

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่าง เต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกใน พระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณท่านไว้ ณ โอกาสนี้

ภานุภณ ศรีสมปอง

ยิ่งเจริญ ฤทธาคนานนท์

ยุติธรรม ปะกิระคัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 วิธีการศึกษา.....	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่ผ่านมา.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2.1 คอนกรีตมวลเบา.....	5
2.2.2 สารเพิ่มฟองโฟม.....	8
2.2.3 ยางรถยนต์.....	9
2.2.4 ยางธรรมชาติ.....	11
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	17
3.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง.....	17
3.1.1 กำหนดส่วนประกอบที่เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของตัวอย่าง.....	17
3.1.2 กำหนดขนาดและปริมาณของตัวอย่าง.....	17
3.2 การเตรียมวัสดุสำหรับการผลิตตัวอย่าง.....	18
3.3 ขั้นตอนการผลิตตัวอย่าง.....	20
3.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัด.....	22
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล.....	23
4.1 ความหนาแน่น.....	23
4.2 อัตราการดูดซึมน้ำ.....	31
4.3 กำลังรับแรงอัด.....	37
4.4 เปรียบเทียบผลการทดสอบ.....	44
4.5 คำนวณต้นทุน.....	48
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	49
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	49
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	50
เอกสารอ้างอิง.....	51
ภาคผนวก.....	52
ประวัติผู้เขียน.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดยางรถยนต์.....	23
ตารางที่ 4.2 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5.....	23
ตารางที่ 4.3 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10.....	24
ตารางที่ 4.4 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15.....	24
ตารางที่ 4.5 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20.....	24
ตารางที่ 4.6 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25.....	25
ตารางที่ 4.7 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30.....	25
ตารางที่ 4.8 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 5.....	26
ตารางที่ 4.9 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10.....	27
ตารางที่ 4.10 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15.....	27
ตารางที่ 4.11 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.12 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25.....	28
ตารางที่ 4.13 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30.....	28
ตารางที่ 4.14 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดทรายรถยนต์.....	31
ตารางที่ 4.15 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5.....	31
ตารางที่ 4.16 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10.....	31
ตารางที่ 4.17 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15.....	32
ตารางที่ 4.18 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20.....	32
ตารางที่ 4.19 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25.....	32
ตารางที่ 4.20 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30.....	33
ตารางที่ 4.21 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 5.....	34
ตารางที่ 4.22 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10.....	34
ตารางที่ 4.23 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดทรายรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.24 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20.....	35
ตารางที่ 4.25 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25.....	35
ตารางที่ 4.26 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30.....	35
ตารางที่ 4.27 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดยางรถยนต์.....	37
ตารางที่ 4.28 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5.....	37
ตารางที่ 4.29 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10.....	38
ตารางที่ 4.30 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15.....	38
ตารางที่ 4.31 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20.....	38
ตารางที่ 4.32 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25.....	39
ตารางที่ 4.33 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30.....	39
ตารางที่ 4.34 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 5.....	40
ตารางที่ 4.35 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.36 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15.....	40
ตารางที่ 4.37 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20.....	41
ตารางที่ 4.38 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25.....	41
ตารางที่ 4.39 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30.....	41
ตารางที่ 4.40 การเปรียบเทียบลักษณะทั่วไป.....	44
ตารางที่ 4.41 การเปรียบเทียบความหนาแน่นเชิงปริมาตร.....	45
ตารางที่ 4.42 การเปรียบเทียบความหนาแน่นด้านทานแรงอัด.....	46
ตารางที่ 4.43 การเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำ.....	47
ตารางที่ 4.44 ราคาวัสดุตามท้องตลาดโดยเฉลี่ย.....	48
ตารางที่ 4.45 คำนวณต้นทุนการก่อสร้าง 1 ตารางเมตร.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.1 ทรายละเอียด.....	18
รูปที่ 3.2 เม็ดยางรถยนต์.....	19
รูปที่ 3.3 ชั่งน้ำหนักวัสดุตามอัตราส่วนที่ออกแบบ.....	20
รูปที่ 3.4 ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน.....	20
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างหลังตากแห้ง 1 สัปดาห์.....	21
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างขณะเกิดการวิบัติ.....	22
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 20 mesh.....	26
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 2 mesh.....	29
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยาง รถยนต์ทั้ง 2 ขนาด.....	30
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ ขนาด 20 mesh.....	33
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ ขนาด 2 mesh.....	36
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตกับปริมาณยาง รถยนต์ทั้ง 2 ขนาด.....	36
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ ขนาด 20 mesh.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ ขนาด 2 mesh.....	42
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกับปริมาณ ยางรถยนต์ทั้ง 2 ขนาด.....	42



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันโลกมีการพัฒนาและเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว มีประชากรเพิ่มขึ้นมาก จากสาเหตุนี้ทำให้เกิดอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เกิดขึ้นมากมายเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทมีทั้งการผลิต การขนส่งเกี่ยวเนื่องกันอยู่ การขนส่งเป็นกลไกหนึ่งที่สำคัญ การขนส่งมีทั้งทางบก ทางน้ำและทางอากาศ การขนส่งทางบกจำเป็นต้องใช้พาหนะเช่น รถบรรทุก รถโดยสาร รถยนต์ส่วนบุคคล เป็นต้น ซึ่งพาหนะเหล่านี้ใช้ยางรถยนต์เป็นส่วนประกอบสำคัญ เนื่องจากยางรถยนต์มีอายุการใช้งานจำกัด รถจึงต้องเปลี่ยนยางใหม่เมื่อใช้ไประยะหนึ่ง (ประมาณ 3 ปี) ยางรถยนต์ที่ถูกเปลี่ยนทิ้งจะกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาขยะจากเศษยางรถยนต์เป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญในปัจจุบันเนื่องมาจากการเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ขยะจากเศษยางรถยนต์ไม่สามารถกำจัดได้โดยการเผาเหมือนขยะทั่วไป เนื่องจากการเผาจะก่อให้เกิดสารเคมีอันตรายรวมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเขม่าควันดำซึ่งเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเศษยางรถยนต์ส่วนใหญ่จะถูกกำจัดโดยการฝังกลบในดิน

แนวคิดในการนำขยะจากเศษยางรถยนต์มาใช้นี้ เนื่องมาจากประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา งานด้านวิศวกรรมเป็นส่วนหนึ่งที่จะพัฒนาประเทศ สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาได้มีสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เกิดขึ้นอย่างมากมายและรวดเร็ว ดังนั้นในการที่จะสามารถค้นคว้าวิจัยเพื่อผลิตวัสดุสำหรับงานก่อสร้างย่อมจะเป็นประโยชน์ในงานด้านนี้เป็นอย่างยิ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์ที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

1.2.2 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์

1.2.3 คำนวณต้นทุนของคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์เพื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตมวลเบาธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาและทดสอบอัตราส่วนของคอนกรีตมวลผสมเม็ดยางรถยนต์โดยวิธี Lightweight Aggregate Concrete โดยการใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา(ในที่นี้คือเม็ดยางรถยนต์)ทดแทนหินเพื่อลดน้ำหนักของคอนกรีตลง โดยใช้ปัจจัยดังนี้

- อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คือ 0.50
- อัตราส่วนเม็ดยางรถยนต์ต่อซีเมนต์ ได้แก่ 0% 5% 10% 15% 20% 25% และ 30%
- อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ 1:1
- ใช้เม็ดยางรถยนต์ 2 ขนาด ได้แก่ 20 mesh และ 2 mesh
- ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1

คุณสมบัติที่ทำการศึกษา ได้แก่

- ความหนาแน่นแห้ง (Dry Density) ใช้ตัวอย่างขนาด 5*5*5 ซม.
- อัตราการดูดซึมน้ำ (Absorption Rate) ใช้ตัวอย่างขนาด 5*5*5 ซม.
- กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ใช้ตัวอย่างขนาด 5*5*5 ซม.

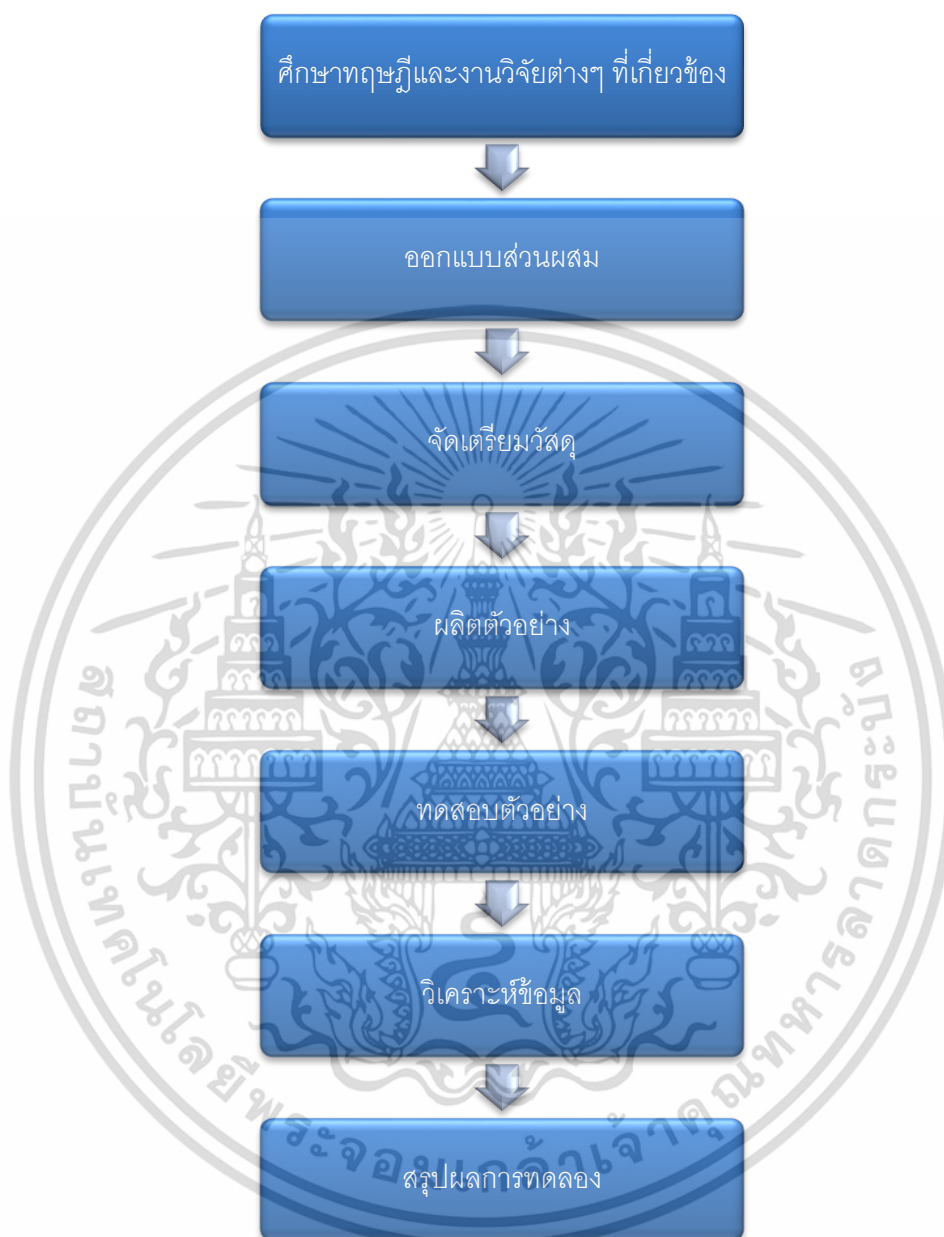
1.4 วิธีการศึกษา

1. ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา ยางรถยนต์ รวมถึงรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการทดลอง
2. ออกแบบส่วนผสมโดยกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คือ 0.50, อัตราส่วนเม็ดยางรถยนต์ต่อซีเมนต์ร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 โดยน้ำหนัก ใช้เม็ดยางรถยนต์ 2 ขนาด ได้แก่ 20 mesh และ 2 mesh
3. จัดเตรียมวัสดุสำหรับการผลิตตัวอย่าง ได้แก่ ปูนซีเมนต์, ทราย และเม็ดยางรถยนต์
4. ทำการผลิตตัวอย่างตามส่วนผสมที่ออกแบบ โดยผลิตจำนวน 3 ตัวอย่างในแต่ละส่วนผสม ได้ตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 39 ตัวอย่าง
5. นำตัวอย่างที่ได้มาทำการทดสอบ เพื่อหาค่าความหนาแน่น อัตราการดูดซึมน้ำ และกำลังรับแรงอัด โดยวิธีเกณฑ์การทดสอบอิงตามมาตรฐาน มอก. 2601-2556 เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีค่าคุณลักษณะตามที่มาตรฐานกำหนด

6. นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ พร้อมเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่าเกณฑ์มาตรฐาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่เห็นไปจะปรับเงื่อนไขการคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สรุปผลการทดลอง

แผนภูมิวิธีการศึกษา



1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้ส่วนผสมที่ดีที่สุดในการผลิตคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์
- 1.4.2 สามารถลดปัญหาขยะจากเศษยางรถยนต์
- 1.4.3 เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้กล่าวถึงความเป็นมาของคอนกรีตมวลเบา ความหมายของคอนกรีตมวลเบา ประเภทของคอนกรีตมวลเบา คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา ความหมายของยางรถยนต์ ส่วนประกอบของยางรถยนต์ คุณสมบัติทั่วไปของยางตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประวัติของคอนกรีตมวลเบา

การริเริ่มคิดค้นการผลิตคอนกรีตมวลเบา เกิดขึ้นจากแนวคิดที่ว่าด้วยการนำวัสดุที่มีอยู่มาพัฒนาให้เป็นวัสดุ ก่อสร้างชนิดใหม่ ที่มีความสามารถในการทำได้ดีกว่าเดิม เช่น มีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ใช้งานง่ายและสะดวกAYLSWORTH ได้คิดค้นโดยการเพิ่มฟองอากาศในเนื้อวัสดุ ทำน้ำหนักเบาโดยใช้ผงโลหะ ในปี ค.ศ.1881 (พ.ศ. 2424) ประเทศสวีเดน MICHAELIS ได้คิดค้นวัสดุ ก่อสร้างชนิดแรกที่ใช้ก้อนผง บ่มด้วยไอน้ำโดยมีส่วนผสม ของทรายกับปูนขาวเป็นวัตถุดิบหลัก ในปี ค.ศ.1914 (พ.ศ. 2457) ประเทศอังกฤษ (Metallic Powder) เป็นตัวทำปฏิกิริยาเคมี ในปี ค.ศ.1923 (พ.ศ. 2466) ประเทศอังกฤษ ERIKSSON ได้นำพัฒนาโดยรวมวิธีการอบไอน้ำละเพิ่ม ฟองอากาศเข้าด้วยกันในเนื้อ วัสดุ ซึ่งเป็นผลทำให้ได้วัสดุก้อนผงที่มีความเบาและมีความแข็งแรงสูง ซึ่งดีกว่าอิฐก่อ ผงชนิดอื่นในโลกการผลิตคอนกรีตมวลเบาได้ถือกำเนิดเกิดขึ้นและมีการพัฒนามาจนถึง ปี 1929 (พ.ศ.2472) ในปี ค.ศ.1929(พ.ศ. 2472) ประเทศเยอรมัน ช่วงสงครามโลกนำพัฒนากระบวนการผลิตในรูปของเครื่องจักร ควบคุมด้วยระบบ คอมพิวเตอร์ เพื่อผลิตคอนกรีตมวลเบาสำหรับซ่อมแซม บ้านเรือน,อาคารสำนักงาน ในปี ค.ศ.1995(พ.ศ. 2538) ประเทศไทย ประเทศไทยมีความเจริญก้าวหน้า ทางด้านเทคโนโลยี การก่อสร้างเป็น อย่างมาก โดยเฉพาะ ธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ที่เป็นธุรกิจที่ทำให้กับนักลงทุนเป็นอย่างมาก แต่ทว่างาน ก่อสร้างในเมืองไทยยังมีปัญหาด้านอิฐ ก้อนผงที่ยังไม่มีวิธีการผลิตที่ควบคุมมาตรฐานที่ดี ซึ่งผู้ประกอบการรายใหญ่ในขณะนั้น ได้ค้นพบ การแก้ปัญหาในงานก่อสร้าง ลดความล่าช้า ในการทำการ สามารถส่งมอบโครงการได้ตรงตาม กำหนดเวลา ด้วยการซื้อลิขสิทธิ์ การผลิตและเครื่องจักรจากเยอรมันจาก 2 ผู้ผลิตชั้นนำของโลกคือ HEBLE,YTONG และWEHEAHAN โรงงานผลิตสินค้าออกสู่ตลาด ในปี 2539-2540 ตามลำดับ ในปี ค.ศ.2002(พ.ศ. 2545) ประเทศไทย ประเทศไทยมีความนิยมในตัวคอนกรีตมวลเบาอบไอน้ำมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนมีผู้คิดค้นวัสดุทดแทน (CLC)หรือเทียบเท่า แต่ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร รวมถึงมาตรฐานการผลิตที่ถูกต้อง และแก้ปัญหา เหตุผลหนึ่งที่ทำให้คอนกรีตมวลเบาเป็นที่นิยมมากคือ เป็น วัสดุที่ผลิตจาก วัสดุดิบที่มีอยู่ในประเทศ และได้จากธรรมชาติ จึงไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ผลิตได้ทุกฤดูกาล

(สุรเชษฐ์ อุปวรรณ, สุรพงษ์ สุวรรณราช และอรุณพล หายทุกข์, 2556)

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 คอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบา คือคอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นน้อยกว่าคอนกรีตที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ซึ่งสามารถนำมาใช้แทนส่วนประกอบโครงสร้างเป็นผลทำให้ขนาดของโครงสร้างลดลงและรวมถึงลดแรงงานก่อสร้างด้วย อีกทั้งยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนและเก็บเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา โดยคอนกรีตมวลเบาที่นิยมใช้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ดังนี้

1) คอนกรีตที่มีส่วนผสมของวัสดุที่มีน้ำหนักเบา (Lightweight Aggregate Concrete) ได้แก่การใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาทดแทนหินเพื่อลดน้ำหนักของคอนกรีตลง หินเบาจะมีลักษณะที่เป็นรูพรุนมีฟองอากาศอยู่ภายในจำนวนมากจึงมีน้ำหนักเบา คอนกรีตมวลเบาที่ได้จากวิธีนี้จะมีน้ำหนักประมาณ 1000-1600 กก./ลบ.ม. แต่ก็มีผลเสีย คือมีราคาที่สูงกว่าคอนกรีตธรรมดา ทำให้คอนกรีตมวลเบาประเภทนี้ไม่เป็นที่นิยม

2) คอนกรีตเติมฟองอากาศ (Aerated Concrete) คือ คอนกรีตที่ได้จากการผสมฟองอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 – 1.0 มิลลิเมตร หรือที่เรียกว่า โฟม ลงในคอนกรีต การผสมมี 3 วิธี คือ

2.1) การผสมโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Aerating) คือ การใช้สารเคมีประเภท Aluminum powder หรือใช้ Hydrogen peroxide ที่ร่วมกับ Bleaching powder ผสมเข้ากับคอนกรีตเพื่อทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำขึ้นภายในเนื้อคอนกรีต ฟองอากาศเหล่านี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์เพสต์กับสารเคมี ซึ่งจะทำให้คอนกรีตพองตัวฟูขึ้นมีปริมาตรมากกว่าเดิมหลายเท่า และเมื่อแข็งตัวแล้วก็จะกลายเป็นคอนกรีตที่มีรูเล็กๆอยู่ภายในมากมาย ด้วยวิธีนี้อาจทำคอนกรีตให้เบากว่าน้ำได้ถึง 3 เท่า คือหนักเพียง 320 กก./ลบ.ม. และอาจเรียกคอนกรีตประเภทนี้ว่า “Gas Aerated Concrete”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) การผสมสารที่ทำให้เกิดโฟม (Foaming Mixture) คือ การใช้สารกักกระจายฟองอากาศ (Air-entrained foam) ผสมร่วมกับคอนกรีต สารชนิดนี้เป็นสารอินทรีย์ที่ทำปฏิกิริยาบนผิวก่อให้เกิดฟองอากาศเล็กๆ ในปริมาณที่สามารถควบคุมได้ภายในเนื้อคอนกรีต ฟองอากาศนี้จะกระจายตัวอยู่สม่ำเสมอและไม่ทะลุซึ่งกันและกัน

2.3) การผสมโดยทำให้เกิดโฟมก่อนแล้วผสมกับมอร์ต้า เป็นวิธีการสร้างฟองก่อนแล้วจึงผสมร่วมกับซีเมนต์เพสต์ (Preformed foam) อาจเรียกคอนกรีตประเภทนี้ว่า “Foam Aerated Concrete” หรือ “Cellular Lightweight Concrete”

การเพิ่มฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตจากปฏิกิริยาเคมี เป็นวิธีที่ต้องอาศัยเครื่องมือ, อุปกรณ์และกรรมวิธีทางเคมี ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้

1) วิธีทำคอนกรีตภายใต้แรงดันสูงและอบไอน้ำ (Autoclaved Aerated Concrete) หรือ ACC. ซึ่งแบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท

- ประเภทที่ 1 Lime Base ใช้ปูนขาวซึ่งควบคุมคุณภาพได้ยาก มาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต คุณภาพคอนกรีตที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ มีการดูดกลืนน้ำมากกว่า

- ประเภทที่ 2 Cement Base ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต เป็นระบบที่นอกจากจะช่วยให้คอนกรีตได้มาตรฐานสม่ำเสมอแล้วยังช่วยให้เกิดการตกผลึก (Calcium Silicate) ในเนื้อคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรง ทนทานกว่าการผลิตในระบบอื่นมาก โดยส่วนผสมประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนขาว (Lime) ทราย ยิปซัม และสารผสมเพิ่มเพื่อการขยายตัว (Expansion Agent) โดยทั่วไปใช้ผงอลูมิเนียมในปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ปฏิกิริยาเคมีของผงอลูมิเนียมกับด่างจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ก่อให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจนในขณะที่ยังสด หรือใช้ผงสังกะสีหรืออลูมิเนียมอัลลอย ส่วนผสม จะขยายตัวฟูขึ้น ภายหลังการก่อตัวเริ่มต้น จึงนำคอนกรีตไปต้มภายใต้ไอน้ำแรงดันสูง (High- Pressured-Steam) ที่เรียกว่า “อโตคลอป” (Autoclave) อุณหภูมิ 180 องศา ถึง 210 องศา เซลเซียสเพื่อเร่งการแข็งตัวก่อนนำไปใช้งาน

2) วิธีการทำในสภาวะแวดล้อมและความดันบรรยากาศทั่วไป (Cellular Light Weight Concrete) หรือมีชื่อย่อ ว่า CLC. เป็นกระบวนการลดแรงตึงผิว (Surfactant) โดยทั่วไปนิยมใช้ โปรตีนจากสัตว์ซึ่งผ่านกระบวนการย่อยสลายทางเคมี (Protein Hydrolyzed) เป็นพื้นฐาน หรือได้ จากสารสังเคราะห์อื่นๆ ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากันผลิตโดยใช้ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย น้ำ และผสมฟองอากาศที่เป็นเม็ดกลมขนาดเล็กมากซึ่งมีเสถียรภาพสูงจนคอนกรีตหรือมอร์ต้า ก่อตัวจนแข็งโดย

พองอากาศไม่แตกอาจใช้สารลดน้ำ หรือ สารหน่วง หรือ สารเร่งการแข็งตัว เพื่อ ความเหมาะสมตาม สภาพการใช้งาน หรือ ตามที่วิศวกรหรือผู้เชี่ยวชาญออกแบบไว้

(กฤตวิทย์ กันทะวงศ์, 2559)

คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาที่มีดังต่อไปนี้

1) คุณสมบัติทางกายภาพ คอนกรีตมวลเบา หนา 10 เซนติเมตร เมื่อรวมน้ำหนักวัสดุรวม ปูนฉาบ จะหนัก 120 กิโลกรัม ในขณะที่อิฐมอญก่อ 2 ชั้น (เว้นช่องว่างตรงกลาง) จะหนัก 180 กิโลกรัมซึ่งน้ำหนักของการก่ออิฐมอญจะมากกว่าทำให้ต้องเตรียมโครงสร้างเพื่อการรับน้ำหนักในส่วน นี้ด้วย ทำให้ต้นทุนโครงสร้างเพิ่มขึ้น

2) การกันความร้อนหากเป็นกรณีปกติ “คอนกรีตมวลเบา” จะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่า อิฐมอญประมาณ 8-11 เท่า แต่การก่อผนังภายนอกจะต้องมีความหนา 10 เซนติเมตร และผนังภายใน หนา 7 เซนติเมตร ขึ้นไปจึงจะสามารถกันความร้อนได้ดี

3) การกันเสียงคอนกรีตมวลเบาจะกันเสียงได้ดีกว่าอิฐมอญประมาณ 20% ลดการสะท้อน ของเสียงได้ดีกว่าเนื่องจากโครงสร้างของอิฐมวลเบาที่มีพองอากาศเป็นจำนวนมากอยู่ภายในทำให้ ดูดซับ เสียงได้ดีจึงเหมาะสำหรับห้องหรืออาคารที่ต้องการความเงียบ เช่น โรงภาพยนตร์หรือ ห้องประชุม

4) การกันไฟคอนกรีตมวลเบา ทนไฟที่ 1,100 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 4 ชั่วโมงซึ่ง นานกว่า อิฐมอญ 2-4 เท่า จะทำให้ช่วยจำกัดความเสียหายในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ได้

5) น้ำหนักเบาและรับแรงกดได้ดีน้ำหนักเบากว่าอิฐมอญ 2-3 เท่าและเบากว่าคอนกรีต 4-5 เท่า ส่งผลให้ประหยัดค่าก่อสร้างโครงสร้างอาคาร และเสาเข็มลงได้อย่างมาก แต่อาคารยังคงมีความ แข็งแรงเท่าเดิมจากโครงสร้างของคอนกรีตมวลเบาที่ประกอบไปด้วยพองอากาศจำนวนมากทำให้มี น้ำหนักเบาและสามารถรับแรงกดได้ดี ซึ่งจากคุณสมบัติข้อนี้ทำให้ผู้ใช้สามารถประหยัดต้นทุนในการ ก่อสร้างได้มาก ยกตัวอย่างเช่น ไม่ต้องลงเสาเข็มลึกมากเนื่องจากโครงสร้างเบาและสามารถก่อสร้างโดยใช้ โครงสร้างที่เล็กลง ทำให้ประหยัดการใช้เหล็กและมีพื้นที่ใช้สอยภายในมากขึ้น

6) ประหยัดพลังงานเนื่องจากสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญแล้วยังใช้เครื่องปรับอากาศ ที่มีขนาดเล็กลงได้ ช่วยประหยัดค่าไฟได้มาก กันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมอญถึง 4-8 เท่า จึงช่วยลดการ ถ่ายความร้อนจากภายนอก สู่ภายในอาคารได้เป็นอย่างดี ช่วยลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ใช้งานง่าย และรวดเร็ว เนื่องจากการผลิตที่ได้มาตรฐานทำให้สินค้าที่ออกมาเท่ากันทุกก้อน ทำให้การก่อสร้างโดยใช้คอนกรีตมวลเบาจะใช้เวลาในการก่อและเกิดการสูญเสียน้อยกว่าโดยเฉลี่ยแล้วภายใน 1 วัน การก่อผนังโดยใช้คอนกรีตมวลเบาจะได้พื้นที่ 25 ตารางเมตร สามารถตัด แต่ง เลื่อย ใส เจาะส่งท่อระบบได้โดยใช้เครื่องมือเฉพาะที่ใช้งานง่าย และหาซื้อได้ทั่วไป

8) มิติเที่ยงตรง ขนาดมิติเที่ยงตรง แน่นอน ได้ชิ้นงานที่เรียบ สวยงาม มีหลายขนาดให้เลือก ประหยัดวัสดุ และ แรงงานในการก่อ ฉาบ

9) อายุการใช้งานยาวนาน เท่าโครงสร้างคอนกรีต (50 ปี) เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว ยิปซัม สารกระจายฟองอากาศ จึงมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า อิฐ มอญซึ่งมีส่วนผสมส่วนใหญ่ คือ ดิน

(กฤษณะ เจริญคลัง และมานูญ บุญมา, 2548)

2.2.2 สารเพิ่มฟองโฟม

เป็นส่วนหนึ่งของการปรับคุณสมบัติของ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต CLC ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบ เช่นการนำไปผลิตเป็น อิฐมวลเบา, กำแพงมวลเบา, ผนังมวลเบา, การเทหล่อกับที่

คอนกรีตมวลเบาแบบที่ใช้สารสร้างโฟมก่อน (ต่างจากสารกักกระจายฟองอากาศที่ใช้ในกรณีคอนกรีตกักกระจายฟองอากาศ เนื่องจากสารกักกระจายฟองอากาศจะให้ฟองที่มีขนาดเล็กกว่าและฟองจะมีความเสถียรกว่า) โฟมที่ใช้เป็นโฟมที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ฟองโฟมมันคง ให้ประสิทธิภาพดีเยี่ยมในการต้านทานความร้อน

โฟมโปรตีน

โฟมโปรตีนจากสัตว์ “มีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม” มีกลิ่นแรง ผลิตขึ้นมาโดยการหมักโปรตีนจากส่วนแข็งของสัตว์ เช่น กีบและเขาสัตว์ ขนไก่ ฯลฯ ซึ่งเมื่อย่อยสลายจะให้เนื้อโฟมคุณภาพสูง เมื่อเก็บไว้นานจะมีปัญหาเรื่องการบูดเน่า เหม็น ผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นของโฟมติดด้วยนาน ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยม

โฟมโปรตีนจากพืช “มีลักษณะใส” มีส่วนผสมของสารลดความตึงผิวไม่มีกลิ่น เนื้อโฟมคุณภาพสูง โดยมีการเติมสารบางชนิดเพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษต่างๆรวมทั้ง ความต้านทาน การกัดกร่อน ความต้านทานการสลายตัวของแบคทีเรีย รวมไปถึง การควบคุมความชื้น เมื่อเก็บไว้นานจะไม่มีปัญหาเรื่องการบูดเน่า เหม็น เป็นที่นิยมใช้อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำแนกประเภทโฟมตามอัตราการขยายตัว (Expansion Rate)

1. โฟมอัตราขยายตัวต่ำ (Low Expansion Foam Concentrate) มีการขยายตัว 20 เท่า
2. โฟมอัตราขยายตัวปานกลาง (Medium Expansion Foam Concentrate) มีการขยายตัวจาก 20 ถึง 200 เท่า
3. โฟมอัตราขยายตัวสูง (High Expansion Foam Concentrate) มีการขยายตัวจาก 200 ถึง 1,000 เท่า

คุณภาพของโฟม

ตรวจสอบได้จากอัตราการขยายตัว และความหนาแน่นของโฟมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 40 ถึง 60 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โฟมที่มีความหนาแน่นมากกว่านี้มีแนวโน้มจะแยกชั้น เนื่องจากโฟมไม่สามารถอุ้มน้ำได้ โฟมจะแตกตัวเป็นฟองขนาดใหญ่ขึ้น และน้ำจะแยกตัวออกอยู่ด้านล่าง ลักษณะโฟมที่ดีต้องไม่แยกตัวเมื่อตั้งทิ้งไว้ 15 นาที โฟมจะถูกนำไปผสมให้เข้ากับซีเมนต์ในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งถ้าผสมนานเกินไปจะทำให้ฟองอากาศแตก ปริมาณฟองอากาศในส่วนผสมก็จะลดลงได้ โดยปริมาณฟองอากาศที่ใส่หรือการออกแบบสัดส่วนผสมขึ้นอยู่กับกำลังอัดที่ต้องการ หน่วยน้ำหนักที่ต้องการ และคำแนะนำจากผู้ผลิตน้ำยา

(อ้างอิงจาก เว็บไซต์ mortarthaiblogspot 27 กันยายน 2559)

2.2.3 ยางรถยนต์

ยางและล้อรถยนต์มีความสำคัญในการขับเคลื่อนอย่างมาก อย่างเช่น การบังคับทิศทางรถ หรือแม้แต่การประหยัดเชื้อเพลิง ปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีการผลิต ทำให้ยางมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย โดยทั่วไปยางรถยนต์จะทำหน้าที่ คือ การรองรับน้ำหนักรถ และ น้ำหนักบรรทุก หรือเรียกว่าเป็นการรับแรงในแนวรัศมี ช่วยลดแรงกระแทก ช่วยให้เกิดความนุ่มนวลบังคับทิศทางรถ เคลื่อนที่ของรถ

ส่วนประกอบของยางรถยนต์

1) ยางธรรมชาติ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตยางรถยนต์ คือ ช่วยทำให้ยางมีความยืดหยุ่นทนต่อแรงกระแทกและแรงดึงได้ดี แต่ยางธรรมชาติมีข้อจำกัด คือ เหมาะที่ใช้ในอุณหภูมิช่วง -40 ถึง 70 องศาเซลเซียส และไม่สามารถทนต่อน้ำมันบางประเภทได้เนื้อเยื่อเป็นพอลิเมอร์ของ

ไอโซพรีน โดยมีไอโซพรีนเชื่อมต่อกันอยู่ตั้งแต่ 1500-15000 หน่วย ยางธรรมชาติจะเหนียวและอ่อนตัว ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้รับความร้อน แข็งและเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำ คุณสมบัติเช่นนี้ทำให้ไม่เหมาะในการนำไปใช้ จึงมีการนำกำมะถันใส่ลงไปปริมาณที่พอเหมาะที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของกำมะถันทำให้ได้ยางที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้นและมีความคงตัว ที่อุณหภูมิต่างๆ ดีขึ้น ยางที่ได้เรียกว่า ยางวัลคาไนซ์ ปฏิกริยาระหว่างยางกับกำมะถันเรียกว่าปฏิกริยาวัลคาไนเซชัน การปรับปรุงยางอาจทำได้โดยการเติมซิลิกาหรือผงถ่านเพื่อเพิ่มความ แข็งแรงก็ได้ สามารถนำมาใช้ทำยางรถยนต์ รองเท้า กระเป๋าน้ำร้อน ถูมือยาง สายพาน สายยาง เป็นต้น

2) ยางสังเคราะห์ เป็นพอลิเมอร์ที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ทดแทนความต้องการในการใช้ยางธรรมชาติ ได้แก่ ยางสังเคราะห์สามารถจำแนกออกได้ เป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่ม 1 ยางที่มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดีกว่ายางธรรมชาติ แต่คุณสมบัติทางด้านความเหนียวและความยืดหยุ่นด้อยกว่ายางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์กลุ่มนี้ ได้แก่ ยางสไตรีน - บิวตะไดอีน (Styrene - Butadiene Rubber) ยางบิวตะไดอีน (Polybutadiene Rubber)

กลุ่มที่ 2 เป็นยางที่มีคุณสมบัติทนต่อน้ำมัน ทนต่อความร้อนและโอโซน ยางสังเคราะห์ในกลุ่มนี้ เช่น ยางคลอโรพรีน (Chloroprene (Neoprene) Rubber) ยางอะครีโลไนไตรต์ - บิวตะไดอีน (Acrylonitrile - Butadiene (uilites) Rubber)

3) คาร์บอนแบล็ก มีคุณสมบัติช่วยให้ยางแข็งตัว เพื่อเพิ่มความทนทานของยางและทนต่อรอยขีดข่วนต่างๆ

4) สารเคมีต่างๆ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผสมยางธรรมชาติ ยาง สังเคราะห์ และผงเขม่าดำ เพื่อเร่งปฏิกริยาในการผลิต และเตรียมเป็น Compound Rubber ที่พร้อมนำไปขึ้นรูป สารเคมีที่ใช้แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ

4.1) สารที่ทำให้ยางคงรูป (Valcanizing Agent) ใส่เพื่อให้สถานะของยาง อยู่สถานะยืดหยุ่นได้ สารกลุ่มนี้ได้แก่ กำมะถัน

4.2) สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Protective Agent) สารกลุ่มนี้ได้แก่ สารโอโซน

4.3) สารช่วยในกระบวนการผลิต เช่น น้ำมัน ช่วยให้ง่ายที่ทำการผสมมีคุณสมบัตินุ่มนวล

4.4) สารอื่นๆ เช่น สารที่ทำให้ยางฟู หรือใส่ให้ง่ายมีสีต่างๆ

(คณินพิสิษฐ์ ประมวลพรสถิต และวรพล ฉัตรอารียกุล, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติ เป็นโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีสมบัติเชิงกลดี มีความยืดหยุ่นสูง(elastic) มีความเหนียว (toughness) มีความต้านทานต่อการขัดถู (abrasion resistance) สูง และสามารถยึดติดกับวัสดุอื่น เช่น โลหะและสิ่งทอได้ดี จึงสามารถนำไปใช้งานทางวิศวกรรมได้หลากหลายมากขึ้น

อุตสาหกรรมยางประกอบด้วยอุตสาหกรรม 2 ส่วน คือ อุตสาหกรรมต้นน้ำซึ่งผลิตวัตถุดิบ และ อุตสาหกรรมปลายน้ำซึ่งผลิตผลิตภัณฑ์

ยางแปรรูปขั้นต้น

ยางแปรรูปขั้นต้นได้มาจากวัตถุดิบ คือ น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นหนืด ต้องเติมสารรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้แข็งตัวเป็นก้อนก่อนเวลาที่ต้องการ ซึ่งการนำน้ำยางสดมาแปรรูปเป็นยางแปรรูปขั้นต้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ยางแห้ง แบ่งตามกรรมวิธีการผลิตเป็น 3 ประเภท คือ
 - 1.1 ยางแบบธรรมดา ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแผ่นผึ่งแห้ง ยางเครพ
 - 1.2 ยางแบบระบุคุณภาพมาตรฐาน ผลิตโดยมีเงื่อนไขการระบุคุณภาพมาตรฐานตามสากล ได้แก่ ยางแท่งมาตรฐาน
 - 1.3 ยางแบบอื่นๆ ที่มีวิธีการผลิตเฉพาะตัว เพื่อให้ได้ผลผลิตเหมาะสมกับงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ หรือเพื่อวัตถุประสงค์จะปรับปรุงสมบัติบางประการของยางธรรมชาติ ได้แก่ ยางที่มีความหนืดคงที่ ยางเทอร์โมพลาสติก ยางอีพอกซีไดซ์ ยางผง ยางเหลว เป็นต้น
2. ของเหลว ได้แก่ น้ำยางข้น ซึ่งมี 2 ประเภท คือ
 - 2.1 น้ำยางข้นธรรมดาที่ไม่ผ่านการตัดแปรด้วยสารเคมีหรือวิธีการใดๆ เพื่อให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนไป
 - 2.2 น้ำยางข้นที่ผ่านกระบวนการตัดแปรด้วยสารเคมี หรือการฉายรังสีให้โมเลกุลของยางเปลี่ยนแปลงเรียกว่า “น้ำยางคงรูป” หรือ “น้ำยางพรีวัลคาไนซ์”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ยาง

อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางจัดเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำ แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

1. กลุ่มยางล้อยานยนต์ ประกอบด้วยยางล้อรถยนต์ รถบรรทุก รถใช้ในอุตสาหกรรมและการเกษตร รถจักรยานยนต์และรถจักรยานและยางล้อเครื่องบิน

2. กลุ่มผลิตภัณฑ์ยางใช้ในงานวิศวกรรมหรือใช้ในอุตสาหกรรม ประกอบด้วยชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนยางอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ยางในงานก่อสร้าง สายพาน ท่อยางและลูกกลิ้งยาง

3. กลุ่มผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยางข้น ประกอบด้วยถุงมือ ถุงยางอนามัย เส้นด้ายยางยืด/เส้นด้ายยางยืด ลูกโป่งและอุปกรณ์ที่ใช้ในทางการแพทย์ เช่น สายสวนปัสสาวะ สายน้ำเกลือ

4. กลุ่มผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ ประกอบด้วยรองเท้ายาง พื้นรองเท้า ยางรัดของ ผลิตภัณฑ์กีฬาและของเล่น เป็นต้น

(วารสารณ์ ขจรไชยกุล, 2549)

คุณสมบัติทั่วไปของยาง

1) ความยืดหยุ่น (Elasticity) สมบัติความยืดหยุ่นเป็นลักษณะเด่นอีกประการหนึ่งของยางธรรมชาติ กล่าวคือยางธรรมชาติที่คงรูปแล้วจะมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มา กระทำกับยางหมดไปยางจะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิมได้อย่างรวดเร็ว

2) ความเหนียวติดกัน (Tack) ยางธรรมชาติ (ในสภาพที่ยังไม่แปรรูป) มีสมบัติดีเยี่ยมในด้านความเหนียวติดกันซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางล้อรถยนต์ เป็นต้น

3) ความทนทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีความเป็นระเบียบสูงจึงทำให้ยางธรรมชาติตกผลึกได้ง่ายเมื่อถูกยืด ซึ่งผลึกที่เกิดขึ้นจะ ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับยาง ดังนั้น ยางธรรมชาติจึงมีค่าความทนทานต่อแรงดึงสูงมากโดยที่ไม่ต้องใช้สารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วย (-20 เมกกะปาสคาล) การเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะ ช่วยให้ค่าความทนทานสูงขึ้น ซึ่งสมบัตินี้จะแตกต่างจากยางสังเคราะห์ส่วนใหญ่ที่มักมีค่าความทนทานต่อแรงดึงต่ำ จึงไม่สามารถนำไปใช้งานในทางวิศวกรรมได้นอกจากจะมีการเติมสารตัวเติมเสริมแรงเข้าช่วยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ความทนทานต่อการฉีกขาด (Shear Stress) เนื่องจากยางธรรมชาติสามารถแตกผลึกได้เมื่อถูกยืด ดังนั้นยางธรรมชาติจึงมีความทนทานต่อการฉีกขาดสูงมากทั้งที่ อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิสูง การเติมสารตัวเติมเสริมแรงลงไปก็จะช่วยทำให้ค่าความทนทานต่อ การฉีกขาดสูงขึ้น

5) สมบัติเชิงพลวัต (Dynamic Properties) ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัตที่ดีที่มีการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนต่ำในระหว่างการใช้งาน นอกจากนี้ยางธรรมชาติยังมีความต้านทานต่อการล้าตัว (Fatigue Resistance) ที่สูงมากอีกด้วย

6) ความต้านทานต่อการขัดถู (Abrasion Resistance) ยางธรรมชาติมีค่าความต้านทานต่อการขัดถูสูง แต่ยังคงน้อยกว่ายาง SBR เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับยางสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ พบว่า ยางธรรมชาติมีค่าความต้านทานต่อการขัดถูอยู่ในกลุ่มที่สูงมาก

7) ความเป็นฉนวนไฟฟ้า (Insulation) ยางธรรมชาติมีค่าความเป็นฉนวนทาง ไฟฟ้าสูงมาก โดยมีค่าต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Specific Resistivity) สูงถึง 10 หรือ 10 โอห์ม เซนติเมตร

8) ความทนทานต่อของเหลวและสารเคมี (Liquidmand Chemical Resistance) เนื่องจากองค์ประกอบของยางธรรมชาติเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้น ยางดิบจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน และโทลูอีน เป็นต้น ความสามารถในการละลายนี้จะลดลงถ้าหากเกิดการครุบเนื่องจากการเชื่อมโยงทางเคมีของโมเลกุลเกิดเป็น โครงสร้างตาข่าย 3 มิติในยาง ครุบจะไปขัดขวางกระบวนการละลายของยางยางครุบจึงเพียงแต่เกิดการบวมตัวในตัวทำละลายเหล่านี้เท่านั้น อย่างไรก็ตาม การบวมตัวของยางดังกล่าวจะทำให้สมบัติ เชิงกลของยางต่ำลง ด้วยเหตุนี้ยางธรรมชาติจะไม่ทนต่อน้ำมันปิโตรเลียมหรือตัวทำละลายที่ไม่มี ขั้วต่างๆ นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังทนต่อการกรดและต่างเจือจางได้ดี แต่ไม่ทนต่อการดไนตริกและกรดกำมะถันเข้มข้น

9) การเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อนโอโซนและแสงแดด (Aging Properties) เนื่องจากโมเลกุลของยางธรรมชาติมีพันธะคู่อยู่มาก ทำให้ยางว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Oxidation) โดยมีแสงแดดหรือความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้น ยางธรรมชาติจึงถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังไม่ทนต่อโอโซนเพราะเมื่อยางถูกยืดและได้รับโอโซนนานๆ จะเกิดรอยแตกขนาดเล็กจำนวนมากที่บริเวณพื้นผิวในทิศตั้งฉากกับทิศทางการยืดตัวของยาง ด้วยเหตุนี้ ในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการเติมสารเคมีบางชนิด เช่น สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Anti-Degradant) และไหลลงไปเพื่อยืดอายุการใช้งานของยางธรรมชาติ

10) การหักงอที่อุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Flexibility) ยางธรรมชาติยังคงรักษาสมบัติความยืดหยุ่นหรือความสามารถในการหักงอได้แม้ที่อุณหภูมิต่ำมากๆ และมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากความร้อนที่สูง ซึ่งยางที่มีสมบัตินี้ที่ต่ำกว่ายางธรรมชาติมีเพียง 2 ชนิด คือ ยางบิวตะไดอีนและยางซิลิโคน

11) Compression Set ยางธรรมชาติมีค่า compression set ค่อนข้างต่ำทั้งที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิสูงปานกลาง อย่างไรก็ตามค่า Compression set ที่อุณหภูมิต่ำของยางที่ธรรมชาติจะสูงขึ้นเนื่องจากยางอาจเกิดการตกผลึกทำให้ความยืดหยุ่นของยางเริ่มสูญเสียไป ในขณะที่ค่า compression set ที่อุณหภูมิสูงของยางธรรมชาติจะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากยางธรรมชาติไม่ ทนต่อความร้อนยางจึงเกิดการเสื่อมสภาพ ซึ่งจะส่งผลทำให้สมบัติ compression set น้อยลง

12) การกระด้างกระดอน (Rebound Resilience) ยางธรรมชาติมีสมบัติการกระด้างกระดอนสูง (สูงกว่ายางชนิดอื่นๆ ทั้งหมด (ยกเว้นยางบิวตะไดอีน) และในระหว่างการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง ยางจะสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนน้อย ยางธรรมชาติจึงมีความร้อนสะสมต่ำเมื่อถูกใช้งานในเชิงพลวัต ยางชนิดนี้จึงเหมาะในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่มีขนาดใหญ่ เช่นยางรถบรรทุกหรือยางล้อเครื่องบิน เพราะหากใช้ยางที่มีความร้อนสะสมสูงก็อาจทำให้ยางเกิด ระเบิดได้ง่าย

13) อุณหภูมิของการใช้งาน (Service Temperature) ยางธรรมชาติสามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิ ตั้งแต่ 55 - 70 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามหากเก็บยางไว้ที่อุณหภูมิต่ำนานๆ ยาง อาจเกิดการตกผลึกซึ่ง จะทำให้ยางแข็งขึ้นและสูญเสียความยืดหยุ่นไปแต่เมื่ออุณหภูมิการใช้งานสูง เกินไป สมบัติเชิงกลต่างๆ ก็มักจะค่อยลงเนื่องจากความร้อนจะทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ ในบางกรณีที่มีการออกสูตรผสมเคมีอย่างได้ อย่างเหมาะสม (มีการเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพลงไป) ยางธรรมชาติอาจสามารถนำไปใช้งานได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิสูงถึง 90 - 100 องศาเซลเซียส

(ธนิน เลื่อมประพางกุล และ พิเชฐ ปรากฏพันธ์, 2551)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อัศวิน น้อยสุวรรณ, วรากร หมั่นสระเกษ, สกนธ์ เลิศมัลลิกาพร และสุรเชษฐ์ สุพรรณกลาง, 2548. ได้เสนอผลการศึกษาคุนสมบัติของคอนกรีตที่ผสมแกลบ ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของคอนกรีตธรรมดา ในด้าน กำลังต้านทานแรงอัด หน่วยน้ำหนัก และปริมาณการดูดซึมน้ำ โดยออกแบบกำลังอัดประลัยที่ 150 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และใช้ปริมาณแกลบที่ผสมในคอนกรีตมีอัตราส่วน ร้อยละ 5 10 20 50 และ 100% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า หน่วยน้ำหนักและกำลังต้านทานแรงอัด มีค่าลดลงเมื่อปริมาณแกลบเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการดูดซึมน้ำ มีค่ามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธนิน เลื่อมประพางกุล และ พิเชฐ ปราชญ์พยนต์, 2551. ได้ศึกษาเรื่องฉนวนดูดซับเสียงจากคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ใช้แล้ว โดยการเติมเศษยางรถยนต์บดลงไปในคอนกรีตในส่วนของมวลรวมละเอียดคือทรายหยาบ โดยใช้เม็ดยาง 2 ขนาด คือ เม็ดยางรถยนต์เบอร์ 7 (2.79 มิลลิเมตร) และเม็ดยางรถยนต์เบอร์ 20 (0.83 มิลลิเมตร) ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนักของทรายตามลำดับ เมื่อพิจารณาสมบัติด้านต่างๆ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของเม็ดยางรถยนต์ที่ผสมในคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับวัสดุที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงสูง คือเม็ดยางรถยนต์เบอร์ 7 ร้อยละ 20 มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 13.8 เมกะปาสคาล และมีค่าการลดระดับความดังของเสียงเท่ากับ 23 เปอร์เซ็นต์จากระดับเสียงเริ่มต้น

สุเมธ สันทัตพัฒนา, 2554. ได้ศึกษาเรื่องคอนกรีตมวลเบาในระบบ CLC เป็นการผลิตโดยใช้น้ำยาเคมีทำให้เกิดฟองอากาศก่อน จึงนำไปผสมกับซีเมนต์และน้ำ ทำให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง การวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตมวลเบาที่มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 600 ถึง 1800 กก./ลบ.ม. ทดลองโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 1:1 โดยจะศึกษาถึงคุณสมบัติในด้านกำลังรับแรงอัด อัตราดูดซึมน้ำ อัตราการหดตัว และค่าการนำความร้อน ซึ่งได้ค่ากำลังอัดอยู่ช่วง 5 ถึง 300 กก./ตร.ซม. อัตราการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 14% ถึง 33% อัตราการหดตัวอยู่ในช่วง 550 μ -1100 μ และค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.23 ถึง 0.61 วัตต์/เมตร-เคลวิน

สุรเชษฐ์ อุปวรรณ, สุรพงษ์ สุวรรณราช และอรุณพล หายทุกข์, 2556. ได้ศึกษาเรื่องอิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมันด้วยระบบ CLC โดยใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อเป็นการลดต้นทุนของอิฐมวลเบา ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำต่อวัสดุประสาน(W/C) = 0.50 0.70 และ 0.90 ตามลำดับ ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปริมาณ 0% 20% 35% และ 50% ตามลำดับ ทดสอบวัสดุตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 จากผลการทดสอบกำลังอัดพบว่าที่อายุคอนกรีต 14 วัน ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน(W/C) = 0.70 และใช้เถ้าปาล์มน้ำมันเท่ากับ 35% เป็นอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด โดยมีค่ากำลังอัดเฉลี่ย 26.32 กก./ตร.ซม. มีอัตราการดูดกลืนน้ำร้อยละ 27.09 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร 779.297 กก./ลบ.ม. การเปลี่ยนแปลงความยาวเมื่อเข้าสู่สมดุลน้อยกว่าร้อยละ 0.003 ใน 3 วัน ผ่านข้อกำหนด ตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541

สำเนียง อสงุพันธ์กุล, วราธร แก้วแสง และจิรัฐดี บรรจงศิริ, 2559. ได้ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากเม็ดดินเผาและเถ้าลอย โดยศึกษาถึงกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าที่อัตราส่วนผสมระหว่างเถ้าลอยและปูนซีเมนต์ร้อยละ 70 80 และ 90 พบว่าการแทนที่ในช่องว่างร้อยละ 90 ขึ้นรูปดีที่สุดและมีการยึดเหนี่ยวดีที่สุด อย่างไรก็ตามค่าแรงต้านกำลังอัดของอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่สามารถรับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 58-2533



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือและวิธีดำเนินการทดลอง เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนในการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ออกแบบส่วนผสมในการทดลองสำหรับตัวอย่างทดสอบทั้งหมด
- 2) จัดหาวัสดุสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบาและเม็ดยางรถยนต์ที่มีขนาดและคุณสมบัติที่ต้องการ
- 3) จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา
- 4) ผลิตคอนกรีตมวลเบาตามกรรมวิธีผลิตแบบ Lightweight Aggregate Concrete
- 5) ทำการทดสอบและบันทึกผล
- 6) วิเคราะห์ผลการทดลอง
- 7) สรุปผลการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

3.1.1 กำหนดส่วนประกอบที่เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของตัวอย่าง

3.1.1.1 ปริมาณเม็ดยางรถยนต์ที่ผสมลงในคอนกรีตมวลเบา เพิ่มลงไปนคอนกรีตโดยที่อัตราส่วนปูนต่อทรายยังคงเดิม ซึ่งปริมาณเม็ดยางที่ต่างกันอาจส่งผลความแข็งแรงของคอนกรีต รวมถึงคุณสมบัติอื่นๆ ด้วย

3.1.1.2 ปริมาณและขนาดของตัวอย่าง เพื่อให้เหมาะสมกับการทดสอบ

3.1.2 กำหนดขนาดและปริมาณของตัวอย่าง

เนื่องจากปัจจัยที่นำมาเป็นส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาและรูปแบบวิธีการทดสอบทำให้การออกแบบขนาดของตัวอย่างมีขนาดเล็กและมีจำนวนมาก เพื่อให้ง่ายต่อการทดสอบและเก็บบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเตรียมวัสดุสำหรับการผลิตตัวอย่าง

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษและสำหรับใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ที่ไม่อยู่ในภาวะอากาศรุนแรงหรือในที่ที่มีอันตรายจากซัลเฟตหรือความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำจะไม่ทำให้อุณหภูมิสูงจนทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวเสียหาย

2) น้ำ ต้องปราศจากกรด ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่นๆ ในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีต โดยทั่วไปแล้วน้ำประปาหรือน้ำจืดตามธรรมชาติที่ไม่มีน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนหรือจากโรงงานอุตสาหกรรมถือว่ามีความเหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต

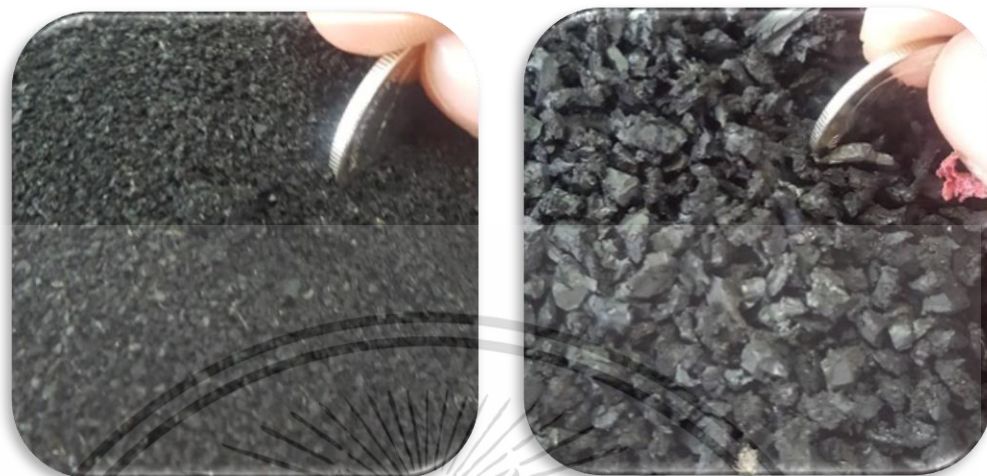
3) ทรายละเอียด เลือกใช้ทรายละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.15 มม. แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07 มม. หรือสามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 100 และตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 200



รูปที่ 3.1 ทรายละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เม็ดยางรถยนต์ ใช้ขนาด 20 mesh และ 2 mesh โดยเม็ดยางได้มาจากการนำยางรถยนต์เก่าที่หมดสภาพการใช้งานแล้วผ่านกระบวนการบดโดยเครื่องบดออกมาเป็นผงยางบดละเอียด



(ก) เม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh

(ข) เม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh

รูปที่ 3.2 เม็ดยางรถยนต์

ในการเตรียมวัสดุเพื่อที่จะทำการผลิตตัวอย่างในขั้นตอนต่อไป วัสดุที่ใช้ต้องอยู่ในสภาพแห้งปูนซีเมนต์ที่เตรียมไว้ต้องไม่มีการจับกันเป็นก้อนและทรายต้องผ่านการอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออก หากมีความชื้นในปูนซีเมนต์หรือทรายมาก จะส่งผลให้ปริมาณน้ำไม่ตรงตามที่ออกแบบและอาจทำให้ได้ผลการทดสอบที่มีความคลาดเคลื่อน และการเตรียมน้ำสำหรับการผสม จะใช้วิธีการตวงด้วยกระบอกตวงเนื่องจากมีความสะดวกกว่าการชั่งน้ำหนัก

การชั่งน้ำหนักวัสดุก่อนทำการผสม จะต้องใช้เครื่องชั่งตัวเดียวกันเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนระหว่างเครื่องชั่งแต่ละตัว

3.3 ขั้นตอนการผลิตตัวอย่าง

- 1) ชั่งน้ำหนักปูน ทราย และเม็ดยาง ตามอัตราส่วนที่ออกแบบ



รูปที่ 3.3 ชั่งน้ำหนักวัสดุตามอัตราส่วนที่ออกแบบ

- 2) ผสมปูน ทราย เม็ดยาง และน้ำ ตามอัตราส่วนที่ออกแบบ ให้เข้ากัน



รูปที่ 3.4 ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 6) หล่อมอร์ต้าลงแบบหล่อ แล้วแต่งผิวหน้าด้วยเกรียงแล้วฉินด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันน้ำระเหย
- 7) ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วจึงแกะแบบออก จากนั้นนำตัวอย่างไปบ่มน้ำเป็นเวลา 28 วัน
- 8) เมื่อครบอายุการบ่มแล้ว นำชิ้นงานขึ้นจากน้ำ แล้วทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง
- 9) จากนั้น นำตัวอย่างไปตากแห้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้น้ำระเหยออกจากตัวอย่าง แล้วทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ก่อนทำการทดสอบต่อไป



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างหลังตากแห้ง 1 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Dial gauge
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. Vernier caliper
4. Universal Testing Machine

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำตัวอย่างที่บ่มเสร็จแล้วมาวัดความกว้าง ความยาว และความสูงด้วย Vernier caliper
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและจดบันทึก
3. นำ Dial gauge มาติดตั้งที่เครื่อง UTM เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงความสูง
4. นำตัวอย่างเข้าเครื่อง UTM เตรียมทำการทดสอบการรับแรงอัด
5. กดตัวอย่างจนถึงจุดวิบัติและบันทึกข้อมูลกำลังรับแรงอัดทุกระยะ 0.1 มม. รวมถึงกำลัง

อัดประลัย



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างขณะเกิดการวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 ความหนาแน่น

ในการหาความหนาแน่นของตัวอย่างจะใช้เป็นความหนาแน่นแห้ง ซึ่งได้จากการชั่งน้ำหนักและการวัดขนาดเพื่อหาปริมาตรของตัวอย่างหลังทำการตากแห้ง 1 สัปดาห์ และการเก็บบันทึกค่าจะเก็บเป็นค่าความถ่วงจำเพาะเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณต่อไป

ตารางที่ 4.1 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดยางรถยนต์

ตัวอย่าง	Tire granules = 0%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	258.460	5.000	5.000	5.020	125.500	2.059
2	256.550	5.000	5.060	5.010	125.751	2.040
3	254.080	5.060	5.000	5.000	126.505	2.008
ค่าเฉลี่ย						2.036

จากตารางที่ 4.1 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดยางรถยนต์เฉลี่ยเป็น 2.036

ตารางที่ 4.2 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5

ตัวอย่าง	Tire granules = 5%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	237.960	5.060	5.030	4.990	127.004	1.874
2	239.340	5.030	5.040	5.100	129.291	1.851
3	235.120	5.090	5.060	5.030	129.550	1.815
ค่าเฉลี่ย						1.847

จากตารางที่ 4.2 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5 เฉลี่ยเป็น 1.847

ตารางที่ 4.3 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10

ตัวอย่าง	Tire granules = 10%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	223.468	5.010	4.990	5.020	125.499	1.781
2	226.586	4.980	5.000	5.000	124.500	1.820
3	224.421	5.020	5.020	5.000	126.002	1.781
ค่าเฉลี่ย						1.794

จากตารางที่ 4.3 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10 เฉลี่ยเป็น 1.794

ตารางที่ 4.4 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15

ตัวอย่าง	Tire granules = 15%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	217.610	5.000	5.000	5.010	125.250	1.737
2	215.157	5.020	5.030	5.000	126.253	1.704
3	215.650	5.000	5.020	5.000	125.500	1.718
ค่าเฉลี่ย						1.720

จากตารางที่ 4.4 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15 เฉลี่ยเป็น 1.720

ตารางที่ 4.5 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20

ตัวอย่าง	Tire granules = 20%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	203.673	4.960	5.000	5.010	124.248	1.639
2	202.260	5.020	5.000	5.000	125.500	1.612
3	201.457	5.050	5.000	5.000	126.250	1.596
1ค่าเฉลี่ย						1.616

จากตารางที่ 4.5 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20 เฉลี่ยเป็น 1.616

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25

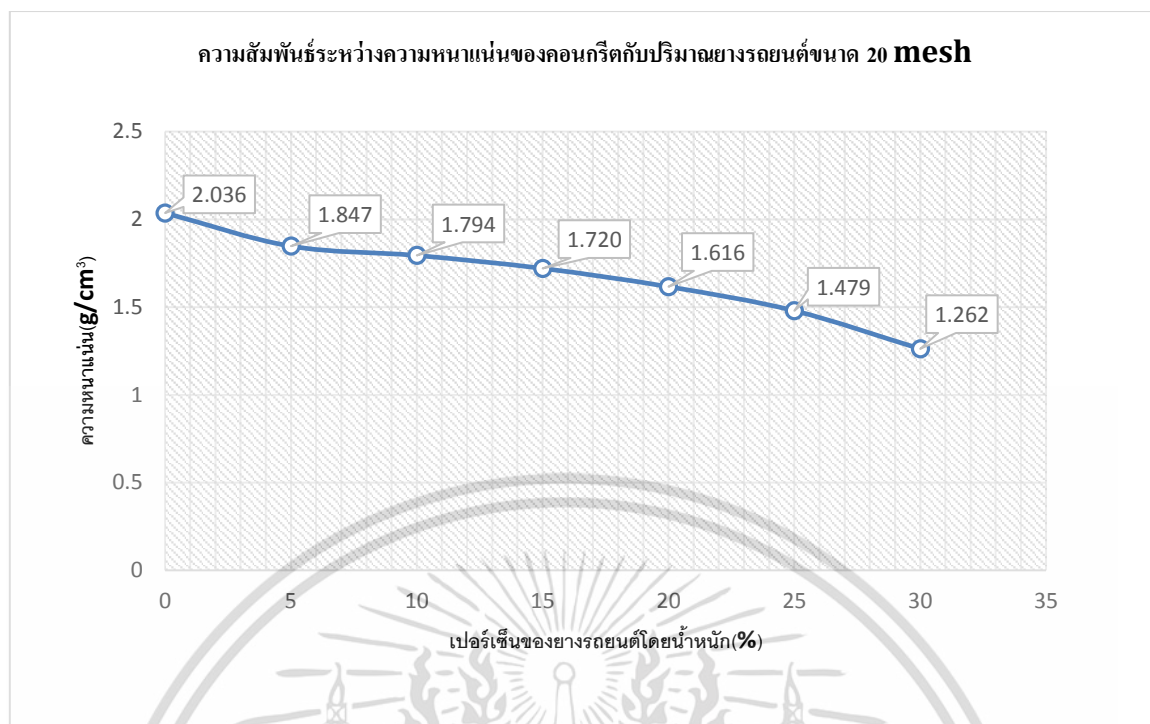
ตัวอย่าง	Tire granules = 25%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	186.555	5.000	5.000	5.000	125.000	1.492
2	187.286	5.040	5.000	5.020	126.504	1.480
3	185.723	4.970	5.090	5.010	126.739	1.465
ค่าเฉลี่ย						1.479

จากตารางที่ 4.6 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25 เฉลี่ยเป็น 1.479

ตารางที่ 4.7 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30

ตัวอย่าง	Tire granules = 30%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	160.562	5.000	5.000	5.050	126.250	1.272
2	161.125	5.060	5.000	6.100	129.030	1.249
3	160.340	4.970	5.090	5.010	126.739	1.265
ค่าเฉลี่ย						1.262

จากตารางที่ 4.7 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30 เฉลี่ยเป็น 1.262



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 20 mesh

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ที่ใส่ลงไป ได้ผลการทดลองดังนี้ เปอร์เซ็นต์ของยางรถยนต์ที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ได้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตเป็น 1.847, 1.842, 1.720, 1.616, 1.479 และ 1.262 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ในคอนกรีตส่งผลให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง

ตารางที่ 4.8 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 5

ตัวอย่าง	Tire granules = 5%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	245.263	5.020	5.000	4.980	124.998	1.962
2	241.254	5.040	5.000	5.020	126.504	1.907
3	247.122	5.000	5.000	5.010	125.250	1.973
ค่าเฉลี่ย						1.947

จากตารางที่ 4.8 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh

ร้อยละ 5 เฉลี่ยเป็น 1.947

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10

ตัวอย่าง	Tire granules = 10%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	233.120	5.020	5.020	5.000	126.002	1.850
2	235.625	5.000	5.000	5.050	126.250	1.866
3	237.100	5.000	5.020	5.030	126.253	1.878
ค่าเฉลี่ย						1.865

จากตารางที่ 4.9 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10 เฉลี่ยเป็น 1.865

ตารางที่ 4.10 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15

ตัวอย่าง	Tire granules = 15%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	222.345	5.000	5.000	5.020	125.500	1.772
2	229.222	4.960	5.000	5.010	124.248	1.845
3	228.724	5.010	4.990	5.020	125.499	1.823
ค่าเฉลี่ย						1.813

จากตารางที่ 4.10 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15 เฉลี่ยเป็น 1.813

ตารางที่ 4.11 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20

ตัวอย่าง	Tire granules = 20%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	216.325	4.990	5.000	4.980	124.251	1.741
2	218.555	5.000	5.000	4.980	124.500	1.755
3	217.251	5.040	5.020	5.000	126.504	1.717
ค่าเฉลี่ย						1.738

จากตารางที่ 4.11 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20 เฉลี่ยเป็น 1.738

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25

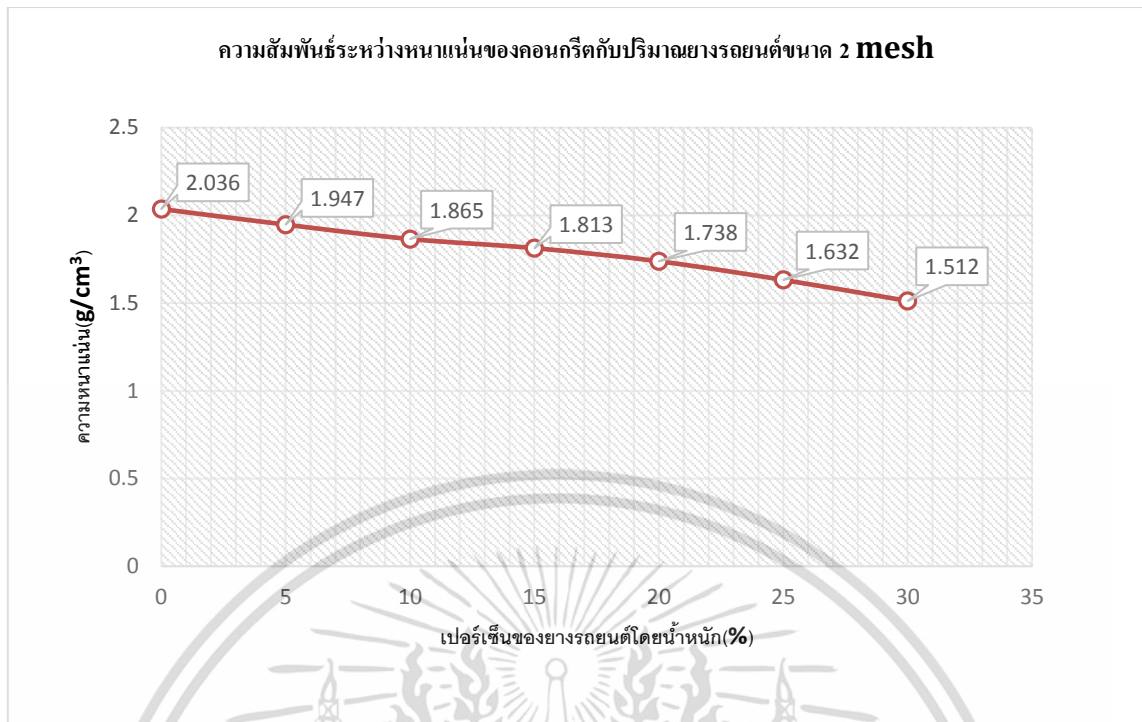
ตัวอย่าง	Tire granules = 25%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	208.950	5.060	5.030	4.990	127.004	1.645
2	210.121	5.050	5.100	5.000	128.775	1.632
3	210.426	5.080	5.090	5.030	130.062	1.618
ค่าเฉลี่ย						1.632

จากตารางที่ 4.12 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25 เฉลี่ยเป็น 1.632

ตารางที่ 4.13 ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30

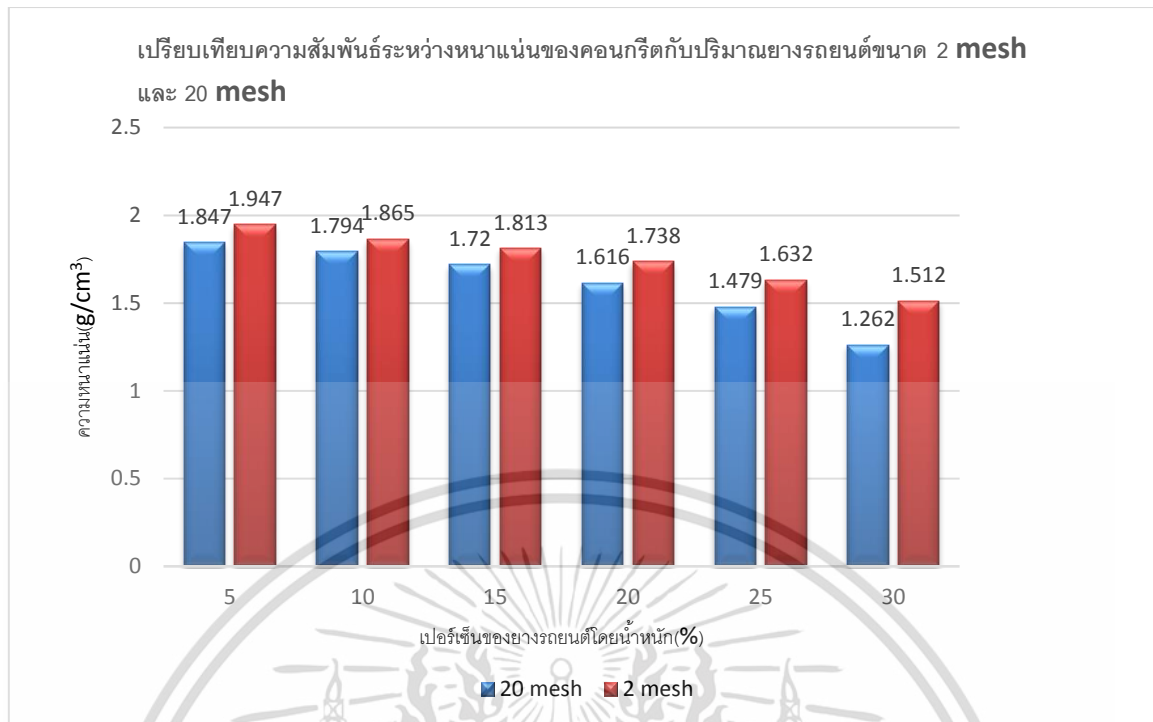
ตัวอย่าง	Tire granules = 30%					
	น้ำหนัก(g)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	สูง(cm)	ปริมาตร (cm ³)	ความถ่วงจำเพาะ
1	189.052	5.040	5.040	5.040	128.024	1.477
2	195.514	5.020	5.060	5.040	128.022	1.527
3	193.265	5.050	5.000	5.000	126.250	1.531
ค่าเฉลี่ย						1.512

จากตารางที่ 4.13 ได้ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30 เฉลี่ยเป็น 1.512



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 2 mesh

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ที่ใส่ลงไป ได้ผลการทดลองดังนี้ เปอร์เซ็นต์ของยางรถยนต์ที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ได้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตเป็น 2.059, 1.960, 1.920, 1.892, 1.758 และ 1.671 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ในคอนกรีตส่งผลให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ทั้ง 2 ขนาด

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ โดยที่ปริมาณยางรถยนต์เดียวกัน จะมีค่าความหนาแน่นลดลง เมื่อขนาดของเม็ดยางมีความละเอียดมากขึ้น

จากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่าความหนาแน่นของคอนกรีตจะแปรผกผันกับปริมาณยางรถยนต์ที่ใส่ลงไป กล่าวได้ว่า ยางรถยนต์นั้นมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตที่ปริมาตรเท่ากัน เมื่อเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ในคอนกรีต ส่งผลให้คอนกรีตที่ได้มีน้ำหนักลดลง และขนาดของยางเม็ดยางที่ใส่ลงไปแปรผันตรงกับความหนาแน่นของคอนกรีต กล่าวได้ว่า เม็ดยางขนาดเล็กจะกระจายไปทั่วเนื้อคอนกรีตและมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับคอนกรีตมากกว่าเม็ดยางขนาดใหญ่กว่า ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวจากความร้อนที่ต่างกันของยางรถยนต์กับคอนกรีต ส่งผลให้เม็ดยางที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวจากความร้อนมากกว่าคอนกรีตมีการยืดและหดตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดเป็นช่องว่างในเนื้อคอนกรีต ส่งผลให้คอนกรีตมีน้ำหนักลดลง

4.2 อัตราการดูดซึมน้ำ

ในการหาอัตราการดูดซึมน้ำ จะใช้น้ำหนักของตัวอย่างหลังจากขึ้นจากน้ำจากการบ่มน้ำ 28 วัน และน้ำหนักของตัวอย่างหลังตากแห้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์

ตารางที่ 4.14 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดยางรถยนต์

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	268.350	258.460	0.038
2	267.440	256.550	0.042
3	265.020	254.080	0.043
ค่าเฉลี่ย			0.041

จากตารางที่ 4.14 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดยางรถยนต์เฉลี่ยเป็น 0.041

ตารางที่ 4.15 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	251.860	237.960	0.058
2	252.430	239.340	0.055
3	249.552	235.120	0.061
ค่าเฉลี่ย			0.058

ตารางที่ 4.15 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5 เฉลี่ยเป็น 0.058

ตารางที่ 4.16 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	237.643	223.468	0.063
2	242.280	226.586	0.069
3	238.564	224.421	0.063
ค่าเฉลี่ย			0.065

ตารางที่ 4.16 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10 เฉลี่ยเป็น 0.065

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	233.523	217.610	0.073
2	231.237	215.157	0.074
3	230.680	215.650	0.069
ค่าเฉลี่ย			0.072

ตารางที่ 4.17 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15 เฉลี่ยเป็น 0.072

ตารางที่ 4.18 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	219.880	203.673	0.079
2	218.865	202.260	0.082
3	216.770	201.457	0.076
ค่าเฉลี่ย			0.079

ตารางที่ 4.18 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20 เฉลี่ยเป็น 0.079

ตารางที่ 4.19 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	203.352	186.555	0.090
2	203.485	187.286	0.086
3	201.960	185.723	0.087
ค่าเฉลี่ย			0.088

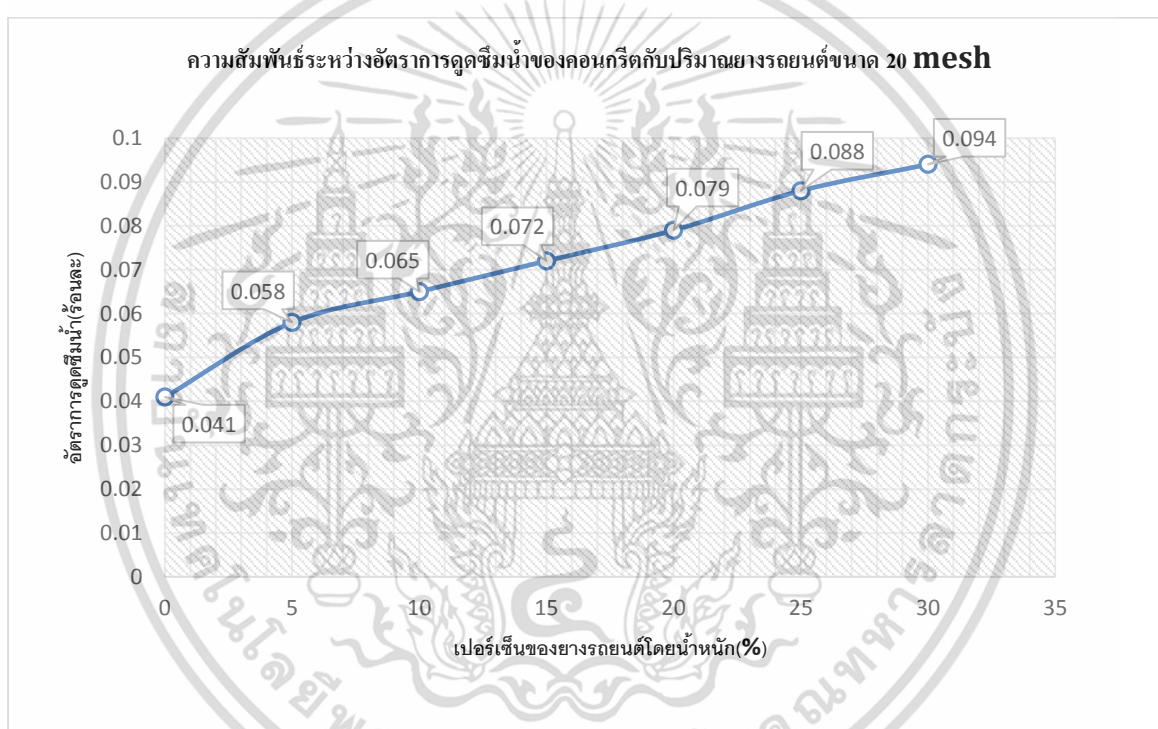
ตารางที่ 4.19 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25 เฉลี่ยเป็น 0.088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	175.921	160.562	0.096
2	176.255	161.125	0.094
3	175.322	160.340	0.093
ค่าเฉลี่ย			0.094

ตารางที่ 4.20 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30 เฉลี่ยเป็น 0.094



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 20 mesh

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ที่ใส่ลงไป ได้ผลการทดลองดังนี้ เปอร์เซ็นต์ของยางรถยนต์ที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ได้ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตเป็น 0.058, 0.065, 0.069, 0.079, 0.088 และ 0.094 ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ในคอนกรีตส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.21 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 5

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	258.875	245.263	0.051
2	254.923	241.254	0.053
3	260.552	247.122	0.050
ค่าเฉลี่ย			0.051

จากตารางที่ 4.21 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 5 เฉลี่ยเป็น 0.051

ตารางที่ 4.22 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	247.756	233.120	0.058
2	250.870	235.625	0.060
3	251.456	237.100	0.061
ค่าเฉลี่ย			0.060

จากตารางที่ 4.22 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10 เฉลี่ยเป็น 0.060

ตารางที่ 4.23 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	236.848	222.345	0.065
2	244.926	229.222	0.069
3	244.812	228.724	0.070
ค่าเฉลี่ย			0.068

จากตารางที่ 4.23 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15 เฉลี่ยเป็น 0.068

ตารางที่ 4.24 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	232.896	216.325	0.077
2	235.560	218.555	0.078
3	233.886	217.251	0.077
ค่าเฉลี่ย			0.077

จากตารางที่ 4.24 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20 เฉลี่ยเป็น 0.077

ตารางที่ 4.25 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	227.010	208.950	0.086
2	227.955	210.121	0.085
3	227.742	210.426	0.082
ค่าเฉลี่ย			0.085

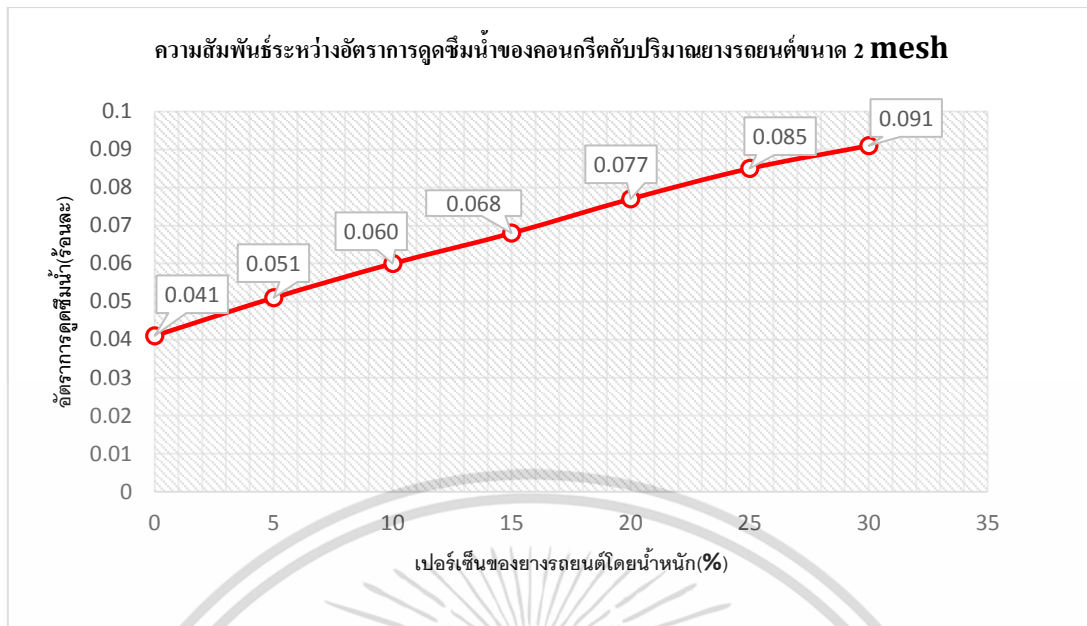
จากตารางที่ 4.25 ได้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25 เฉลี่ยเป็น 0.085

ตารางที่ 4.26 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30

ตัวอย่าง	น้ำหนักเปียก(g)	น้ำหนักแห้ง(g)	อัตราการดูดซึมน้ำ
1	205.746	189.052	0.088
2	213.322	195.514	0.091
3	211.220	193.265	0.093
ค่าเฉลี่ย			0.091

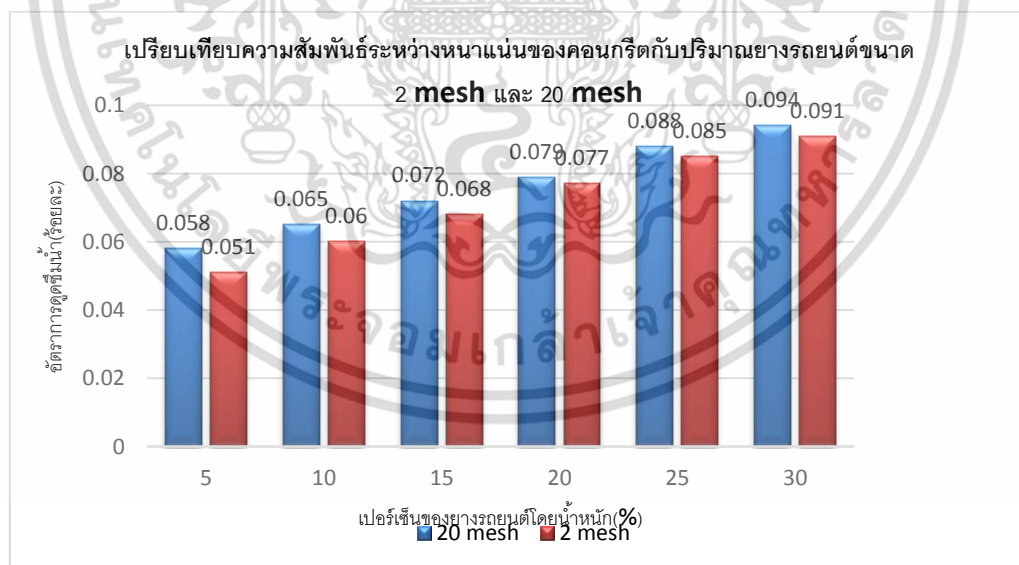
ตารางที่ 4.26 อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30 เฉลี่ยเป็น 0.091

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 2 mesh

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ที่ใส่ลงไป ได้ผลการทดลองดังนี้ เปอร์เซ็นต์ของยางรถยนต์ที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ได้ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตเป็น 0.051, 0.060, 0.068, 0.077, 0.085 และ 0.091 ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ในคอนกรีตส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ทั้ง 2 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ โดยที่ปริมาณยางรถยนต์เดียวกัน อัตราการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อเม็ดยางมีขนาดละเอียดขึ้น

จากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่าค่าอัตราการดูดซึมน้ำจะแปรผันตรงกับปริมาณยางรถยนต์ที่ใส่ลงไป กล่าวได้ว่า ยางรถยนต์นั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนมากกว่าคอนกรีต ส่งผลให้เม็ดยางมีการขยายตัวและหดตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เกิดเป็นช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีต เมื่อเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ในคอนกรีต ส่งผลให้เกิดช่องว่างภายในมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงมีอัตราการดูดซึมน้ำมากขึ้น และขนาดของยางเม็ดยางขนาดเล็กที่กระจายไปทั่วเนื้อคอนกรีตและมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับคอนกรีตมากกว่าเม็ดยางขนาดใหญ่กว่า ส่งผลให้คอนกรีตมีช่องว่างภายในและมีการดูดซึมน้ำมากกว่า

4.3 กำลังรับแรงอัด

ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดจะเป็นการหาความต้านทานแรงอัดของตัวอย่างที่อายุ 28 วัน ตามที่มาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 4.27 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดยางรถยนต์

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	105.810	10785.933	5.000	5.000	25.000	431.437
2	102.050	10402.650	5.000	5.060	25.300	411.172
3	110.310	11244.648	5.060	5.000	25.300	444.452
ค่าเฉลี่ย						429.021

จากตารางที่ 4.27 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ยังไม่ผสมเม็ดยางรถยนต์เฉลี่ยเป็น 429.021 ksc

ตารางที่ 4.28 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	72.030	7342.508	5.060	5.030	25.452	288.487
2	70.720	7208.970	5.030	5.040	25.351	284.364
3	77.510	7901.121	5.090	5.060	25.755	306.775
ค่าเฉลี่ย						293.209

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.28 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 5 เฉลี่ยเป็น 293.209 ksc

ตารางที่ 4.29 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	64.700	6595.311	5.010	4.990	25.000	263.813
2	59.230	6037.717	4.980	5.000	24.900	242.479
3	53.550	5458.716	5.020	5.020	25.200	216.612
ค่าเฉลี่ย						240.968

จากตารางที่ 4.29 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 10 เฉลี่ยเป็น 240.968 ksc

ตารางที่ 4.30 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	58.970	6011.213	5.000	5.000	25.000	240.449
2	46.930	4783.894	5.020	5.030	25.251	189.457
3	48.900	4984.709	5.000	5.020	25.100	198.594
ค่าเฉลี่ย						209.500

จากตารางที่ 4.30 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 15 เฉลี่ยเป็น 209.500 ksc

ตารางที่ 4.31 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	49.100	5005.097	4.960	5.000	24.800	201.818
2	45.130	4600.408	5.020	5.000	25.100	183.283
3	40.820	4161.060	5.050	5.000	25.250	164.794
ค่าเฉลี่ย						183.299

จากตารางที่ 4.31 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 20 เฉลี่ยเป็น 183.299 ksc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25

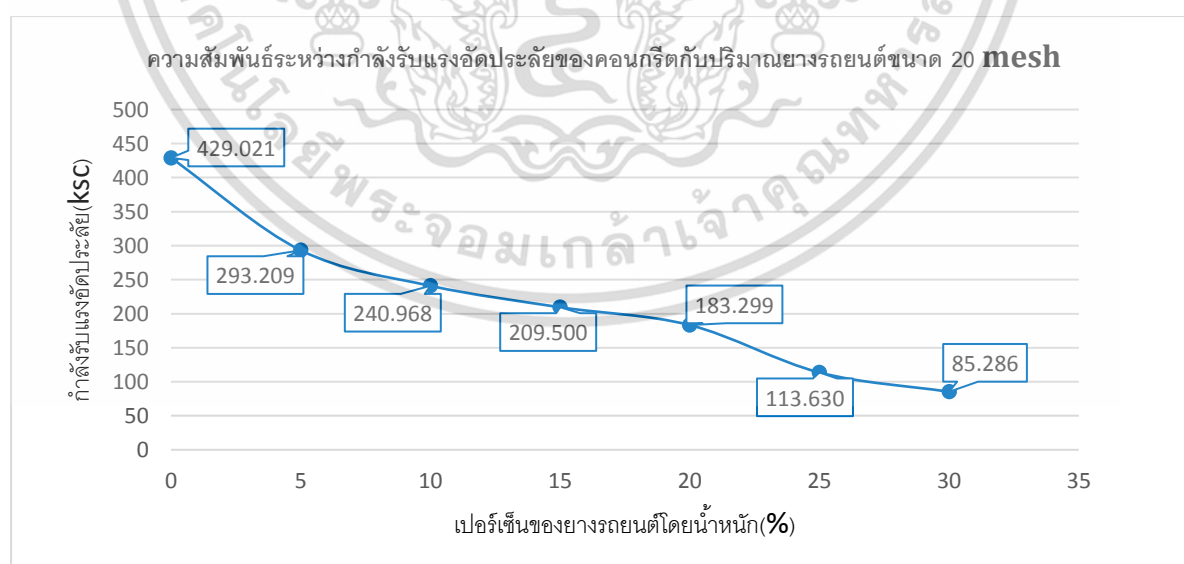
ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	33.020	3365.953	5.000	5.000	25.000	134.638
2	27.170	2769.623	5.040	5.000	25.200	109.906
3	23.910	2437.309	4.970	5.090	25.297	96.347
ค่าเฉลี่ย						113.630

จากตารางที่ 4.32 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 25 เฉลี่ยเป็น 113.630 ksc

ตารางที่ 4.33 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	19.120	1949.032	5.000	5.000	25.000	77.961
2	19.520	1989.806	5.060	5.000	25.300	78.648
3	24.630	2510.703	4.970	5.090	25.297	99.248
ค่าเฉลี่ย						85.286

จากตารางที่ 4.33 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ร้อยละ 30 เฉลี่ยเป็น 85.286 ksc



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 20 mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ที่ใส่ลงไป ได้ผลการทดลองดังนี้ เปอร์เซ็นต์ของยางรถยนต์ที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ได้ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตเป็น 429.021, 293.209, 240.968, 209.500, 183.299, 113.630 และ 85.286 ksc ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ในคอนกรีตส่งผลให้กำลังรับแรงอัดลดลง

ตารางที่ 4.34 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 5

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด(ksc)
1	63.570	6480.122	5.020	5.000	25.100	258.172
2	58.970	6011.213	5.040	5.000	25.200	238.540
3	56.930	5803.262	5.000	5.000	25.000	232.130
ค่าเฉลี่ย						242.948

จากตารางที่ 4.34 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 5 เฉลี่ยเป็น 242.948 ksc

ตารางที่ 4.35 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด(ksc)
1	42.400	4322.120	5.020	5.020	25.200	171.510
2	48.630	4957.187	5.000	5.000	25.000	198.287
3	39.450	4021.407	5.000	5.020	25.100	160.215
ค่าเฉลี่ย						176.671

จากตารางที่ 4.35 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 10 เฉลี่ยเป็น 176.671 ksc

ตารางที่ 4.36 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด(ksc)
1	34.830	3550.459	5.000	5.000	25.000	142.018
2	34.040	3469.929	4.960	5.000	24.800	139.916
3	33.820	3447.503	5.010	4.990	25.000	137.901
ค่าเฉลี่ย						139.945

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.36 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 15 เฉลี่ยเป็น 139.945 ksc

ตารางที่ 4.37 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	23.910	2437.309	4.990	5.000	24.950	97.688
2	23.110	2355.759	5.000	5.000	25.000	94.230
3	27.170	2769.623	5.040	5.020	25.301	109.468
ค่าเฉลี่ย						100.462

จากตารางที่ 4.37 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 20 เฉลี่ยเป็น 100.462 ksc

ตารางที่ 4.38 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	19.520	1989.806	5.060	5.030	25.452	78.179
2	13.240	1349.643	5.050	5.100	25.755	52.403
3	failure					
ค่าเฉลี่ย						65.291

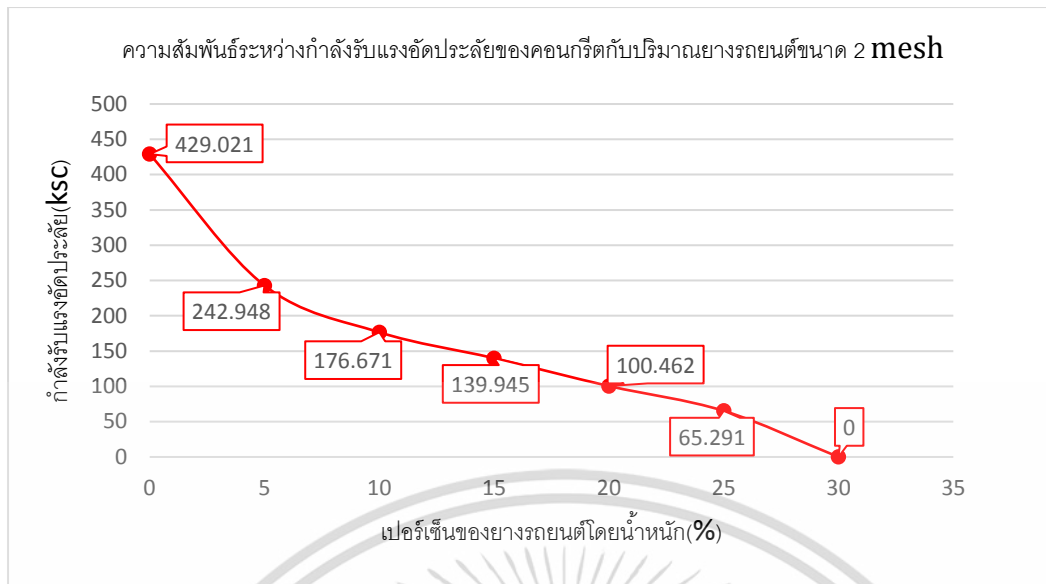
จากตารางที่ 4.35 ได้กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 25 เฉลี่ยเป็น 65.291 ksc

ตารางที่ 4.39 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30

ตัวอย่าง	แรงอัด(kN)	แรงอัด(kg)	กว้าง(cm)	ยาว(cm)	พื้นที่(cm ²)	กำลังรับแรงอัด (ksc)
1	failure					
2	failure					
3	failure					
ค่าเฉลี่ย						-

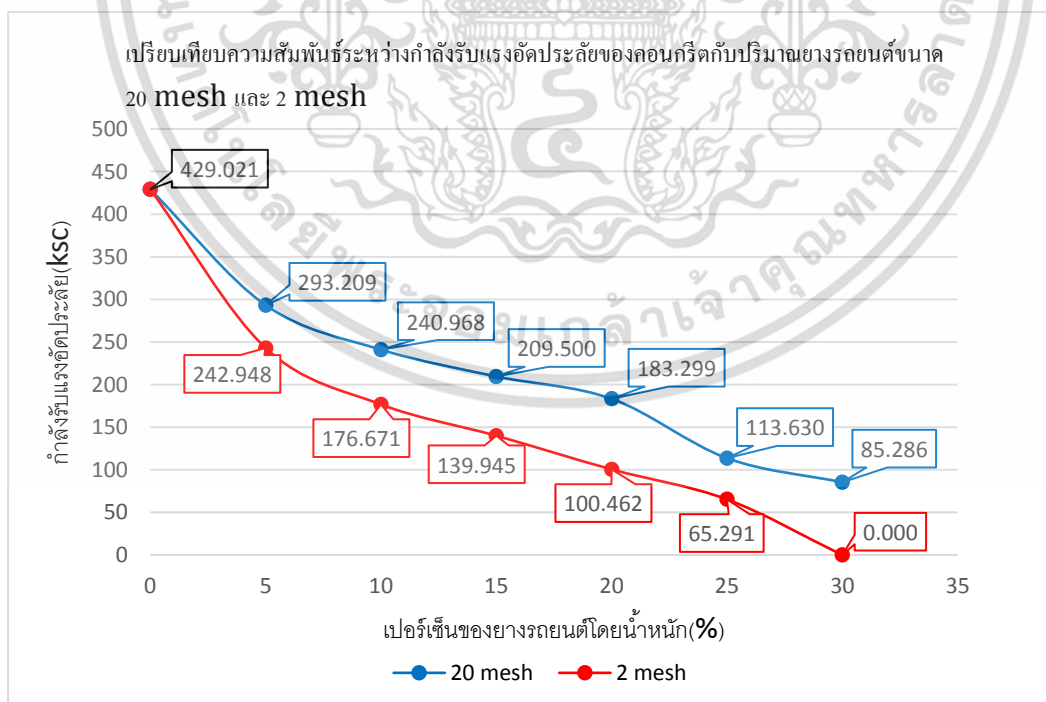
จากตารางที่ 4.34 ไม่สามารถหาลำกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ร้อยละ 30 ได้ เนื่องจากทุกตัวอย่างเกิดการวิบัติด้วยค่ากำลังอัดที่น้อยมากๆ เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดจึงไม่แสดงค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 2 mesh

ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ที่ใส่ลงไป ได้ผลการทดลองดังนี้ เปอร์เซ็นต์ของยางรถยนต์ที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25 ได้ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตเป็น 429.021, 242.948, 176.671, 139.945, 100.462, 65.291 ksc ตามลำดับ และที่เปอร์เซ็นต์ของยางรถยนต์ที่ 30% คอนกรีตเกิดการวิบัติโดยไม่สามารถอ่านค่าได้ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณยางรถยนต์ในคอนกรีตส่งผลให้กำลังรับแรงอัดลดลง



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ทั้ง 2 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกับปริมาณยางรถยนต์ โดยที่ปริมาณยางรถยนต์เดียวกัน จะมีค่ากำลังรับแรงอัดลดลง เมื่อขนาดของเม็ดยางมีขนาดใหญ่ขึ้น

จากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะแปรผกผันกับปริมาณยางรถยนต์ที่ใส่ลงไป กล่าวได้ว่า ยางรถยนต์นั้นมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวมากกว่าคอนกรีต หากเพิ่มปริมาณเม็ดยางในคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตผสมมีการขยายตัวจากภายในมากขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณเม็ดยางจนถึงจุดหนึ่งคอนกรีตผสมจะเกิดการวิบัติจากภายในเนื่องจากวัสดุทั้งสองชนิดไม่สามารถยึดเกาะกันได้ จึงทำให้คอนกรีตผสมมีความสามารถในการรับแรงอัดได้น้อยลงเมื่อปริมาณเม็ดยางมากขึ้น และขนาดของเม็ดยางที่มีความละเอียดมากกว่า จะทำให้มีการกระจายตัวในเนื้อคอนกรีตได้ดีกว่าเม็ดยางที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้คอนกรีตที่ผสมด้วยเม็ดยางที่มีขนาดละเอียดกว่าสามารถรับแรงอัดได้มากกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยเม็ดยางที่มีขนาดใหญ่กว่า



4.4 เปรียบเทียบผลการทดสอบ

เป็นการเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยยึดตามคุณลักษณะที่ต้องการของคอนกรีตมวลเบาตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 ได้แก่

1) ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไป	อัตราส่วนของเม็ดยางรถยนต์(%)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ	
ขนาดของเม็ดยางรถยนต์	-	0	-	
	20 mesh	5	ผ่าน	
		10	ผ่าน	
		15	ผ่าน	
		20	ผ่าน	
		25	ผ่าน	
		30	ไม่ผ่าน	มีตำหนิ
	2 mesh	5	ผ่าน	
		10	ผ่าน	
		15	ผ่าน	
		20	ผ่าน	
		25	ไม่ผ่าน	มีตำหนิ
		30	ไม่ผ่าน	แตกร้าว, มีตำหนิ

ตารางที่ 40 การเปรียบเทียบลักษณะทั่วไป

ในการเปรียบเทียบลักษณะทั่วไปของคอนกรีตมวลเบาตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 ต้องไม่แตก ไม่ร้าว ไม่บิดเบี้ยว ไม่แอ่นตัว และไม่มีตำหนิที่เป็นผลเสียต่อการใช้งาน ทดสอบโดยการตรวจพินิจ

2) ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

ความหนาแน่นเชิงปริมาตร	อัตราส่วนของเม็ดยางรถยนต์(%)	ค่าความหนาแน่นจากการทดสอบ(kg/m ³)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ	
ขนาดของเม็ดยางรถยนต์	-	0	2036	-	
	20 mesh	5	1847	ไม่ผ่าน	
		10	1794	ไม่ผ่าน	
		15	1720	ไม่ผ่าน	
		20	1616	ไม่ผ่าน	
		25	1479	ผ่าน	C16(1401-1600)
		30	1262	ผ่าน	C14(1201-1400)
	2 mesh	5	1947	ไม่ผ่าน	
		10	1865	ไม่ผ่าน	
		15	1813	ไม่ผ่าน	
		20	1738	ไม่ผ่าน	
		25	1632	ไม่ผ่าน	
		30	1512	ผ่าน	C16(1401-1600)

ตารางที่ 41 การเปรียบเทียบความหนาแน่นเชิงปริมาตร

จากการเปรียบเทียบความหนาแน่นเชิงปริมาตร มีเพียง 3 ตัวอย่างที่มีความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก.2601-2556 ได้แก่ ตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ในอัตราส่วน 25% โดยน้ำหนัก มีความหนาแน่นอยู่ที่ 1479 kg/m³ ตรงกับชนิด C16 ที่มีช่วงความหนาแน่น 1401-1600 kg/m³ ตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ในอัตราส่วน 30% โดยน้ำหนัก มีความหนาแน่นอยู่ที่ 1262 kg/m³ ตรงกับชนิด C14 ที่มีช่วงความหนาแน่น 1201-1400 kg/m³ และตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ในอัตราส่วน 30% โดยน้ำหนัก มีความหนาแน่นอยู่ที่ 1512 kg/m³ ตรงกับชนิด C16 ที่มีช่วงความหนาแน่น 1401-1600 kg/m³

3) ความต้านทานแรงอัด โดยต้องมีความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน

ความต้านทานแรงอัด		อัตราส่วนของเม็ดยางรถยนต์(%)	ค่าความความต้านทานแรงอัดจากการทดสอบ (ksc)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ
ขนาดของเม็ดยางรถยนต์	-	0	429.021	-	
	20 mesh	5	293.209	ผ่าน	
		10	240.968	ผ่าน	
		15	209.500	ผ่าน	
		20	183.299	ผ่าน	
		25	113.630	ผ่าน	
		30	85.286	ผ่าน	
	2 mesh	5	242.948	ผ่าน	
		10	179.671	ผ่าน	
		15	139.945	ผ่าน	
		20	100.462	ผ่าน	
		25	65.291	ผ่าน	
		30	-	ไม่ผ่าน	

ตารางที่ 42 การเปรียบเทียบความหนาต้านทานแรงอัด

จากการเปรียบเทียบความต้านทานแรงอัด มีเพียงตัวอย่างเดียวที่ไม่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 คือตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 2 mesh ในอัตราส่วน 30% โดยน้ำหนัก เนื่องจากตัวอย่างสามารถรับแรงได้น้อยมากจนเครื่องอ่านไม่แสดงค่ากำลังรับแรงอัดประลัย

4) อัตราการดูดซึมน้ำ

อัตราการดูดซึมน้ำ		อัตราส่วนของเม็ดยางรถยนต์(%)	ค่าอัตราการดูดซึมน้ำจากการทดสอบ(%)	ผลการเปรียบเทียบ	หมายเหตุ
ขนาดของเม็ดยางรถยนต์	-	0	4.1	-	
	20 mesh	5	5.8	ผ่าน	
		10	6.5	ผ่าน	
		15	7.2	ผ่าน	
		20	7.9	ผ่าน	
		25	8.8	ผ่าน	
		30	9.4	ผ่าน	
	2 mesh	5	5.1	ผ่าน	
		10	6.0	ผ่าน	
		15	6.8	ผ่าน	
		20	7.7	ผ่าน	
		25	8.5	ผ่าน	
		30	9.1	ผ่าน	

ตารางที่ 43 การเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำ

จากการเปรียบเทียบอัตราการดูดซึมน้ำ ทุกตัวอย่างผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 คือมีอัตราการดูดซึมน้ำไม่มากกว่า 20%

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบคุณลักษณะที่ต้องการ มีเพียงตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ในอัตราส่วน ร้อยละ 25 ตัวอย่างทดสอบเดียวที่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 ในทุกคุณลักษณะที่ต้องการ

4.5 คำนวณต้นทุน

ในการคำนวณต้นทุนของคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์นั้นจะใช้ราคาเฉลี่ยตามท้องตลาดของวัสดุที่ใช้ แต่จะไม่คิดราคาของยางรถยนต์ และใช้คอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ในอัตราส่วนร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก เนื่องจากเป็นตัวอย่งทดสอบเดียวที่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 ในการหาราคาต่อการก่อผนัง 1 ตารางเมตร

วัสดุ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย(บาท)	ปริมาตร(kg)
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	1	กระสอบ	120	50
ทรายสำหรับก่อสร้าง	1	ลูกบาศก์เมตร	400	1500
คอนกรีตมวลเบาธรรมดา	1	ก้อน	20	-

ตารางที่ 44 ราคาวัสดุตามท้องตลาดโดยเฉลี่ย

หากใช้คอนกรีตมวลเบาธรรมดา ขนาด 20 cm x 60 cm x 7.5 cm ในการก่อผนังขนาด 100 cm x 100 cm x 7.5 cm จะใช้จำนวน 8.33 ก้อน คิดเป็นเงิน 166.60 บาท

วัสดุ	ราคาต่อกิโลกรัม(บาท/kg)	น้ำหนัก(kg)	ราคา(บาท)
คอนกรีตมวลเบาผสม	-	110.925	
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	2.40	55.463	133.110
ทรายสำหรับก่อสร้าง	0.267	27.731	7.395
รวม			140.505

ตารางที่ 45 คำนวณต้นทุนการก่อผนัง 1 ตารางเมตร

ในการก่อผนัง 1 ตารางเมตร ขนาด 100 cm x 100 cm x 7.5 cm โดยใช้คอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ในอัตราส่วนร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีหน่วยน้ำหนัก 1479 kg/m³ จะได้น้ำหนักของผนัง 1 ตารางเมตรเป็น 110.925 kg

ในการคำนวณต้นทุนของคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ที่ 25% ได้น้ำหนักของส่วนผสมที่จะนำมาใช้ในการคิดต้นทุน คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ได้น้ำหนัก 55.463 kg และทรายสำหรับก่อสร้าง ได้น้ำหนัก 27.731 kg ซึ่งคิดเป็นเงิน 133.110 และ 7.395 บาท ตามลำดับ จะได้ราคาของคอนกรีตมวลเบาผสมที่ได้จากการทดลอง มีราคา 140.505 บาท

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการผลิตคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์โดยการผลิตแบบ Lightweight Aggregate Concrete แล้วนำตัวอย่างมาทดสอบ โดยวิธีการทดสอบยึดตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 เพื่อให้ได้คอนกรีตมวลเบาที่มีคุณลักษณะที่ต้องการ ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่นเชิงปริมาตร ความต้านทานแรงอัด และอัตราการดูดซึมน้ำ

จากการวิเคราะห์พบว่ามีเพียงตัวอย่างเดียวที่ผ่านเกณฑ์คุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 คือตัวอย่างคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ในอัตราส่วน ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีสภาพสมบูรณ์ ไม่แตก ไม่ร้าว ไม่บิดเบี้ยว ไม่แอ่นตัว ไม่มีตำหนิที่เป็นผลเสียต่อการใช้งาน มีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรที่ 1479 kg/m^3 กำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน ได้ 113.630 kg/cm^2 และมีอัตราการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 8.8

สาเหตุของตัวอย่างส่วนใหญ่ที่ไม่ผ่านเกณฑ์คุณลักษณะที่ต้องการมาจากการที่ตัวอย่างมีตำหนิซึ่งเกิดจากปริมาณเม็ดยางที่มากเกินไปทำให้พื้นผิวมีการหลุดร่อน และการเพิ่มปริมาณเม็ดยางที่น้อย ส่งผลให้ได้ค่าความหนาแน่นเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด

ในการคำนวณต้นทุนของคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดยางรถยนต์ขนาด 20 mesh ในอัตราส่วนร้อยละ 25 เทียบกับคอนกรีตมวลเบาธรรมดาพบว่าราคาต้นทุนของวัสดุของคอนกรีตมวลเบาผสมที่ได้จากการทดลอง มีราคา 140.505 บาท ซึ่งมีราคาถูกกว่าการใช้คอนกรีตมวลเบา 26.095 บาท ต่อการก่อผนัง 1 ตารางเมตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.ในการทดสอบนี้ ทำการทดสอบโดยใช้เม็ดยางรถยนต์เพียง 2 ขนาด ซึ่งอาจไม่เพียงพอในการที่จะสรุปว่าขนาดของเม็ดยางนั้นส่งผลต่อคุณสมบัติในด้านต่างๆ ของคอนกรีตอย่างไร

2.ขั้นตอนการผสมวัสดุ จำเป็นต้องตรวจสอบการกระจายตัวของเม็ดยางรถยนต์ เพื่อให้เม็ดยางได้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ

3.ในการทำให้ตัวอย่างแห้งโดยตากแห้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์ หากเก็บตัวอย่างไม่ดีในตอนกลางคืน อาจทำให้ความชื้นในอากาศเข้าสู่ตัวอย่างได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กฤตวิทย์ กันทะวงศ์, “การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาระบบ CLC ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559)

สุรเชษฐ์ อุปวรรณ, สุรพงษ์ สุวรรณราช และอรุณพล หายทุกข์, “อิฐมวลเบาผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556)

คณินพิสิษฐ์ ประมวลพรสถิต และวรพล ฉัตรอารีย์กุล, “บล็อกจากคอนกรีตผสมผงยางรถยนต์ใช้แล้ว สำหรับป้องกันอุทกภัย” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550)

อัศวิน น้อยสุวรรณ, วรากร หมั่นสระเกษ, สกนธ์ เลิศมัลลิกภาพร และสุรเชษฐ์ สุพรรณกลาง, “คอนกรีตผสมแกลบ” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548)

ธนิน เลื่อมประพวงกุล และพิเชษฐ ปราชญ์พนธ์, “ฉนวนดูดซับเสียงจากคอนกรีตผสมเม็ดยางรถยนต์ใช้แล้ว” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551)

กฤษณะ เจริญคลัง และมานูญ บุญมา, “การใช้ประโยชน์จากขี้เถ้าลอยสำหรับผลิตอิฐมวลเบา” (ปริญญา. นิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2548)

ธีระพงศ์ มีเงิน.นิพนธ์ วรเนตร์.ศรายุทธ์ แยังจันทร์, “การศึกษาการผลิตโฟมอินทรีย์สำหรับทำอิฐมวลเบา” (ปริญญาานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550)

สำเนียง องสุพันธ์กุล, วราธร แก้วแสง และจิรัฐดี บรรจงศิริ, 2559. ได้ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกมวลเบาจากเม็ดดินเผาและเถ้าลอย

วารารณ ขจรไชยกูล, “ยางธรรมชาติ: การผลิตและการใช้งาน”, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2549.

เว็บไซต์ mortarthai.blogspot 27 กันยายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

- 6.1 ลักษณะทั่วไป
ต้องไม่แตก ไม่ร้าว ไม่บิดเบี้ยว ไม่แอ่นตัว และไม่มีตำหนิที่เป็นผลเสียต่อการใช้งาน การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- 6.2 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร
เมื่อทดสอบตามข้อ 10.2 แล้ว คอนกรีตบล็อกมวลเบาต้องมีความหนาแน่นเชิงปริมาตรเฉลี่ยตามตารางที่ 1 โดยคอนกรีตบล็อกมวลเบาแต่ละก้อนจะมีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไม่เกิน $\pm 50 \text{ kg/m}^3$
- 6.3 ความต้านแรงอัด
เมื่อทดสอบตามข้อ 10.3 แล้ว คอนกรีตบล็อกมวลเบาต้องมีความต้านแรงอัดที่อายุ 28 d เป็นไปตาม ตารางที่ 3

คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบ่งตามความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งออกเป็น 8 ชนิด ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของคอนกรีตบล็อกมวลเบา

(ข้อ 3.1)

ชนิด	ความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งเฉลี่ย (kg/m^3)
C6	501 ถึง 600
C7	601 ถึง 700
C8	701 ถึง 800
C9	801 ถึง 900
C10	901 ถึง 1 000
C12	1 001 ถึง 1 200
C14	1 201 ถึง 1 400
C16	1 401 ถึง 1 600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอก.2601-2556

ตารางที่ 3 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อกมวลเบา

(ข้อ 6.3)

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

6.4 อัตราการดูดซึมน้ำ

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.4 แล้ว อัตราการดูดซึมน้ำต้องเป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกมวลเบา

(ข้อ 6.4)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายยุติธรรม ปะกิริะคัง
 วัน เดือน ปีเกิด 25 กรกฎาคม 2540
 ที่อยู่ 166/12 ถ.เสรีไทย ต.ธาตุเชิงชุม อ.เมืองสกลนคร จ.สกลนคร 47000
 โทร 097 319 7469
 Email 59011108@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนสกลราช
 วิทยานุกูล อ.เมืองสกลนคร
 ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล นายยิ่งเจริญ ฤทธาคนานนท์
 วัน เดือน ปีเกิด 20 สิงหาคม 2540
 ที่อยู่ 39/98-99 ถ.สระหลวง ต.ในเมือง อ.เมืองพิจิตร จ.พิจิตร
 โทร -
 Email yingcharoen_230840@hotmail.com
 ประวัติการศึกษา พ.ศ.2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนนครสวรรค์
 อ.เมืองนครสวรรค์
 ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน(ต่อ)

ชื่อ-นามสกุล นายภานุภณ ศรีสมpong

วัน เดือน ปีเกิด 29 กันยายน 2539

ที่อยู่ 141 ต.บุคคโล อ.ธนบุรี จ.กรุงเทพ 10600

โทร 080 952 9515

Email shonenjump692@gmail.com@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา พ.ศ.2559 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนทวีธาภิเศก
อ.บางกอกใหญ่ จ.กรุงเทพ

ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้