การศึกษาการใช้เศษคอนกรีตมวลเบา(เซลลูล่า)รีไซเคิลในอิฐบล็อก

A STUDY OF RECYCLE LIGHTWEIGHT CONCRENT TO A COARESE AGGREGATE IN CONCRETE BLOCK

นาย จิรวัฒน์ โพธิ์ใจพระ

นาย วุฒิชัย บัวพาวัน

นาย ศรัณยู หล้าแหล่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา(ต่อเนื่อง)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการใช้เศษคอนกรีตมวลเบา(เซลลูล่า)รีไซเคิลในอิฐบล็อก

A STUDY OF RECYCLE LIGHTWEIGHT CONCRENT TO A COARESE AGGREGATE IN CONCRETE BLOCK

นาย จิรวัฒน์ โพธิ์ใจพระ

นาย วุฒิชัย บัวพาวัน

นาย ศรัณยู หล้าแหล่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา(ต่อเนื่อง)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF RECYCLE LIGHTWEIGHT CONCRENT TO A COARESE AGGREGATE IN CONCRETE BLOCK

JIRAWAT PHOJAIPHRA

WUTTHICHAI BUAPAWAN

SARANYU LALANG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT 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

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการใช้เศษคอนกรีตมวลเบา(เซลลูล่า)รีไซเคิลในอิฐบล็อก

นักศึกษา นาย จิรวัฒน์ โพธิ์ใจพระ

นาย วุฒิชัย บัวพาวัน

นาย ศรัณยู หล้าแหล่ง

รหัสประจำตัว 60015005

60015042

60015043

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

พ.ศ. 2562

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. อำพน จรัสจรุงเกียรติ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการลดต้นทุนการก่อสร้างเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งงานวิจัยนี้เล็งเห็นถึงการนำวัสดุเศษคอนกรีตมวลเบาที่ที่ได้มาจากทุบทำลายจากสิ่งก่อสร้างมาทำเป็นวัสดุมวลรวมหยาบของคอนกรีตบล็อก จึงนำมาศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ของกำลังอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก ซึ่งงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เศษคอนกรีตมวลเบารีไซเคิล จะใช้แม่พิมพ์หรือโมลด์รูปทรงทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. วัสดุมวลรวมหยาบที่เป็นหินและเศษคอนกรีตมวลเบาตลอดทดลองถูกควบคุมด้วยขนาดคละ ตะแกรงเบอร์ ¾ ตะแกรงเบอร์ 4 และตะแกรงเบอร์ 8 นิ้ว โดยมีการคิดสัดส่วนของวัสดุมวลรวมหยาบ ซึ่งใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หิน ทราย ในอัตราส่วน 1:1:1 ที่ใช้ในการทดสอบเป็นกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่น ซึ่งคอนกรีตบล็อกจะถูกทดสอบที่อายุ 7 วัน จากการทดสอบพบว่าการใช้ขนาดคละที่ต่างกันของเศษคอนกรีตมวลเบาที่มีค่ากำลังรับแรงอัดต่างกันในการใช้เป็นมวลรวมหยาบมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดและค่าความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A Study of Recycle Lightweight Concrete to a Coarese Aggregate in Concrete Block
Student	Mr.Jirawat Phojaiphra
	Mr.Wutthichai Buapawan
	Mr.Sarunyu Lalang
Student ID	60015005
	60015042
	60015043
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Asst.Prof. Dr. Amphon Jarasjarungkiat

ABSTRACT

At the present time, Construction cost can be considered as one of the most important factors. This research is foreseen the use of aerated concrete scrap materials obtained from the demolished from the construction to make a coarse aggregate material of concrete blocks. Therefore to study the relationship between compressive strength and density of concrete blocks This research therefore studies and compares the compressive strength and density of concrete blocks using recycled aerated concrete scraps. Will use mold or cube shape, size 15x15x15 cm, coarse aggregate material which is stone and aerated concrete pieces throughout the experiment, controlled by the size of sieve no. ¾, sieve no. 4 and sieve no. 8 in. Of coarse aggregate material. Which uses type 1 Portland cement, sand stone in the ratio 1: 1: 1 used in the tests as compressive strength and density. concrete blocks will be tested at the age of 7 days. From the test, it was found that using different sizes of aerated concrete scraps. Which has different compressive strength in use as a coarse aggregate, resulting in a significantly reduced compressive strength and density of concrete.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ รศ.ดร.อำพน จรัสจรุงเกียรติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำเป็นอย่างดีมาโดยตลอดในช่วงการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นสถานที่ที่ให้ความรู้ และให้โอกาสได้ศึกษาตลอดหลักสูตร

ขอขอบคุณ บิดาและมารดาที่ส่งเสียค่าเล่าเรียนให้ได้ศึกษาและสนับสนุนเสมอมา

ขอขอบคุณ พี่เจี๊ยบ พี่สมบัติ ที่คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดลองในระหว่างทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณ นาย เศรษวัฒน์ ช่วยศรีนวล ที่ช่วยกันทำงานและทำให้งานวิจัยสามารถต่อยอดมาเป็นวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูบาอาจารย์ทุกท่านที่เคยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

จิรวัฒน์ โพธิ์ใจพระ

วุฒิชัย บัวพาวัน

ศรัณยู หล้าแหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญ(ต่อ).....จ
สารบัญรูป.....ฉ
สารบัญตาราง.....ช
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....1
1.4 ขั้นตอนดำเนินงาน.....2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 บทนำ.....3
2.2 นิยายและความหมาย.....3
2.2.1 คอนกรีต.....3
2.2.2 คอนกรีตมวลเบาระบบCLC.....4
2.2.3 อิฐบล็อกและคอนกรีตบล็อก.....4
2.2.4 ผนังอิฐบล็อก.....5
2.2.5 วัสดุมวลรวม.....7
2.2.6 สารผสมเพิ่ม.....8
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....10
2.4 การศึกษาการวิจัยที่ผ่านมา.....13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....16
3.1 การออกแบบส่วนผสม.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1 การออกแบบส่วนผมอิฐบล็อก.....17
3.2 การสอบและขั้นตอนการทำ.....21
3.3 การทดสอบคุณสมบัติและส่วนผสมและคอนกรีต.....31
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....32
4.1 ผลการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดและอัตราส่วนการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตร.....32
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....42
5.1 สรุปผลวิจัย.....42
5.2 ข้อเสนอแนะ.....44
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน.....45
ภาคผนวก ก ภาพประกอบที่เกี่ยวข้อง.....46
เอกสารอ้างอิง.....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1.....21
รูปที่ 3.2 เศษคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เป็นมวลรวมหยาบ.....21
รูปที่ 3.3 ทรายที่ใช้เป็นมวลรวมละเอียด.....22
รูปที่ 3.4 กะบะผสมคอนกรีต.....23
รูปที่ 3.5 เครื่องชั่งแบบละเอียด.....23
รูปที่ 3.6 แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 เซนติเมตร.....24
รูปที่ 3.7 กระบอกตวงน้ำ.....24
รูปที่ 3.8 เหล็กกระทุ้ง.....25
รูปที่ 3.9 ตะแกรงร่อนหิน เบอร์ 8.....25
รูปที่ 3.10 ตะแกรงร่อนหิน เบอร์ 4.....25
รูปที่ 3.11 เตรียมวัสดุเพื่อทำการผสมเพื่อทำการผสม.....26
รูปที่ 3.12 เทวัสดุที่เตรียมไว้ทั้งหมดและใส่น้ำทำการผสมให้ได้ที่.....27
รูปที่ 3.13 เทวัสดุที่ผสมได้ที่แล้วลงแบบที่ทาน้ำมันแล้ว.....27
รูปที่ 3.14 กระทุ้งให้ทั่วเพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างมาก.....28
รูปที่ 3.15 ทำการปาดหน้าให้เรียบ.....28
รูปที่ 3.16 ปล่อยแบบให้ครบ 24 ชั่วโมง.....29
รูปที่ 3.17 ครบ 24 ชั่วโมงทำการเก็บข้อมูลและนำไปแช่อีก 24 ชั่วโมง.....29
รูปที่ 3.18 แช่ครบ 24 ชั่วโมงแล้วนำขึ้นมาเก็บข้อมูลแล้วปล่อยให้ครบ 7 วัน.....30
รูปที่ 3.19 ครบเวลา 7 วันแล้วทำการทดสอบในแลปปฏิบัติการเพื่อเก็บข้อมูล.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58-2530.....6
ตารางที่ 1.2 ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อก.....7
ตารางที่ 1.3 ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อคไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น).....7
ตารางที่ 4.1 ปริมาตรและน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก.....33
ตารางที่ 4.2 ความถ่วงจำเพาะและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก.....34
ตารางที่ 4.3 ปริมาตรและน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา (Sieve No.8).....35
ตารางที่ 4.4 ความถ่วงจำเพาะและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา.....36
ตารางที่ 4.5 ปริมาตรและน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา(Sieve No.4).....37
ตารางที่ 4.6 ความถ่วงจำเพาะและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา.....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้ในงานก่อสร้างต่างๆไม่ว่าจะเป็นงานก่อสร้าง อาคาร บ้านพักอาศัย ตึกสูง ก็จะมีการนำวัสดุอิฐมวลเบามาใช้งานในงานก่อสร้างทำเป็นผนังกำแพงมากขึ้นเพราะมีคุณสมบัติที่คงทนต่อความร้อนได้ดี ไม่ดูดซึมน้ำ มีน้ำหนักเบา ก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว กันเสียงและมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับอิฐมอญและคอนกรีตบล็อก อย่างไรก็ตามกว่าจะนำอิฐมวลเบามาใช้ในงานก่อสร้างนั้นก็ต้องผ่านมาตรฐาน มอก. คอนกรีตมวลเบาโดนการทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการ (Laboratory)และที่มหาลัยต่างๆทั่วประเทศไทยก็ได้มีการเรียนการทดสอบวัสดุ เช่น การทดสอบ ไม้ เหล็ก ปูน และวัสดุต่างๆอีกมากมายและหนึ่งในนั้นได้มีการทดสอบคอนกรีตมวลเบา และหลังจากการทดสอบก็จะมีเศษคอนกรีตมวลเบาที่เสียหาย ก็จะถูกนำไปทิ้ง ทางผู้ศึกษาจึงเห็นว่าเศษคอนกรีตมวลเบาเหล่านี้น่าจะมีประโยชน์ด้วยการนำกลับมารีไซเคิล (Recycled) ใช้เป็นวัสดุมวลรวมหยาบในอิฐบล็อกและทำการทดสอบการรับกำลังแรงอัดและอัตราการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตรแล้วนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างอิฐบล็อกแบบธรรมดากับอิฐบล็อกที่มีเศษคอนกรีตมวลเบาว่ามีค่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติอิฐบล็อก ที่ใช้เศษคอนกรีตมวลเบามารีไซเคิลเป็นวัสดุมวลรวมหยาบที่ใช้ ทราย ปูน ในอัตราสัดส่วนที่กำหนด รวมทั้งค่าอัตราน้ำต่อซีเมนต์ (Water Cement Ratio) และทำการปฏิบัติตามขั้นตอนการทดสอบวัสดุและนำค่ามาเปรียบเทียบและหาเฉลี่ยการรับกำลังแรงอัดและทราบอัตราการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตรเพื่อมาเปรียบเทียบว่ามีค่าแตกต่างจาก มอก.58-2530 อิฐบล็อก สมควรนำมาใช้แทนได้หรือไม่

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การทดสอบอิฐบล็อกที่ใช้เศษคอนกรีตมวลเบาผสมกันในสัดส่วนต่างๆมาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบกับอิฐบล็อกธรรมดา มีดังต่อไปนี้

1.3.1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ Type 1

1.3.2 มวลรวมละเอียดทรายหยาบ

1.3.3 ใช้เศษคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ (sieve 4,8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.4 แบบหล่อคอนกรีตตัวอย่างที่ใช้เป็นแบบหล่อรูปทรงลูกบาศ์ก 15x15x15 ลบ.ซม.

1.3.5 การทดสอบนี่เป็นผลการทดสอบเฉพาะในห้องปฏิบัติการ (Laboratory)

- ขั้นตอนการทดสอบรับแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test)
- ขั้นตอนการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำ
- ขั้นตอนการทดสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตรในสภาพแห้งสนิท

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ตั้งวัตถุประสงค์ของการศึกษาการใช้เศษคอนกรีตมวลเบา(เซลลูล่า)รีไซเคิลทำเป็นอิฐบล็อก

1.4.2 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการใช้เศษคอนกรีตมวลเบา(เซลลูล่า)รีไซเคิลทำเป็นอิฐบล็อกเพื่อเป็นแนวทางการศึกษา

1.4.3 วางแผนการทำงาน พร้อมกำหนดขอบเขตของการศึกษา

1.4.4 ทำการผสมคอนกรีตบล็อกพร้อมเก็บตัวอย่างแบบ ลูกบาศก์ ขนาด 15 x 15 x 15 ลบ.ซม.

1.4.5 ทำการบ่มตัวอย่างคอนกรีตบล็อก ทิ้งไว้ให้แข็งตัว 7 วัน

1.4.6 ทำการทดสอบคุณสมบัติต่างของตัวอย่างและทำการบันทึกค่า

1.4.7 รวมรวบข้อมูลมาเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ผลการทดลอง

1.4.8 สรุปผลการทดลองว่าสามารถนำเศษวัสดุมาผสมเป็นมวลรวมหยาบได้หรือไม่

1.4.9 เรียบเรียงข้อมูลการศึกษาและจัดทำรูปเล่ม

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ทราบถึงความแตกต่างของค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกที่ใช้เศษคอนกรีตมวลเบามาผสมในสัดส่วนที่กำหนดเป็นวัสดุมวลรวมหยาบเทียบกับคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐาน มอก. 58-2530

1.5.2 ทราบค่ากำลังรับแรงอัดและอัตราการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นของคอนกรีตที่รีไซเคิล

1.5.3 ทราบถึงความเป็นไปได้ว่าควรนำเศษคอนกรีตมวลเบามาผสมทำเป็นอิฐบล็อกเป็นมวลรวมหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันความต้องการในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากเศษขยะในการรื้อถอนโครงสร้างจากปริมาณของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปีเนื่องจากมีการก่อสร้างที่ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี ในขณะที่หน่วยงานท้องถิ่น ไม่ได้ให้ความสำคัญในการจัดการกับของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนเหล่านี้อย่างเหมาะสม ทำให้ของเสียจากการก่อสร้างและรื้อถอนบางส่วนถูกนำไปแอบทิ้งอย่างผิดกฎหมายตามที่ว่าง มีบางส่วนที่เอกชนนำไปถมที่โดยไม่มีการแยกวัสดุอันตราย วัสดุที่ไม่ควรนำไปถมที่ และวัสดุที่สามารถนำไปรีไซเคิล ได้บางส่วนทิ้งรวมไปกับขยะมูลฝอยชุมชนเพื่อไปฝังกลบ ซึ่งจะทำให้อายุของหลุมฝังกลบลดลง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทำให้ใช้ทรัพยากรได้ไม่คุ้มค่า

2.2 นิยามและความหมาย

2.2.1. คอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและได้รับการยอมรับ ทั้งนี้เนื่องจากคอนกรีตมีความเหมาะสมกว่าวัสดุก่อสร้างประเภทอื่นๆ ทั้งด้านเชิงกลและกายภาพอีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่หาได้ง่ายราคาต้นทุนในการผลิตต่ำ ในที่นี้เราสามารถแยกองค์ประกอบหลักของคอนกรีตออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1.วัสดุประสาน คือ ปูนซีเมนต์ น้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต

2.มวลรวม คือ ทราย หิน กรวด

เมื่อนำส่วนประกอบต่างๆ ของวัสดุมาผสมเข้าด้วยกัน ก็จะมีชื่อเรียกเฉพาะของวัสดุต่างๆที่ผสมกันดังนี้

ปูนซีเมนต์ผสมน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่า ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)

ซีเมนต์เพสต์ผสมกับทราย เรียกว่า มอร์ต้าร์ (Mortar)

มอร์ต้าร์ผสมกับหินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete) [1]

คอนกรีตที่ใช้งานโครงสร้างแบ่งออกได้ 5 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1.คอนกรีตล้วน (Plain Concrete) เป็นคอนกรีตอย่างเดียวปราศจากวัสดุอื่นใด เหมาะสมกับโครงสร้างที่รับแรงอัดอย่างเดียว เช่น คอนกรีตที่เป็นแท่งใหญ่ (Mass Concrete) กำแพงกันดินแบบน้ำหนักถ่วง (Gravity Retaining Wall)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce Concrete) เป็นคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมเพื่อให้สามารถรับแรงอัดและ แรงดึงมากขึ้น นิยมใช้ในการก่อสร้าง โครงสร้างอาคาร เสา คาน พื้น และ ฐานราก ซึ่งเป็นที่นิยมกันในปัจจุบัน

3.คอนกรีตอัดแรง (Pre stressed Concrete) เป็นโครงสร้างคอนกรีตที่ใช้เทคนิคลวดรับแรงดึงสูง (Tendon) และ ถ่ายแรงค้างไว้ในเนื้อคอนกรีต ทำให้โครงสร้างสามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดและแรงเฉือน

4.คอนกรีตเบา (Lightweight Concrete) คือ คอนกรีตที่มีความหนาแน่น หรือ หน่วยน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มีค่าประมาณ 400 - 1900 กก. /ลบ.ม. โดยคัดเลือกวัสดุผสมที่น้ำหนักเบาพิเศษ หรือ อาศัยปฏิกิริยาของผงด่างโลหะกับน้ำ ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากในเนื้อคอนกรีต คอนกรีตจึงพองตัวและเบาขึ้น คอนกรีตเบานี้สามารถลดน้ำหนักอาคารได้มาก และ ประหยัดต้นทุนค่า

5.คอนกรีตหล่อสำเร็จรูป (Precast Concrete) เป็นการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจากโรงงานแล้วจึงนำมาประกอบติดตั้ง ณ. สถานที่ก่อสร้าง เช่น ผนังสำเร็จรูป แผ่นพื้นสำเร็จรูป เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง คานสำหรับงานสะพาน หรือ ทางด่วน เป็นต้น

2.2.2 คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC (Cellular Lightweight Concrete)

คอนกรีตที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ , ทราย , น้ำ และผสมฟองโฟมเพื่อให้เกิดฟองกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีตและคงรูป ส่วนผสมฟองอากาศที่เกิดขึ้นนี้ได้จากเครื่องผลิตฟองโฟม (Foam Generator) คอนกรีตธรรมดามีค่าความหนาแน่นประมาณ 2400 ถึง 2600 กก./ลบ.ม. เมื่อลดการใช้หินซึ่งเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) และแทนที่ด้วยฟองโฟม

2.2.3 อิฐบล็อกและคอนกรีตบล็อก

อิฐบล็อกทำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับทราย ซึ่งเป็นอิฐที่มีความนิยมใช้ในงานก่อสร้าง เช่นเดียวกับอิฐมอญ เนื่องจากมีราคาถูกและก่อสร้างได้รวดเร็ว ข้อเสียคือไม่ค่อยแข็งแรง ส่วนคอนกรีตบล็อก ทำจากส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์กับหินและทรายสามารถรับแรงอัดได้สูงประมาณ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จึงเป็นที่นิยมใช้ในงานปูพื้นและทางเข้า การปูพื้นทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ไม่ทิ้งรอยสกปรกเลอะเทอะ

การใช้งานอิฐบล็อกแต่ละประเภท

1. อิฐบล็อก 7 ซม ธรรมดา ที่เราเห็นกันตามร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไป นั้น ความจริง มีขนาดความหนาแค่ 6.5 ซม. ไม่ได้รับมาตรฐานอุตสาหกรรม ผนังเปลือกบล็อกจึงบางมาก น้ำหนักเบา เพื่อลดต้นทุนให้มากที่สุด ใช้กับงานผนังทั่วไป ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่น ผนังรั้วบ้าน, ผนังกั้นห้องภายในบ้าน, แบบหล่อฐานราก FOOTING เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อิฐบล็อก 7 ซม มอก. หรือที่เรียกกัน ว่า คอนกรีตบล็อก นั้น แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ มอก.57 และ มอก.58

2.1 มอก.57 เป็นผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก ใช้สำหรับผนังภายนอก หรือภายในอาคาร ที่คำนวณโครงสร้างให้ผนังคอนกรีตบล็อก รับน้ำหนักด้วย คอนกรีตบล็อก มาตรฐานนี้ จึงมีความแข็งแกรงมาก รับน้ำหนักได้มากกว่า 50 -100 ตัน ต่อ 1 ก้อนขึ้นอยู่กับความหนาของอิฐบล็อกที่เลือกใช้ ผนังอาคารที่เลือกใช้ส่วนใหญ่เป็นงานราชการขนาดใหญ่ เช่น ผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT, ผนังอาคารผู้โดยสาร สนามบินสุวรรณภูมิ , ผนังอาคารกำเนิดไฟฟ้า เขื่อนน้ำเทิน ประเทศลาวเป็นต้น

2.2 มอก.58 เป็นผนังคอนกรีตที่ไม่รับน้ำหนัก ใช้สำหรับผนังภายในอาคาร/บ้าน ที่ต้องการผนังคอนกรีต คุณภาพสูง ดูดซึมน้ำต่ำ ทึบเสียงได้ดี ทนไฟได้ 4 ชม. เช่น ผนังบ้าน , ผนังอาคาร , ผนังคอนโดมิเนียม ,ผนังโรงงาน ตัวอย่างโครงการที่เลือกใช้ เช่น ผนังอาคารอิมแพคเมืองทอง , ผนังอาคาร สยามพาราก้อน เป็นต้น

ในแต่ละมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.ยังแบ่งออกเป็นควบคุมความชื้นและไม่ควบคุมความชื้นอีก ซึ่งถ้าควบคุมความชื้นเหมาะกับผนังภายนอก ที่ต้องโดนฝน แดด สภาพอากาศต่างๆ ส่วนไม่ควบคุมความชื้นเหมาะกับผนังภายในอาคาร ที่ไม่โดนสภาพอากาศภายนอก

3. อิฐบล็อก 9 ซม. เหมาะสำหรับผนังโรงงาน ,โกดังขนาดเล็ก ,อาคารสินค้า หรือ รั้วกำแพงที่ต้องการความแข็งแรงสูง ตัวอย่างโครงการที่เลือกใช้ เช่น ผนังและรั้วโรงงานโตโยต้า บ้านโพธิ์, ผนังโรงงานแคนอล โคราช เป็นต้น

4. อิฐบล็อก 14 ซม. เหมาะสำหรับผนังโรงงาน/อาคารที่ต้องการความแข็งแรงสูง ป้องกันผนังจากการกระทบ กับเครื่องจักร เช่น ผนังโรงสีข้าว , ผนังอาคารเก็บสินค้าขนาดใหญ่ ตัวอย่าง ผนังอาคารโกดังเก็บสินค้า อตก. ผนังอาคารสนามบินสุวรรณภูมิ

5. อิฐบล็อก 19 ซม. เป็นอิฐบล็อกขนาดมาตรฐานที่มีขนาดใหญ่ที่สุด สำหรับผนังที่ต้องการความแข็งแรงสูงสุด ใช้ในผนังบ้าน หรือ ผนังอาคารที่ก่อสร้างโดยไม่ใช่เสา ตัวอย่างเช่น ผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT สายสีส้มและม่วงในปัจจุบันนี้

6. อิฐ FAST BRICK ใช้ทดแทน ผนังอิฐมอญ นับวัน อิฐมอญจะหายากขึ้นเรื่อยๆ สวนทางกลับคุณภาพที่ต่ำลง เนื่องจากวัตถุดิบที่ทำเชื้อเพลิงมีราคาแพงขึ้น FAST BRICK จึงเป็นผลิตภัณฑ์ ที่ทดแทนอิฐมอญ ผลิตจากคอนกรีตคุณภาพสูง ทึบทั้งก้อน บ่มด้วยห้องบ่มอุณหภูมิสูง ผนังที่ได้ จึงมีคุณภาพที่สูงกว่า อิฐมอญ ใช้กับผนังภายในบ้าน อาคาร คอนโดมิเนียม ตัวอย่างโครงการที่ใช้ ผนังกั้นห้องโรงแรม PARK VENTURE

2.2.4 ผนังอิฐบล็อก

1. อิฐบล็อก 7 ซม. มี 2 ประเภท

1.1 อิฐบล็อก มอก.57 เป็นผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก ใช้สำหรับภายนอกหรือ ภายในอาคาร ที่คำนวณให้ผนังรับน้ำหนักด้วยอิฐบล็อกรับน้ำหนัก ได้ 50- 100 ตัน ต่อ 1 ก้อนขึ้นอยู่กับ ความหนาที่เลือกใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 อิฐบล็อก มอก.58 เป็นผนังที่ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ใช้สำหรับภายใน อาคารที่ต้องการผนังคอนกรีตที่คุณภาพสูง ดูดซึมน้ำต่ำ ทึบเสียงได้ดี ทนไฟได้ 4 ชม.

2. อิฐบล็อก 9 ซม. เหมาะสำหรับผนังโรงงาน โกดังขนาดเล็ก อาคารสินค้า หรือ รั้ว กำแพงที่ต้องการความแข็งแรงสูง เช่น ผนัง โรงงานโตโยต้า

3. อิฐบล็อก 14 ซม. เหมาะสำหรับผนังโรงงานหรืออาคารที่ต้องการความแข็งแรงสูง ป้องกัน จากการกระทบกับเครื่องจักร เช่น ผนัง อาคารสนามบินสุวรรณภูมิ

4. อิฐบล็อก 19 ซม. เป็นอิฐบล็อกที่มีขนาดใหญ่เหมาะสำหรับผนังที่ต้องการความแข็งแรงสูงสุดใช้ในผนังบ้านหรืออาคารที่ไม่ใช้เสาเช่นผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน MRT

ตารางที่ 1.1 **ขนาดของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก.58-2530**

มิติพิกัด หนา×สูง×ยาว พ	ขนาดที่ทำ หนา×สูง×ยาว มิลลิเมตร×มิลลิเมตร×มิลลิเมตร
$^{4}/_{5}$ ×2×1 $^{1}/_{2}$	70×190×140
1×2×1 $^{1}/_{2}$	90×190×140
1 $^{1}/_{2}$ ×2×1 $^{1}/_{2}$	140×190×140
2×2×1 $^{1}/_{2}$	190×190×140
$^{4}/_{5}$ ×2×2	70×190×190
1×2×2	90×190×190
1 $^{1}/_{2}$ ×2×2	140×190×190
2×2×2	190×190×190
$^{4}/_{5}$ ×2×3	70×190×290
1×2×3	90×190×290
1 $^{1}/_{2}$ ×2×3	140×190×290
2×2×3	190×190×290
$^{4}/_{5}$ ×2×4	70×190×390
1×2×4	90×190×390
1 $^{1}/_{2}$ ×2×4	140×190×390
2×2×4	190×190×390

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 **ความต้านแรงอัดของคอนกรีตบล็อค**

ความต้านแรงอัด ต่ำสุด **เมกะพลาสคัล** **(เฉลี่ยจากพื้นที่รวม)**	
เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อค 5 **ก้อน**	**คอนกรีตบล็อคแต่ละก้อน**
2.5	2.0

ตารางที่ 1**.3** ปริมาณความชื้น (เฉพาะคอนกรีตบล็อคไม่รับน้ำหนักประเภทควบคุมความชื้น)

การหดตัวทางยาว ร้อยละ	ความชื้น สูงสุด ร้อยละของการดูดกลืนน้ำทั้งหมด (เฉลี่ยจากคอนกรีตบล็อค **5** ก้อน)		
	ความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ย ร้อยละ		
	น้อยกว่า 50	50 ถึง 75	มากกว่า 75
0.03 และน้อยกว่า	35	40	45
มากกว่า 0.03 ถึง 0.045	30	35	40
มากกว่า 0.045	25	30	35

2.2.5 วัสดุมวลรวม

วัสดุมวลรวม คือ ส่วนผสมคอนกรีตที่ยึดเข้าไว้ด้วยกันด้วยซีเมนต์เพสต์ วัสดุมวล รวมนี้จะได้จากธรรมชาติ เป็นแร่ธาตุเฉื่อยไม่มีปฏิกิริยา ที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ หินอ่อน หินกรวด และ ทรายหยาบ การเลือกใช้วัสดุมวลรวมมีส่วนสำคัญที่ช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีวัสดุมวลรวม สามารถแบ่งตามลักษณะขนาดได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine aggregate) หมายถึงวัสดุมวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มม. หรือเป็นเม็ดที่สามารถลอดผ่านตระแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ทั้งนี้จะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 มม.วัสดุมวลรวมที่ เล็กกว่า 0.07 มม. เรียกว่า ฝุ่น (Silt หรือ Clay) วัสดุมวลรวมละเอียดที่ใช้กันทั่วไป คือ ทรายหยาบ

2. วัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse aggregate) หมายถึง วัสดุมวลรวมที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม. ขึ้นไปหรือที่ไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 ซึ่งได้แก่ หินย่อย ,กรวด การเลือกใช้วัสดุมวลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยาบ อาจกำหนดขนาดเพื่อให้เหมาะสมกับโครงสร้างนั้น ๆ เช่น ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมหยาบอาจเป็น 1 ใน 5 ของความหนาคานหรือ 1 ใน 3 ของความหนา ของแผงพื้น

คุณสมบัติของมวลรวม

วัสดุมวลรวมเป็นองค์ประกอบหลักของคอนกรีต ดังนั้นคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมจึงมีผลกระต่อคุณภาพของคอนกรีตโดยตรง คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุมวลรวมจะมี ดังต่อไปนี้

1.ความแข็งแกร่ง (Strength) มวลรวมจะต้องมีความสามรถรับแรงกดได้ไม่น้อยว่ากำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ซึ่งปกติมวลรวมที่ใช้โดยทั่วไปมีความสามารถรับแรงกดได้สูงกว่าคอนกรีตมาก คือ จะรับแรงกดได้ 700 – 3500 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขึ้นอยู่กับมวลรวมที่ใช้

2. ความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature resistance) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำ ให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวและหดตัว หากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ บ่อยๆ ตลอดเวลา จะทำ ให้เกิดหน่วยแรงมากพอที่จะทำ ให้คอนกรีตแตกร้าวได้ วัสดุผสมจึง ควรทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี คือ ไม่ขยายหรือหดตัวมากและทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบ่อย ซ้ำ ๆ ได้ดี

3. รูปร่าง และผิว (Particle shape and Surface texture) มีความสำคัญ ต่อการยึดเกาะกับซีเมนต์เพสต์ และ ความสามารถเทได้ของคอนกรีต ดังนั้น วัสดุที่ใช้ควรมีลักษณะเป็นแง่เหลี่ยมคมและผิวหยาบเพื่อช่วยในการยึดเกาะและไม่ควรมีรูปทรงเป็นแผ่นแบนๆ หรือเป็นชิ้นยาวๆ เพราะจะทำ ให้เทได้ยาก ควรมีรูปทรงก้อนกลมหรือลูกบาศก์

4. ความสะอาด (Cleanliness) วัสดุมวลรวม ต้องสะอาดมีสารที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพต่อคอนกรีตน้อยที่สุดสารเหล่านี้ได้แก่ เปลือกหอย ซานอ้อย ถ่านหิน ถ่าน เศษไม้ เศษกระดาษ ก้อนหิน โคลนเลน ฝุ่นหรือผงละเอียด (Silt) ถุงพลาสติก ใบไม้ เป็นต้น สิ่งดังกล่าวนี้ทำให้ความทนทานและแรงยึดเหนี่ยวลดลงบางครั้งทำให้คอนกรีตร้าว, มีกำลังต่ำ, แข็งตัวช้า ปริมาณสิ่งเจือปนที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตจะต้องมีไม่มากกว่าที่กำหนด

2.2.6 สารผสมเพิ่ม (ADMIXTURES)

สารผสมเพิ่มหมายถึงสารเคมีอื่น ๆนอกเหนือไปจาก ปูนซีเมนต์ วัสดุมวลรวม และน้ำที่ใช้เติมลงในส่วนผสมของคอนกรีต ด้วยจุดประสงค์เพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต สารผสมเพิ่มจะให้ผลแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ที่ใช้,ขนาด,รูปร่าง และส่วนขนาดคละของวัสดุมวลรวม,น้ำ และอุณหภูมิ ดังนั้น การใช้สารผสมเพิ่มจึงควรได้ทราบถึงข้อมูลตลอดจนข้อแนะนำในการใช้ของบริษัทผู้ผลิตโดยละเอียด นอกจากนี้สารผสมเพิ่มจะให้ผลดีต่อเมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสม สารผสมเพิ่มที่นิยมใช้กันทั่วไปได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) สารเร่งการก่อตัว (Accelerators) สารเร่งการก่อตัวจะทำให้คอนกรีตก่อตัวและแข็งตัวเร็วขึ้นกว่าปกติ นอกจากนี้ผลพลอยได้ของการใช้สารเร่งการก่อตัว คือ จะทำให้คอนกรีตมีกำลังในระยะแรกสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา โดยทั่วไปแล้วสารเร่งการก่อตัวจะใช้เมื่อต้องการเร่งเวลาการถอดแบบหล่อ หรือเมื่อต้องการให้คอนกรีตรับแรงได้เร็วกว่าปกติ เช่น การทำเสาเข็มธรรมดาและเสาคอนกรีตอัดแรง ใช้อุดรูรั่วในเนื้อคอนกรีตสารที่นิยมใช้เป็นตัวเร่งการก่อตัวคือแคลเซียมคลอไรด์ และโซเดียมซิลิเกต เป็นต้น

2) สารหน่วงการก่อตัว (Retarders)สารหน่วงการก่อตัว มีคุณสมบัติช่วยให้คอนกรีตก่อตัวช้ากว่าธรรมดา (เกินกว่า 1 1/2 ชั่วโมง) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ ในกรณีที่ต้องเสียเวลาเคลื่อนย้ายคอนกรีตที่ผสมแล้วไปยังจุดเทที่อยู่ ไกล ๆ หรือในกรณีที่ต้องใช้เวลาในการเคลื่อนย้ายและการเทนาน ๆ ข้อเสียของการใช้สารหน่วงการก่อตัว คือจะทำให้กำลังคอนกรีตลดต่ำไปในช่วง 3 วันแรก แต่ผลพลอยได้คือ ช่วยลดปริมาณน้ำได้ประมาณ 5 - 15% ซึ่งเป็นผลทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงในระยะเวลาหลังและมีกำลังเท่ากับหรือสู กว่าคอนกรีตธรรมดาเมื่ออายุ 28 รัน สารชนิดนี้ได้แก่ แคลเซียม หรือยิบซัม ซึ่งบริษัทผู้ผลิต ปูนซีเมนต์ทั้งหลาย ก็ได้ใช้ปนอยู่แล้วในปูนซีเมนต์ที่ผลิต

3) สารลดปริมาณน้ำ (Water Reducing Admixture) สารลดปริมาณน้ำจะช่วยลดปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในส่วนผสมคอนกรีตแต่ยังได้ความข้นเหลวเทียบเท่ากับคอนกรีตธรรมดา เมื่อใช้น้ำในส่วนผสมคอนกรีตน้อยลง (อัตราส่วนน้ำต่อ ซีเมนต์น้อยลง) จะมีผลในการเพิ่มกำลังของคอนกรีตสารชนิดนี้เป็นสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่ทำมาจากเกลือลิกโนซัลโฟนิค (Lignosulfonic Acid) หรือเกลือและสารประกอบของกรดไฮดรอกซีคาร์บอซีลิค (Hydroxycarboxylic Acid) หรือสารประกอบโพลิเมอร์บางชนิด เช่น โพลิเมอร์ ไฮดรอกซีเลต (Hydroxylated Polymers)

4) สารป้องกันน้ำ (Waterproofing) สารป้องกันน้ำจะทำให้คอนกรีตทึบน้ำกันน้ำไม่ให้น้ำซึมผ่านได้ สารป้องกันน้ำจะเข้าไปแทรกอุดรูเล็ก ๆ ในคอนกรีตทำให้คอนกรีตทึบน้ำ ถ้าสามารถออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้พอดีและสามารถผสมคอนกรีตได้ตามที่ออกแบบ เมื่อนำคอนกรีตไปหล่อแล้วคอนกรีตจะแน่นทึบกันน้ำ แต่กรณีไม่สามารถทำได้ก็จำเป็นต้องใช้สารชนิดนี้ช่วย สารป้องกันนี้มักจะใช้กับคอนกรีตที่ต้องการไม่ให้น้ำซึมผ่านได้ เช่น โครงสร้างที่กั้นน้ำ ห้องใต้ดิน อุโมงค์ สระน้ำ หลังคา พื้นห้องน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้สารป้องกันน้ำยังนำมาใช้กับมอร์ต้า (ปูน ทราย น้ำ) ที่ใช้โบกกำแพงหรือเทผนังกันมิให้ความชื้นซึมเข้าไปได้และป้องกันราชื้นสารชนิดนี้เป็นพวกอัลคาไลน์ซิลิเกต (Alkaline Silicates) เช่น โซเดียมซิลิเกตหรืออลูมิเนียมและสังกะสีซัลเฟต (Zinc Sulphates)

5) สารกระจายกักฟองอากาศ (Air-Entraining Admixture) สารกระจายกักฟองอากาศจะช่วยทำให้เกิดฟองอากาศเล็ก ๆ มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น แผ่ปนอยู่ทั่วเนื้อคอนกรีตโดยฟองเหล่านี้จะไม่ทะลุถึงกันได้ในคอนกรีต 1 ลบ.ม. อาจมีฟองอากาศเล็ก ๆ นี้ประมาณ 3 - 6 % ของเนื้อคอนกรีตทั้งหมดโดยปริมาตร การที่ในเนื้อคอนกรีตมีฟองอากาศขนาดเล็กๆเหล่านี้จะช่วยทำให้คอนกรีตมีความสามารถในการเทได้มากขึ้น แม้ว่าจะมีปริมาณน้ำน้อยก็ตามเพราะฟองอากาศเหล่านี้จะช่วยทำ หน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นแทนน้ำ นอกจากนี้ช่วยมิให้น้ำในคอนกรีตแข็งเป็นน้ำแข็งก่อนที่คอนกรีตจะก่อตัว ซึ่งเป็นประโยชน์ในการหล่อคอนกรีตในฤดูหนาวหรือในที่ที่มีอากาศหนาวเย็นมากสารกระจายกักฟองอากาศยังช่วยลดการแยกตัว,การสูญเสียน้ำ, ไม่รั่วซึมรวมทั้งเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานซัลเฟตด้วย ข้อเสียของการใช้สารนี้ก็คือทำให้คอนกรีตมีกำลังต่ำลง เนื่องจากคอนกรีตมีรูพรุนมากและในการใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตเพื่อทำให้คอนกรีตแน่นตัวต้องระวังให้มากกว่าเดิม เพราะถ้าเขย่ามากแล้วจะทำ ให้จำนวนฟองอากาศลดน้อยลงไปเกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ สารกระจายกักฟองอากาศมีหลายชนิด อาจทำมาจาก ยางไม้ ไขมัน น้ำมัน สัตว์-พืช นอกจากการใช้สารเคมีกระจายกักฟอกอากาศมาผสมในคอนกรีตแล้ว ปัจจุบันยังมีคอนกรีตกระจายกักฟองอากาศ ซึ่งผลิตขึ้นโดยใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดกระจายกักฟองอากาศ (Air-Enrraining Cement) ซึ่งให้คุณสมบัติเช่นเดียวกันกับการเติมสารดังได้กล่าวมาแล้ว

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จำแนกตามหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตมวลเบา (บล็อกมวลเบา) แบ่งออกเป็น 3ประเภทดังนี้

1.คอนกรีตมวลเบาชนิดทำฉนวน (Insulating Lightweight Concrete) มี หน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 315 – 1100 กก./ลบ.ม.และกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ระหว่าง 6 – 70 กก. /ลบ.ม.

2.คอนกรีตเบาชนิดทำเป็นโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete) มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1400 – 1800 กก. /ลบ.ม. และมีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 กก./ลบ.ม

3.คอนกรีตชนิดกึ่งเบา (Semi-Lightweight Concrete) มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1,800 – 2,050 กก./ลบ.ม. นำมาทำพวกคอนกรีตบล็อกสำหรับกำแพงรั้ว และใช้เป็นวัสดุทนไฟกำลังต้านทานแรงอัดไม่ต่ำกว่า 120 กก./ลบ.ม.

กระบวนการผลิตในการผลิต บล็อกคอนกรีตมวลเบาชนิด CLC มีขั้นตอนดังนี้

2.3.1 ขั้นตอนการนำเข้าวัตถุดิบ

3.1.1.ระบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi Auto Feed) คนงานชั่ง ตวง ทราย และปูนนำเข้าสายพานลำเอียงเมื่อแล้วเสร็จจึงไปเตรียมรถลำเลียงเพื่อลำเลียงมอร์ต้า

3.1.2.ระบบอัตโนมัติ (Auto Feed) ควบคุมการนำเข้าวัตถุดิบ โดยผู้คุมเครื่องผสม ในการผสมครั้งที่ 2 ทรายและปูนจะถูกลำเลียง รออยู่ใน ถังชั่ง ทำให้ระยะเวลาในการลำเลียงลดลง 2-3 นาที

2.3.2 ขั้นตอนการผสมควบคุมเครื่องผสมเพียงกดปุ่มเปิดน้ำ,หมุนเครื่องผสม (Mixer) ปล่อยโฟมระยะเวลาในการผสมประมาณ 5-10 นาที

2.3.3 ขั้นตอนการลำเลียง นำรถลำเลียงเข้ารับมอร์ต้าร์ CLC แล้วนำไปเทลงในโมลด์ระยะเวลาในการปล่อยมอร์ต้าร์ CLC ประมาณ 3-5 นาที

2.3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูป หลังจากเทแล้วรอให้มอร์ต้าร์ CLC เซทตัว ระยะเวลาประมาณ 2.30 - 3.00 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิชนิดของปูน และ ส่วนผสมที่ใช้ (Mix design)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ขั้นตอนการถอดโมลด์ นำเครื่องถอดโมลด์เข้าทำการถอดโครงโมลด์ (Frame) ออก นำแบบโมลด์(Frame)ที่ถอดออกไปทำความสะอาดและเตรียมใช้สำหรับการผลิตได้ต่อเนื่องเครื่องถอดและเครื่องตัดเดินตามกันใช้พนักงานเครื่องละ 1 คน ระยะเวลาในการถอดประมาณ 1 นาที/โมลด์

2.3.6 ขั้นตอนการตัดนำเครื่องตัดเข้าตัด โดยใช้โครงลวดตัดตาม ขนาดที่ต้องการ หลังจากตัดแล้วปล่อยชิ้นงาน ไว้ 1 วัน จึงทำการเก็บใช้พนักงานควบเครื่อง 1 คน ระยะเวลาในการ ตัดประมาณ 1 นาที/โมลด์

2.3.7 ขั้นตอนการจัดเก็บทำการเก็บอิฐโดยผลักก้อนออกจากพื้นโมลด์ (Plate) ก่อนแล้วจึงทำการเก็บนำพาเลทมารองในการจัดเก็บ 3 โมลด์/พาเลท วางก้อนให้มีระยะห่างพอให้อากาศผ่านได้ ทิ้งไว้ประมาณ 3 วันแล้วจึงทำการแพ็คเพื่อส่ง

2.3.8 ขั้นตอนการจัดเตรียมการผลิต นำเครื่องฉีดน้ำแรงดัน มาฉีดคราบปูนออกจากโมลด์ใช้แผ่นใยสก๊อต์ไบร์ซลูบคราบปูนทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า แล้วนำไปวางบนพื้นโมลด์ (Plate) ปรับแนวการจัดวางให้ตรงทาน้ำยาทาแบบที่พื้นโมลด์ (Plate) และโครงโมลด์ (Frame) พร้อมสำหรับการผลิตอิฐมวลเบาในประเทศไทยมี 2 แบบที่วางจำหน่าย คือ

1. แบบ AAC (Autoclaved Aerated Concrete)

AAC คอนกรีตมวลเบาสีขาว คุณสมบัติพื้นฐานเป็นอย่างไร เหมาะสมกับประเทศไทย หรือไม่ องค์ประกอบ มีอะไรบ้าง

1.1 วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาประกอบด้วยปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว ซีเมนต์ ยิปซั่ม สารกระจายฟองอากาศและผ่านการผสมด้วยสูตรพิเศษ เฉพาะตัวสัดส่วนในการ-ผสมอิฐมวลเบา

- ทรายละเอียด (สัดส่วน 50%)
- ยิปซั่ม (สัดส่วน 9%)
- ปูนขาว (สัดส่วน 9%)
- ซีเมนต์ (สัดส่วน 30%)
- ผงอลูมิเนียม (สัดส่วน 2%)

และ ถูกทำให้แข็งด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน และ อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียสมีฟองอากาศมากประมาณ 75% ทำให้เบา(ลอยน้ำได้) ฟองอากาศเป็น closed cell ไม่ดูดซึมน้ำ(ดูดซึมน้ำน้อยกว่าอิฐมอญ 4 เท่า) ความเบาก็จะทำให้ประหยัดโครงสร้างและสานเคมีที่กระจายอย่างสม่ำเสมอในเนื้อวัสดุ ผ่านการอบไอน้ำ ภายใต้อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม ด้วยเครื่องจักรที่ได้มาตรฐานจากเยอรมันนี

ปัญหาที่เจอ ประเทศไทยเป็นประเทศภูมิอากาศร้อนชื้น มีฝนตกชุก AAC มีอัตราการดูดความชื้นสูง จากการที่มียิปซั่มเป็นส่วนผสม ทำให้เกิดเชื้อราสะสมภายใน ถึงแม้ในการก่อสร้างจะใช้ wall paper ปิดทับไว้ แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อความชื้นซึมเข้าไปก็จะทำให้กระดาษบวมน้ำและโป่งขยายตัว ซึ่งทั้งหมดมีสาเหตุมาจากการที่ผนังมีความหนาของการฉาบน้อยมาก เช่น ประมาณ 5 มม. (เนื่องจากค่าวัสดุฉาบมีราคาแพงกว่าปกติ)ทางแก้ไข คือถึงแม้ว่าวัสดุจะมีอัตราการดูดซึมน้ำสูง ก็สามารถแก้ไขได้คือต้องเพิ่มความหนาของการฉาบให้หนาขึ้น พร้อมกับเสริมด้วยวัสดุกันซึม จำพวก water repellant เพื่อลดการดูดซับน้ำที่ผิวผนัง ทางแก้ไขอีกทางหนึ่งก็คือ หมั่นตรวจสอบและสีทาภายนอกอยู่เป็นประจำ เมื่อสีเริ่มมีความแข็งกรอบ เนื่องจากผ่านร้อนผ่านฝน ก็จะไม่ยืดหยุ่น และจะเกิดรอยแตก อันเป็นสาเหตุของความชื้นสามารถผ่านเข้าไปได้

2. แบบ CLC (Cellular Lightweight Concrete)

CLC คอนกรีตมวลเบาสีเทา คุณสมบัติพื้นฐานคือการก่อสร้างที่เร็ว กันเสียงกันความร้อน เหมาะสมกับประเทศไทย (Circular Lightweight Concrete) ประกอบด้วยวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์ น้ำ ทราย และโฟมคอนกรีตประเภทนี้จะมีการหดตัวมากกว่า กรณีที่ผู้ผลิตขาดความรู้ความสามารถในการผลิต เรื่องสูตรน้ำยาโฟม และกระบวนการผลิตเป็นผลให้ปูนฉาบแตกร้าวได้ง่าย ไม่แข็งแรง เพราะว่าคอนกรีตที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงนี้ส่วนใหญ่เนื้อผลิตภัณฑ์มักจะมีสี เป็นสีปูนซีเมนต์ คอนกรีตประเภทนี้จะมีการหดตัวมากกว่า ทำให้ปูนฉาบแตกร้าวได้ง่าย ปัจจุบันระบบ CLC ได้พัฒนาและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้แล้ว แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายกับผู้ผลิตรายเล็ก จะทำได้กับผู้ผลิตบางรายที่มีความรู้ ทำให้มีปัญหาแตกร้าวตามมาส่งผลให้ระบบ CLC ไม่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง

- การนำไปใช้ ทำได้ทั้งแบบอิฐก่อผนังแบบมวลเบาสีขาว AAC และนำไปหล่อเป็นผนัง Precast เพื่อลดน้ำหนักผนังต่อตารางเมตร หรือระบบหล่อผนังในที่ เพื่อลดคนงาน และระยะเวลาในการก่อฉาบ ซึ่งเป็นปัญหาด้านแรงงานฝีมือในปัจจุบัน
- ปัญหาที่เจอ ความไม่เข้าใจถึงพฤติกรรมของคอนกรีตมวลเบา ข้อจำกัด ข้อดีข้อเสีย ทำให้การนำไปใช้งานขาดความเอาใจใส่ การสังเกต และการยอมรับความจริงการเรียนรู้ของช่างปูนที่เคยชินกับวิธีการเดิมๆ ไม่ได้เรียนรู้การใช้มวลเบา CLC แล้วปัดให้เป็นปัญหาของอิฐมวลเบาไป ทำให้ CLC เป็นจำเลยที่ไม่มีข้อโต้แย้ง และเป็นจำเลยที่ผิดจริงในบางผู้ผลิต
- ทางแก้ไข คือ ความทำความเข้าใจ รู้จุดอ่อนจุดแข็ง และป้องกันหรือลดความเสียหายก่อนที่จะเกิดเพื่อให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ หรือไม่ทำให้เป็นปัญหาต่อการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

เทิดศักดิ์ สายสุทธิ์ (2555) [3] งานวิจัยนี้ **เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมด้วยมวลรวมหยาบคอนกรีตที่นำกลับมาใช้ใหม่ (RCA)** หรือมวลรวมหยาบรีไซเคิลจากส่วนที่เหลือของเสาเข็มคอนกรีต คอนกรีต ใหม่ที่ได้นี้จะถูกเรียกว่า “คอนกรีตรีไซเคิล ” หลักการก็คือ โดยใช้ RCA แทนที่มวลรวมหยาบธรรมชาติ (NCA) ในอัตราส่วนร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักตามลำดับเพื่อหาค่าการรับ กำลังอัดประลัยของคอนกรีตปกติหรือคอนกรีตธรรมชาติ (NC) และคอนกรีตรีไซเคิล (RC) ตาม มาตรฐาน BS 1881 ซึ่งใช้แบบหล่อเหล็กรูปลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร จำนวน 180 ตัวอย่าง และเพื่อหาค่าการรับกำลังดัดประลัยของ NC และ RC ตามมาตรฐาน ASTM C78 ซึ่งใช้ แบบหล่อคานขนาด 15x15x60 เซนติเมตร จำนวน 180 ตัวอย่าง โดยใช้ค่ากำลังอัดประลัยที่ออกแบบไว้เท่ากับ 210, 280 และ 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากนั้นทำการบ่มตัวอย่างในน้ำ ที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วันตามลำดับ รวมตัวอย่างทั้งสิ้นจำนวน 360 ตัวอย่าง จากการวิจัยพบว่า “ คอนกรีตรีไซเคิล สำหรับค่ากำลังอัดประลัยที่ออกแบบไว้เท่ากับ 210, 280 และ 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรโดยใช้ RCA แทนที่ NCA ในอัตราส่วนร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ตามลำดับ เมื่ออายุการบ่ม 28 วัน จะมีค่า กำลังอัดประลัยลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 3.75, 17.02, 19.37 และ 30.40 ตามลำดับ และค่ากำลังดัดประลัยลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 7.00, 16.54, 18.67, และ 32.48 ตามลำดับ ” หรือกล่าวโดยสรุปว่า “คอนกรีตรีไซเคิล จะมีค่ากำลังอัดประลัยและกำลังดัดประลัยลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 30 และ 33 ตามลำดับเมื่ออายุการบ่ม 28 วัน”

อภิวิชญ์ พูลสง (2556)[4] **ศึกษาการพัฒนาคอนกรีตมวลเบาผสมผงฝุ่นหินจากโรงโม่หินมาเป็นวัสดุผสมในงานคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ (CLC)** ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผงฝุ่นหินปูนจากโรงโม่มาแทนที่ปูนซีเมนต์โดยกำหนด 3 อัตราส่วนผสมคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสม โดยใช้ปริมาณฝุ่นหินจากโรงโม่ อัตราส่วนแทนปูนซีเมนต์ 10 เปอร์เซ็นต์ 20 เปอร์เซ็นต์ และ30 เปอร์เซ็นต์ โดย น้ำหนักและใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.4 0.5 และ 0.6 อัตราส่วน ทรายต่อซีเมนต์(S/C) เท่ากับ 1:1 โดยศึกษา ถึงคุณสมบัติในด้านการรับกำลังแรงอัดและอัตราการดูด ซึมน้ำพบว่าการแทนที่ผงฝุ่นหินในปูนซีเมนต์ ทำให้ค่ากำลังรับแรงอัด แปรผันตามหน่วยน้ำหนัก เมื่อ หน่วยน้ำหนักลดลงค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าลดลง การทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา ผสมผงฝุ่นหิน ในอัตราส่วนฝุ่นหินต่อปูนซีเมนต์ 0:100 10:90 20:80 และ 30:70 พบว่ากำลังรับ แรงอัดแปรผกผันกับการแทนที่ของฝุ่นหินโดยการแทนที่ฝุ่นหินเพิ่มมากขึ้นกำลังรับแรงอัดลดลงและ พบว่าค่า อัตราการดูดซึม (Water Absorption) จะแปรผกผันตามหน่วยน้ำหนัก เมื่อหน่วยน้ำหนัก เพิ่มขึ้น อัตราการดูดซึมมีค่าลดลง เนื่องจากคอนกรีตมวลเบาที่มีหน่วยน้ำหนักน้อย มีช่องว่างอากาศมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิตพงษ์ วงศ์สง่า (2560) [5] **คอนกรีตเป็นวัสดุโครงสร้างเมื่อชำรุดหรือต้องการเปลี่ยนลักษณะการใช้งานจะมีการรื้อถอน เศษคอนกรีตเก่าจากการรื้อถอนจะไม่มีมูลค่าทางเศรษกิจและนำไปกำจัดทิ้ง** งานวิจัยนี้จึงนำเศษคอนกรีตเก่ามาบดละเอียดแทนที่ทรายในมอร์ตาร์ปูนฉาบ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณของคอนกรีตเก่าแทนที่มวลรวมละเอียดในงานปูนฉาบ และศึกษาคุณสมบัติของมอร์ตาร์ปูนฉาบจากคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันแทนที่มวลรวมละเอียด โดยใช้คอนกรีตเก่าปรับปรุงคุณภาพด้วยการบดละเอียดให้มีขนาดเล็ก อนุภาคเฉลี่ย 0.149 -0.297 มม. ขนาดกลาง อนุภาคเฉลี่ย 0.297 - 0.595 มม. และขนาดใหญ่ อนุภาคเฉลี่ย 0.595 -1.190 มม. สำหรับแทนที่ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก และทำการทดสอบปริมาณความชื้น ความหนาแน่น ปริมาณอากาศ กำลังรับแรงอัดและการหดตัวแห้ง

ผลการศึกษา พบว่าการแทนที่มวลรวมละเอียดด้วยเศษคอนกรีตเก่า มีผลทำให้มอร์ตาร์ปูนฉาบมีความต้องการน้ำ ปริมาณอากาศ และความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น และเมื่อแทนที่คอนกรีตเก่าบดละเอียดทุกขนาดอนุภาคในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้มอร์ตาร์ปูนฉาบมีการหดตัวน้อยลงและคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีอนุภาคเล็ก (S) สามารถช่วยพัฒนากำลังอัดได้ดีที่สุด โดยมีอัตราการแทนที่มวลรวมละเอียดเท่ากับที่ร้อยละ 20 - 30 ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานโดยอ้างอิงการใช้มาตรฐานปูนก่อ ASTM C270 จัดอยู่ในมาตรฐานปูนก่อประเภท S

ประจักษ์ เข็มบุบผา (2548) [6] **มวลรวมหยาบจากการย่อยคอนกรีตเก่าที่ผ่านการทดสอบจากห้องทดสอบ** ที่ออกแบบกำลังอัด 200, 400 และ 600 ± 10% กก./ซม^2 ของคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ แล้วคัดเอาเฉพาะส่วนที่ค้างตะแกรง ½ , ⅜ นิ้ว ตะแกรงเบอร์ 4 มาผสมกัน ของแต่ละกำลังอัดของส่วนที่ค้างตะแกรงและมวลรวมหยาบแต่ละกำลังอัดของคอนกรีต (200 + 400 + 600) มาผสมกันตามสัดส่วนที่ค้างตะแกรงแล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติและนำไปผสมคอนกรีตเพื่อทดสอบกำลังอัดและกำลังดึงที่อายุ 7, 14, 28 และ 56 วัน กำหนดค่ายุบตัว 8-10 ซม. ผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมหยาบ พบว่าความถ่วงจำเพาะและหน่วยน้ำหนักต่ำกว่ามวลรวมหยาบจากธรรมชาติ สูตรอัตราการดูดซึมน้ำและความต้านทานการสึกกร่อนสูงกว่ามวลรวมหยาบจากธรรมชาติ เนื่องจากปริมาณการยึดเกาะของซีเมนต์เพสต์ติดกับผิวหิน การทดสอบกำลังอัดและกำลังดึง ถ้าใช้มวลรวมหยาบแทนที่ทั้งหมดและเพิ่มมวลรวมหยาบร้อยละ 25-50 ของน้ำหนักมวลรวมหยาบปกติ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณมวลรวมหยาบกำลังอัดและกำลังดึงจะลดลง ถ้าลดมวลรวมหยาบร้อยละ 25-50 และเพิ่มปูนซีเมนต์ร้อยละ 25-50 โดยน้ำหนักกำลังอัดและกำลังดึงมีค่าใกล้เคียงและสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากธรรมชาติ การเพิ่มปูนซีเมนต์จะทำให้ผลดีกว่าการลดมลภาวะแต่กำลังจะไม่สูงมาก เนื่องจากถูกจำกัดด้วยชนิดของมวลรวมหยาบและอัตราส่วนผสมที่ออกแบบไว้

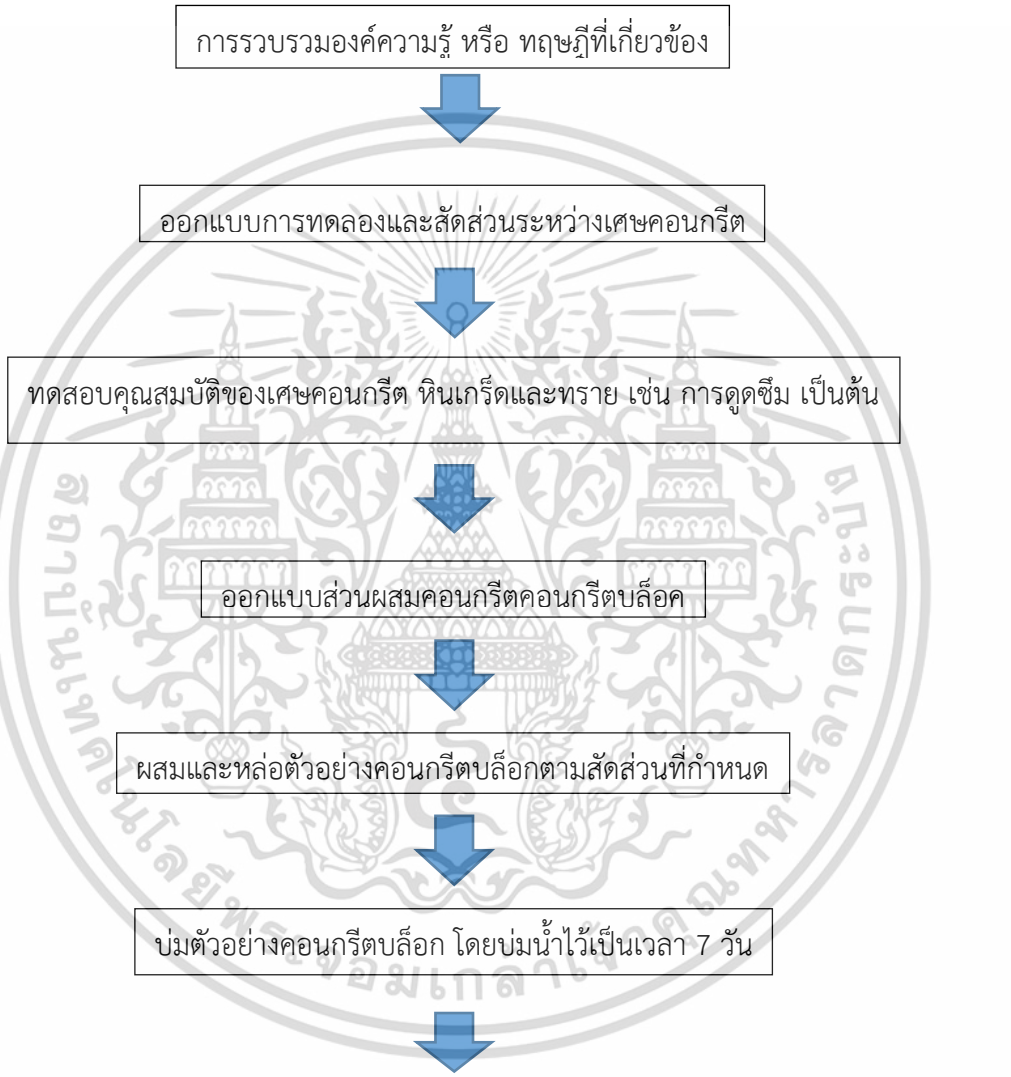
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายอัศรายุทธ สายสูง (2562) [7] **การเปรียบเทียบและประมาณกำลังรับแรงของคอนกรีตเมื่อใช้เศษคอนกรีตกับหินมาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ** เพื่อมาศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดและกำลังรับแรงดึงในกรณีของหินย่อยที่อายุของคอนกรีต 28 วันที่มวลรวมหยาบที่นำมาใช้จะมาจากเศษคอนกรีตที่มีค่ากำลังอัดแตกต่างกันในช่วง 280, 380 และ 500 ksc. เมื่อได้นำมาย่อย เป็นมวลรวมหยาบในการผสมคอนกรีตกำลังอัดที่ออกแบบไว้ที่ 280 ksc. ในการทดสอบคุณสมบัติและการทดสอบคอนกรีตที่ใช้มวลรวมรีไซเคิล (CR, RCA – 280,380 และ 500 ksc.)แทนที่มวลรวมธรรมชาติเพิ่มนั้น จะเห็นได้ว่า อัตราการดูดซึมของมวลรวมหยาบมีค่าเท่ากับ 0.905, 3.644, 3.125 และ 2.994 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามวลรวมรีไซเคิลนั้นมีค่ามากกว่ามวลรวมธรรมชาติพอสมควรและยิ่งค่ากำลังของมวลรวมธรรมชาติเพิ่มขึ้น อัตราการดูดซึมจะลดลง ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมหยาบมีค่าเท่ากับ 2.985, 2.284, 2.312 และ 2.288 ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมรีไซเคิลมีค่าน้อยกว่ามวลรวมธรรมชาติและ มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ค่ากำลังมวลรวมของรีไซเคิล หน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบมีค่าเท่ากับ 1559.76, 1283.904,1310.342 และ 1333.151 kg/m^3 ตามลำดับจะเห็นว่าค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมรีไซเคิลนั้นมีค่าน้อยกว่ามวลรวมธรรมชาติและยิ่งค่ากำลังของมวลรวมธรรมชาติเพิ่มขึ้น หน่วยน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยแต่ก็ยังน้อยกว่ามวลรวมธรรมชาติ ค่าความแกร่งของมวลรวมหยาบมีค่าเท่ากับ 19.1, 41.2, 40.3, และ 38.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าความแกร่งของมวลรวมรีไซเคิลนั้นมีค่าน้อยกว่ามวลรวมธรรมชาติอยู่มาก ซึ่งค่าความแกร่งของมวลรวมรีไซเคิลทั้ง 3 ค่ากำลังนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตนั้นมีค่าที่ต่ำเมื่อเทียบความสัมพันธ์กับค่ากำลังรับแรงของคอนกรีตอาจเกิดเนื่องจากปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่ยึดเกาะในมวลรวมรีไซเคิล ที่มีอยู่ปริมาณไม่สม่ำเสมอในแต่ละก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการวางแผนการปฏิบัติงานการศึกษา การนำเศษคอนกรีตมวลเบามารีไซเคิลเป็นอิฐบล็อก



ทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดและอัตราส่วนการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตรของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่บ่มไว้ทั้งหมดนำผลการทดสอบที่ได้จากการกำหนดสัดส่วน

นำค่าความต้านทานแรงอัดและและอัตราส่วนการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตรของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่อายุ 7 วัน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อค่าความต้านทานและหาข้อสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การออกแบบส่วนผสม

ในการศึกษานี้ จะใช้วิธีการออกแบบส่วนผสมโดยน้ำหนักในอัตราส่วน ปูน:เศษคอนกรีต(ClC):ทราย (1:1:1) และใช้น้ำ 1 ลิตร ต่อ มวลรวม 10 กิโลกรัม

3.1.1 การออกแบบส่วนผสมอิฐบล็อก

(1)ขอบเขต

วิธีและหลักการคำนวณส่วนผสมในการทำอิฐบล็อกข้างต้นได้จากโรงานของผู้ประกอบการที่ทำอิฐบล็อกสูตรธรรมดา จึงนำการออกแบบอัตราส่วนผสมของผู้ประกอบการมาทำการทดลอง อย่างไรก็ตามถือว่าเป็นเพียงการประมาณ อัตราส่วนในขั้นแรกเท่านั้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบผลของอัตราส่วนนี้จากห้องทดลองปฏิบัติการหรือในสนาม และมีการปรับปรุงตาม ความจำเป็นและเหมาะสมกับคุณสมบัติตามต้องการ

(2)กล่าวนำ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าอิฐบล็อก คือวัสดุผสมซึ่งมีวัสดุที่เป็นหลักอยู่ 3 ชนิด คือ ซีเมนต์ มวลรวมคละ (หยาบและละเอียด) และน้ำ นอกจากนี้ยังอาจมีสิ่งอื่นเพิ่มเติมเข้ามาอีกได้แล้วแต่ความต้องการ สำหรับการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะสมนั้น มีข้อควรระวังอยู่ 2 ข้อ ที่มีความสำคัญเท่า ๆ กัน ข้อแรกคือการประหยัดวัสดุที่สมเหตุสมผล อีกข้อหนึ่งคือความต้องการใน ความสามารถที่จะรับแรง ความสามารถในการทำงาน ตลอดจนความคงทน เป็นต้น

(3)ความสัมพันธ์ขั้นมูลฐาน

จากที่ได้กล่าวนำไปแล้ว ว่าการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะสมนั้น ข้อที่ควรคำนึงอีกประการนอกจากความประหยัดแล้ว ก็คือความสามารถในการทำงาน กำลัง ความคงทน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันพอสรุปได้ย่อย ๆ ดังนี้

ความสามารถในการทำงาน (Workability) คำนี้ดูเหมือนจะให้คำจำกัดความลง ไปอย่างแน่ชัดไม่ได้ โดยทั่วไปเรามุ่งถึงคอนกรีตที่สามารถจะทำได้ง่ายสำหรับการผสม การขนส่ง การเทลงในแบบหล่อ การอัดแน่น การตกแต่ง ตลอดจนความแข็งแรงของคอนกรีต

ความข้นเหนียว (Consistency) กล่าวง่ายๆ ก็คือ ความเหลวหรือความเปียกของ คอนกรีตสดนั่นเอง ความเหลวหรือความเปียกนี้ สามารถตรวจสอบได้จากการยุบตัว (Slump) คอนกรีตที่มีความยุบตัวสูงก็จะมีความเหลวมาก ความเหลวในที่นี้ไม่เกี่ยวกับคุณสมบัติความสามารถในการทำงานของคอนกรีต ในการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีตนั้น ปริมาณน้ำที่จะใช้เป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ

ความแข็งแรง (Strength) กำลังความแข็งแรงของคอนกรีตนับว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่ง ในสภาวะทั่วไปกำลังของคอนกรีตคำนวณจากปริมาณน้ำสุทธิที่ใช้เทียบกับซีเมนต์หนึ่ง หน่วย ปริมาณน้ำสุทธิที่ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ไม่รวมถึงน้ำที่ถูกซึมเข้าไปในมวลรวมคละ อย่างไรก็ตามกำลังของ คอนกรีตที่ได้จากอัตราส่วนของน้ำกับซีเมนต์จำนวนหนึ่งนี้ อาจจะแตกต่างกันไปเนื่องจากขนาดของมวลรวมคละ รูปทรงของมวลรวม ความแกร่งของมวลรวม หรือการใช้ซีเมนต์ต่างชนิดกันตลอดจนกระทั่งปริมาณอากาศและการใช้สารผสมเพิ่ม

ความคงทน (Durability) คอนกรีตที่ดีต้องมีความสามารถในการคงทนต่อสภาวะ แวดล้อมต่าง ๆ ในขณะที่อยู่ในสภาวะกำลังใช้งาน อาจจะเป็นอากาศหนาวจัด ร้อนจัด ฝนตก แดดออกหรือผลจากสารเคมี ซึ่งสิ่งต่างเหล่านี้ควรมีการใช้สารผสมเพิ่ม เพื่อให้คอนกรีตเกิดความคงทนภายใต้สภาวะดังกล่าว ให้กำหนดค่า water-cement ratio ต่ำ ๆ อาจมีส่วนช่วยยืดอายุคอนกรีตให้คงทนขึ้นได้มาก

ความหนาแน่น (Density) คอนกรีตบางชนิดอาจมีความจำเป็นที่ต้องใช้คุณสมบัติ จากน้ำหนักของตัวมันเองดังนั้น การเลือกใช้วัสดุหรือความหนาแน่นก็ควรจะให้เป็นไปตามที่ต้องการ

(4)ข้อมูลพื้นฐาน

ในการคำนวณอัตราส่วนผสมคอนกรีต จำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานบางอย่างจากวัสดุที่นำมาเป็นส่วนผสม ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ขนาดของมวลรวมหยาบและละเอียดด้วยตะแกรง
2. ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบ
3. ค่า Bulk specific gravities และค่าอัตราการดูดซึมของมวลรวมคละ
4. ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้สำหรับการผสมคอนกรีต
5. ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับอัตราส่วนน้ำกับซีเมนต์

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าวอาจกำหนดได้จากตารางคำนวณเช่นข้อมูลที่ 4 และ 5 อาจดูได้จากตารางที่กำหนดไว้ให้หรือข้อมูลที่ 3 อาจไม่จำเป็นต้องทราบเลยก็สามารถจะหาอัตราส่วนผสมของคอนกรีตได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5)ขั้นตอนการคำนวณ

ขั้นตอนสำหรับการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีต ในที่นี้ควรกระทำไปตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด สิ่งแรกก็คือต้องทราบความต้องการหรือคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่จะใช้ ซึ่งมีดังนี้

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุด
2. ปริมาณซีเมนต์น้อยสุด
3. ปริมาณอากาศ
4. กำลังคอนกรีต
5. ขนาดโตสุดของมวลรวมคละ

ข้อมูลสำหรับความจำเป็นเบื้องต้นเหล่านี้ มีหลักและวิธีการปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขนาดโตสุดของมวลรวม : มวลรวมคละที่มีขนาดเรียง ประกอบด้วยขนาดใหญ่ที่มีจำนวนมาก ย่อมเกิดช่องว่างน้อยกว่ามวลรวมคละที่มีขนาดเรียงเม็ดเล็ก ๆ ทั้งนี้เพราะเมื่อคิดปริมาณคอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรแล้ว มวลรวมคละที่มีขนาดใหญ่ต้องใช้เนื้อปูนหรือมอร์ต้าน้อยกว่า อย่างไรก็ตามได้กำหนดขนาดของมวลรวมใหญ่ที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 8 ในการศึกษาครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดปริมาณน้ำผสมและปริมาณอากาศ : ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม คอนกรีตในหนึ่งหน่วยปริมาตรขึ้นอยู่กับอัตราการดูดซึม รูปทรงและขนาดเรียงของมวลรวมคละ และนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณฟองอากาศอีกด้วย จึงต้องทำการทอสอบหาค่าอัตราการดูดซึมของวัสดุก่อนนำมาใช้ออกแบบส่วนผสมในการศึกษาครั้งนี้

ขั้นตอนที่ 3 การเลือกอัตราส่วนน้ำซีเมนต์ (WCR) : ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ ต้องการในการผสมคอนกรีตนั้น มิใช่เพียงเพื่อให้คอนกรีตเกิดกำลังตามต้องการนั้น แต่ยังเพื่อช่วยให้เกิดความคงทนและความสามารถที่จะตกแต่งได้อีกด้วย จะเห็นว่าค่า WCR เดียวกันนี้อาจจะทำให้ คอนกรีตมีกำลังแตกต่างกันได้ถ้าใช้มวลรวมคละหรือประเภทของซีเมนต์ที่แตกต่างกัน สิ่งเหล่านี้ควรจะได้ก่อให้เกิดการปรับปรุงหรือแก้ไขค่า WCR ให้สอดคล้องกันกับวัสดุที่นำมาใช้จริง ๆ สำหรับงานคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 โดยต้องการให้กำลังคอนกรีตเกิดที่ระดับต่าง ๆ ในการทำงานจริง ๆ ควรเลือกใช้ค่า WCR ของกำลังคอนกรีตที่สูงกว่าความต้องการไว้บ้าง ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ค่ากำลังเฉลี่ยในงานจริงต่ำกว่ากำหนด

ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณปริมาณซีเมนต์ : ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการในหนึ่งหน่วยปริมาตรนั้น ขึ้นอยู่กับค่าที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 ที่ผ่านมา โดยที่จำนวนซีเมนต์นี้เท่ากับ

ปริมาณซีเมนต์ = จำนวนน้ำที่ใช้ / *WCR* สมการที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 การประมาณปริมาณมวลรวมละเอียด : การประมาณปริมาณมวลรวมละเอียดนั้นสามารถกระทำ ไต้สองวิธีคือ วิธีน้ำหนัก (The weight method) หรือวิธีปริมาตร (The absolute volume Method) ในการศึกษาครั้งนี้เราเลือกใช้วิธีน้ำหนัก

วิธีน้ำหนักเริ่มต้นจากน้ำหนักของคอนกรีตจะต้องถูกสมมุติขึ้นก่อน โดยอาจประมาณเอาจากประสบการณ์ จากนั้นน้ำหนักของมวลรวมละเอียดที่ต้องการก็จะหาได้ง่ายจากการเอาน้ำหนักคอนกรีตสดหักออกจากน้ำหนักของวัสดุผสมต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 6 การประมาณปริมาณมวลรวมหยาบ : ปริมาณมวลรวมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต หาได้จากวิธีน้ำหนักเริ่มต้นจากน้ำหนักของคอนกรีตจะต้องถูกสมมุติขึ้นก่อน โดยอาจประมาณเอาจากประสบการณ์ จากนั้นน้ำหนักของมวลรวมละเอียดที่ต้องการก็จะหาได้ง่ายจากการเอาน้ำหนักคอนกรีตสดหักออกจากน้ำหนักของวัสดุผสมต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 7 การปรับค่าสำหรับความชื้นในมวลรวมคละ : ปริมาณของมวลรวมคละที่ได้จากการชั่งน้ำหนักนั้น จะต้องอยู่ในขอบข่ายของความชื้นที่ยอมให้ได้ในมวลรวมคละ โดยทั่วไปมวลรวมคละจะต้องมีความชื้น โดยจะมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ถูกซึมเคลือบผิวอยู่ ดังนั้นปริมาณน้ำที่จะใส่เข้าไปผสมจะต้องลดลงตามจำนวนของความชื้นในมวลรวมคละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบและขั้นตอนการทำ

วิธีการผลิต การทดสอบ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดสอบ ขั้นตอนการทดสอบ รวมถึงวิธีการบันทึกผลการทดสอบ ที่จะนำมาใช้ในการปฏิบัติงานโครงการ

วัสดุและอุปกรณ์

1.ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2.เศษคอนกรีตมวลเบา

3.ทราย

รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

รูปที่ 3.2 เศษคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เป็นมวลรวมหยาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ทรายที่ใช้เป็นมวลรวมละเอียด

อุปกรณ์ที่ใช้ มีดังนี้

1.กะบะผสมคอนกรีต

2.เครื่องชั่งแบบละเอียด

3.แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 เซนติเมตร

4.กระบอกตวงน้ำ

5.เหล็กกระทุ้ง

6.ตะแกรงร่อนหิน เบอร์ 8

7.ตะแกรงร่อนหิน เบอร์ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 กะบะผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.5 เครื่องชั่งแบบละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 15 x 15 x 15 เซนติเมตร

รูปที่ 3.7 กระบอกตวงน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 เหล็กกระทุ้ง

รูปที่ 3.9 ตะแกรงร่อนหิน เบอร์ 8

รูปที่ 3.10 ตะแกรงร่อนหิน เบอร์ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1) เตรียมส่วนผสมตามสัดส่วนที่ออกแบบไว้
2) นำปูนซีเมนต์และมวลรวมหยาบผสมให้เข้ากัน จากนั้นค่อยเติมน้ำจนส่วนผสมเข้ากันดี
3) เทมวลรวมหยาบลงในกะบะปูน จนให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดี
4) ทำการเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ
5) แกะแบบหล่อเมื่อคอนกรีตมีอายุได้ 1 วัน
6) นำตัวอย่างคอนกรีตบล็อกมาบ่มทิ้งไว้ให้แข็ง 7 วัน
7) หลังจากครบ 7 นำไปทดสอบค่ารับกำลังแรงอัด อัตราการดูดซึมและความหนาแน่น
8) นำผลมาสรุปการทดลองและเปรียบเทียบ

รูปภาพขั้นตอนการปฏิบัติงาน

รูปที่ 3.11 เตรียมวัสดุเพื่อทำการผสมเพื่อทำการผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 เทวัสดุที่เตรียมไว้ทั้งหมดและใส่น้ำทำการผสมให้ได้ที่

รูปที่ 3.13 เทวัสดุที่ผสมได้ที่แล้วลงแบบที่ทาน้ำมันแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 กระทุ้งให้ทั่วเพื่อไม่ให้เกิดช่องว่างมาก

รูปที่ 3.15 ทำการปาดหน้าให้เรียบ

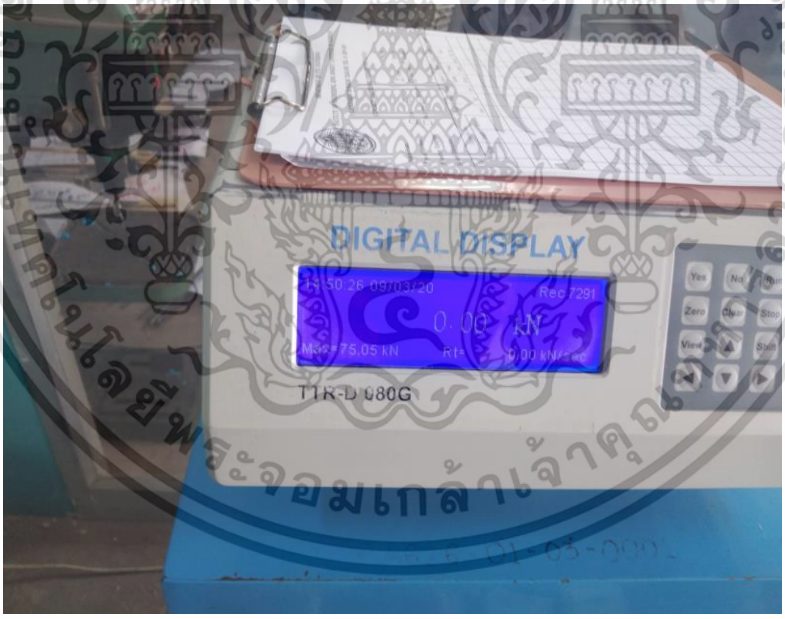
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 ปล่อยแบบให้ครบ 24 ชั่วโมง

รูปที่ 3.17 ครบ 24 ชั่วโมงทำการเก็บข้อมูลและนำไปแช่อีก 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 แช่ครบ 24 ชั่วโมงแล้วนำขึ้นมาเก็บข้อมูลแล้วปล่อยให้ครบ 7 วัน



รูปที่ 3.19 ครบเวลา 7 วันแล้วทำการทดสอบในแลปปฏิบัติการเพื่อเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทดสอบคุณสมบัติของส่วนผสมและคอนกรีต

การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

เพื่อทดสอบหาน้ำหนักของมวลรวมต่อหน่วยปริมาตร ทั้งในสภาพที่อัดตัวแน่น และหลวมตัวไม่ว่าจะเป็นทราย เศษอิฐมวลเบา ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึมของมวลรวมละเอียด เช่น ทรายภายใต้ สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง นอกจากนี้หินหรือกรวดที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 3/4” ก็สามารถใช้วิธีนี้ทดสอบได้ เช่นกัน

การหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึมของมวลรวมหยาบเพื่อประโยชน์ในการออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีต

การทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลรวม

เพื่อทดสอบหาอัตราของความชื้นทั้งหมดที่มีอยู่ในมวลรวม โดยการทำให้มวลรวมแห้งด้วยการเผา ซึ่งจะทำให้ได้น้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมสำหรับชั่งผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบ หาค่าความต้านทานแรงอัดและอัตราส่วนการดูดซึมน้ำและความหนาแน่นเชิงปริมาตร

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลจากการทดลอง ซึ่งแต่ละการทดลองนั้นได้กล่าววิธีการทดลองไว้แล้วใน บทที่ 3 และมีการนำข้อมูลต่างๆที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ เพื่อที่จะแปรผลข้อมูลในบทนี้

ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

1. ปูนซีเมนต์ประเภทที่1 (TIP เขียว) = 16 kg.
2. ทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 4 = 18 kg.
3. หินค้างตะแกรงเบอร์ 4 = 18 kg.
4. น้ำ = 5 ลิตร
5. w/c = 0.3125
6. s/c = 1.125

แห้งลบน้ำหนักถาด = 2597-608 =1989 g

$$\text{อัตราการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักชั่งในอากาศ} - \text{น้ำหนักอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง}} \times 100$$

$$\text{อัตราการดูดซึมน้ำ} = \frac{2000-1989}{1989} \times 100 = 0.0553\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้งลบน้ำหนักถาด = 2572-589 = 1983 g

$$\text{อัตราการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักชั่งในอากาศ} - \text{น้ำหนักอบแห้ง}}{\text{น้ำหนักอบแห้ง}} \times 100$$

$$\text{อัตราการดูดซึมน้ำ} = \frac{2000-1983}{1983} \times 100 = 0.0857\ \%$$

ตารางที่ 4.1 ปริมาตรและน้ำหนักของคอนกรีตบล็อก

No.	ปริมาตร				น้ำหนัก (g)	
	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)	ปริมาตร (cm^3)	อิ่มตัวผิวแห้ง	แห้งสมบูรณ์
A	14.922	15.148	15.040	3399.618	6605	6306
B	15.012	15.096	14.964	3391.159	6593	6258
C	14.986	15.020	15.108	3400.655	6542	6284
D	15.124	14.972	15.044	3406.511	6704	6494
E	15.098	15.104	15.012	3423.339	6689	6500

ตัวอย่าง การคำนวณปริมาตร

A = กว้าง (cm)×ยาว (cm)×สูง (cm)

= 14.922×15.148×15.040

ปริมาตร A = 3399.618 cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความถ่วงจำเพาะและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

No.	อิ่มตัวผิวแห้ง (kg/m^3)	แห้งสมบูรณ์ (kg/m^3)	กำลังรับแรงอัด (KN)	กำลังรับแรงอัด (ksc)	อัตราการดูดซึม (%)
A	1942.865	1854.914	116.240	52.421	4.741
B	1944.173	1845.387	157.780	70.971	5.353
C	1923.747	1847.879	157.790	71.458	4.105
D	1967.996	1906.349	186.880	84.129	3.234
E	1953.940	1898.731	213.860	95.598	2.908

ตัวอย่างการคำนวณความถ่วงจำเพาะ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{อิ่มตัวผิวแห้ง} \times 1000}{\text{ปริมาตร } (kg/m^3)} \qquad \text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{แห้งสมบูรณ์} \times 1000}{\text{ปริมาตร } (kg/m^3)}$$

$$= \frac{6605 \times 1000}{14.922 \times 15.148 \times 15.040} \qquad = \frac{6306 \times 1000}{14.922 \times 15.148 \times 15.040}$$

$$= 1942.865\ kg/m^3 \qquad = 1854.914\ kg/m^3$$

ตัวอย่างการคำนวณ กำลังรับแรงอัด (KN⟶ksc.)

$$\left(\frac{KN \times 1000}{9.81}\right) \div \left(\text{กว้าง} \times \text{ยาว}\right)$$

$$\left(\frac{116.240 \times 1000}{9.81}\right) = \frac{11849.134}{(14.922 \times 15.148)} = 52.421\ ksc.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา(เซลลูล่า) (Sieve No.8)

1. ปูนซีเมนต์ประเภทที่1 (TIP เขียว) = 13.5 kg.
2. ทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 4 = 14.5 kg.
3. เศษคอนกรีตมวลเบา(เซลลูล่า)ค้างตะแกรงเบอร์ 8 = 14.5 kg.
4. น้ำ = 5.60 ลิตร
5. w/c = 0.4148
6. s/c = 1.074

ตารางที่ 4.3 ปริมาตรและน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา (เซลลูล่า) (Sieve No.8)

No.	ปริมาตร				น้ำหนัก	
	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)	ปริมาตร (cm^3)	อิ่มตัวผิวแห้ง	แห้งสมบูรณ์
1.	15.298	14.892	15.220	3467.387	5551	5014
2.	15.198	15.384	15.044	3517.378	5403	4848
3.	14.986	15.108	15.010	3398.391	5394	4785
4.	15.280	15.084	15.022	3462.323	5411	4866
5.	14.874	14.850	15.138	3343.665	5382	4669

ตัวอย่าง การคำนวณปริมาตร

$$A = \text{กว้าง } (\text{cm}) \times \text{ยาว } (\text{cm}) \times \text{สูง (cm)}$$

$$= 15.298 \times 14.892 \times 15.220$$

ปริมาตร A = 3467.387 cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความถ่วงจำเพาะและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา (เซลลูล่า) (Sieve No.8)

No.	อิ่มตัวผิวแห้ง (kg/m^3)	แห้งสมบูรณ์ (kg/m^3)	กำลังรับแรงอัด (KN)	กำลังรับแรงอัด (ksc)	อัตราการดูดซึม (%)
A	1600.917	1446.045	30.72	13.745	10.710
B	1536.087	1378.299	13.04	5.685	11.448
C	1587.221	1408.019	26.15	11.773	12.727
D	1562.823	1405.414	25.96	11.216	11.200
E	1609.611	1396.372	19.97	9.216	15.271

ตัวอย่างการคำนวณความถ่วงจำเพาะ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{อิ่มตัวผิวแห้ง} \times 1000}{\text{ปริมาตร } (kg/m^3)} \qquad \text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{แห้งสมบูรณ์} \times 1000}{\text{ปริมาตร } (kg/m^3)}$$

$$= \frac{5551 \times 1000}{15.298 \times 14.892 \times 15.220} \qquad = \frac{5014 \times 1000}{15.298 \times 14.892 \times 15.220}$$

$$= 1600.917 \ kg/m^3 \qquad = 1446.045 \ kg/m^3$$

ตัวอย่างการคำนวณ กำลังรับแรงอัด (KN⟶ksc.)

$$\left(\frac{KN \times 1000}{9.81}\right) \div (\text{กว้าง} \times \text{ยาว})$$

$$\left(\frac{30.72 \times 1000}{9.81}\right) = \frac{3131.498}{(15.298 \times 14.892)} = 13.745 \text{ ksc.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา (เซลลูล่า) (Sieve No.4)

1. ปูนซีเมนต์ประเภทที่1 (TIP เขียว) = 10.5 kg.

2. ทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 4 = 11.5 kg.

3. เศษคอนกรีตมวลเบา(เซลลูล่า)ค้างตะแกรงเบอร์ 8 = 11.5 kg.

4. น้ำ = 4 ลิตร

5. w/c = 0.381

6. s/c = 1.095

ตารางที่ 4.5 ปริมาตรและน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา (เซลลูล่า) (Sieve No.4)

No.	ปริมาตร				น้ำหนัก (g)	
	กว้าง (cm)	ยาว (cm)	สูง (cm)	ปริมาตร (cm^3)	อิ่มตัวผิวแห้ง	แห้งสมบูรณ์
1.	15.040	15.094	15.128	3434.264	5898	5348
2.	15.144	14.912	15.290	3452.900	6095	5442
3.	15.016	15.122	15.030	3412.891	5964	5460
4.	15.082	15.032	15.052	3412.478	5969	5439
5.	15.290	15.010	14.834	3404.446	5789	5347

ตัวอย่าง การคำนวณปริมาตร

$$A = \text{กว้าง } (\text{cm}) \times \text{ยาว } (\text{cm}) \times \text{สูง (cm)}$$

$$= 15.040 \times 15.094 \times 15.128$$

ปริมาตร A = 3434.264 cm^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ความถ่วงจำเพาะและค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเศษอิฐมวลเบา (เซลลูล่า) (Sieve No.4)

อิ่มตัวผิวแห้ง (kg/m^3)	แห้งสมบูรณ์ (kg/m^3)	กำลังรับแรงอัด (KN)	กำลังรับแรงอัด (ksc.)	อัตราการดูดซึม (%)
1717.398	1557.248	75.050	33.700	10.284
1765.183	1576.067	68.880	31.092	12.000
1747.492	1599.816	68.800	30.886	9.231
1749.160	1593.856	89.840	40.395	9.744
1700.423	1570.593	102.920	45.713	8.266

ตัวอย่างการคำนวณความถ่วงจำเพาะ

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{อิ่มตัวผิวแห้ง} \times 1000}{\text{ปริมาตร } (kg/m^3)} \qquad \text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{แห้งสมบูรณ์} \times 1000}{\text{ปริมาตร } (kg/m^3)}$$

$$= \frac{5898 \times 1000}{15.040 \times 15.094 \times 15.128} \qquad = \frac{5348 \times 1000}{15.040 \times 15.094 \times 15.128}$$

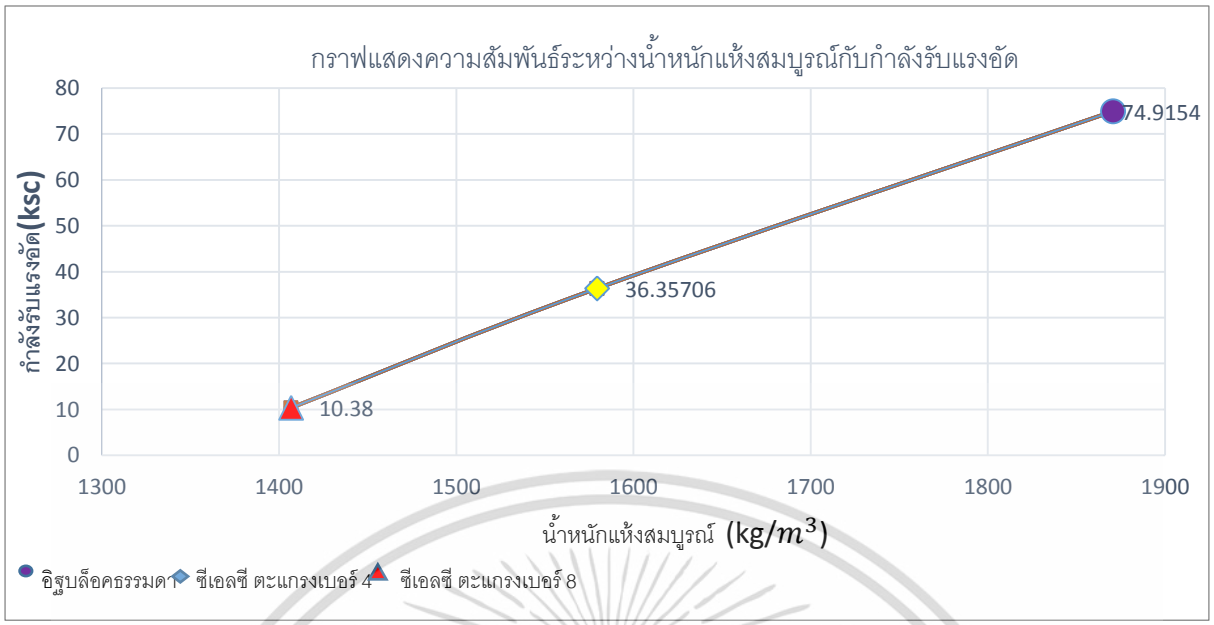
$$= 1717.398 \ kg/m^3 \qquad = 1557.247 \ kg/m^3$$

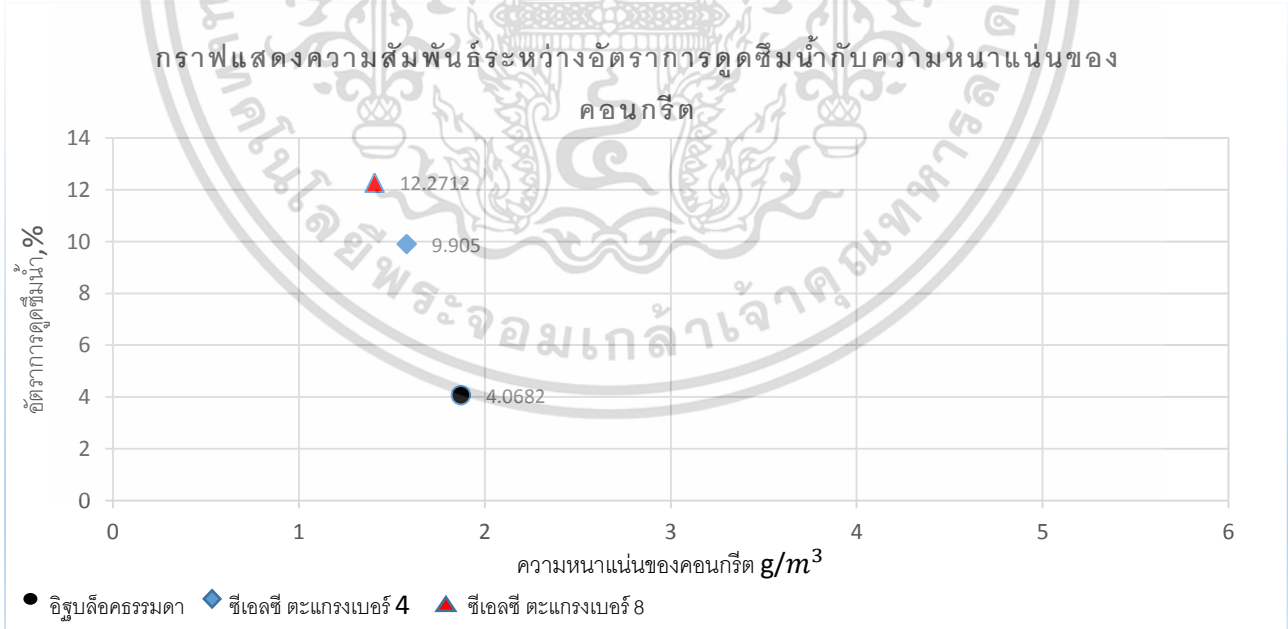
ตัวอย่างการคำนวณ กำลังรับแรงอัด (KN⟶ksc.)

$$\left(\frac{KN \times 1000}{9.81}\right) \div \left(\text{กว้าง} \times \text{ยาว}\right)$$

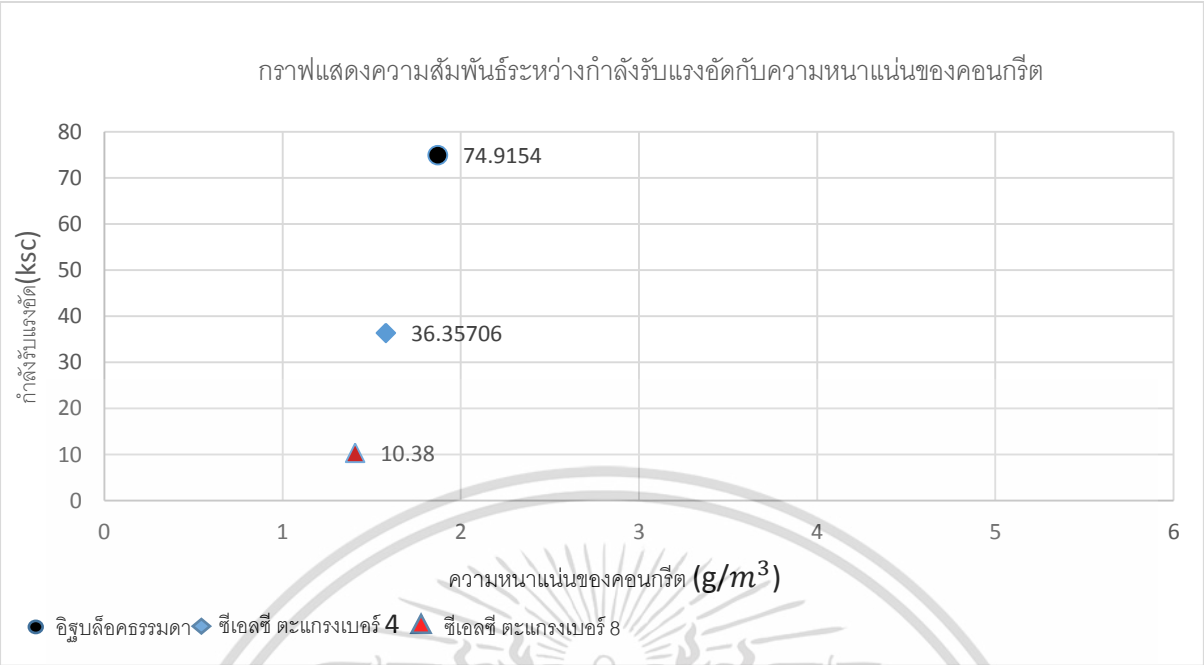
$$\left(\frac{75.05 \times 1000}{9.81}\right) = \frac{7650.356}{(15.040 \times 15.094)} = 33.699 \text{ ksc.}$$

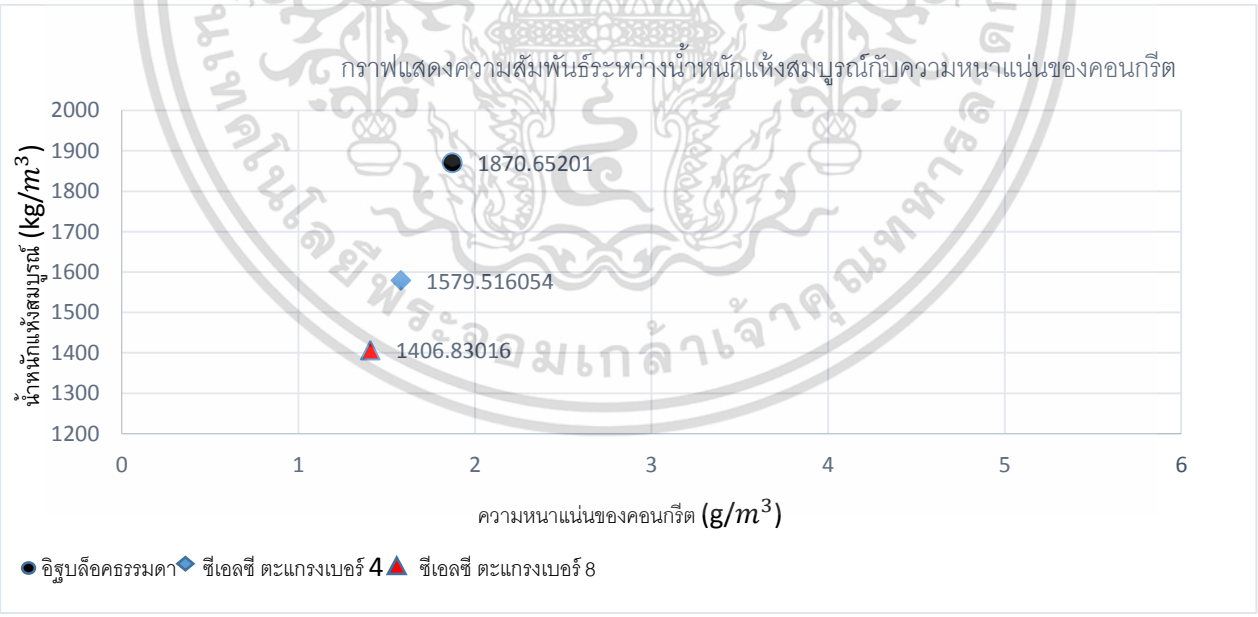
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการคำนวณปริมาณส่วนผสมคอนกรีต

ส่วนผสมที่ใช้มีอัตราส่วน 1:1:1

ความถ่วงจำเพาะของ ปูน=3.15 , ทราย=2.65,หิน=2.70

ปูน = $\frac{1000}{3.15}$ =317.46, ทราย=$\frac{1000}{2.65}$ =377.358, หิน=$\frac{1000}{2.70}$ =370.370

ใช้โมลด์ทรงลูกบากศ์ขนาด 0.15x0.15x0.15 m ต้องการหล่อลูกปูนจำนวณ 5 โมลด์ ส่วนผสมเราใช้ความเผื่อการติดแม่พิมพ์หรือน้ำปูนหกลงพื้นอยู่ที่ 3%

จากนั้นใช้สูตรคำนวณหาส่วนผสมของปูน,ทราย,หิน

ปูน=ขนาดโมลด์xจำนวณโมลด์

ที่ต้องการใช้xเปอร์เซ็นต์เผื่อx317.46= kg

ปูน=0.15x0.15x0.15x1.3x5x317.46=7 kg

หิน=0.15x0.15x0.15x1.3x5x377.358=8 kg

ทราย=0.15x0.15x0.15x1.3x5x370.370=8 kg

ซึ่งปริมาณเท่านี้ไม่เพียงพอจึง นำลูกปูนที่ได้มา1ลูกมาชั่งน้ำหนักแล้วนำน้ำหนักที่ชั่งได้มาคำนวณใหม่เพื่อให้ได้ปริมาตรที่ต้องการ ซึ่งน้ำหนักของลูกปูนลูกที่ชั่งน้ำหนัก=6.306 kg

ปูน= (6.306+6.306)x1.3=16 kg

หิน=(8+6.306)x1.3=18 kg

ทราย=(8+6.306)x1.3=18 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัย

จากผลการทดสอบคอนกรีตอิฐบล็อกที่ใช้เศษคอนกรีตมวลเบามาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ เพื่อมาศึกษาเปรียบเทียบการรับกำลังอัด อัตราการดูดซึมและความหนาแน่นเชิงปริมาตรที่อายุของคอนกรีต 7 วัน ในอัตราส่วนการแทนที่หินด้วยมวลรวมรีไซเคิลจากคอนกรีตมวลเบาที่ค้าง ตะแกรงร่อนหิน เบอร์ 8 เบอร์ 4 จะได้ผลสรุปของคุณสมบัติมวลรวมและคอนกรีตรีไซเคิลดังนี้

จากผลการทดสอบคอนกรีตที่ใช้เศษคอนกรีตมวลเบามาเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ เพื่อมาศึกษาเปรียบเทียบการรับกำลังอัด อัตราการดูดซึมและความหนาแน่นเชิงปริมาตรที่อายุของคอนกรีต 7 วัน ที่มวลรวมหยาบที่นำมาใช้จะมาจากเศษคอนกรีตมวลเบาที่ค้าง ตะแกรงร่อนหิน เบอร์ 8 เบอร์ 4 เป็นมวลรวมหยาบในการผสมคอนกรีตอิฐบล็อกที่ออกแบบไว้ที่

จากผลการทดสอบคุณสมบัติและการทดสอบคอนกรีตที่ใช้มวลรวมรีไซเคิลแทนที่มวลรวมนั้นจะเห็นได้ว่า

อัตราการดูดซึมของการทดสอบ

อัตราการดูดซึม (%)	อัตราการดูดซึม (%)	อัตราการดูดซึม (%)
แบบธรรมดา	(Sieve No.8)	(Sieve No.4)
4.741	10.710	10.284
5.353	11.448	12.000
4.105	12.727	9.231
3.234	11.200	9.744
2.908	15.271	8.266

ซึ่งจะเห็นว่ามวลรวมรีไซเคิลนั้นมีค่ามากกว่ามวลรวมธรรมชาติพอสมควรและยิ่งค่ากำลังของมวลรวมธรรมชาติเพิ่มขึ้น อัตราการดูดซึมจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถ่วงจำเพาะของการทดสอบ

อิ่มตัวผิวแห้ง(kg/m^3)	อิ่มตัวผิวแห้ง(kg/m^3)	อิ่มตัวผิวแห้ง(kg/m^3)
แบบธรรมดา	(Sieve No.8)	(Sieve No.4)
1854.914	1446.045	1557.248
1845.387	1378.299	1576.067
1847.879	1408.019	1599.816
1906.349	1405.414	1593.856
1898.731	1396.372	1570.593

จะเห็นว่าค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมรีไซเคิลมีค่าน้อยกว่ามวลรวมธรรมดาและ มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 ค่ากำลังของมวลรวมรีไซเคิล

หน่วยน้ำหนักของการทดสอบ

อิ่มตัวผิวแห้ง (g)	อิ่มตัวผิวแห้ง (g)	อิ่มตัวผิวแห้ง (g)
แบบธรรมดา	(Sieve No.8)	(Sieve No.4)
6306	5014	5348
6258	4848	5442
6284	4758	5460
6494	4866	5439
6500	4669	5347

จะเห็นว่าค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมรีไซเคิลนั้นมีค่าน้อยกว่ามวลรวมธรรมดาและยิ่งค่ากำลังของมวลรีไซเคิลเพิ่มขึ้น หน่วยน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยแต่ก็ยังน้อยกว่ามวลรวมธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการรับกำลังแรงอัดของการทดสอบ

กำลังรับแรงอัด (ksc.)	กำลังรับแรงอัด (ksc.)	กำลังรับแรงอัด (ksc.)
แบบธรรมดา	(Sieve No.8)	(Sieve No.4)
52.421	13.745	33.700
70.971	5.685	31.092
71.458	11.773	30.886
84.129	11.216	40.395
95.598	9.216	45.713

จะเห็นว่าค่าการรับกำลังของมวลรวมรีไซเคิลนั้นมีค่าน้อยกว่ามวลรวมธรรมดาอยู่มาก ซึ่งค่าการรับกำลังของมวลรวมรีไซเคิลมีค่ากำลังนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

การทดลองมีปัจจัยที่ทำให้การทดลองอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลผลการทดลองได้ อย่างเช่นความชื้นในมวลรวม ซึ่งมวลรวมในแต่ละก้อนอาจมีค่าต่างกันซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้ อีกปัจจัยคือ ความไม่แน่นอนของมวลรวมรีไซเคิล เนื่องจากในแต่ละก้อนของมวลรวมรีไซเคิล นั้นมีอายุการรับกำลังที่ต่างวันไม่เท่ากัน ซึ่งปัจจัยทั้งสองอาจส่งผลกระทบต่อการทดลองได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) วิธีการคำนวณนี้เป็นเพียงวิธีการเบื้องต้น อาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่ไม่มากก็น้อย เพื่อสามารถนำไปใช้ประมาณได้อย่างแม่นยำ ควรทำการศึกษาการวิจัยที่มีขนาดการวิจัยใหญ่ขึ้นมากกว่านี้ เนื่องจากวิจัยนี้ถูกจำกัดด้วยข้อจำกัดทางวัดสุและกำลังของผู้ทำการวิจัยนี้

(2) วิธีการคำนวณนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้ขอบเขตการวิจัยนี้เท่านั้น เพื่อสามารถนำสมการไปใช้ได้ครอบคลุม ควรมีการศึกษาในกรณีที่มีเงื่อนไขที่มากขึ้น ตัวแปรอิสระที่มากขึ้น

(3) เศษคอนกรีตที่ใช้ควรมีเครื่องจักรที่มีความเหมาะสมทำการบดและคัดขนาดอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้มวลรวมที่มาตรฐานและมีความแข็งแรงอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

(1) ในการทดลองหาความชื้นในมวลรวม ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นในมวลรวมได้ง่าย เนื่องจากความชื้นภายนอกเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงมีปัญหาในการหาที่จัดเก็บ และต้องเพิ่มความระมัดระวังในเกี่ยวกับความชื้นในการทดลอง

(2) เนื่องจากเศษคอนกรีตที่ได้จากกระย่อยสลายคอนกรีตที่ใช้แล้ว มีซีเมนต์เพสต์เกาะอยู่มากน้อยคละกันไป อาจเป็นส่วนที่ทำให้กำลังของคอนกรีตใหม่มีค่าลดลงและมีความไม่แน่นอนอยู่ในมวลรวม

(3) ผลที่ได้จากการทดลองนี้ ในทุกกรณี เป็นการทดลองเฉพาะกลุ่มตัวอย่าง ในระดับปฏิบัติการ อาจส่งผลต่อความน่าเชื่อถือ ด้วยเหตุผลนี้จึงควรทำการทดสอบขนาดใหญ่

(4) เนื่องจากจากการย่อยอิฐมวลเบาให้ได้ตามขนาดที่กำหนดไว้นั้นทำได้ล่าช้าเนื่องจากต้องใช้การย่อยด้วยการทุบ เนื่องจากไม่มีเครื่องที่ย่อยให้ได้ตามขนาดที่กำหนดจึงทำให้เสียเวลาในการย่อยวัสดุ

(5) ในขั้นตอนการบดอัดนั้นทำได้ไม่แน่นพอเนื่องจากไม่มีเครื่องบดอัดและต้องทำการทดลองหลายครั้งกว่าจะได้วิธีที่ดีที่สุดสำหรับการบดอัด จึงทำให้ได้ค่าลดลงจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 รวบรวมเศษอิฐมวลเบา

รูปที่ ก.2 การบดเศษอิฐมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 เศษอิฐมวลเบาที่ถูกการบด

รูปที่ ก.4 การคัดขนาดของเศษอิฐมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.5 ตัวอย่างบางส่วนของตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ผสมเสร็จแล้ว

รูปที่ ก.6 การชั่งน้ำหนักหาอัตราดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.7 การชั่งน้ำหนักตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

รูปที่ ก.8 การวัดขนาดตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.9 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

รูปที่ ก.10 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกบางส่วนที่ผ่านการทดสอบการรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] เอกสารคำสอน concrete technology รศ.ดร.คมสัน มาลีสี,สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] คอนกรีตมวลเบา www.trippletrees.com

[3] เทอดศักดิ์ สายสุทธิ์. 2555 “RCA จากส่วนที่เหลือของเสาเข็มคอนกรีต”.

[4] สถิตพงษ์ วงศ์สง่า. 2560 “การศึกษาคุณสมบัติของปูนฉาบที่ผสมมวลรวมละเอียดจากเศษคอนกรีตเก่า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

[5] ประจักษ์ เข็มบุบผา. 2548 “การศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากคอนกรีตเก่าที่ถูกทำลายที่มีกำลังอัดแตกต่างกัน สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี.

[6] อภิวิชญ์ พูลสง (2556) ศึกษาการพัฒนาคอนกรีตมวลเบาผสมผงฝุ่นหินจากโรงโม่หินมาเป็นวัสดุผสมในงานคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลาร์ (CLC)

[7] การใช้งานอิฐบล็อคแต่ละประเภท http://www.wkblock.com/block-talk/26-howtousetypeofbricks.html

[8] มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2530 http://ptg.co.th/TIS/TIS58-2533.pdf

[9] อิฐบล็อก ซีเมนต์บล็อก คอนกรีตบล็อก มอก. 58/2533 https://www.onestockhome.com/th/categories/bricks/sub_categories/concrete-block/product_types/concrete-block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ – นามสกุล	นายจิรวัฒน์ โพธิ์ใจพระ
วัน เดือน ปีเกิด	26 พฤษภาคม 2539
ที่อยู่	334 หมู่ 1 ตำบล ไพศาลี อำเภอ ไพศาลี จังหวัดนครสวรรค์ 60220
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างโยธา
	พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างโยธา
	พ.ศ. 2560 เข้าศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา(ต่อเนื่อง)

ชื่อ – นามสกุล	นายวุฒิชัย บัวพาวัน
วัน เดือน ปีเกิด	4 มีนาคม 2540
ที่อยู่	99 หมู่ 6 ตำบล วังน้ำซับ อำเภอ ศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี 74140
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างโยธา
	พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างโยธา
	พ.ศ. 2560 เข้าศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา(ต่อเนื่อง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ – นามสกุล	นายศรัณยู หล้าแหล่ง
วัน เดือน ปีเกิด	29 สิงหาคม 2539
ที่อยู่	116/62 หมู่ 2 ซอยสุขสำราญ ตำบลพลูตาหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี 20180
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสายวิทย์-คณิต ที่โรงเรียนพลูตาหลวงวิทยา จังหวัดชลบุรี
	พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกช่างอุตสาหกรรม ที่วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออกอีเทค จังหวัดชลบุรี
	พ.ศ. 2560 เข้าศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา(ต่อเนื่อง) ภาคปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้