

อิทธิพลของโฟมและมวลละเอียดที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลล์ดูต้า

Influences of foaming agent and fine aggregates on strength
of cellular lightweight concrete



โครงการพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

อิทธิพลของโฟมและมวลละเอียดที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลล์ลู่ล่า
Influences of foaming agent and fine aggregates on strength
of cellular lightweight concrete



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2556

Influences of foaming agent and fine aggregates on strength
of cellular lightweight concrete



MR. PHONGTHIP LEEVATTANANUKOOL
MR. BHURIVITH SUKASEM
MR. SUPIT KITPOKHA

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 MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ผู้อื่นใช้จะมีระโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2013

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ อิทธิพลของโฟมและมวลละเอียดที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา
ระบบเซลล์ลู่วิ่ง

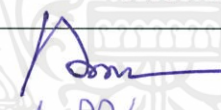


Influences of foaming agent and fine aggregates on strength of cellular lightweight concrete

นักศึกษา นายพงษ์ธิป สิวฒนานุกูล รหัสประจำตัว 53011038
นายภูริวิทย์ สุขเกษม รหัสประจำตัว 53011283
นายสุพิชญ์ กิจพ้อคำ รหัสประจำตัว 53011760

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.คมสัน มาลีสี

คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.คมสัน	มาลีสี	
อาจารย์ศิลป์ชัย	จามสุวรรณ	
ผศ.ศักดิ์ชัย	สกาอนุพงษ์	

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

หัวข้อโครงการพิเศษ	อิทธิพลของโฟมและมวลละเอียดที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูลูลูล่า Influences of foaming agent and fine aggregates on strength of cellular lightweight concrete		
นักศึกษา	นายพงษ์ธิป	ลี้วัฒนานุกูล	รหัสประจำตัว 53011038
	นายภูริวิทย์	สุขเกษม	รหัสประจำตัว 53011283
	นายสุพิชญ์	กิจพ้อคำ	รหัสประจำตัว 53011760
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.คมสัน มาลีสี		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ศิลป์ชัย จานสุวรรณ ผศ.ศักดิ์ชัย สกานพงษ์		
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2556		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของโฟมและมวลละเอียดที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูลูลูล่า โดยใช้น้ำยาเคมีที่ทำให้เกิดฟองอากาศก่อนแล้วนำไปผสมกับมอร์ต้า งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาคอนกรีตมวลเบาซึ่งมีวัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียด คอนกรีตที่ผสมเสร็จมีความหนาแน่น 1,500 ถึง 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฟองอากาศที่ได้จากน้ำยาเคมีมีความหนาแน่นในช่วง 40 ถึง 50 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ 0.3 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนทรายตอปูนซีเมนต์ 1 ต่อ 1 โดยงานวิจัยนี้ใช้น้ำยาเคมี 3 ยี่ห้อ คือ น้ำยาเคมีของ LCM , Grace AE4 และ Prolicon ใช้สารผสมเพิ่มประเภทซูเปอร์พลาสติกไฮเซออร์ โดยทำการทดลองผสมฟองอากาศที่ได้จากน้ำยาแต่ละยี่ห้อลงในคอนกรีตแล้วปรับปริมาณฟองอากาศเพื่อให้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการแล้วทำการทดสอบ ผลที่ได้คือ น้ำยาโฟมมีผลต่อกำลังรับแรงอัดประลัยอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันแต่เนื่องจากการวิจัยนี้มีการใส่สารซูเปอร์พลาสติกไฮเซออร์ทำให้น้ำยาโฟมเกิดประสิทธิภาพสูงขึ้น อีกทั้งยังมีการทดลองโดยใช้ทราย 2 ประเภท คือ ทรายหยาบที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปและทรายละเอียด ตามมาตรฐาน ASTM C136-93 ผลที่ได้คือ ขนาดของเม็ดทรายที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ฟองอากาศแตกและมีปริมาณน้อย ส่งผลให้การเรียงตัวของฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตไม่สม่ำเสมอและมีช่องว่างขนาดใหญ่แต่ทรายที่มีขนาดเล็กจะทำให้ฟองอากาศเข้าไปเรียงตัวอย่างหนาแน่นในช่องว่างระหว่างเม็ดทรายส่งผลให้การเรียงตัวมีความสม่ำเสมอ คอนกรีตมวลเบาที่ผสมทรายละเอียดจึงให้ผลในด้านกำลังรับแรงอัดประลัยที่สูงกว่าคอนกรีตมวลเบาที่ผสมทรายหยาบ ประมาณ 10-40 %

Title : Influences of foaming agent and fine aggregates on strength of cellular lightweight concrete

Name : MR. PHONGTHIP LEEVATTANANUKOOL
MR. BHURIVITH SUKASEM
MR. SUPIT KITPOKHA

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : Asst.Prof.Dr. Komsan Maleesee

Co-Advisor : Mr. Sinchai Jansuwan
Asst.Prof. Sakchai Skanupong

ABSTRACT

This project studies the Influences of foaming agent and fine aggregates on strength of cellular lightweight concrete by making air bubbles from foaming agent then mixed with mortar. The focus is on cellular lightweight concrete aggregates i.e. coarse sand and fine sand. The ready mixed concrete has density between 1,500 to 1,700 kg/m³ and air bubbles have density between 40 to 50 kg/m³, with water-cement ratio at 0.3 by weight and sand-cement ratio at 1:1. Three chemicals used are LCM, GRACE AE4 and Prolicon; all mixed with super plasticizers. Air bubbles created by each chemical are mixed into concrete to get the desired density. The result is that each foaming agent gives similar ultimate compressive strength, which is higher than normal due to super plasticizers added. In addition, there are two types of sand i.e. coarse construction sand and fine sand standard ASTM C136-93 used in the experiment. The result is that large size sand breaks air bubbles and gives lower amount of bubbles, consequently, making non-uniform and large voids. But small sand creates dense and uniform air bubbles. Lightweight concrete mixed with fine sand then has higher ultimate compressive strength than lightweight concrete mixed with coarse sand, about 10-40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.คมสัน มาลีสี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนได้แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอดจนโครงการพิเศษเล่มนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ผู้วิจัยจึงขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาและผู้ปกครองทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาด้านต่างๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา

ขอขอบคุณ นายทศพร ศรีเอี่ยม (กรรมการผู้จัดการ) นางสาวสุจิตตา ใจเอื้อ และพี่ๆ ของบริษัท นิวเทคโนโลยี เอ็นจิเนียริ่ง คอนสตรัคชั่น จำกัด ที่เป็นผู้สนับสนุนเครื่องผลิตโฟมและน้ำยาโฟมของ LCMและช่วยสอนขั้นตอนในการใช้งานต่างๆแนะนำชนิดของโฟมและข้อมูลที่ทำให้โครงการพิเศษนี้ดำเนินได้อย่างเรียบง่าย

ขอขอบคุณ บริษัท ชิก้า (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้เป็นผู้สนับสนุนน้ำยาสารผสมเพิ่ม ทำให้โครงการพิเศษนี้ดำเนินไปได้และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับน้ำยาผสมเพิ่มชนิดต่างๆ

ขอขอบคุณ บริษัท ดับเบิ้ลยู.อาร์. เกรส (ประเทศไทย) จำกัด ที่เป็นผู้สนับสนุนน้ำยาผลิตโฟม Grace AE4 ซึ่งเป็นน้ำยาโฟมที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพิเศษนี้และทำให้โครงการพิเศษนี้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณจิรัฐเดช ลอเสถียรกุล และบริษัท ซีแอลซี โปริลิกอนซิสเต็ม จำกัด ที่เป็นผู้สนับสนุนน้ำยาโฟมและให้ข้อมูลเกี่ยวกับคอนกรีตมวลเบาCLC ขั้นตอนวิธีการทำคอนกรีตมวลเบาและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์กับโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ คุณณนิตย์ บุบผาชาติ ที่อำนวยความสะดวกและติดต่อประสานงานเรื่องการเดินไฟฟ้าและการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้สำหรับการทำโครงการพิเศษนี้จึงทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จได้

ขอขอบคุณ คุณธีรเดช คำวิไล ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือแลปต่างๆ และข้อเสนอแนะต่างๆที่มีประโยชน์กับโครงการพิเศษนี้ทำให้โครงการพิเศษนี้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ว่าที่ร.ต.ภูมิเกียรติ สว่างวงศ์ นักศึกษาปริญญาโท ที่เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำพร้อมทั้งช่วยลงมือในการทำโครงการพิเศษนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆที่มาช่วยในการทำโครงการพิเศษนี้ และยังเป็นกำลังใจที่ดีที่ทำให้โครงการพิเศษนี้ผ่านไปได้

นายพงษ์ธิป ลีวัฒนากุล

นายภูริวิทย์ สุขเกษม

นายสุพิชญ์ กิจพ้อคำ

ผู้จัดทำโครงการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึง

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ปกใน (ภาษาไทย)	ก
ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
ใบรับรองโครงการพิเศษ	ค
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์/คุณค่า(คาดว่า)จะได้รับ จากงานวิจัย	1
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการพิเศษ	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 นิยามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บทนำ	4
2.2 นิยามและความหมาย	4
1. คอนกรีต	4
2. คอนกรีตมวลเบา	5
3. คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC	7
4. ปูนซีเมนต์	7
5. วัสดุผสม	8
6. น้ำสำหรับใช้ผสมคอนกรีต	8
7. สารผสมเพิ่ม	9
8. น้ำยาโพน	10
9. การบ่มคอนกรีต	11

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	13
1. วิธีการผลิตคอนกรีตมวลเบาระบบเซลล์ลูล่า	14
2. คุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตมวลเบา	15
3. คุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว	15
4. กำลังต้านทานของคอนกรีต	16
5. จำนวนแท่งทดสอบ	16
6. กำลังต้านทานแรงอัด	16
2.4 การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา	16
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	19
3.2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์	22
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	24
3.4 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการทดสอบ	25
บทที่ 4 การวิเคราะห์และผลการทดลอง	
4.1 บทนำ	27
4.2 ผลการทดลอง	27
1. คอนกรีตมวลเบาแบบ CLC ที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่ม	27
1. นํ้ายาโพม LCM	27
2. นํ้ายาโพม Grace AE4	30
3. นํ้ายาโพม Prolicon	33
2. คอนกรีตมวลเบาแบบ CLC ที่ใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซอร์	36
1. นํ้ายาโพม LCM	36
2. นํ้ายาโพม Grace AE4	39
3. นํ้ายาโพม Prolicon	42
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	45
1. นํ้ายาโพมที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด	45
2. วัสดุผสมที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด	47
3. สารผสมเพิ่มที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงประเภทสารผสมเพิ่ม	10
รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ type 1	19
รูปที่ 3.2 น้ำ	19
รูปที่ 3.3 ทราयละเอียด	20
รูปที่ 3.4 ทราयหยาบ	20
รูปที่ 3.5 นํ้ายาโฟม Prolicon	20
รูปที่ 3.6 นํ้ายาโฟม LCM	20
รูปที่ 3.7 นํ้ายาโฟม Grace AE4	20
รูปที่ 3.8 สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซอร์	20
รูปที่ 3.9 กระบอกตวงขนาด 500 ml.	21
รูปที่ 3.10 กระบอกตวงขนาด 1,000 ml.	21
รูปที่ 3.11 ตาชั่งดิจิตอล	21
รูปที่ 3.12 ตู้อบ	21
รูปที่ 3.13 เครื่องโม	21
รูปที่ 3.14 แบบหล่อ Cylinder	21
รูปที่ 3.15 ถังความดัน	22
รูปที่ 3.16 ปืนฉีดโฟม	22
รูปที่ 3.17 บั้มลม	22
รูปที่ 3.18 เครื่อง Compressometer	22
รูปที่ 3.19 การเตรียมแบบหล่อ Cylinder	23
รูปที่ 3.20 การเตรียมทราย	23
รูปที่ 3.21 การฉีดโฟม	24
รูปที่ 3.22 เทคอนกรีตสดลงในแบบ	24
รูปที่ 3.23 การถอดแบบและเขียนรายละเอียด	25
รูปที่ 3.24 การระบุรายละเอียด	26
รูปที่ 3.25 การบ่มคอนกรีต	26
รูปที่ 3.26 การวัดความสูง	26
รูปที่ 3.27 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง	26
รูปที่ 3.28 การเคลือบหน้าตัด	26
รูปที่ 3.29 การทดสอบกำลังอัด	26

สารบัญรูป (ต่อ)

ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ผสมน้ำยาโพน LCM ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	45
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ผสมน้ำยาโพน Grace AE4 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	46
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ผสมน้ำยาโพน Prolocon ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	46
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดกับระยะเวลาต่าง ๆ (LCM)	47
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดกับระยะเวลาต่าง ๆ (Grace AE4)	48
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดกับระยะเวลาต่าง ๆ (Prolocon)	48
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดที่ผสมสารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ กับระยะเวลาต่าง ๆ (LCM)	49
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดที่ผสมสารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ กับระยะเวลาต่าง ๆ (Grace AE4)	49
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดที่ผสมสารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ กับระยะเวลาต่าง ๆ (Prolocon)	50
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและ ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (LCM)	50
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายละเอียดที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและ ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (LCM)	51
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและ ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Grace AE4)	51

สารบัญรูป (ต่อ)

ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายละเอียดที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและ ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Grace AE4)	52
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและ ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Prolicon)	52
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบา ที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายละเอียดที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและ ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Prolicon)	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC (Cellular Lightweight Concrete) เป็นการผลิตคอนกรีต โดยทำให้คอนกรีตมีฟองอากาศเล็กๆ (Air Bubble) จำนวนมากผสมอยู่ในมอร์ตาร์ซึ่งในปัจจุบันนั้น คอนกรีตมวลเบาระบบCLCมีกำลังอัดที่ไม่สูงมากนักทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของอิทธิพลของ โฟมและมวลรวมละเอียดที่มีผลต่อกำลังอัดคอนกรีตมวลเบาCLCสามารถนำมาใช้งานจริงได้

อิทธิพลของมวลรวมละเอียดนั้นมีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาCLCเนื่องจากมวลรวม ละเอียดที่มีขนาดเล็กนั้นสามารถรับกำลังอัดได้ดีกว่ามวลรวมละเอียดที่มีขนาดใหญ่ซึ่งเกี่ยวเนื่องมา จากการเรียงตัวของมวลรวมละเอียดซึ่งทรายละเอียดนั้นมีกำลังอัดมากกว่าทรายหยาบอยู่ที่ 25%และ อิทธิพลของน้ำยาโฟมนั้นก็มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาCLCเช่นกันเนื่องจากน้ำยาโฟมแต่ละ ชนิดนั้นมีคุณสมบัติที่ต่างต่างกัน มีความแข็งแรงของเม็ดโฟมนั้นไม่เท่ากันจึงทำให้กำลังอัดของ คอนกรีตมวลเบาCLCมีกำลังอัดที่ต่างกัน

ทางผู้วิจัยนั้นได้ใช้ความหนาแน่นของคอนกรีตอยู่ที่ $1,500-1,700 \text{ kg/m}^3$ ความหนาแน่น ของโฟมอยู่ที่ $40-60 \text{ kg/m}^3$ และมวลรวมละเอียดที่ใช้เป็นทรายที่ผ่านมาตรฐาน ASTM C136-93

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC (Cellular Lightweight Concrete)
2. เพื่อศึกษาน้ำยาโฟมที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC
3. เพื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับชนิดของน้ำยาโฟม
4. เพื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับขนาดของทราย

1.3 ประโยชน์/คุณค่า(คาดว่า)จะได้รับ จากงานวิจัย

1. ได้พัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC
2. ได้พัฒนาเกี่ยวกับส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC ที่เหมาะกับการนำไปใช้ใน งาน อุตสาหกรรมการก่อสร้างต่างๆ

เอกสารนี้เป็น 3. ขอได้ศึกษาน้ำยาโฟมที่เพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ระยะเวลาในการศึกษา เดือนกรกฎาคม 2556 ถึง มีนาคม 2557
2. ใช้ทรายหยาบที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปและทรายละเอียดที่ผ่านมาตรฐาน (ASTM C136-93)
3. ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC โดยใช้อัตราส่วน
 - อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.3 โดยน้ำหนัก
 - อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย 1:1 โดยน้ำหนัก
 - อัตราส่วนของสารซูเปอร์พลาสติกไฮเซออร์ต่อปูนซีเมนต์ 1% โดยน้ำหนัก
 - อัตราส่วนน้ำยาโฟมต่อน้ำผสม LCM 1:30 , Grace AE4 1:30 และ Prolicon 1:20 โดยปริมาตร
 - ความหนาแน่นของเนื้อโฟมอยู่ในช่วง 40 ถึง 60 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
 - ความหนาแน่นของคอนกรีตอยู่ในช่วง 1,500 ถึง 1,700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ตั้งวัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ
2. ศึกษาข้อมูล และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงการพิเศษ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินโครงการพิเศษ
3. วางแผนการทำงาน พร้อมกำหนดขอบเขตของการทำโครงการพิเศษ
4. ทำการผสมคอนกรีต พร้อมเก็บตัวอย่างแบบ Cylinder
5. ทำการบ่มตัวอย่างคอนกรีตโดยวิธีเพิ่มความชื้นให้กับเนื้อคอนกรีตในระยะเวลา 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน
6. ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของตัวอย่างด้วยเครื่อง Compressometer และทำการบันทึกค่า
7. รวบรวมข้อมูล เปรียบเทียบ และวิเคราะห์ผลการทดลอง
8. สรุปผลการทดลอง และเสนอข้อแนะนำ
9. เรียบเรียงข้อมูล และจัดทำรูปเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการพิเศษ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการพิเศษ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการพิเศษ								
	พ.ศ. 2556						พ.ศ. 2557		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ตั้งวัตถุประสงค์ของโครงการ	■								
สืบค้นข้อมูลและหาแนวทาง	■	■							
จัดเตรียมอุปกรณ์		■	■						
ปฏิบัติงาน				■	■	■	■	■	■
ทดสอบและเก็บข้อมูล				■	■	■	■	■	■
รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง								■	■
สรุปผลการทดลอง								■	■
จัดทำรูปเล่ม									■

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้

1. ทราบถึงน้ำยาโพนที่ส่งผลต่อการเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา
2. ปฏิบัติของสารผสมเพิ่มกับคอนกรีตมวลเบา
3. เป็นข้อมูลในการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา
4. นำข้อมูลไปใช้ในงานด้านการอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

นิยามและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ปัจจุบันคอนกรีตเป็นวัสดุหลักที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศไทย โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กนับว่าเป็นโครงสร้างที่แพร่หลายและเป็นที่คุ้นเคยมากที่สุด อย่างไรก็ตาม คอนกรีตปกติจะมีค่าหน่วยน้ำหนักที่สูง (ประมาณ 2,240 - 2,400 กก./ลบ.ม.) ซึ่งเมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างจะทำให้โครงสร้างมีน้ำหนักมากและทำให้ชิ้นส่วนองค์อาคารต่าง ๆ มีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากการก่อสร้างอาคาร ตึก คอนโด ขึ้นมาเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการพัฒนาคุณภาพ และคุณสมบัติของคอนกรีตให้ดีขึ้น คอนกรีตมวลเบามีการนำไปใช้ในงานโครงสร้างของอาคาร เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้าง อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา แต่ในด้านการรับแรงอัดยังคงรับได้น้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา คอนกรีตมวลเบาเป็นคอนกรีตที่มีความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา คอนกรีตมวลเบามีการผลิตได้หลายวิธี ในที่นี้จึงเลือกใช้คอนกรีตมวลเบาระบบเซลล์ลู่วิ่งที่มีการผสมโฟมเพื่อให้เกิดฟองอากาศภายในคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบา จึงทำให้คอนกรีตมวลเบามีการใช้อย่างแพร่หลายและมีการพัฒนาคอนกรีตมวลเบาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.2 นิยามและความหมาย

1. คอนกรีต

คือวัสดุที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อใช้งานเป็นโครงสร้าง โดยได้จากการผสมซีเมนต์ ทราย หิน หรือกรวดและน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยากับซีเมนต์ทำให้ได้ซีเมนต์เพสต์ที่มีคุณสมบัติเป็นตัวเชื่อมประสานแทรกตัวตามเม็ดทรายและก้อนหินรวมตัวกันเป็นก้อนคอนกรีตและจะแข็งตัวขึ้นเรื่อยๆ จนสามารถรับแรงอัดได้

คอนกรีตมีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุโครงสร้างได้ดีกว่าวัสดุอื่นๆ เช่น อิฐ ไม้หรือเหล็ก เพราะสามารถสร้างให้มีรูปร่างและขนาดตามที่ต้องการได้ โครงสร้างคอนกรีตที่เห็นกันอยู่ทั่วไป เช่น เสา คาน พื้น ถนน ท่อระบายน้ำ เขื่อนกั้นน้ำ ฯลฯ

1.1 ชนิดของคอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้งานโครงสร้างแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. คอนกรีตล้วน (Plain Concrete) เป็นคอนกรีตอย่างเดี่ยวปราศจากวัสดุอื่นใด เหมาะสมกับโครงสร้างที่รับแรงอัดอย่างเดียวได้แก่ คอนกรีตที่เป็นแท่งใหญ่ (Mass Concrete) กำแพงกั้นดินแบบน้ำหนักถ่วง (Gravity Retaining Walls)

2. คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforce Concrete) เป็นคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมเพื่อให้สามารถรับแรงอัดและแรงดึงมากขึ้น นิยมใช้ในการก่อสร้าง เสา คาน พื้น และฐานราก ในปัจจุบันโครงสร้างอาคารส่วนใหญ่ใช้โครงสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

3. คอนกรีตอัดแรง (Prestress Concrete) เป็นโครงสร้างคอนกรีตที่ใช้เทคนิคการดึงลวดรับแรงดึงสูงสุด (Tendon) และถ่ายแรงค้ำไว้ในเนื้อคอนกรีต ทำให้โครงสร้างสามารถต้านทานต่อโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนได้ คอนกรีตอัดแรงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1 วิธีอัดแรงก่อน (Pre-Tension Prestress Concrete) ทำโดยดึงลวดรับแรงสูงไว้ก่อนในแบบหล่อ แล้วจึงเทคอนกรีตลงในแบบหล่อ เมื่อคอนกรีตพัฒนากำลังอัดตามที่กำหนดไว้แล้ว จึงตัดลวดออก แรงดึงที่ค้ำอยู่ในลวดรับแรงดึงสูงจะถ่ายแรงเข้าสู่คอนกรีต

3.2 วิธีอัดแรงทีหลัง (Post-Tension Prestress Concrete) ทำโดยสอดลวดแรงดึงสูงไว้ในการวางท่อโลหะสังกะสีในแบบหล่อ เทคอนกรีต เมื่อคอนกรีตได้กำลังตามที่กำหนดแล้ว จึงดึงลวดรับแรงดึงสูงที่ปลายหัว-ท้าย หรือปลายด้านใดด้านหนึ่ง วิธีนี้ทำได้ 2 แบบ คือ

- แบบไร้แรงยึดเหนี่ยว (Unbonded System) ลวดรับแรงดึงสูงถูกร้อยในท่อ เมื่อทำการดึงลวดแล้ว จะถ่ายแรงเข้าสู่คอนกรีต โดยยึดรั้งที่ปลายหัวท้ายของแบบ ซึ่งถูกยึดด้วยหัวสมอ (Anchorage) เท่านั้น
- แบบมีแรงยึดเหนี่ยว (Bonded System) มีการอัดน้ำปูน (Grouting) ลงในท่อสังกะสีหลังจากดึงลวดรับแรงดึงสูงเสร็จแล้ว โดยน้ำปูนที่ใช้มีสารเคมีผสมประเภทเพิ่มการขยายตัว (Additive) เพื่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างลวดรับแรงดึงสูงกับท่อสังกะสีและคอนกรีต ทำให้สามารถถ่ายแรงได้โดยไม่ต้องอาศัยสมอยึด

4. คอนกรีตเบา (Lightweight Concrete) คือ คอนกรีตที่มีความหนาแน่นหรือหน่วยคอนกรีตน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มีค่าประมาณ 400-1900 กก./ลบ.ม. โดยคัดเลือกวัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบาพิเศษ หรืออาศัยปฏิกิริยาของผงต่างโลหะกับน้ำ ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากในเนื้อคอนกรีต คอนกรีตจึงพองตัวและเบาขึ้น คอนกรีตเบานี้สามารถลดน้ำหนักอาคารได้มาก และประหยัดต้นทุนค่าก่อสร้างลงได้บางส่วน

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

2. คอนกรีตมวลเบา

หากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันจะทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาแตกต่างกันไปด้วยคอนกรีตมวลเบาที่นิยมใช้สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภทดังนี้

ประเภทที่ 1. คอนกรีตที่มีส่วนผสมของวัสดุที่มีน้ำหนักเบา (Lightweight Aggregate Concrete) ได้แก่ การใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาทดแทนหินเพื่อลดน้ำหนักของคอนกรีตลง หินเบาจะมีลักษณะที่เป็นรูพรุน มีฟองอากาศอยู่ในตัวจำนวนมากจึงมีน้ำหนักเบา สามารถจำแนกมวลรวมออกได้เป็น 4 ชนิด

- 1.) มวลรวมเบาที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ หิน Vermiculite, Perlite, Pumice และ Scoria ซึ่งเป็นลาวาที่พองตัวตามธรรมชาติ ใช้ผสมกับคอนกรีตที่ไม่ต้องการกำลังสูง และมวลรวมจะดูดซึมน้ำมาก
- 2.) มวลรวมเบาที่ได้จากขบวนการผลิต 3 กระบวนการ คือ Expanded Clay Aggregate ได้จากการเผาไหม้ดินเหนียวผสมกับสารก่อฟองอากาศ ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสทำให้เกิดฟองอากาศจนเป็นโพรงในเนื้อหิน รูปร่างกลมแข็งผิวเรียบแน่น ขบวนการที่สอง คือ Expanded Shale Aggregate ได้จากการเผาไหม้ดินดานผสมกับถ่านละเอียดที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส มีความแข็งแรงค่อนข้างสูง นิยมนำมาใช้และขบวนการที่สาม คือ Sintered Fly Ash ได้จากการนำ Fly Ash ไปเผาที่อุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส ทำให้อนุภาคเกาะติดกัน ผิววัสดุค่อนข้างเรียบ
- 3.) มวลรวมเบาที่ได้จากสารอินทรีย์ ได้แก่ ไม้ หรือพลาสติก
- 4.) มวลที่ได้จากของเหลือของกระบวนการผลิต ได้แก่ ถ่านหินที่ได้จากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงหรือจากการพ่นน้ำไปบนขี้ตะกรัน Slag ที่หลอมเหลว จะเกิดฟองอากาศในเนื้อขี้ตะกรันที่แข็งตัวคอนกรีตเบาที่ได้จากวิธีนี้จะมีน้ำหนักประมาณ 1,000-1,600 กก./ลบม. แต่ก็มีผลเสียคือมีราคาแพงกว่าคอนกรีตธรรมดาทำให้ไม่เป็นที่นิยม

ประเภทที่ 2. คอนกรีตประเภทนี้เป็นคอนกรีตที่ไม่มีมวลละเอียด (ทราย) อยู่ในส่วนผสม ส่วนผสมหลักจะประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ น้ำ และมวลรวมหยาบ การยึดเกาะติดกันระหว่างมวลรวมหยาบเกิดจากผิวที่ถูกเคลือบด้วยซีเมนต์เพสต์หนาประมาณ 1 ถึง 3 มิลลิเมตร เมื่อคอนกรีตแข็งตัวจะเกิดช่องว่างระหว่างมวลรวมหยาบนั้นและทำให้น้ำหนักของคอนกรีตลดลง หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตประเภทนี้ประมาณ 1,600 ถึง 2,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดมวลรวมที่ใช้ ขนาดของมวลรวมควรมีขนาดเท่าๆกัน ขนาดที่ใช้อยู่ในช่วง 9.5 ถึง 20.0 มิลลิเมตร มีกำลังต้านทานแรงอัด 60 ถึง 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตประเภทนี้ขึ้นอยู่กับมวลรวมที่ใช้และปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ โดยทั่วไปส่วนผสมที่ใช้ประมาณ 1:8 โดยปริมาตรและอัตราส่วนผสมของน้ำต่อซีเมนต์ประมาณ 0.4

ประเภทที่ 3. คอนกรีตที่มีฟองอากาศ (Foam and Aerated Concrete) โดยทำให้เนื้อคอนกรีตพูนด้วยการเพิ่มฟองอากาศ หรือที่เรียกว่า โฟม ในเนื้อคอนกรีตจากปฏิกิริยาเคมีเป็นวิธีที่ต้องอาศัยเครื่องมืออุปกรณ์และกรรมวิธีทางเคมีซึ่งอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- 1.) ระบบอบไอน้ำแรงดันสูง (Autoclaved Aerated Concrete) ส่วนผสมประกอบด้วยปูนขาว (Lime) ทราย ปูนซีเมนต์ และสารผสมเพิ่มเพื่อการขยายตัว (Expansion Agent) โดยทั่วไปใช้ผงอะลูมิเนียมในปริมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ปฏิกิริยาเคมีของผงอะลูมิเนียมกับกับแคลเซียมและอัลคาไลในคอนกรีต ก่อให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจนในขณะที่มีมอร์ตาร์ยังสด หรือใช้ผงสังกะสีหรืออะลูมิเนียมอัลลอย ก็สามารถใช้ได้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบกระบวนการผลิต ส่วนผสมจะขยายตัวผู้ขึ้นคล้ายกับขั้นตอนหนึ่งของการทำขนมเค้ก ภายหลังจากก่อตัว

เริ่มต้นจึงนำคอนกรีตไปต้มภายใต้ไอน้ำแรงดันสูง (High-Pressured-Steam) ที่เรียกว่า “ออตoclave” (Autoclave) อุณหภูมิ 180 องศา ถึง 210 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน เพื่อเร่งการแข็งตัวก่อนนำไปใช้งาน ดังนั้นระบบนี้จะใช้ผลิตในโรงงานเท่านั้นและเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตต้องใช้เงินลงทุนสูง

2.) ใช้โฟมเป็นส่วนผสม (Cellular Lightweight Concrete or Foam Concrete) คือ คอนกรีตหรือมอร์ต้าที่มีอากาศอยู่ในเนื้อมากกว่า 25 % ซึ่งการเพิ่มปริมาณอากาศสามารถทำได้ด้วยการ ผสมฟองโฟมที่คล้ายจากเครื่องมือดับเพลิง แล้วนำโฟมนี้ไปผสมคอนกรีตทันที หรือใส่สารเกิดฟองลงไปในส่วนผสมคอนกรีตแล้วตีเนื้อคอนกรีตด้วยเครื่องผสมแรงเฉือนสูงเพื่อให้เกิดฟอง ฟองอากาศที่ได้จะเป็นเม็ดกลมขนาดเล็กลงมาก เส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 0.3-1 มม. ซึ่งจะมีความมั่นคงแข็งแรงจนคอนกรีตก่อตัว (Time of Setting) จึงได้โพรงอากาศขนาดเล็กภายใน ดังนั้นคอนกรีตมวลเบา ที่ได้จากเทคโนโลยี จึงมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับคอนกรีตปกติแต่กำลังน้อยกว่าตามปริมาณฟองอากาศที่ใส่ลงไป โพรงอากาศแบบปิด ไม่ต่อเนื่องในมวลคอนกรีต ก่อให้เกิดผลดี คือ น้ำหนักเบา ป้องกันความร้อน ป้องกันเสียง และทนไฟได้ดี กว่าคอนกรีตปกติ ดังนั้นคอนกรีตมวลเบา CLC จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น ผนังหรือกำแพงอาคาร เทพื้นทับหน้า รั้วสำเร็จรูป ผนังสำเร็จรูป (Precast Wall & Panel) เป็นต้น

3. คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC (Cellular Lightweight Concrete)

คอนกรีตที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์, ทราย, น้ำ และผสมฟองโฟมเพื่อให้เกิดฟองกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีตและคงรูป ส่วนผสมฟองอากาศที่เกิดขึ้นนี้ได้จากเครื่องผลิตฟองโฟม (Foam Generator) คอนกรีตธรรมดาที่มีความหนาแน่นประมาณ 2400 ถึง 2600 กก./ลบม. เมื่อลดการใช้หินซึ่งเป็นวัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) และแทนที่ด้วยฟองโฟม ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงเหลือ 300 ถึง 1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

4. ปูนซีเมนต์

เกิดจากการบดปูนเม็ด ซึ่งเม็ดปูนเกิดจากการเผาส่วนผสมระหว่างหินปูนและดินเหนียว เมื่อนำมาบดจะได้เป็นผงปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่จะกล่าวถึงนี้จะหมายถึงปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement) เมื่อผสมกับน้ำตามส่วนแล้วสามารถก่อตัวและแข็งตัวในน้ำได้ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับส่วนประกอบของปูนซีเมนต์นั้น การทำปฏิกิริยาดังกล่าวเรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) อัตราการก่อตัวและแข็งตัวตลอดจนปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นอยู่กับความละเอียดและส่วนประกอบของผงปูน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญที่สุดในการก่อสร้างทางวิศวกรรมปัจจุบันเพราะเมื่อน้ำปูนซีเมนต์ไปผสมรวมกับ หิน ทรายและน้ำด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะได้เป็นคอนกรีตซึ่งเมื่อแข็งตัวแล้วจะแข็งและทนทานคล้ายหิน ตัวอย่างสิ่งก่อสร้างที่ใช้คอนกรีต เช่น ฐานราก คาน ตอม่อ เขื่อนกันน้ำ สะพาน พื้นและถนน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วัสดุผสม -

หินย่อย กรวด และทราย ที่ใช้ในงานก่อสร้างรวมเรียกว่าวัสดุผสม (Aggregates) ซึ่งเป็นพวกแร่ธาตุเฉื่อย (inert materials) ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์เพส โดยปกติคอนกรีตที่ใช้ทั่วไปมีปริมาณวัสดุผสมร้อยละ 60-75 ของปริมาตรคอนกรีต ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพคอนกรีตทั้งในสภาวะเหลวและแข็งตัวแล้ว วัสดุผสมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

- วัสดุละเอียด หมายถึง ทราย ปกติเป็นหินชั้น ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยถูกการแปรรูปหรือกระแทกจากหินและกรวด แร่ธาตุที่ประกอบเป็นทราย ส่วนมากเป็นควอร์ตหรือไมกา ทรายที่เกิดขึ้นเองบนบก เรียกว่าทรายบก ทรายที่เกิดจากลำธารแม่น้ำ เรียกว่าทรายแม่น้ำ ทรายที่เกิดจากทะเล เรียกว่าทรายเค็ม ทรายที่นำมาใช้ในในงานคอนกรีต ได้แก่ ทรายละเอียดเม็ดเล็ก (ทรายอุยงยา) ขนาด 0.5-1.5 มม. ทรายเม็ดกลาง (ทรายอ่างทอง) ขนาด 1-2 และ 3 มม. ทรายหยาบเม็ดใหญ่ (ทรายราชบุรี) ขนาด 24 มม.
- วัสดุผสมหยาบ เป็นวัสดุที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม. ขึ้นไป ได้แก่ หิน กรวด หินที่ใช้ในการก่อสร้าง ส่วนใหญ่ระเบิดเอามาจากภูเขา แหล่งผลิตหินในประเทศไทยได้แก่ จังหวัดสระบุรี ลพบุรี ราชบุรี หินที่ได้ส่วนใหญ่เป็นหินปูน

6. น้ำสำหรับใช้ผสมคอนกรีต

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการผสมคอนกรีต เพราะนอกจากจะมีผลต่อความสามารถในการเทของคอนกรีตสดและต่อกำลังตลอดจนความทนทานของคอนกรีต น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตควรมีความสะอาด ไม่มีสารเจือปน เช่น กรด ด่าง และสารอินทรีย์ อื่น ๆ โดยปกติน้ำส่วนใหญ่ในธรรมชาติที่ไม่มีการปนเปื้อนจากน้ำเสียของอาคารบ้านเรือน ถือว่ามีคุณภาพดีสำหรับการใช้ผสมคอนกรีต

6.1 หน้าหลักของน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

- ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมกับปูนซีเมนต์และทำปฏิกิริยาทางเคมี
- ทำหน้าที่เคลือบผิวของหินและทรายให้เปียก เพื่อให้ปูนซีเมนต์ยึดเกาะโดยรอบผิวของหินและทราย
- ทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นให้วัสดุทั้ง 3 (ปูน ทราย หิน) เกิดความเหลว สามารถเทและเขย่าเข้าแบบหล่อต่าง ๆ ได้

สารต่างๆที่เจือปนอยู่ในน้ำ จะส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการก่อตัวและกำลังตลอดจนความทนทานของคอนกรีต ได้แก่ ฟูนหรือผง น้ำมัน กรด ด่าง เกลือต่างสารอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม

6.2 น้ำสำหรับบ่มคอนกรีต

น้ำที่มีสารเจือปน เช่น ฟูน น้ำมัน หรือเกลือ ผสมอยู่พอสมควรอาจใช้ในการบ่มคอนกรีตได้โดยไม่ทำให้เกิดรอยเปื้อนหรือสีบนผิวคอนกรีตมากนัก น้ำที่มีกรดหรือสารอินทรีย์เจือปนจะต้องได้รับการตรวจสอบก่อนนำไปใช้ จะต้องระวังสารอินทรีย์พวกกรดแทนนิก (Tannic acid) เกลือของแร่เหล็ก เพราะอาจก่อให้เกิดรอยเปื้อนเปรอะบนผิวคอนกรีต

แม้ว่าครีมีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สารผสมเพิ่ม

- สารที่ใส่ลงไปในส่วนผสมของคอนกรีต ไม่ว่าจะก่อนหรือในขณะที่ผสม เพื่อช่วยปรับปรุงให้คอนกรีตสดหรือคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ให้มีคุณสมบัติหรือคุณภาพตามที่วัสดุต้องการ

คุณสมบัติและคุณภาพต่างๆที่สามารถปรับปรุงได้

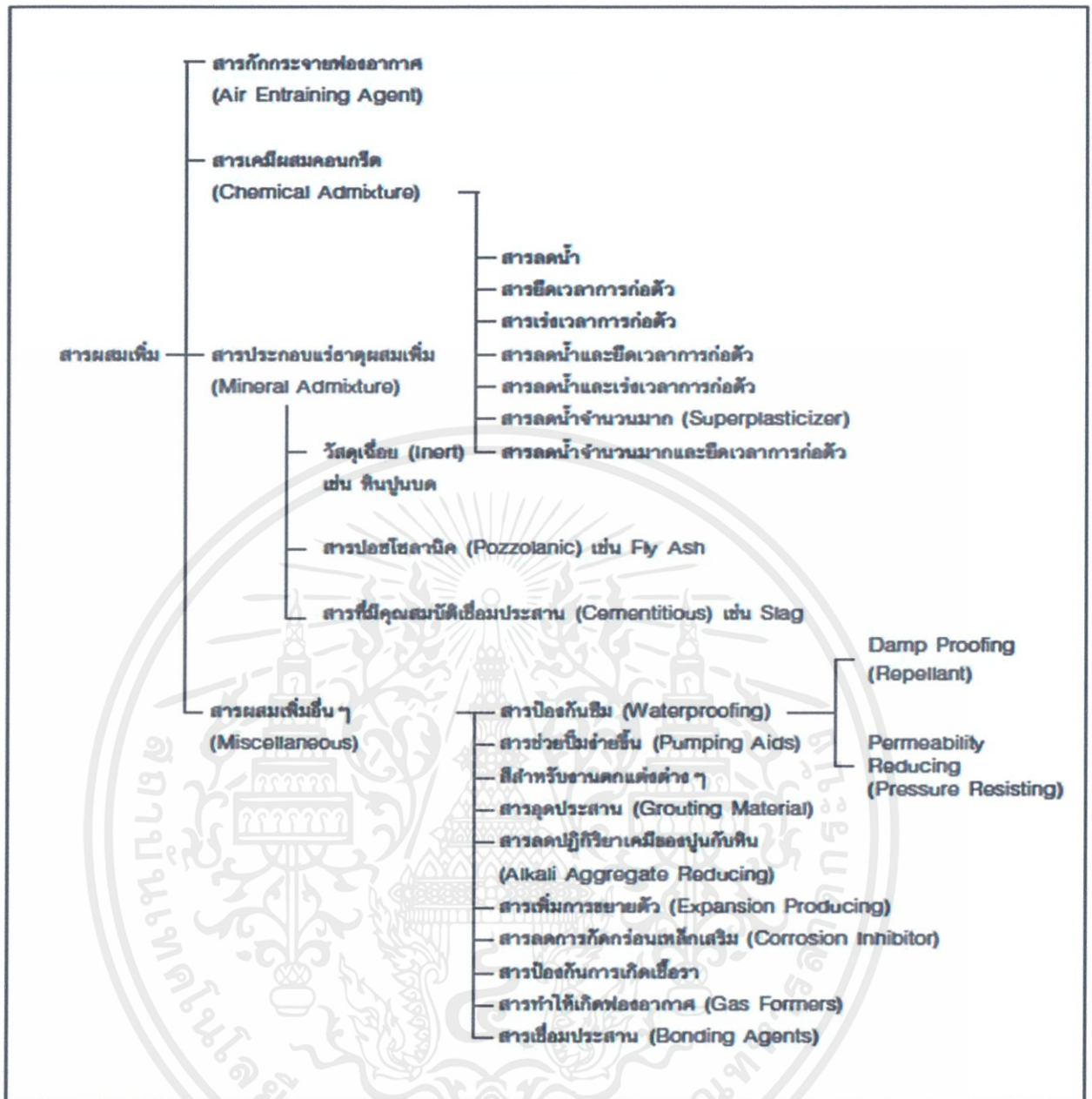
- ทำให้คอนกรีตผสมใหม่มีความสามารถเทได้ดีขึ้น
- เพื่อลดปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการผสมคอนกรีตให้น้อยลง
- เกิดการกักกระจายฟองอากาศทำให้มีความทนทานเพิ่มขึ้น
- เร่งการก่อตัวและการแข็งตัว ทำให้คอนกรีตรับแรงได้เร็วกว่าปกติ
- หน่วงการก่อตัวให้ช้าลง
- เกิดการกระจายซีเมนต์ทำให้ซีเมนต์เปียกทั่วเมื่อผสมกับน้ำ
- ช่วยขับน้ำหรือกั้นน้ำซึม
- ทำให้มีความทึบน้ำหรือต้านทานมิให้น้ำซึมผ่านได้ดีขึ้น
- ช่วยเร่งปฏิกิริยาของสารปอลิโซลาน
- ลดการเยิ้มหรือการคายน้ำ
- ทำให้คอนกรีตไม่หดตัวและแตกร้าว เมื่อก่อตัวและแข็งตัวแล้ว
- ทนต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตได้ดีขึ้น
- ทำให้เกิดสีและ ฯลฯ

สารผสมเพิ่มที่ใช่วางร่วมกับคอนกรีตจะให้ผลแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ ขนาดรูปร่างและส่วนขนาดคละของวัสดุผสม น้ำ สัดส่วนการผสม ระยะเวลาการผสม และอุณหภูมิ ดังนั้นในการใช้สารผสมเพิ่ม จึงควรศึกษาถึงส่วนผสมและข้อเสนอแนะของผู้ผลิตโดยละเอียด จะต้องทดสอบและควบคุมปริมาณที่ใช้ให้ถูกต้อง เพราะสารเหล่านี้จะให้ผลดีต่อเมื่อใช้ในอัตราที่พอเหมาะ ปริมาณที่ผิดไปจะก่อให้เกิดผลเสียหรือเกิดผลในทางตรงกันข้าม

7.1 ประเภทของสารผสมเพิ่ม

- Air-Entraining Agent (ASTM C 260) สารกักกระจายฟองอากาศ ใช้เพื่อเพิ่มความทนทาน กรณีที่คอนกรีตต้องสัมผัสกับสภาพที่เย็นจัด เช่น ในพื้นที่ห้องเย็นหรือ ในบริเวณที่มีหิมะปกคลุมบางช่วงเวลา
- Chemical Admixture (ASTM C 494) สารเคมีผสมคอนกรีต เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีต เช่น เพื่อลดปริมาณน้ำในผสม
- Mineral Admixture (ASTM C 618) สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม มีลักษณะเป็นผงละเอียด ใช้ปรับปรุงความสามารถในการทำงาน เพิ่มความคงทน ทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการเกาะตัวดีขึ้น และยังสามารถใช้ทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ได้บางส่วน
- สารผสมเพิ่มอื่นๆ ได้แก่ สารผสมเพิ่มอื่นๆ ที่ไม่จัดอยู่ใน 3 ประเภทแรก ซึ่งผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานโดยเฉพาะอย่างเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงประเภทของสารผสมเพิ่ม

8. นํ้ายาโฟม

นํ้ายาโฟมแบ่งได้เป็น 2 ชนิด

1. นํ้ายาจากการสังเคราะห์ (Synthetic) ผลิตจากสารเคมี มีอายุการใช้งานประมาณ 1 ถึง 2 ปี เหมาะกับการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า ที่ความหนาแน่น 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรขึ้นไป

นอกจากนี้ยังมีวิธีการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. นํ้ายาจากโปรตีน (Protein) ผลิตจากการใช้โปรตีนสัตว์หรือพืช มีความเสถียรภาพไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกฤทธิ์นาน มีจุดบดลงน้อยกว่า และต้องใช้งานอย่างระมัดระวังในการนำไปใช้

มากกว่าและให้กำลังที่สูงกว่า แต่มีราคาแพงกว่านํ้ายาที่ได้จากการสังเคราะห์อายุการใช้งานประมาณ 6 ถึง 12 เดือน สามารถใช้ในการผลิตคอนกรีตแบบเซลลูล่า ได้ทุกค่าความหนาแน่น

9. การบ่มคอนกรีต

การบ่มหรือบำรุงคอนกรีต (Curing) เป็นการควบคุมและป้องกันมิให้น้ำที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ ระบายออกมาจากคอนกรีตที่เทลงแบบหล่อและแข็งตัวแล้วเร็วเกินไป เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับแรงและความทนทานตามต้องการ

หลังจาก เทคอนกรีตและทิ้งไว้จนผิวหน้าคอนกรีตหมาดแข็งปราศจากรอยแล้วจะต้องทำการบ่มทันทีด้วยวิธีที่ถูกต้อง โดยปกคลุมผิวมิให้ถูกแดดหรือลมร้อน และมีให้ถูกรบกววนหรือสະเทือน โดยเฉพาะภายใน 24 ชั่วโมงแรก ทั้งนี้เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีและมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ อีกทั้งป้องกันการสูญเสียน้ำจากคอนกรีตที่เทใหม่ๆ มิฉะนั้นคอนกรีตจะเกิดการหดตัวเร็ว ทำให้เกิดแรงดึงผิวที่กำลังจะแห้ง เป็นผลให้เกิดรอยร้าวที่ผิวคอนกรีต ช่วงระยะเวลาที่ป้องกันและรักษาความชื้นนี้ไว้ภายหลังจากเทคอนกรีตลงแบบหล่อด้วย เรียกว่าระยะเวลาการบ่มคอนกรีต (curing period)

กำลังของคอนกรีตจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทรายเท่าที่ซึ่งมีความชื้นให้ซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ต่อไปอีก กำลังของคอนกรีตจะเพิ่มสูงขึ้นรวดเร็วในระยะแรกและค่อยๆช้าลงเวลาต่อมา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นละอุนhumidityที่เหมาะสม แต่คอนกรีตจะให้กำลังสูงขึ้นหากบ่มขึ้นตลอดเวลา ซึ่งสภาพของงานก่อสร้างจริงไม่อาจจะบ่มขึ้นตลอดเวลาใดๆได้ เพราะมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลา ก่อสร้างและค่าใช้จ่าย ฉะนั้นจึงควรทำการบ่มขึ้นให้ต่อเนื่องกันตั้งแต่ต้นประมาณ 7 - 14 วัน เพื่อให้คอนกรีตมีกำลังประมาณ 70 % ของกำลังอัดที่ต้องการ

9.1 วิธีการบ่มคอนกรีต (Curing Method)

วิธีการบ่มคอนกรีตขึ้นอยู่กับสภาพการโดยเฉพาะของคอนกรีตที่สร้างขึ้น อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงวิธีการที่ประหยัดที่สุดและมีผลดีที่สุดสำหรับงานนั้นๆ เป็นสำคัญ การบ่มคอนกรีตมี 3 วิธี

- วิธีบ่มโดยเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต (Replacing)

วิธีบ่มโดยเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต คือการให้ความชื้นแก่ผิวคอนกรีตโดยตรง ในระยะแรกที่คอนกรีตเริ่มแข็งตัว เพื่อทดแทนการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีตซึ่งทำได้หลายวิธี

1. การขังหรือหล่อน้ำ (Ponding) การขังหรือหล่อน้ำจะใช้วิธีทำทาบด้วยดินเหนียวหรือห่ออิฐกั้นก็ได้ ใช้ได้ดีกับงานบนพื้นราบ เช่น แผ่นพื้น ดาดฟ้า พื้นถนน และทางเท้าแต่ไม่เหมาะสำหรับแผ่นพื้นที่มีการก่อสร้างต่อไป เพราะจะลำบากในการทำงานต่อไป ข้อระวังคือ ต้องคอยตรวจสอบไม่ให้น้ำขังที่ก้นไว้แห้ง ซึ่งจะให้น้ำรั่วออกและแห้งเป็นเหตุให้การบ่มขาดตอนไป และอย่าให้น้ำที่ใช้บ่มมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตเกิน 10 องศาเซลเซียส เพราะอาจจะทำให้ผิวคอนกรีตแตกร้าวได้ ข้อเสียของวิธีนี้คือ ต้องมีการะในการเก็บล้างเมื่อเสร็จงาน

2. การฉีดพ่นหรือรดน้ำ จะต้องคอยฉีดหรือรดน้ำให้ผิวคอนกรีตเปียกชุ่มทั่วกันตลอดเวลา ไม่ใช่ทำเป็นระยะๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันกันแตกร้าว เนื่องจากผิวคอนกรีตแห้งและเปื่อยสลับกันบ่อยครั้ง วิธีนี้ใช้ได้กับคอนกรีตทุกชนิดทั้งในแนวราบหรือเอียง แต่จะเปลืองน้ำ

จึงไม่เหมาะกับบริเวณที่ขาดแคลนน้ำ หรือบนชั้นสูงๆ ที่น้ำไหลค่อย ข้อควรระวังคือ น้ำอาจไปชะเอาผิวคอนกรีตที่ยังไม่แข็งตัวดี สึกกร่อนเสียหายได้

3. การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม (Wet Covering) อาจใช้ผ้าใบ กระจสบานหรือวัสดุคลุมอื่น คลุมให้ทั่ว แล้วรดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ ข้อสำคัญ คือ การคลุมต้องคลุมเหลื่อม กันให้มากและต้องรดน้ำให้เปียกชุ่มอยู่เสมอ ควรคลุมทันทีที่คอนกรีตแข็งตัว วิธีนี้ได้ผลดีมากถ้าค่อยตรวจให้น้ำชุ่มอยู่เสมอ ราคาถูก คลุมได้ทั้งแนวตั้งและแนวราบ

สำหรับงานสร้างถนน และทางเท้า ซึ่งมักจะถูกแดด และลมโดยตรง จะทำให้ผิวหน้าเกิดการแตกร้าวเนื่องจากแห้งเร็วเกินไป อาจใช้ดินที่ไม่มีหินปน ฟางข้าว ขี้เลื่อย ทราย หรือกลบ ถมคลุมไว้ทันทีที่ผิวหน้าแห้งพอ ให้หนาประมาณ 5 – 15 เซนติเมตร แล้วฉีดน้ำให้ชุ่ม จะช่วยได้เป็นอย่างดี ข้อควรระวังคือ สิ่งที่ใช้คลุมต้องปราศจากสารซึ่งเป็นอันตรายต่อปูนซีเมนต์ หรือทำให้ผิวคอนกรีตต่าง

- วิธีบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต (Preventing Loss of Moisture) เป็นวิธีที่ใช้การผืนผิวของคอนกรีตให้ทั่ว ป้องกันมิให้ความชื้นจากเนื้อคอนกรีตเล็ดลอดออกไปได้ ซึ่งมีวิธีการและวัสดุที่ใช้ในการการบ่มแบบนี้แบบต่างๆกัน คือ

1. การใช้กระดาษกันน้ำซึม (Waterproof Papers) ลักษณะเป็นกระดาษเหนียวสองชั้นยึดติดกันด้วยกาวพวกยางมะตอย และเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว จะยึดหดตัวไม่มากนักเมื่อเปียกและแห้ง สีกระดาษที่ใช้มีสีอ่อนและใช้ปิดคอนกรีตให้สนิทเป็นเวลา 72 ชั่วโมง มักนิยมใช้กับพื้นราบ ข้อควรระวัง บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นต่อแผ่นของกระดาษต้องผนึกติดแน่นด้วยกาว เทป หรือทรายก็ได้ และกระดาษต้องไม่ชำรุด

2. การใช้แผ่นผ้าพลาสติกปิดคลุม (Plastic Film) มีวิธีการคล้ายกับการใช้กระดาษกันน้ำ แต่มีข้อดี คือ เนื่องจากผ้าพลาสติกเบาบาง จึงสามารถจึงสามารถใช้ได้กับโครงสร้างทุกชนิด ข้อควรระวัง คือ เนื่องจากผ้าพลาสติกนี้บางและเบาบางจึงเกิดการชำรุดได้ง่าย ต้องคอยประรอยฉีกขาด และต้องหาของหนักทับเพื่อป้องกันไม่ให้ลมพัดปลิว

3. การบ่มโดยใช้ไม้แบบ (Forms) ไม้แบบที่เปียกและแบบโลหะจะช่วยป้องกันกันการสูญเสียน้ำได้ดี ถ้าหากผิวคอนกรีตส่วนบนที่เปิดเผยนั้นยังคงเปียกอยู่ โดยมีน้ำไหลซึมลงมาระหว่างคอนกรีตกับแบบได้ ในสภาพเช่นนี้เท่านั้นที่อาจจะทิ้งแบบหล่อให้ติดกับคอนกรีตให้นานเท่าที่ต้องการเมื่อถอดแบบแล้วจึงบ่มด้วยวิธีอื่นต่อไป

4. การใช้สารเคมีเคลือบผิวคอนกรีต (Sealing Compound) โดยการพ่นสารเคมีบนผิวคอนกรีตซึ่งจะกลายเป็นเยื่อต่างๆ คลุมผิวไว้ ป้องกันการระเหยของน้ำได้อย่างดี การบ่มวิธีนี้เหมาะกับงานที่ลำบากในการใช้วิธีอื่น เช่น ลานบิน หลังคาต่างๆ ถนน หลังคาเปลือกบาง ทั้งนี้เพราะสิ้นเปลืองมากกว่าวิธีอื่นการพ่นต้องทำทันทีขณะที่ผิวคอนกรีตยังชื้นอยู่ จะพ่นครั้งเดียวหรือสองครั้งก็ได้โดยต้องพ่นให้ทั่วถึงตลอด ข้อควรระวัง คือ สารเคมีนี้ทำให้หารยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่จะทำการเทใหม่เสียไป บางชนิดอาจทำให้หน้าปูนไม่ติด จึงไม่ควรใช้ในส่วนที่ต้องการต่อเติมหรือฉาบปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิธีบ่มโดยคายการเร่งกำลัง

ในสองวิธีแรกที่กล่าวในตอนต้นเป็นวิธีการบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิปกติ แต่วิธีนี้เป็น การบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำ (Steam Curing) โดยให้ความชื้นและความร้อนกับคอนกรีตที่ หล่อเสร็จใหม่ๆ ซึ่งจะให้คอนกรีตไม่ขาดน้ำ เช่นเดียวกับการบ่มธรรมดา แต่ช่วยเร่งปฏิกิริยา เคมีระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้นโดยรวดเร็ว ลดการหดตัว และเพิ่ม ความต้านทานต่อสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต การบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำใช้ได้กับ คอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ทุกประเภทรวมทั้งคอนกรีตที่ใช้สารผสมเพิ่ม นิยมใช้กันมากใน งานอุตสาหกรรมคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น เสาค้ำ เสาค้ำไฟฟ้า ฯลฯ กล่าวคือ ช่วยให้ สามารถถอดคอนกรีต ออกจากแบบหล่อได้เร็วขึ้น ทำให้ประหยัดจำนวนไม้แบบที่จะต้องใช่ ซึ่งมีราคาสูงมากขึ้นเรื่อยๆ และไม่เปลืองที่กองเก็บผลิตภัณฑ์อีกด้วย

โดยทั่วไปการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำทำได้สองวิธี คือบ่มด้วยไอน้ำที่ความดันต่ำ และ บ่มด้วยไอน้ำที่ความดันสูง สำหรับวิธีหลังจะต้องมีหม้อหรือเตาบ่มชนิดใช้กับความดัน เช่น หม้ออบไอน้ำออตoclave ซึ่งใช้กับคอนกรีตขนาดเล็ก ส่วนวิธีแรกนั้นเป็นการบ่มคอนกรีตที่ ความดันของบรรยากาศด้วยไอน้ำที่มีความชื้นสูงจนอ้อมตัวมีอุณหภูมิไม่เกิน 100 องศา เซลเซียส การบ่มอาจกระทำในห้องบ่มซึ่งสร้างไว้ถาวร ใช้บ่มผลิตภัณฑ์คอนกรีตหล่อ สำเร็จรูปชนิดต่างๆ เช่น เสาค้ำ เสาค้ำไฟฟ้า คอนกรีตบล็อก ฯลฯ

สิ่งสำคัญในการบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำคือ ช่วงเวลาในการดำเนินการเพิ่มหรือลด อุณหภูมิ ซึ่งถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้อง จะเป็นเหตุให้คอนกรีตเสียหายหรือไม่เกิดกำลังตามที่ ต้องการ ช่วงเวลาในการดำเนินการนี้แบ่งออกเป็น 4 ช่วง คือ

1. ช่วงเวลาก่อนให้ไอน้ำ นับจากเมื่อหล่อคอนกรีตเสร็จไปจนถึงเวลาที่จะเพิ่ม อุณหภูมิให้กับคอนกรีต เพื่อทิ้งให้คอนกรีตแข็งตัวเต็มที่เสียก่อน โดยปกติทิ้งไว้ 2-5 ชั่วโมง

2. ช่วงเวลาเพิ่มอุณหภูมิ นับจากเมื่อเริ่มเพิ่มอุณหภูมิให้กับคอนกรีต ไปจนถึงเวลาที่ อุณหภูมิของการบ่มขึ้นถึงอุณหภูมิสูงสุดที่กำหนด อัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้โดยทั่วไปจะอยู่ ระหว่าง 10-30 องศาเซลเซียส ต่อชั่วโมง ปกตินิยมใช้อัตราเพิ่มอุณหภูมิประมาณ 20 องศา เซลเซียสต่อชั่วโมง การเพิ่มอุณหภูมิต้องเพิ่มด้วยอัตราที่คงที่สม่ำเสมอโดยตลอด อุณหภูมิ สูงสุดของการบ่มไม่ควรเกินกว่า 80 องศาเซลเซียส ฉะนั้นโดยทั่วไปแล้วช่วงเวลานี้จะอยู่ที่ ระหว่าง 2-4 ชั่วโมง

3. ช่วงเวลารักษาอุณหภูมิที่คงที่ นับจากเมื่ออุณหภูมิของการบ่มได้ถูกเพิ่มขึ้นจนถึง อุณหภูมิสูงสุด ไปจนถึงเวลาที่คอนกรีตมีกำลังเกิดเท่าที่ต้องการ ในช่วงเวลานี้อุณหภูมิขิงการ บ่มจะต้องควบคุมให้อยู่ที่จุดอุณหภูมิสูงสุดตลอดเวลา ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงนี้ขึ้นอยู่กับ ส่วนผสมคอนกรีต ประเภทของปูนซีเมนต์ที่ใช้และอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการบ่ม ปกติใช้เวลา ประมาณ 12-18 ชั่วโมง (6-12 ชั่วโมง สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งเร็ว

4. ช่วงเวลาลดอุณหภูมิ หลังจากที่บ่มคอนกรีตจนมีกำลังถึงขีดที่ต้องการแล้วค่อยๆ ลดอุณหภูมิของคอนกรีตลงจนถึงอุณหภูมิปกติ ปกติใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง การลด อุณหภูมิทันที อาจเป็นเหตุให้คอนกรีตเกิดความเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในอาคารสิ่งก่อสร้างต่างๆน้ำหนักส่วนหนึ่งที่ใช้คิดคำนวณหาเนื้อที่หน้าตัดและขนาดของเหล็กเสริมเป็นน้ำหนักของตัวอาคารเอง ซึ่งถ้าหากสามารถทำให้ตัวอาคารมีน้ำหนักเบา ขนาดของโครงสร้างย่อมมีขนาดเล็กลง ทำให้ประหยัดราคาค่าก่อสร้างลงได้มาก ดังนั้นจึงเลือกใช้คอนกรีตมวลเบา ซึ่งเป็นคอนกรีตที่ผลิตขึ้นเช่นเดียวกับคอนกรีตธรรมดา แต่ใช้วัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบากว่า นอกจากนี้คอนกรีตเบายังใช้เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดาอีกด้วย คอนกรีตเบา มีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 300-1850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

คอนกรีตเบาจำแนกตามหน่วยน้ำหนักได้ดังนี้

1. คอนกรีตเบาทำฉนวน (Insulating Lightweight Concrete)

มีน้ำหนักตั้งแต่ 315-1100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ระหว่าง 7-70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2. คอนกรีตเบาชนิดทำเป็นโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete) มีน้ำหนักระหว่าง 1400-1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3. คอนกรีตชนิดกึ่งเบา (Semi-lightweight Concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 1800-2050 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นำมาผลิตคอนกรีตบล็อก สำหรับกำแพงรั้วและใช้เป็นวัสดุทนไฟ กำลังต้านทานแรงอัดไม่ต่ำกว่า 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

การหาปริมาณส่วนผสมของคอนกรีตเบาจะต่างกับวิธีที่ใช้คอนกรีตน้ำหนักธรรมดาเพราะวัสดุผสมจะดูน้ำหนักที่ใช้ผสมส่วนหนึ่งไป การคำนวณโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จึงค่อนข้างยาก โดยมากจึงเปลี่ยนใช้วิธีหาปริมาณของซีเมนต์ที่ต้องใช้ต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร

คอนกรีตที่ใช้ผสมน้ำหนักเบาต้องการเวลาผสมมากกว่าคอนกรีตธรรมดา และวัสดุผสมนี้มีความโน้มเอียงที่จะเกิดการแยกตัวในขณะเทและอัดคอนกรีตมากกว่าธรรมดา ด้วยเหตุนี้จึงควรใช้สารกักกระจายฟองอากาศเข้าช่วยหรือวิธีการจัดการอื่นๆ การแยกตัวในคอนกรีตเป็นผลมาจากการลอยตัวอันเนื่องมาจากค่าความยุบตัวสูงเกินไป หรือใช้เครื่องเขี่ยนานเกินไป

คอนกรีตเบาที่ทำขึ้นจากวัสดุผสมต่างๆกัน จะมีน้ำหนักต่างกันซึ่งอาจมีความหนาแน่นตั้งแต่ 300-1850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีค่ากำลังอัดตั้งแต่ 3-400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังต้านทานแรงอัดมีค่าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของคอนกรีตที่ได้ ถ้ามีความหนาแน่นสูงกำลังต้านทานแรงอัดที่สูงด้วย ปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ก็มีส่วนต่อกำลังความแข็งแรงของคอนกรีตเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าต้องการกำลังอัด 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ต้องใช้ปูนซีเมนต์ 235-400 กิโลกรัมต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร หรือถ้าต้องการกำลังอัด 310 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ต้องใช้ปูนซีเมนต์ 330-490 กิโลกรัมต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร

วิธีการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า (Cellular Lightweight Concrete)

การผลิตโฟมคอนกรีตสามารถใช้เทคโนโลยีที่สะดวกลงทุนไม่สูงนักอุปกรณ์ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดโฟม (Foam Generator) ใช้งานร่วมกับปั๊มลม (Air Compressor Pump) ไม่ผสมคอนกรีต (Mixer) สำหรับใช้ผสมโฟมคอนกรีตแบบหล่อบล็อก (Form or Mold) หรือระบบการผลิตอื่น ๆ ตามที่ผู้ออกแบบการผลิตแต่ละรายสัดส่วนผสมโฟมคอนกรีตหรือคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูลาร์ (Cellular Light Weight Concrete, CLC.) ในกระบวนการผลิตเริ่มจากการผสม

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ททรายและน้ำ ตามสัดส่วนที่ออกแบบไว้ เตรียมสารเพิ่มฟองที่เจือจางน้ำในอัตราส่วน 1:10 ถึง 40 เกล่งในเครื่องกำเนิดโฟมที่ต่อเข้ากับปั๊มลมโดยปรับให้มีความดันตามที่กำหนด ผสมปูนให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วฉีดโฟม ทำการผสมจนส่วนผสมเข้ากันดีจึงฉีดโฟมส่วนที่เหลือทั้งหมด และผสมต่อไปอีกจนส่วนผสมเข้ากันดี จะได้คอนกรีตมวลเบาตามที่ออกแบบไว้ ค่าความหนาแน่น (Density) และค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ยังสามารถกำหนดได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบส่วนผสม (Designing and Proportioning Concrete Mixtures) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานตามวัตถุประสงค์ต่างๆ ทำให้ประหยัดต้นทุนในการก่อสร้าง เนื่องจาก ปริมาตรของคอนกรีตเพิ่มขึ้น (Volume) สาเหตุมาจากฟองอากาศเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่าง ปูนซีเมนต์ ททราย และน้ำ คอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า ไม่ต้องทำให้แน่นด้วยการกระทุ้งหรือใช้เครื่องสั่นคอนกรีต (Vibrator) เนื่องจากคอนกรีตชนิดนี้มีความเหลวมาก (Flow Concrete) มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 2 แนว มากกว่า 500 มม. ซึ่งเป็นการช่วยลดเวลาการทำงานอีกระดับหนึ่ง

คุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตมวลเบา

1. ความแข็งแรง ค่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงสุดของคอนกรีตมวลเบาจะมีค่าประมาณ 10 ถึง 140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่คอนกรีตมวลเบาสำหรับโครงสร้าง ซึ่งมีกำลังต้านทานแรงอัด 100 ถึง 400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา โดยการใช้ทรายธรรมชาติแทนมวลรวมน้ำหนักเบา แต่จะทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น
2. ความคงทน ไม่สามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมีหรือทางกายภาพ และการกระทบกระเทือนจากแรงภายนอก เนื่องจากคอนกรีตมวลเบา มีโพรงอากาศ ดังนั้นในการนำไปใช้งาน ควรมีการฉาบผิวเพื่อป้องกันการสึกกร่อน
3. การหดตัว มีการหดตัวมากกว่าคอนกรีตธรรมดาประมาณ 5 ถึง 40 % แต่หากมีการใช้วัสดุผสมจากดินเผา ดินดานหรือตะกรันจะมีการหดตัวน้อยลง
4. การนำความร้อน เนื่องจากในเนื้อคอนกรีตมีโพรงอากาศมากทำให้คอนกรีตมวลเบา มีการดูดซับความร้อนได้ดี
5. หน่วยน้ำหนักหรือความหนาแน่น ประมาณ 300 - 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรูปทรงลูกบาศก์ประมาณ 4 ถึง 480 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
6. การดูดซึมน้ำ ดูดซึมน้ำได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดาเนื่องจากเนื้อคอนกรีตมีโพรงอากาศมากและมีรูพรุนมาก
7. การทนไฟ มีการต้านทานเพลิงไหม้ได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา

คุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

คอนกรีตที่แข็งตัวแล้วต้องมีกำลังรับแรงอัดตามที่ต้องการ คือมีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ ทึบน้ำ ทนทานต่อลมฟ้าอากาศ การกัดกร่อนและตัวทำลายอื่นๆ ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรหรือหดตัวมากเกินไปเมื่อถูกความร้อน เย็นหรือความเปียก แห้งสลับกัน ในบางครั้งอาจต้องการให้คอนกรีตทนทานต่อไฟและต่อสารเคมี หรือต้องการให้มีน้ำหนักเบา มีผิวเรียบหรือให้มีรูพรุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเป็นการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปเผยแพร่ ใช้งานด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังต้านทานของคอนกรีต (Strength of concrete)

คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดที่ต้องการของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว คือ กำลังต้านทานแรงอัด เนื่องจากพบว่า กำลังต้านทานหรือรับแรงแบบอื่นของคอนกรีตเช่น กำลังต้านทานแรงดึง กำลังต้านทานแรงดัด กำลังต้านทานแรงเฉือนและกำลังยึดเหนี่ยว หรือแม้แต่ความทนทานและการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ล้วนเป็นสัดส่วนกับกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต นั่นคือ ถ้าคอนกรีตมีกำลังต้านทานแรงอัดได้สูง กำลังต้านทานแรงอื่นๆและความทนทานจะสูงไปด้วย

กำลังต้านทานของคอนกรีต จะได้จากการทดสอบแท่งตัวอย่างตามมาตรฐานการทดสอบนั้นๆ กำลังต้านทานของคอนกรีตที่ได้จากการทดสอบอาจมีค่าแตกต่างกันมาก แม้ว่าแท่งคอนกรีตตัวอย่างจะได้มาจากวิธีการและส่วนผสมเดียวกันแต่การเรียงตัวในเนื้อคอนกรีตนั้นมีความไม่สม่ำเสมอค่าที่จะนำไปใช้จึงเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบในแต่ละครั้ง

จำนวนแท่งทดสอบ

ตามทฤษฎีจำนวนแท่งทดสอบขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการในการหาค่าเฉลี่ย แต่ทางปฏิบัติจำนวนแท่งทดสอบจะขึ้นอยู่กับชนิดของคอนกรีต วัตถุประสงค์ของการทดสอบและการนำผลทดสอบไปใช้ การทดสอบอาจใช้แท่งทดสอบที่บ่มโดยวิธีมาตรฐานหรือบ่มในสนาม (สภาวะเปิดเผย) หรือทั้งสองอย่าง ถ้าจะให้ผลการทดสอบแต่ละครั้งควรมีแท่งทดสอบอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive strength)

กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีต เป็นตัวบอกให้ทราบถึงคุณสมบัติอื่นๆเพราะมีค่ากำลังต้านทานหรือรับแรงแบบอื่นเป็นสัดส่วนกำลังต้านทานแรงอัด

การทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดประลัยของคอนกรีต ทำได้โดยการกดหรืออัดแท่งทดสอบมาตรฐาน (รูปทรงกระบอกหรือรูปลูกบาศก์) ซึ่งบ่มขึ้นตามระยะเวลาที่กำหนด แล้วจึงนำไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบตามวิธีมาตรฐานจนคอนกรีตถูกอัดแตก น้ำหนักกดหรือแรงอัดสูงสุดที่ได้เมื่อหารด้วยพื้นที่รับแรงของแท่งตัวอย่างจะเป็นค่าความต้านทานแรงอัดประลัยของคอนกรีตนั้น ค่ากำลังต้านทานแรงอัดจะขึ้นกับอัตราส่วนผสม ปริมาณน้ำ อายุของแท่งทดสอบ การบ่ม ตลอดจนรูปร่างและขนาดของแท่งตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

กำลังอัดของก้อนทดสอบทั้ง 2 รูปทรงนี้จะแตกต่างกัน ถึงแม้จะใช้ส่วนผสมของคอนกรีตเดียวกัน โดยกำลังอัดของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์จะมากกว่ารูปทรงกระบอก กำลังอัดประลัยทรงกระบอกมีค่าประมาณ 0.833 เท่าของกำลังอัดลูกบาศก์

2.4 การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

คอนกรีตมวลเบามีการใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างมานาน โดยในปี ค.ศ. 1923 มีการนำคอนกรีตมวลเบาแบบระบอบไอน้ำแรงดันสูง (Autoclaved Aerated Concrete) โดยเริ่มใช้งานคอนกรีตหล่อสำเร็จ ที่ประเทศเดนมาร์กและสวีเดน สำหรับคอนกรีตมวลเบาแบบใช้โฟมเป็นส่วนผสม (Cellular Lightweight Concrete or Foam Concrete) มีการนำมาใช้แพร่หลายในยุโรปและเยอรมันในปี ค.ศ. 1980 ซึ่งต่อมาได้มีการวิจัยและพัฒนาในปี ค.ศ. 2005 โดยการนำเศษ

วัสดุเหลือใช้ไปใช้ในการผลิตโฟมคอนกรีต ในปัจจุบันยังมีการศึกษาและวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาวัสดุ อัดราส่วนผสม และคุณสมบัติด้านต่างๆ

ในประเทศไทยได้มีการศึกษามากกว่า 50 ปี ในระยะแรกจะเป็นคอนกรีตมวลเบาประเภท Lightweight Aggregate Concrete เป็นคอนกรีตที่มีมวลรวมเป็นวัสดุเบา สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป แต่การศึกษาและพัฒนาคอนกรีตมวลเบาเพื่อนำไปใช้งานก็มีอยู่บ้างแต่ยังมีไม่มากนัก มีดังนี้

นายอิทธิพล รัตนมงคลทิพย์ ได้เสนอผลการศึกษาเรื่อง โมดูลัสยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวซองของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าเป็นคอนกรีตที่ผลิตจากการเติมโฟมเหลวทรงรูปที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีตแทนการใช้หินหรือมวลรวมหยาบ โดยคุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความหนาแน่นหรือปริมาณโฟมเหลวทรงรูปที่เติมเข้าไปการศึกษานี้เพื่อเสนอผลการทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวซองของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าที่ค่าความหนาแน่นเปียกเท่ากับ 1600 กก./ม.³ และ 1800 กก./ม.³ โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.40 , 0.45 และ 0.50 และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เท่ากับ 1:1 และ 2:1 รวม 12 สูตร ด้วยวิธีการบ่มแห้งในอากาศ จำนวน 120 ตัวอย่าง การทดสอบทำได้โดยติดตั้งชุดทดสอบ Compressometer และ Extensometer กับก้อนตัวอย่างที่อายุการบ่มที่ 28 และ 56 วัน ผลการทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าพบว่าที่อายุ 28 วัน ค่า Chord modulus ที่ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C469 มีค่าประมาณ 0.71 ถึง 0.96 เท่าของค่าที่คำนวณ โดยใช้มาตรฐาน ACI และมีค่าอยู่ประมาณ 0.85 ถึง 1.03 เท่า สำหรับคอนกรีตอายุ 56 วัน สำหรับค่าอัตราส่วนปัวซองของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าที่อายุ 28 วัน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.13 ถึง 0.25 และที่อายุ 56 วันจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.11 ถึง 0.25

นายรัชชัย วนาพิทักษ์กุล และคณะ (2539-2540) ได้เสนอผลการศึกษาเรื่องคอนกรีตผสมโฟม โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างคอนกรีตผสมโฟมกับคอนกรีตธรรมดาในด้านกำลังอัดหน่วยน้ำหนักและคุณสมบัติการนำความร้อน โดยเลือกใช้โฟมเม็ดกลมขนาด ¼ , ½ และ 1 นิ้ว แทนหินในปริมาณ 200 , 400 และ 585 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ผลจากการศึกษาทำให้คอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนัก 1185 ถึง 2029 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่ากำลังอัดสูงสุด 213.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตผสมโฟมให้ค่ากำลังต้านทานแรงอัด ค่าหน่วยน้ำหนัก และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดาและจะยังมีค่าดังกล่าวลดลงอีกเมื่อมีการเพิ่มปริมาณส่วนผสมของโฟมมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตผสมโฟมมีน้ำหนักเบาและป้องกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา แต่มีความแข็งแรงน้อยกว่า ผลการทดสอบยังพบอีกว่า ใช้โฟมในปริมาณที่เท่ากัน โฟมที่มีขนาดเล็กกว่าจะทำให้คอนกรีตมีค่ากำลังอัดดีกว่าโฟมที่มีขนาดโตกว่า

นายฤชญา โรจน์ประสิทธิ์พร และคณะ (2546) ได้เสนอผลการศึกษาเรื่องคุณสมบัติของคอนกรีตเบาผสมเส้นใยไฟเบอร์ คอนกรีตมวลเบาที่ใช้เป็นคอนกรีตมวลเบาที่เกิดจากการกักฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต โดยการผสมเส้นใยไฟเบอร์เพื่อเพิ่มกำลังรับแรงให้คอนกรีตเพื่อลดการแตกหักระหว่างการขนส่งและการทำงาน ผลการทดลองพบว่าปริมาณไฟเบอร์ที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 0.05% โดยปริมาตร ซึ่งแสดงให้เห็นจากการเพิ่มขึ้นของทั้งกำลังอัดและกำลังดัดสูงสุดที่ค่านี้ แต่มีแนวโน้มว่าจะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

นายชาติชาย พรหมวงศ์ และคณะ (2549) ได้เสนอผลการศึกษาเรื่องฟองอากาศที่มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเบา โดยใช้ขี้เถ้าเคมีทำให้เกิดฟองอากาศก่อนแล้วจึงนำไปผสมกับซีเมนต์และน้ำมีผลทำให้ความหนาแน่นลดลง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นพัฒนาคอนกรีตเบาเพื่อนำไปใช้ในงานโครงสร้างซึ่งมีความหนาแน่นระหว่าง 1400 -1800 กก/ลบ.ม. และกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน มากกว่า 180 กก./ตร.ซม. ทดลองโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.3,0.4 โดยทำการทดลองผสมฟองอากาศที่ได้จากขี้เถ้าแต่ละตัวลงไปคอนกรีต โดยการปรับปริมาณฟองอากาศที่ใช้เพื่อให้หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตลดลงไปอยู่ในช่วงที่ต้องการ ใช้ซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าโดยใช้อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ 1:1 ผลที่ได้คือ ความหนาแน่นจะแปรผันตามกำลังรับแรงอัด

นายกฤษณ์ กิ่งโก้ (2553) ได้เสนอผลการศึกษาเรื่อง คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา ระบบเซลลูโลสผสมสารซูเปอร์พลาติไซเซอร์ ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา ระบบเซลลูโลสผสมสารซูเปอร์พลาติไซเซอร์ที่มีหน่วยน้ำหนักคอนกรีตระหว่าง 950-1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยทำการทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัด,กำลังรับแรงดึงแยก,กำลังรับแรงดัด,โมดูลัสยืดหยุ่น,การดูดซึมน้ำและทดสอบการหดตัวแห้งของคอนกรีตมวลเบา ระบบเซลลูโลส ผลการทดสอบพบว่า การผสมสารซูเปอร์พลาติไซเซอร์ทำให้คอนกรีตมวลเบา ระบบเซลลูโลส มีความสามารถทำงานได้ดีและคุณสมบัติต่างๆของส่วนผสมโดยรวมดีขึ้น เนื่องจากสารซูเปอร์พลาติไซเซอร์ช่วยกระจายอนุภาคของปูนซีเมนต์ทำให้มีน้ำอิสระเหลือมากขึ้นและส่วนผสมมีความสามารถทำงานได้ดีขึ้นเป็นผลให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดขึ้นได้ดี ทำให้คุณสมบัติโดยรวมของคอนกรีตรวมทั้งกำลังรับแรงอัดดีขึ้นด้วย

นายสุเมธ สันทัตวัฒนา (2553) ได้เสนอผลการศึกษาเรื่อง การวัดค่าคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC จากค่าความหนาแน่นของคอนกรีต พบว่าถ้าต้องการคอนกรีตมวลเบาที่มีความหนาแน่นมาก จะสามารถรับแรงอัดได้มาก มีการหดตัวน้อย มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยและสามารถกันความร้อนได้น้อย ผลการวิจัยยังบอกอีกว่า คอนกรีตมวลเบาที่มีความหนาแน่น 1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.40 จะมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดจากความหนาแน่น 600 ,800 ,1000 ,1200 ,1400 ,1600 และ1800 และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 ,0.5 ,0.6 และ0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ type1
2. น้ำ
3. ทรายละเอียด , ทรายหยาบ
4. น้ำยาโพน LCM , GRACE AE4 , Prolicon
5. แบบหล่อ Cylinder (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร)
6. กระจกบดขนาด 100 ml. และ 1000 ml.
7. ตาชั่งดิจิตอล
8. ตู้อบ
9. เครื่องไม้
10. น้ำยาผสมคอนกรีตซูปเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Sikament FF)
11. เครื่องผลิตโพน
12. บีมลม
13. เครื่อง Compressometer



รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ type1



รูปที่ 3.2 น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



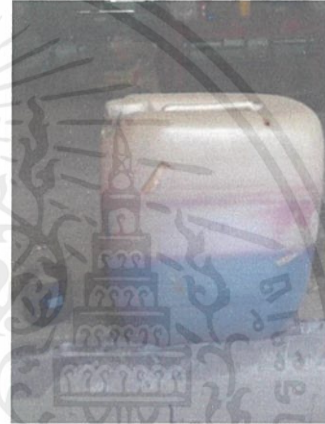
รูปที่ 3.3 ทรายละเอียด



รูปที่ 3.4 ทรายหยาบ



รูปที่ 3.5 น้ำยาโฟม Prolycon



รูปที่ 3.6 น้ำยาโฟม LCM

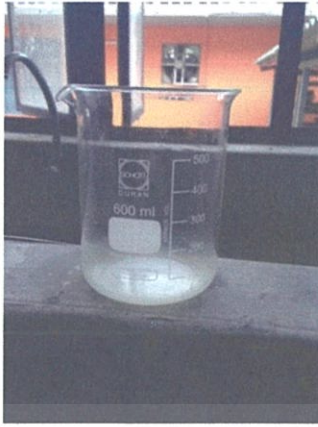


รูปที่ 3.7 น้ำยาโฟม Grace



รูปที่ 3.8 สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 กระจกบอกรวบรวมขนาด 500 ml



รูปที่ 3.10 กระจกบอกรวบรวมขนาด 1000 ml



รูปที่ 3.11 ตาชั่งดิจิตอล



รูปที่ 3.12 ตู้อบ



รูปที่ 3.13 เครื่องโม่



รูปที่ 3.14 แบบหล่อ Cylinder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ถังความดัน



รูปที่ 3.16 ปืนฉีดโฟม



รูปที่ 3.17 ปั๊มลม



รูปที่ 3.18 เครื่อง Compressometer

3.2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์

1. เตรียมแบบหล่อคอนกรีตแบบ Cylinder
2. เตรียมน้ำยาโฟมและน้ำผสมในอัตราส่วนที่ผู้ผลิตน้ำยากำหนด
3. เตรียมปูซีเมนต์ที่จะใช้ในการผสม
4. เตรียมทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต (ทรายหยาบ, ทรายละเอียด)
5. เตรียมน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

6. เตรียมสารผสมเพิ่มในอัตราส่วน 1 % โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์

7. เตรียมตาชั่งดิจิตอลเพื่อใช้วัดความหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ที่เตรียมตาชั่งดิจิตอลเพื่อใช้วัดความหนาแน่นอย่างจริงจังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 การเตรียมแบบหล่อ Cylinder



รูปที่ 3.20 การเตรียมทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

วิธีการผสม

1. เตรียมเครื่องผลิตฟองโฟม ซึ่งต้องต่อเข้ากับปั๊มลมให้เรียบร้อย
2. เทน้ำยาที่ผสมน้ำลงในเครื่องผลิตโฟม แล้วอัดลมเข้าไปให้ได้ความดันที่ต้องการ
3. ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 กับทรายตามอัตราส่วน (S/C) 1:1 ใส่ น้ำ ผสมกับปูนและทราย โดยแบ่งน้ำที่ใช้เติมเป็น 2 ส่วนโดยเติมน้ำส่วนแรกไป 2/3 ของทั้งหมดปั่นรวมกันประมาณ 1 นาที แล้วจึงเติมในส่วนที่เหลือ
4. วัดความหนาแน่นของโฟม และปรับให้ได้ตามที่ต้องการ
5. ฉีดฟองโฟมลงในมอร์ต้าแล้วผสมภายในเวลาที่กำหนด
6. เมื่อผสมฟองโฟมกับมอร์ต้าเข้ากันได้ตามความหนาแน่นที่ต้องการ ทำการเทคอนกรีตสดที่ได้ลงในแบบหล่อทรงกระบอก
7. ทำการปิดแต่งผิวหน้าด้วยเกรียงให้เรียบร้อยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงแล้วจึงทำการถอดแบบ



รูปที่ 3.21 การฉีดโฟม



รูปที่ 3.22 เทคอนกรีตสดลงในแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 การถอดแบบหล่อ และ เขียนรายละเอียด

3.4 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

1. ระบุรายละเอียดลงบนคอนกรีต
2. นำคอนกรีตมวลเบาที่ได้ไปบ่มน้ำ เมื่อตัวอย่างมีอายุครบ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน แล้วจึงนำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ
3. นำตัวอย่างไปอบ โดยทำการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 ชั่วโมง
4. หลังจากอบเสร็จแล้ว ทำการวัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง และชั่งน้ำหนัก
5. ปรับแต่งหน้าตัวอย่างด้วยการเคลือบหน้าตัดตัวอย่างด้วยกัมมะถันทั้งสองด้าน
6. ทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ด้วยเครื่อง Compressometer โดยวางตัวอย่างให้อยู่ในแนวแกนของแท่นกด
7. เก็บข้อมูลผลการทดสอบของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



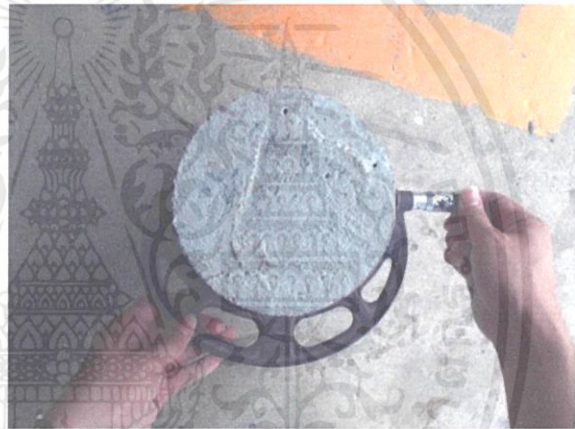
รูปที่ 3.24 การระบุรายละเอียด



รูปที่ 3.25 การบ่มคอนกรีต



รูปที่ 3.26 การวัดความสูง



รูปที่ 3.27 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง



รูปที่ 3.28 การเคลือบหน้าตัด



รูปที่ 3.29 การทดสอบกำลังอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การวิเคราะห์และผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และผลการทดลองของผู้วิจัย เพื่อดูปฏิกิริยาของน้ำยาโพนที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาในระยะเวลา 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน อีกทั้งมีการวิเคราะห์ผลจากประเภทของทรายและสารผสมเพิ่ม

4.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะบอกถึงผลของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา ในการทำการวิจัยครั้งนี้มีการใช้น้ำยาโพน 3 ชนิด คือน้ำยาโพน LCM น้ำยาโพน Grace AE4 และน้ำยาโพน Prolicon โดยมีการใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไปและทรายละเอียดที่ผ่านมาตรฐาน (ASTM C136-93) มีการใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ผลใน 4 กรณี คือ

- ใช้วัสดุผสมเป็น ทรายหยาบ ไม่มีการใส่สารผสมเพิ่ม
- ใช้วัสดุผสมเป็น ทรายละเอียด ไม่มีการใส่สารผสมเพิ่ม
- ใช้วัสดุผสมเป็น ทรายหยาบ มีการใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์
- ใช้วัสดุผสมเป็น ทรายละเอียด มีการใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์

คอนกรีตมวลเบาแบบ CLC ที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่ม

1. ใส่น้ำยาโพน LCM

- ทรายหยาบ

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน LCM โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 7 วัน

LCM 7 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	7.655	7.824	7.589	14.880	30.1	130.69	76.686
2	7.713	7.877	7.682	15.020	30.0	135.86	78.241
3	7.782	7.947	7.605	14.952	30.1	135.88	78.966
4	7.625	7.783	7.569	14.804	30.1	136.46	80.896
5	7.674	7.826	7.579	14.982	30.0	140.24	81.173
6	7.700	7.857	7.607	14.922	30.1	136.15	79.441

79.234

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน LCM โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 14 วัน

LCM 14 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	8.779	8.963	8.612	15.088	30.1	307.19	175.317
2	8.617	8.799	8.442	15.177	30.1	313.44	176.792
3	9.003	9.185	8.848	15.123	29.9	307.31	174.575
4	8.793	8.910	8.616	15.072	30.0	316.42	180.968
5	8.821	8.982	8.646	14.204	30.0	314.63	202.609
6	8.841	9.018	8.617	14.963	29.9	315.41	183.028

182.215

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน LCM โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 28 วัน

LCM 28 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	8.890	8.921	8.697	15.060	30.2	351.38	201.283
2	8.991	9.012	8.713	15.148	30.0	350.54	198.476
3	8.916	8.945	8.694	15.078	30.2	349.43	199.689
4	8.930	9.003	8.700	14.946	30.0	344.14	200.155
5	9.171	9.201	8.972	15.050	30.3	337.80	193.761
6	9.077	9.142	8.905	15.040	30.0	347.12	199.372

198.789

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน LCM โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 28 วัน

LCM 28 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.926	9.105	8.718	14.976	30.0	444.32	257.386	
2	9.089	9.271	8.875	15.047	30.1	437.46	251.026	
3	9.487	9.689	9.304	15.062	30.1	453.13	259.500	
4	9.199	9.389	9.005	14.859	30.2	455.67	268.134	
5	9.128	9.373	9.025	15.116	30.1	467.29	265.701	
6	9.186	9.369	9.075	14.755	30.0	452.18	269.844	
							261.932	

2. ใส่น้ำยาโพน Grace AE4

- ทรายหยาบ

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใส่น้ำยาโพน Grace AE4 โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 7 วัน

Grace AE4 7 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.591	8.986	7.682	15.062	29.9	207.79	118.998	
2	8.510	8.781	7.612	14.968	30.1	204.76	118.740	
3	8.373	8.640	7.502	15.034	30.0	208.20	119.677	
4	8.512	8.782	7.691	15.062	30.0	212.96	121.959	
5	8.521	8.829	7.728	15.103	30.1	205.16	116.855	
6	8.364	8.720	7.543	15.054	30.1	203.80	116.837	
							118.844	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ **118.844** การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน
Grace AE4 โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 14 วัน

Grace AE4 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.344	8.560	7.523	15.156	30.2	229.12	129.591	
2	8.269	8.451	7.459	14.928	30.0	226.59	132.105	
3	8.335	8.563	7.535	15.169	30.2	227.76	128.601	
4	8.284	8.470	7.535	15.050	30.1	229.45	131.612	
5	8.171	8.417	7.475	14.884	30.2	220.73	129.450	
6	8.186	8.398	7.449	14.996	30.3	225.75	130.424	
							130.297	

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน
Grace AE4 โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 28 วัน

Grace AE4 28 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.325	8.759	7.631	15.029	29.9	273.39	157.254	
2	8.557	8.782	7.883	15.024	29.9	236.23	135.970	
3	8.271	8.478	7.569	14.839	30.0	289.68	170.919	
4	8.167	8.383	7.429	15.019	29.9	264.80	152.516	
5	8.250	8.446	7.544	15.024	30.0	284.91	163.990	
6	8.279	8.455	7.558	14.023	30.0	293.19	193.708	
							162.393	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ทรายละเอียด

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน Grace AE4 โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 7 วัน

Grace AE4 7 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	7.872	8.097	7.239	14.846	30.2	233.13	137.423	
2	7.836	8.12	7.250	15.004	30.2	237.98	137.343	
3	7.806	8.172	7.188	15.004	30.1	231.00	133.315	
4	7.803	8.33	7.137	14.973	30.0	224.09	129.863	
5	7.863	8.025	7.231	14.900	30.1	246.41	144.200	
6	7.949	8.128	7.273	15.000	30.2	248.50	143.491	
							137.606	

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน Grace AE4 ไม่ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 14 วัน

Grace AE4 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	9.285	9.419	8.492	15.006	30.2	325.58	187.849	
2	8.973	9.013	8.337	15.027	30.2	232.09	133.534	
3	9.197	9.235	8.518	15.108	30.1	329.25	187.410	
4	9.033	9.221	8.249	14.912	30.1	340.72	199.070	
5	8.974	9.034	8.230	14.968	30.3	330.52	191.669	
6	9.050	9.116	8.187	14.983	30.1	268.60	155.449	
							175.830	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ฉนวนโฟม Grace AE4 โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 28 วัน

Grace AE4 28 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	9.276	9.536	9.224	14.971	30.0	354.89	205.718
2	9.261	9.572	9.130	14.859	30.1	389.98	229.479
3	8.956	9.056	8.761	14.953	30.0	379.03	220.241
4	8.924	9.002	8.691	15.050	30.2	379.52	217.692
5	8.958	8.952	8.741	14.905	30.1	348.47	203.790
6	8.954	9.012	8.823	14.951	30.1	394.58	229.338
							217.710

3. ฉนวนโฟม Prolicon

- ทรายหยาบ

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ฉนวนโฟม Prolicon โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 7 วัน

Policon 7 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	8.137	8.347	7.727	14.998	29.9	129.57	74.837
2	8.131	8.381	7.711	14.989	30.0	130.11	75.240
3	8.052	8.272	7.652	15.124	30.2	129.90	73.783
4	8.146	8.346	7.706	15.111	30.1	129.56	73.717
5	8.140	8.362	7.710	14.999	30.2	131.44	75.907
6	8.124	8.314	7.701	15.012	30.0	133.56	76.998
							75.080

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Prolicon โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 14 วัน

Policon 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	7.681	7.827	7.128	14.978	30.2	176.73	102.349	
2	7.647	7.812	7.045	14.989	30.1	162.95	94.230	
3	7.771	7.846	7.488	14.968	30.1	187.72	108.859	
4	7.612	7.831	7.215	14.961	30.2	164.93	95.732	
5	7.742	7.850	7.402	14.996	30.2	173.33	100.139	
6	7.705	7.844	7.269	15.024	30.0	186.02	107.070	
							101.397	

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Prolicon โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 28 วัน

Policon 28 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.618	8.727	8.324	14.963	30.1	268.44	155.772	
2	8.619	8.727	8.319	15.100	30.2	257.17	146.537	
3	8.797	8.906	8.509	15.149	30.1	252.85	143.145	
4	8.674	8.780	8.459	15.103	30.1	279.20	159.027	
5	8.691	8.798	8.508	14.841	29.9	266.92	157.447	
6	8.719	8.828	8.534	14.935	30.0	295.27	171.985	
							155.652	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ทรายละเอียด

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Prolicon โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 7 วัน

Policon 7 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	7.618	7.928	7.285	15.020	29.8	241.88	139.297	
2	7.646	7.966	7.354	15.010	30.1	245.94	141.824	
3	7.723	8.034	7.312	14.988	30.0	253.62	146.682	
4	7.635	7.985	7.347	14.986	29.9	247.43	143.140	
5	7.782	8.082	7.312	15.011	30.1	251.22	144.849	
6	7.631	7.956	7.332	15.000	30.0	250.67	144.744	
							143.423	

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Prolicon โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 14 วัน

Policon 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.731	8.824	8.373	15.136	30.1	254.84	144.519	
2	8.759	8.843	8.405	15.088	30.1	252.88	144.322	
3	8.779	8.844	8.269	15.072	30.1	267.85	153.190	
4	8.757	8.834	8.469	15.072	30.1	262.96	150.393	
5	8.638	8.821	8.382	14.930	30.1	286.64	167.070	
6	8.710	8.831	8.378	15.034	30.1	289.12	166.192	
							154.281	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Prolicon โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 28 วัน

Policon 28 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	8.614	8.721	7.766	14.935	30.0	314.04	182.917
2	8.623	8.732	7.745	14.877	30.1	292.98	171.984
3	8.637	8.761	7.727	14.961	30.1	293.31	170.250
4	8.642	8.741	7.744	15.024	30.0	304.72	175.392
5	8.589	8.722	7.765	15.022	30.2	299.84	172.629
6	8.603	8.756	7.764	15.022	30.0	286.25	164.805

172.996

คอนกรีตมวลเบาระบบ CLC ที่มีการใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์

1. ใส่น้ำยาโฟม LCM

- ทรายหยาบ

ตารางที่ 4.19 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม LCM ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 7 วัน

LCM 7 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	8.870	8.976	8.771	15.057	29.4	250.72	143.679
2	9.211	9.324	9.116	15.034	29.5	284.17	163.346
3	8.894	9.001	8.794	15.052	29.1	288.30	165.324
4	9.471	9.568	9.378	14.922	29.5	292.83	170.861
5	10.509	10.595	10.430	14.961	29.4	293.18	170.174
6	9.881	9.979	9.703	15.088	29.2	264.03	150.685

160.678

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม LCM ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 14 วัน

LCM 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	7.808	7.969	7.034	14.905	29.5	274.660	160.625	
2	7.910	8.067	7.157	14.968	29.7	307.010	178.035	
3	8.072	8.224	7.360	15.072	29.7	301.560	172.470	
4	7.995	8.144	7.286	15.042	29.7	321.500	184.608	
5	8.348	8.490	7.581	14.813	30.0	328.900	194.741	
6	8.206	8.351	7.459	15.113	29.6	277.540	157.872	
							174.725	

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม LCM ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 28 วัน

LCM 28 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.409	8.562	8.365	14.978	29.9	328.53	190.260	
2	8.509	8.665	8.463	15.044	30.2	323.06	185.454	
3	8.453	8.617	8.315	14.882	30.0	329.20	193.116	
4	8.485	8.655	8.356	14.961	30.3	325.36	188.853	
5	8.469	8.649	8.343	14.996	30.0	328.01	189.503	
6	8.565	8.730	8.427	15.072	30.0	323.40	184.960	
							188.691	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ทรายละเอียด

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม LCM ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 7 วัน

LCM 7 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.465	8.590	8.085	14.821	30.1	325.75	192.668	
2	8.412	8.542	7.799	14.966	30.0	328.26	190.409	
3	8.390	8.520	7.792	15.006	30.0	318.83	183.954	
4	8.511	8.645	7.969	14.930	30.2	324.39	189.073	
5	8.256	8.372	7.813	14.900	30.3	328.01	191.953	
6	8.373	8.489	7.988	14.859	30.1	326.38	192.055	
							190.019	

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม LCM ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 14 วัน

LCM 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.996	9.132	7.992	14.945	29.8	631.76	367.486	
2	8.283	9.416	8.245	14.976	29.7	597.82	346.305	
3	9.158	9.295	8.144	14.973	29.5	636.86	369.068	
4	9.153	9.290	8.202	15.037	30.0	592.55	340.473	
5	9.411	9.548	8.509	14.981	29.9	630.11	364.767	
6	9.128	9.301	8.214	14.986	30.0	598.71	346.358	
							355.743	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ฉนวนโฟม LCM ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 28 วัน

LCM 28 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	9.889	10.008	9.735	15.070	29.9	699.64	400.248
2	9.757	9.885	9.617	14.735	29.5	613.22	366.941
3	9.961	10.093	9.828	15.100	29.7	727.09	414.300
4	9.108	9.839	9.077	15.009	29.5	664.33	383.143
5	9.610	9.744	9.572	14.889	29.2	631.37	370.027
6	9.512	9.692	9.423	14.986	29.8	658.24	380.797

385.909

2. ฉนวนโฟม Grace AE4

- ทรายหยาบ

ตารางที่ 4.25 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ฉนวนโฟม Grace AE4 ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 7 วัน

Grace AE4 7 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	8.134	8.8	7.813	14.991	29.9	182.65	105.594
2	8.261	8.946	8.059	15.116	29.9	178.32	101.393
3	8.224	8.89	8.027	14.884	30.0	168.41	98.766
4	8.129	8.775	7.921	15.027	29.8	176.15	101.349
5	8.162	8.809	7.843	14.976	29.9	150.45	87.153
6	8.361	8.976	8.165	15.032	30.0	193.00	110.970

100.871

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ฉนวนโฟม Grace AE4 ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซออร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 14 วัน

Grace AE4 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.960	9.240	8.680	15.027	29.7	317.33	182.577	
2	8.860	9.484	8.706	15.004	29.7	268.08	154.714	
3	8.907	9.289	8.712	15.034	29.7	291.34	167.468	
4	8.784	9.120	8.460	14.889	29.5	280.35	164.305	
5	8.814	9.207	8.531	15.019	29.8	288.49	166.161	
6	8.882	9.247	8.692	14.996	29.8	298.39	172.391	
							167.936	

ตารางที่ 4.27 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ฉนวนโฟม Grace AE4 ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซออร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 28 วัน

Grace AE4 28 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.518	9.226	7.768	15.060	29.8	284.86	163.178	
2	8.859	9.367	8.083	15.022	29.5	326.06	187.725	
3	8.722	9.269	7.971	14.902	30.0	278.76	163.088	
4	8.878	9.463	8.210	15.128	29.5	312.07	177.162	
5	8.494	9.170	7.938	14.740	29.8	276.86	165.556	
6	8.754	9.260	7.262	15.049	29.9	296.87	170.307	
							171.169	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ทรายละเอียด

ตารางที่ 4.28 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Grace AE4 ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 7 วัน

Grace AE4 7 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.458	9.058	8.387	15.060	30.0	263.82	151.126	
2	8.464	9.018	8.402	14.973	30.0	268.64	155.680	
3	8.523	9.153	8.399	15.080	30.0	269.44	153.936	
4	8.473	9.064	8.145	15.009	30.0	276.26	159.329	
5	8.461	9.011	8.152	14.935	30.0	274.63	159.962	
6	8.449	8.926	8.159	14.994	29.9	249.66	144.276	
							154.052	

ตารางที่ 4.29 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Grace AE4 ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 14 วัน

Grace AE4 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.641	8.889	8.279	14.994	29.9	257.18	148.622	
2	8.555	8.756	8.221	14.999	29.7	380.69	219.850	
3	8.600	8.987	8.347	15.032	29.7	282.3	162.315	
4	8.603	8.800	8.251	14.892	29.8	349.38	204.679	
5	8.663	8.908	8.371	15.004	29.8	377.99	218.146	
6	8.682	8.861	8.375	15.065	29.7	272.08	155.754	
							184.894	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Grace AE4 ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 28 วัน

Grace AE4 28 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.496	8.775	7.827	15.044	30.2	378.36	217.200	
2	8.460	8.623	7.749	14.986	30.0	370.71	214.459	
3	8.590	8.796	8.044	15.103	30.2	348.01	198.219	
4	8.500	8.826	7.985	15.052	30.1	324.87	186.295	
5	8.407	8.551	7.797	14.961	30.0	400.78	232.630	
6	8.415	8.578	7.717	14.968	30.1	372.91	216.250	
							210.842	

3. ใส่น้ำยาโฟม Prolicon

- ทรายหยาบ

ตารางที่ 4.31 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Prolicon ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 7 วัน

Policon 7 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	7.789	8.283	7.617	15.108	30.0	157.76	89.797	
2	7.845	8.289	7.776	15.090	30.1	163.86	93.492	
3	7.755	8.341	7.679	15.027	30.0	147.67	84.963	
4	7.758	8.326	7.604	15.024	30.0	131.48	75.678	
5	7.726	8.289	7.614	14.976	30.1	143.16	82.930	
6	7.627	8.117	7.560	14.930	29.9	148.51	86.560	
							85.570	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Prolicon ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 14 วัน

Policon 14 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	8.466	8.563	8.249	14.828	29.8	220.43	130.253
2	8.428	8.579	8.218	15.082	29.2	245.15	140.021
3	8.499	8.546	8.265	15.138	29.7	249.37	141.380
4	8.339	8.537	8.320	14.897	29.5	226.58	132.649
5	8.494	8.593	8.176	15.027	29.9	223.52	128.603
6	8.485	8.562	8.146	15.001	30.0	238.12	137.479

135.064

ตารางที่ 4.33 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม Prolicon ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายหยาบที่อายุ 28 วัน

Policon 28 วัน							
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength	
						(kN.)	(ksc.)
1	9.029	9.186	8.988	15.004	29.6	358.28	206.771
2	8.897	9.034	8.849	15.08	29.9	334.41	191.054
3	8.823	8.975	8.784	15.037	29.5	366.70	210.702
4	8.852	8.985	8.762	15.037	29.8	377.08	216.666
5	8.861	9.001	8.768	15.09	29.8	283.05	161.497
6	8.836	8.988	8.750	14.983	29.6	363.18	210.187

199.480

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ทรายละเอียด

ตารางที่ 4.34 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพรหม Prolicon ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 7 วัน

Policon 7 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.264	8.435	7.639	14.897	30.2	289.80	169.661	
2	8.291	8.619	7.792	15.090	29.9	254.66	145.299	
3	8.240	8.706	7.592	14.836	30.2	266.57	157.347	
4	8.298	8.520	7.727	15.060	30.2	287.80	164.862	
5	8.160	8.315	7.727	14.981	29.9	260.09	150.565	
6	8.345	8.462	7.799	15.171	30.1	216.63	122.284	
							151.670	

ตารางที่ 4.35 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพรหม Prolicon ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 14 วัน

Policon 14 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.742	8.992	7.971	15.057	29.3	403.87	231.444	
2	8.799	9.040	8.071	15.052	30.0	306.09	175.526	
3	8.603	8.882	7.842	15.019	29.8	412.50	237.587	
4	8.668	8.941	7.779	15.029	29.8	391.50	225.192	
5	8.653	8.899	7.732	14.930	29.8	375.72	218.990	
6	8.540	8.826	7.671	14.935	29.9	280.81	163.562	
							208.717	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

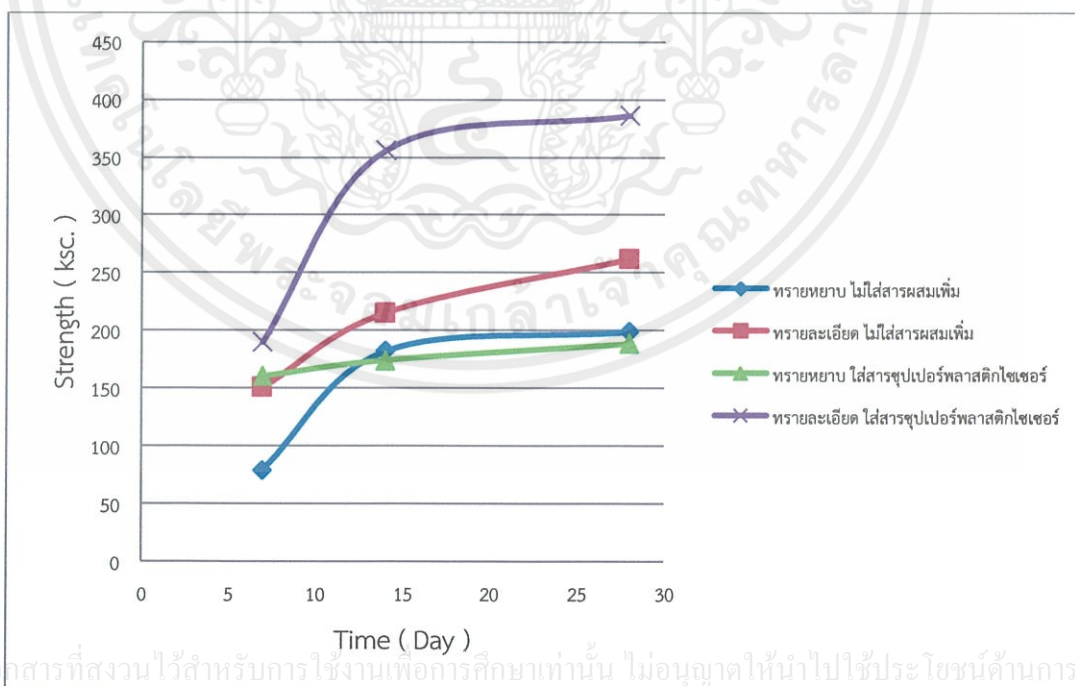
ตารางที่ 4.36 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโพน Prolicon ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซออร์ โดยใช้ทรายละเอียดที่อายุ 28 วัน

Policon 28 วัน								
No.	น้ำหนัก (kg.)	น้ำหนักอิมตัว (kg.)	น้ำหนักหลังอบ (kg.)	Ø (cm.)	ความสูง (cm.)	Strength		
						(kN.)	(ksc.)	
1	8.565	8.672	8.132	15.006	29.9	412.83	238.189	
2	8.604	8.702	8.241	15.09	30.1	376.49	214.811	
3	8.578	8.692	8.265	14.48	30.0	341.84	211.820	
4	8.547	8.633	8.243	14.994	29.9	376.77	217.732	
5	8.705	8.824	8.325	15.077	30.0	320.69	183.289	
6	8.594	8.623	8.281	14.922	30.1	365.69	213.373	
							213.202	

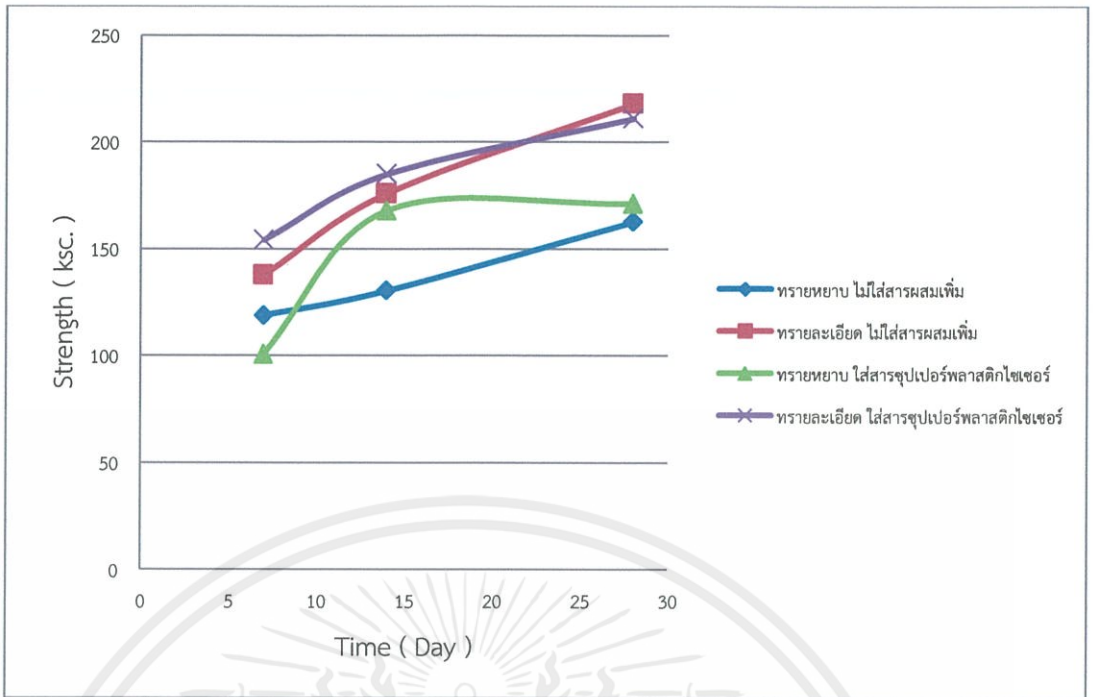
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทำวิจัยนี้ต้องการทราบถึงผลของน้ำยาโพน วัสดุผสม และสารผสมเพิ่ม ที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาแบบ CLC

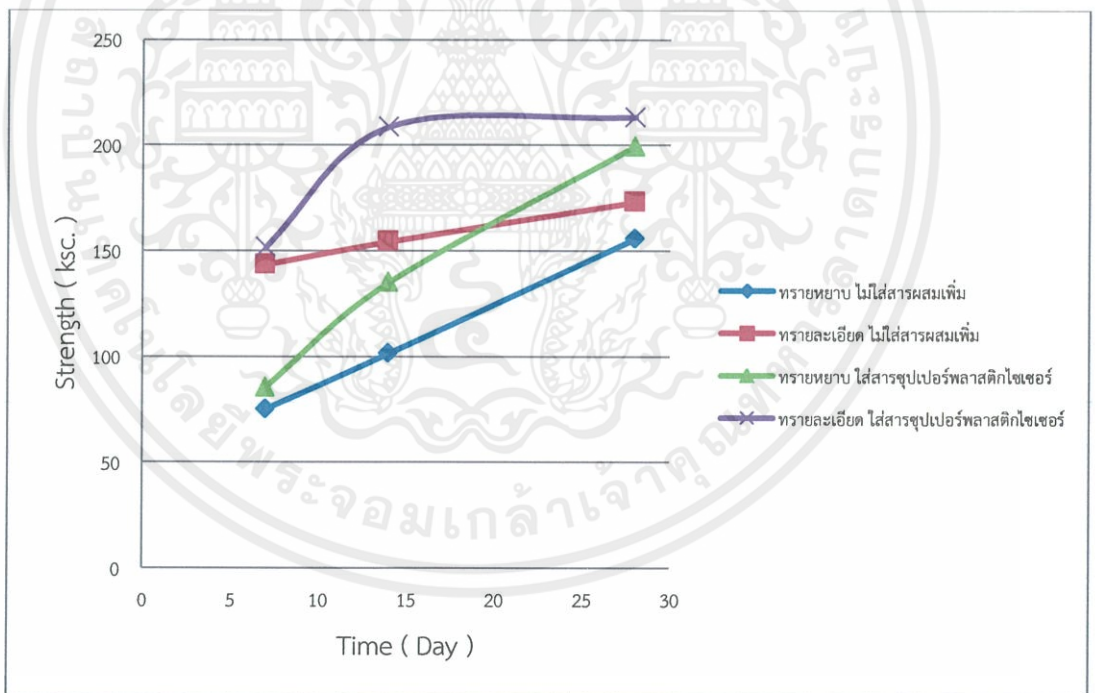
1. น้ำยาโพนที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ผสม
น้ำยาโพน LCM กับระยะเวลาต่าง ๆ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ผสมน้ำยาโพน Grace AE4 กับระยะเวลาต่าง ๆ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ผสมน้ำยาโพน Prolicon กับระยะเวลาต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาบ่มกำลังรับแรงอัดประลัยของน้ำยาโพน LCM จาก

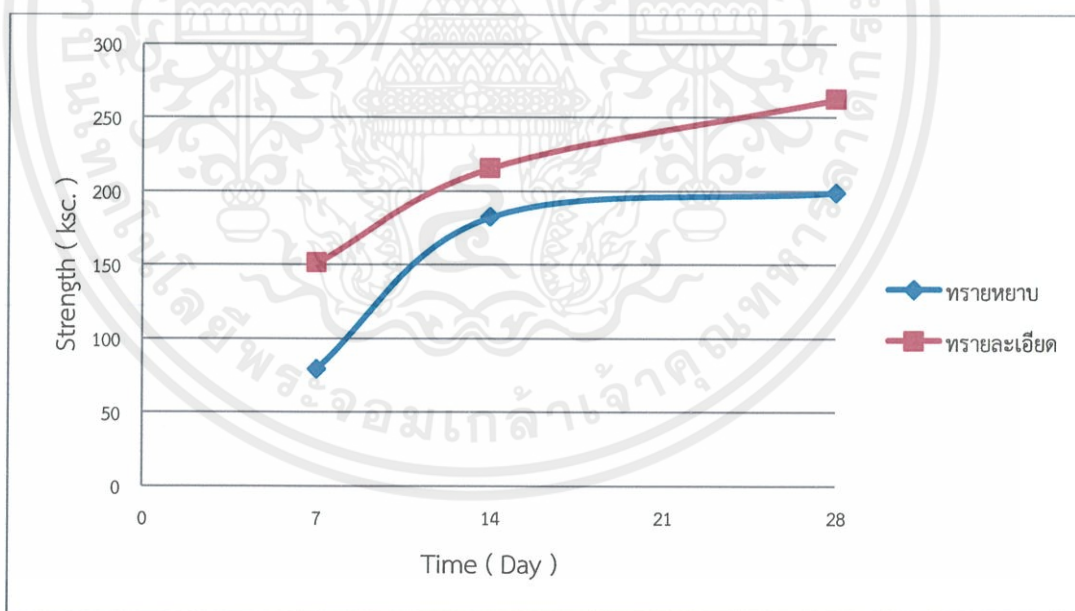
การวิเคราะห์พบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใส่น้ำยาโพน LCM ใช้ทรายละเอียดและใส่สารซูเปอร์พลาสติก

ไซเซอร์ ให้กำลังรับแรงอัดประลัยสูงสุดที่ 385 ksc. (28 วัน) และคอนกรีตมวลเบาที่ใส่น้ำยาโฟม LCM ใช้ทรายหยาบและใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซอร์ ให้กำลังรับแรงอัดประลัยต่ำสุดที่ 188 ksc. (28 วัน)

รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกำลังรับแรงอัดประลัยของน้ำยาโฟม Grace AE4 จากการวิเคราะห์พบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใส่น้ำยาโฟม Grace AE4 ใช้ทรายละเอียดและไม่ใส่สารผสมเพิ่มให้กำลังรับแรงอัดประลัยสูงสุดที่ 217 ksc. (28 วัน) และคอนกรีตมวลเบาที่ใส่น้ำยาโฟม Grace AE4 ใช้ทรายหยาบและไม่ใส่สารผสมเพิ่ม ให้กำลังรับแรงอัดประลัย 162 ksc. (28 วัน)

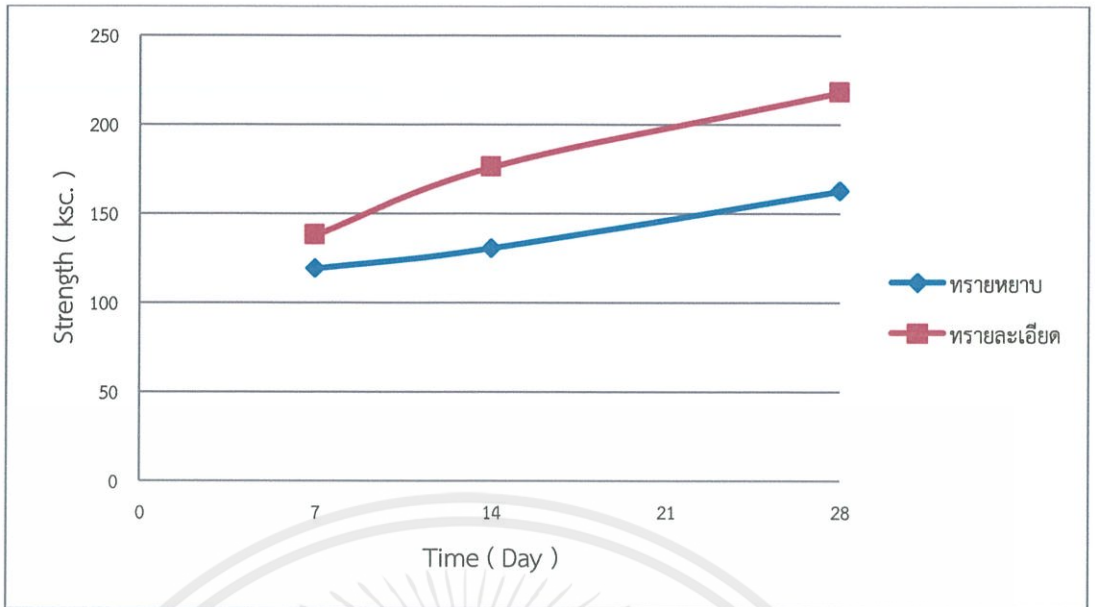
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับกำลังรับแรงอัดประลัยของน้ำยาโฟม Prolicon จากการวิเคราะห์พบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใส่น้ำยาโฟม Prolicon ใช้ทรายละเอียดและใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซอร์ให้กำลังรับแรงอัดประลัยสูงสุดที่ 213 ksc. (28 วัน) และคอนกรีตมวลเบาที่ใส่น้ำยาโฟม Prolicon ใช้ทรายหยาบและไม่ใส่สารผสมเพิ่ม ให้กำลังรับแรงอัดประลัยต่ำสุดที่ 155 ksc. (28 วัน)

2. วัสดุผสมที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด

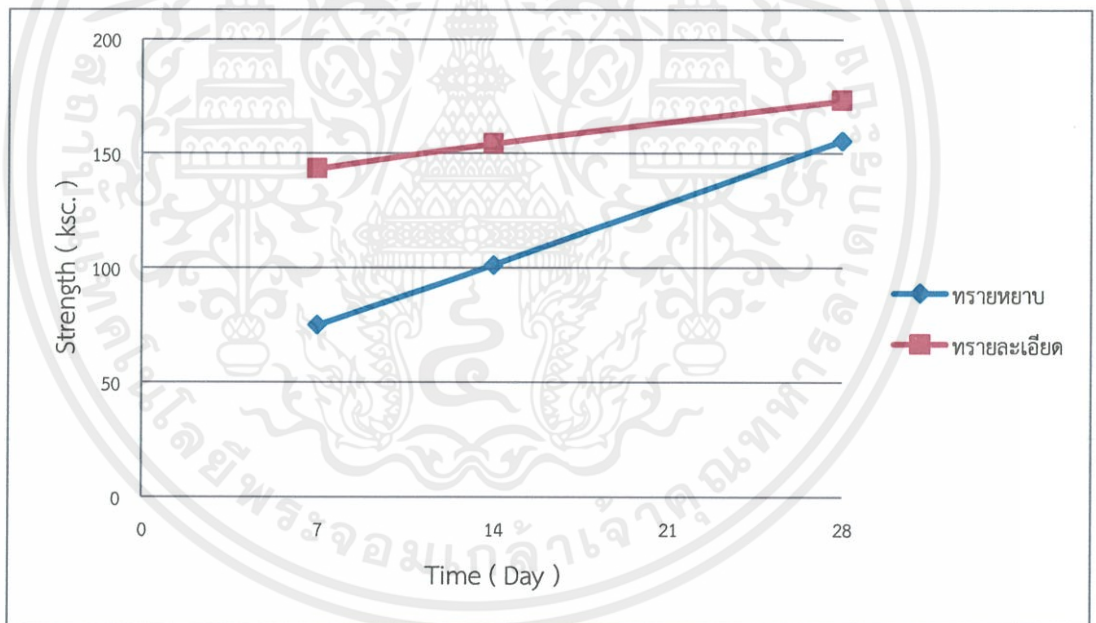


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดกับระยะเวลาต่าง ๆ (LCM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

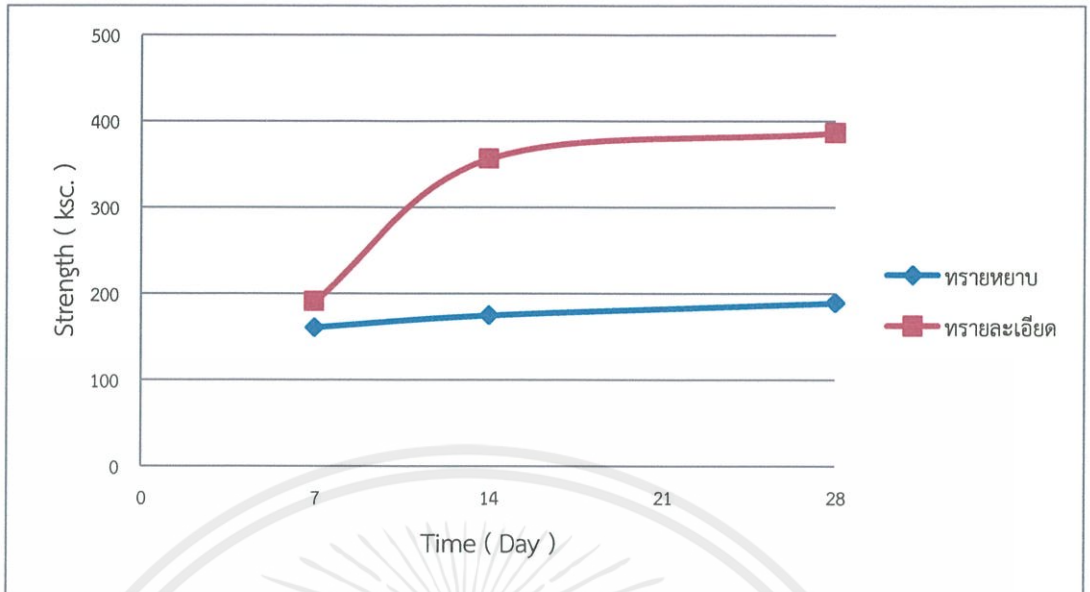


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดกับระยะเวลาต่าง ๆ (Grace AE4)

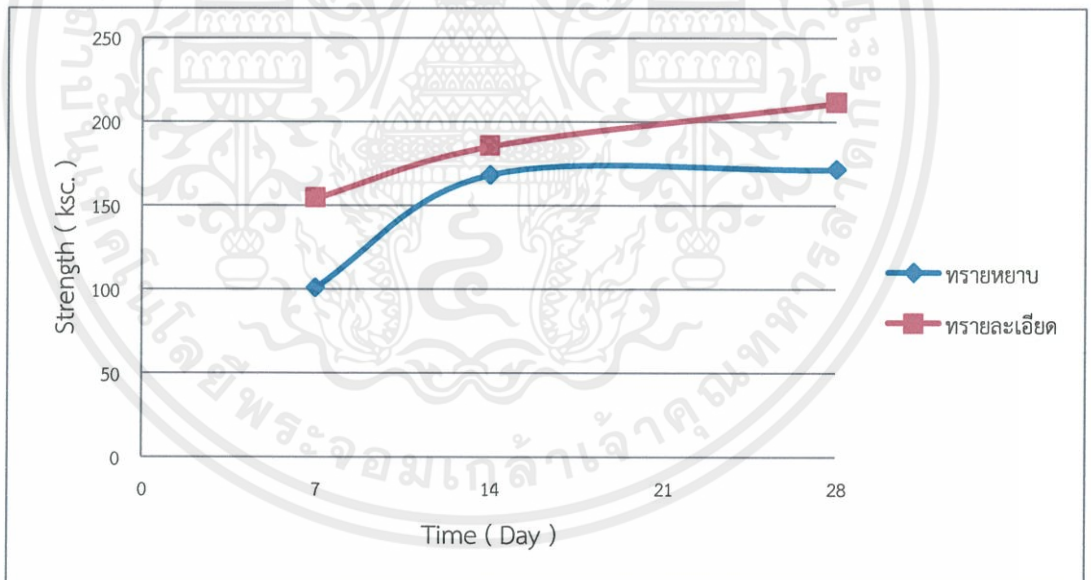


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดกับระยะเวลาต่าง ๆ (Prolicon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดที่ผสมสารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์กับระยะเวลาต่าง ๆ (LCM)



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดที่ผสมสารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์กับระยะเวลาต่าง ๆ (Grace AE4)

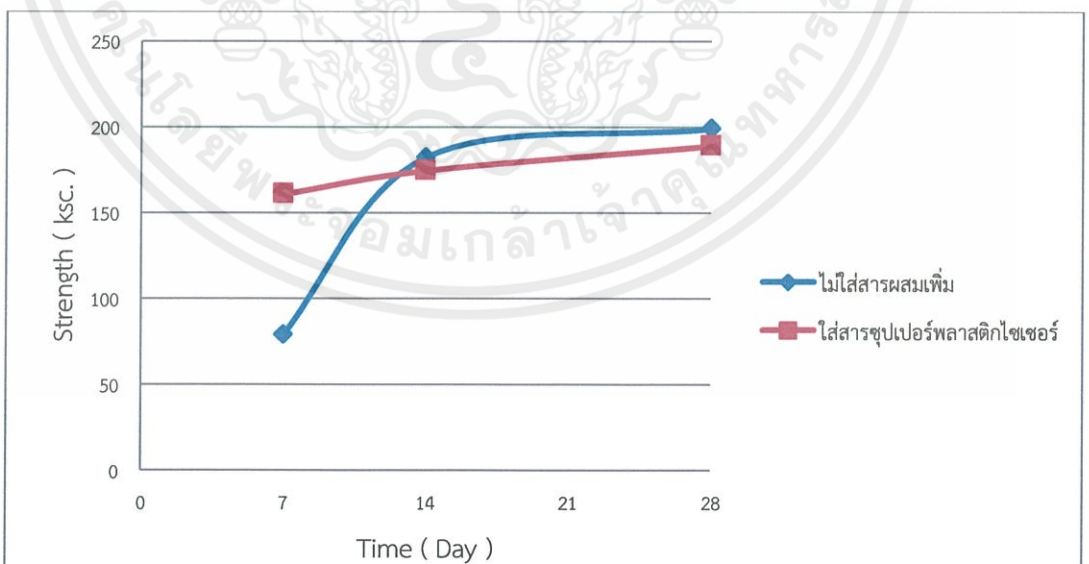
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



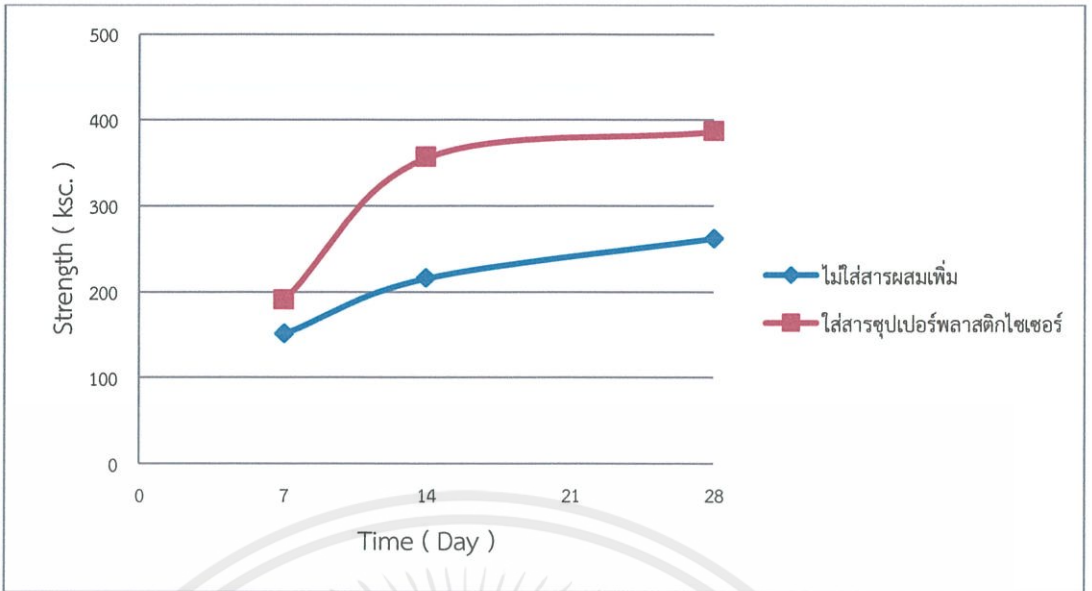
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบและทรายละเอียดที่ผสมสารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์กับระยะเวลาต่าง ๆ (Prolicon)

จากรูปที่ 4.4 - 4.9 พบว่าขนาดของเม็ดทรายมีผลต่อค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา โดยคอนกรีตมวลเบาที่มีทรายละเอียดเป็นส่วนผสมจะให้ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยมากกว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ทรายหยาบเป็นวัสดุผสมในทุกกรณีที่ได้ทำการทดลองมา

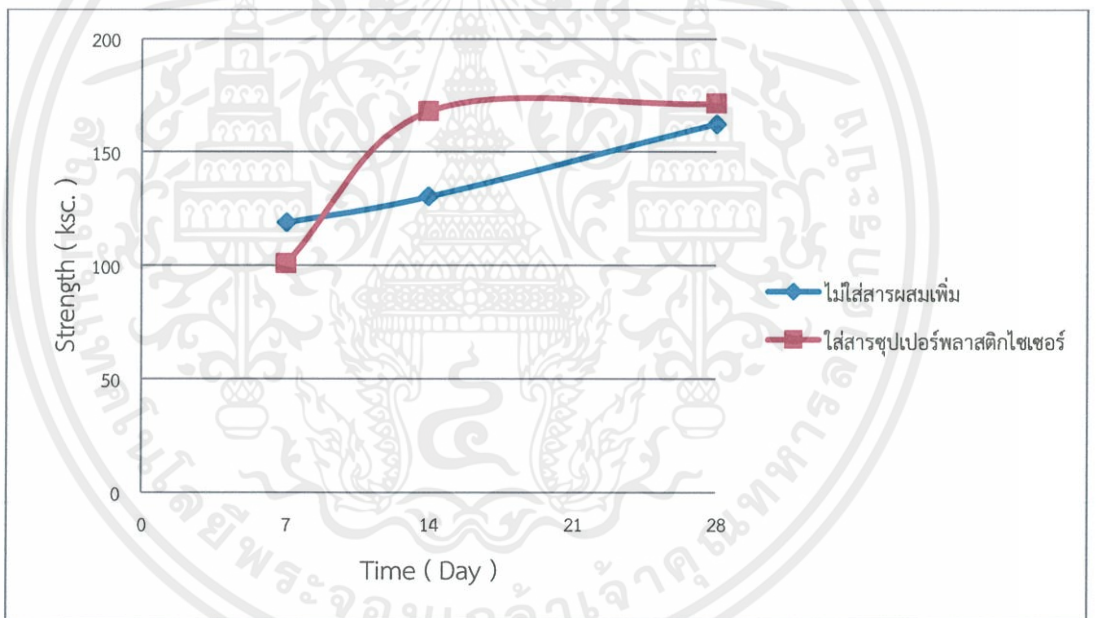
3. สารผสมเพิ่มที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (LCM)

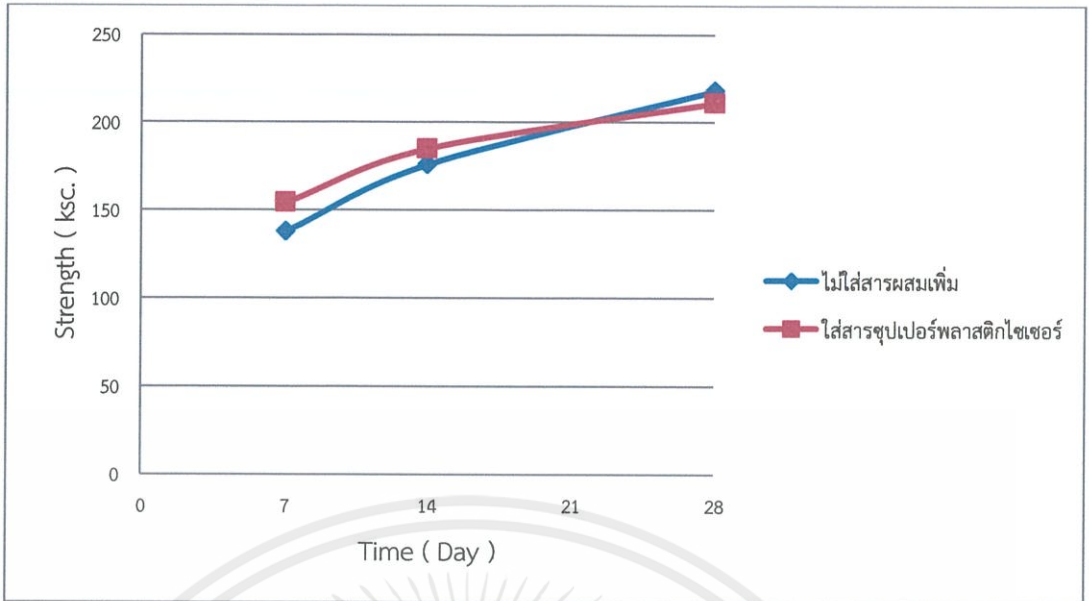


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายละเอียดที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและใส่สารซูเปอร์พลาสติกไอเซเซอร์ (LCM)

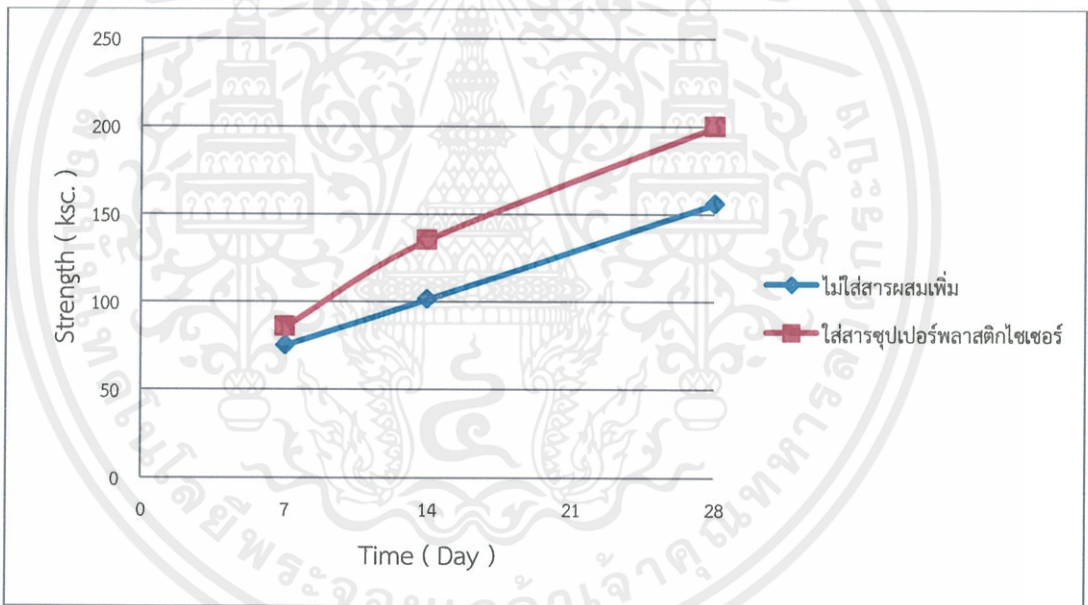


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและใส่สารซูเปอร์พลาสติกไอเซเซอร์ (Grace AE4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

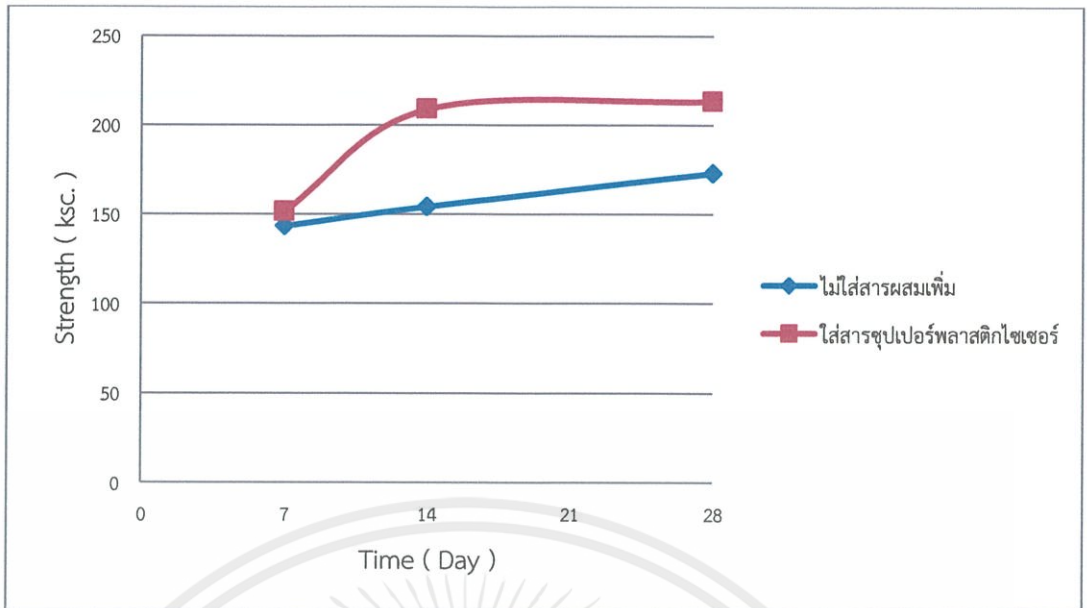


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายละเอียดที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Grace AE4)



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ (Prolicon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดประลัยคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายละเอียดที่ไม่ใส่สารผสมเพิ่มและใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซออร์ (Prolicon)

จากรูปที่ 4.10 - 4.11 แสดงการเปรียบเทียบคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา LCM ผสมทรายหยาบใส่และไม่ใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซออร์ การทดลองพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา LCM ผสมทรายหยาบ เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดประลัยมาเปรียบเทียบจะมีค่ากำลังอัดประลัยใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 1.0 - 1.2 เท่า และคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา LCM ผสมทรายละเอียดใส่และไม่ใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซออร์ การทดลองพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา LCM ผสมทรายละเอียด เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดประลัยมาเปรียบเทียบจะเห็นได้ชัดว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซออร์มีค่าสูงขึ้นคือ 1.5 เท่าของคอนกรีตมวลเบาที่ใส่ทรายละเอียดและไม่ใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซออร์

จากรูปที่ 4.12 - 4.13 แสดงการเปรียบเทียบคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา GRACE AE4 ผสมทรายหยาบใส่และไม่ใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซออร์ การทดลองพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา GRACE AE4 ผสมทรายหยาบ เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดประลัยมาเปรียบเทียบจะมีค่ากำลังอัดประลัยใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 1.0-1.2 เท่า และคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา GRACE AE4 ผสมทรายละเอียดใส่และไม่ใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซออร์ การทดลองพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา GRACE AE4 ผสมทรายละเอียด เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดประลัยมาเปรียบเทียบจะมีค่ากำลังอัดประลัยใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 0.9-1.1 เท่า

จากรูปที่ 4.14 - 4.15 แสดงการเปรียบเทียบคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา Prolicon ผสมทรายหยาบใส่และไม่ใส่สารซูปเปอร์พลาสติกไซเซออร์ การทดลองพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา Prolicon ผสมทรายหยาบ เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดประลัยมาเปรียบเทียบจะมีค่ากำลังอัดประลัยใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 1.0-1.2 เท่า และคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา Prolicon ผสมทรายละเอียด

ใส่และไม่ใส่สารซูเปอร์พลาสติกไซเซอร์ การทดลองพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยา Prolicon ผสมทรายละเอียด เมื่อนำค่ากำลังรับแรงอัดประลัยมาเปรียบเทียบจะมีค่ากำลังอัดประลัยใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 1.0-1.2 เท่า

ในการทดลองนี้ได้ใช้เครื่องผลิตโฟมจากบริษัท นิวเทคโนโลยี เอ็นจิเนียริง คอนสตรัคชัน จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ใช้น้ำยาโฟม LCM เป็นวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา ผลการทดลองที่ได้นั้นทราบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้น้ำยาโฟม LCM ให้กำลังรับแรงอัดประลัยสูงกว่าน้ำยาโฟม Grace AE4 และ Prolicon ส่วนหนึ่งเป็นเพราะเครื่องผลิตโฟมที่ใช้นั้นมีความเหมาะสมกับน้ำยา LCM ส่งผลให้น้ำยาโฟมเกิดประสิทธิภาพได้เต็มที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ชนิดของน้ำยาโฟม ขนาดของวัสดุผสม การใส่สารซูเปอร์พลาสติไซเซอร์ จะมีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. น้ำยาโฟมแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่ต่างกัน ทั้งทางด้านกายภาพที่มีลักษณะของตัวน้ำยา และสีของน้ำยา และทางด้านเคมีเนื่องจากการผลิตจากส่วนผสมทางเคมีที่ต่างกัน ดังนั้นน้ำยาโฟมจึงส่งผลต่อกำลังรับแรงอัด เนื้อโฟมที่ได้จากน้ำยานั้นเป็นตัวกำหนดกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC ซึ่งความหนาแน่นของโฟมที่ใช้ อยู่ในช่วง 40 kg/m^3 ถึง 50 kg/m^3 จากการทำการทดลองพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ผสมน้ำยาโฟม LCM มีกำลังอัดประลัยสูงสุด แต่เนื่องจากการทำวิทยานิพนธ์นี้มีการบ่มน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและมีการนำเข้าสู่ตูบ 24 ชั่วโมงซึ่งมีการทำวิธีเดียวกับคอนกรีตทั่วไปซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อโครงสร้างของเนื้อคอนกรีตทำให้กำลังอัดประลัยที่ได้นั้นเกิดค่าแปรปรวนขึ้นได้

2. วัสดุผสม ขนาดของวัสดุผสมนั้นมีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC เมื่อเทียบกำลังรับแรงอัดของน้ำยาโฟมชนิดเดียวกันนั้นทรายละเอียดให้กำลังรับแรงอัดสูงกว่าทรายหยาบ เนื่องจากการจัดเรียงตัวของทรายละเอียดนั้นเกิดช่องว่างมากกว่าทรายหยาบทำให้เนื้อโฟมเข้าไปแทรกและเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น ส่งผลทำให้คอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมด้วยทรายละเอียดให้กำลังรับแรงอัดที่สูงกว่า และด้วยขนาดของเม็ดทรายยังมีผลต่อเม็ดฟองอากาศของโฟม เนื่องจากทรายที่มีขนาดเม็ดทรายที่ใหญ่ จะทำให้เม็ดฟองอากาศของโฟมแตก ส่งผลให้มีช่องว่างภายในเนื้อคอนกรีตที่ไม่สม่ำเสมอและความสามารถในการต้านกำลังรับแรงอัดต่ำลง ในการทดลองทราบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายหยาบนั้นมีการใส่ฟองโฟมมากกว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้วัสดุผสมเป็นทรายละเอียด ทำให้เนื้อคอนกรีตมวลเบาที่ผสมทรายหยาบนั้นมีปริมาณฟองโฟมเป็นจำนวนมากเมื่อนำก้อนตัวอย่างนั้นไปอบ ทำให้ปริมาณน้ำที่อยู่ภายในเนื้อคอนกรีตออกจนหมด ทำให้เนื้อคอนกรีตมีลักษณะเป็นโพรง ทำให้ความสามารถในด้านกำลังรับแรงอัดประลัยต่ำลง

3. สารผสมเพิ่ม มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบา ระบบ CLC จากการทดลองพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใส่สารซูเปอร์พลาสติไซเซอร์นั้นให้กำลังอัดที่สูงกว่าคอนกรีตมวลเบาที่ไม่ได้ใส่สารผสมเพิ่ม เนื่องจากสารผสมเพิ่ม (Sikament FF) เป็นสารซูเปอร์พลาสติไซเซอร์ที่ช่วยลดน้ำแล้วเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งคอนกรีตที่ใส่สารผสมเพิ่มนั้นจะช่วยให้ความสามารถในการค้าไม่ว่าการเทของคอนกรีตได้ดีขึ้นและยังช่วยให้เนื้อคอนกรีตมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตสูงขึ้น 5 - 15 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้อุปกรณ์ผลิตโฟมที่สามารถปรับได้ทั้งความดันและปริมาณน้ำ เพื่อให้สามารถผลิตเนื้อโฟมที่มีความหนาแน่นที่เหมาะสมกับงาน
2. หากมีการทำการวิจัยต่อ ควรมีการเพิ่มประเภทของขนาดของเม็ดทราย เพื่อพิจารณาถึงขนาดของเม็ดทรายที่ละเอียดมากๆ ที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด
3. ควรเพิ่มการใส่สารผสมเพิ่มประเภทอื่น ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] กาญจนา ออมกระโทก และอารีรัตน์ สุทธิ. วัสดุผสมสำหรับคอนกรีตมวลเบา, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2536
- [2] ศิริวัฒน์ ไชยชนะ. ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. หจก. วี.เจ. พรินติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ. 2535
- [3] วินิต ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: 2539.
- [4] วิทวัส สิทธิกุล. เทคนิคการก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. แผนกวิชาเทคนิคก่อสร้าง คณะวิชาช่างโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตอุเทนถวาย : 2544.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้