

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าโขนาระบั้ง

อิทธิพลของผงอะลูมิเนียมที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเบา

INFLUENCES OF ALUMINIUM POWDER ON PROPERTIES OF  
LIGHTWEIGHT CONCRETE



โดย  
นายรณฤทธิ์ รังวงศ์  
นายวัชร มณีวงศ์  
นายศิริพงษ์ พรหมศาสตร์

๔/๗  
๕/๗  
๒๕๕๘

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 62923  
วัน,เดือน,ปี..... 23 ส.ค. 2549

.บ. 116 33620  
.เ.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา แลกต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INFLUENCES OF ALUMINIUM POWDER ON PROPERTIES OF  
LIGHTWEIGHT CONCRETE**



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

**2005**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ    อิทธิพลของผงอะลูมิเนียมที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเบา

นักศึกษา                    นายธนฤทธิ์            รักรวงศ์                    รหัสประจำตัว    45010628


                                  นายวัชร                    มณีวงศ์                    รหัสประจำตัว    45010693

                                  นายศิริพงศ์            พรหมศาสตร์              รหัสประจำตัว    45010764

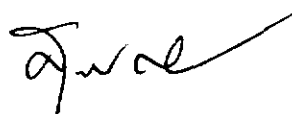
หลักสูตร                    วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต                    สาขาวิชา            วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา                      วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา            ดร.คมสัน มาลีสี

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.สุวัฒน์ ธีรเศรษฐ์	
ผศ.ศักดิ์ชัย สกานพงษ์	
ดร.คมสัน มาลีสี	
อ.ทรงกลด แซ่อึ้ง	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่            เดือน                    พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ อิทธิพลของผงอลูมิเนียมที่มีต่อคุณสมบัติของคอนกรีตเบา

INFLUENCE OF ALUMINIUM POWDER ON PROPERTIES  
OF LIGHTWEIGHT CONCRETE

นักศึกษา นายรณฤทธิ์ รังวงศ์  
นายวัชร มณีวงศ์  
นายศิริพงษ์ พรหมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.คมสัน มาลีสี

ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2548

### บทคัดย่อ

ปฏิญานีพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาอิทธิพลของผงอลูมิเนียมต่อคุณสมบัติด้านต่างๆ ของคอนกรีตเบา โดยผงอลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับซีเมนต์และน้ำทำให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจนในเนื้อคอนกรีต มีผลทำให้ความหนาแน่นลดลง งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาคอนกรีตเบาเพื่อนำไปใช้ในงานโครงสร้าง ซึ่งมีความหนาแน่นระหว่าง 1,400 - 1,800 กก./ลบ.ม. และกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน มากกว่า 180 กก./ตร.ซม. ทดลองโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.3 , 0.4 และ 0.5 ปริมาณผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0% ถึง 0.1 % ต่อน้ำหนักซีเมนต์ และใช้อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ที่ 0 จนถึง 2.5 โดยทำการทดสอบคุณสมบัติในด้านกำลังรับแรงอัด อัตราการซึมน้ำ และการบดคั่ว และยังศึกษาถึงผลของการบ่มด้วยไอน้ำแรงดันสูง , บ่มด้วยน้ำอุณหภูมิสูง และบ่มด้วยการหุ้มพลาสติกป้องกันการสูญเสียน้ำ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้างได้ โดยการปรับลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ , ปริมาณผงอลูมิเนียมและปริมาณทรายให้เหมาะสม แต่ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.3 อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ควรน้อยกว่า 0.75 , ที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ควรน้อยกว่า 1.1 และที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.5 อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ควรน้อยกว่า 2 คอนกรีตเบาที่บ่มด้วยไอน้ำแรงดันสูงและบ่มด้วยน้ำอุณหภูมิสูงจะมีกำลังรับแรงอัดในช่วงแรกเพิ่มขึ้น และคอนกรีตเบาที่ใส่ผงอลูมิเนียมจะเกิดการบดคั่วมากกว่าคอนกรีตทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : INFLUENCE OF ALUMINIUM POWDER ON PROPERTIES  
OF LIGHTWEIGHT CONCRETE

Name : MR.RONNARIT RAGWONG  
MR.WATCHARA MANEEWONG  
MR.SIRIPONG PROMSART

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : DR.KOMSON MALEESEE

## ABSTRACT

This Project is study the Influence of Aluminium powder on Properties of Lightweight Concrete , by Aluminium powder made many bubble of Hydrogen gas from chemical reaction , so the density of concrete was reduce. The object of this project is developed for Structural Lightweight Concrete that has density 1,400 to 1,800 kg/m<sup>3</sup> and compressive strength at age 28 days more than 180 ksc , test by used w/c ratio at 0.3 , 0.4 , 0.5 and used sand/cement ratio from 0 to 2.5 and used quantity of Aluminium powder from 0% to 0.1% by weight of cement. By testing the Compressive strength , Absorption and Autogeneous shrinkage.And study impact of curing by Autoclave , Hot water and Wrapping

The result of this study apply to mixed design the Structural Lightweight Concrete, By adjust the w/c ratio , quantity of Aluminium powder and sand/cement ratio. But at w/c ratio 0.3 just use sand/cement ratio less than 0.75 , at w/c ratio 0.4 just use sand/cement ratio less than 1.1 and at w/c ratio 0.5 just use sand/cement ratio less than 2 . the lightweight concrete that curing by Autoclave or Hot water has more compressive strength at begin. And lightweight concrete that made by Aluminium powder has more Autogeneous shrinkage than normal concrete.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีคำกล่าวใดที่จะใช้บ่งบอกถึงความกรุณา ของอาจารย์ คมสัน มาลีสี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษนี้ได้ ตลอดระยะเวลาของงานศึกษานี้ ท่านได้ให้คำแนะนำและสั่งสอนที่มีค่ามากมาย ท่านได้สอนให้อุทิศตนให้กับงานและปรับปรุงเกี่ยวกับการนำเสนองาน ซึ่งถือเป็นสิ่งที่มีคุณค่าที่ผู้ประพันธ์ได้จากการศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกเหนือจากปริญญาอันสูงส่ง ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งและนับถือแก่ อาจารย์ คมสัน มาลีสี

ถือเป็นเกียรติอย่างยิ่งแก่ผู้ประพันธ์ ที่ได้รับคำแนะนำและข้อคิดเห็นอันกระจ่างชัดจาก อาจารย์ ศักดิ์ชัย สกานพจน์, อาจารย์ สุวัฒน์ ธิรเศรษฐ์ และอาจารย์ ทรงกลด แซ่ฮึ้ง ในฐานะอาจารย์ สอนโครงการพิเศษ ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับความสำเร็จในงานนี้ ผู้ประพันธ์ได้เรียนรู้สิ่งต่างๆ มากมายจากท่าน

ท้ายที่สุดขอขอบคุณสมาชิกของครอบครัวทุกคน ที่มอบความรักความห่วงใย และการช่วยเหลือด้านต่างๆ โดยเฉพาะการเงิน ขอขอบคุณแหล่งข้อมูลต่างๆ อันทรงคุณค่าสำหรับการทำงานนี้

นายรณฤทธิ์ รักรวงศ์  
นายวัชร มณีวงศ์  
นายศิริพงศ์ พรหมศาสตร์  
ผู้ประพันธ์

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอำนวยการ	ค
	บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
	บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฅ
	สารบัญรูป	ฉ
1	บทนำ	1
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.4. ขอบเขตการศึกษา	2
	1.5. วิธีการศึกษา	2
2	วรรณกรรมปริทัศน์	3
	2.1. กล่าวนำ	3
	2.2. วิธีผลิตคอนกรีตเบา	3
	2.2.1. คอนกรีตเบาที่ใช้วัสดุผสมเบา	3
	2.2.2. คอนกรีตมวลเบาที่ใช้สารเติม	5
	2.3. การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
3	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ	13
	3.1. การเตรียมส่วนผสมและการผสม	13
	3.1.1. การผสมซีเมนต์เพสต์	13
	3.1.2. การผสมตัวอย่างมอร์ต้า	17
	3.2. การเตรียมชิ้นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ	19
	3.2.1. การทดลองหาอัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆ	19
	3.2.2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัด ของซีเมนต์เพสต์	20
	3.2.3 การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า	21
	3.2.4. การทดสอบหาอัตราการคูดซึบ	22
	3.2.5. การทดสอบกำลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีต่างๆ	23
	3.2.6. การทดสอบการบีดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ	26
	3.2.7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของ ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว	28
	3.3 วิธีการทดสอบและการคำนวณ	29
	3.3.1. การหาอัตราการขยายตัว	29
	3.3.2. การหากำลังรับแรงอัด	29
	3.3.3. การหาความหนาแน่น	30
	3.3.4. การหาอัตราการคูดซึมน้ำ	30
	3.3.5. การทดสอบการบีดหดตัว (Autogeneous shrinkage)	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
4	ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล	32
	4.1. การทดสอบหาเวลาในการขยายตัวเต็มที่	32
	4.2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์	32
	4.3. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า	35
	4.4. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ	38
	4.5. การทดสอบหาลำลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ	41
	4.6. การทดสอบหาการบีดหดตัว(Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ	42
	4.7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัด ของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว	45
5	สรุปผลการศึกษา	47
	5.1 สรุปผลการศึกษา	47
	5.2 อัตราส่วนต่างๆที่เหมาะสมของคอนกรีตเบาสำหรับงาน โครงสร้าง	47
	5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการศึกษา	48
	บรรณานุกรม	
	ภาคผนวก ก	ผก1
	ก1. การทดสอบหาเวลาในการขยายตัวเต็มที่	ผก2
	ก2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์	ผก3
	ก3. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า	ผก4
	ก4. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ	ผก7
	ก5. การทดสอบหาลำลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ	ผก9
	ก6. การทดสอบหาการบีดหดตัว(Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ	ผก9
	ก7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของ ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว	ผก10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่ เรื่อง

หน้า

## ภาคผนวก ข

ผข1

- |  |      |
|--|------|
| ข1. การทดสอบหาเวลาในการขยายตัวเต็มที่                                      | ผข2  |
| ข2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์                  | ผข5  |
| ข3. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า                       | ผข11 |
| ข4. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ  | ผข26 |
| ข5. การทดสอบหาลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ                        | ผข29 |
| ข6. การทดสอบหาการหดตัว(Autogeneous shrinkage)<br>ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ | ผข33 |
| ข7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัด<br>ของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว  | ผข38 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	ประเภทและคุณสมบัติของมวลรวมเบา	5
3.1.	จำนวนตัวอย่างในการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์	20
3.2.	จำนวนตัวอย่างในการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า	21
3.3.	จำนวนตัวอย่างในการทดสอบอัตราการคูดซึมของซีเมนต์เพสต์	22
3.4.	จำนวนตัวอย่างในการทดสอบอัตราการคูดซึมของมอร์ต้า	22
3.5.	จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีต่างๆ	26
3.6.	จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการยึหดตัว (Autogeneous shrinkage)	27
3.7.	จำนวนตัวอย่างในการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว	29
ผ.ก.1.	อัตราการขยายตัวเฉลี่ยที่ระยะเวลาต่างๆ	ผก2
ผ.ก.2.	ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของซีเมนต์เพสต์	ผก3
ผ.ก.3.	ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ต้า ที่ w/c 0.3	ผก4
ผ.ก.4.	ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ต้า ที่ w/c 0.4	ผก5
ผ.ก.5.	ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ต้า ที่ w/c 0.5	ผก6
ผ.ก.6.	อัตราการคูดซึมเฉลี่ยของซีเมนต์เพสต์	ผก7
ผ.ก.7.	อัตราการคูดซึมเฉลี่ยของมอร์ต้า	ผก7
ผ.ก.8.	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ต้าในการบ่มวิธีต่างๆ	ผก9
ผ.ก.9.	การยึหดตัว (Autogeneous shrinkage)เฉลี่ยของมอร์ต้าในการบ่มวิธีต่างๆ	ผก9
ผ.ก.10.	ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของซีเมนต์เพสต์ผสมปูนขาว	ผก10
ผ.ข.1.	ผลการทดสอบหาอัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆของซีเมนต์เพสต์	ผข2
ผ.ข.2.	ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.3	ผข5

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.3.	ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.4	ผข7
ผ.ข.4.	ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.5	ผข9
ผ.ข.5.	ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ w/c 0.3	ผข11
ผ.ข.6.	ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.4	ผข16
ผ.ข.7.	ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.5	ผข21
ผ.ข.8.	ผลการทดสอบหาอัตราการคูดซึ่มของซีเมนต์เพสต์	ผข26
ผ.ข.9.	ผลการทดสอบหาอัตราการคูดซึ่มของมอร์ต้า	ผข27
ผ.ข.10.	ผลการทดสอบหาลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ	ผข30
ผ.ข.11.	ผลการทดสอบหาลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ	ผข31
ผ.ข.12.	ผลการบีดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียม	ผข33
ผ.ข.13.	ผลการบีดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียม	ผข35
ผ.ข.14.	ค่าเฉลี่ยการบีดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้า	ผข37
ผ.ข.15.	ผลการทดสอบหาลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว	ผข38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.1.	ผงอลูมิเนียม	14
3.2.	เครื่องผสมซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้า	14
3.3.	การใส่น้ำขณะเครื่องผสมกำลังทำงาน	15
3.4.	เทไม่เต็มแบบ	15
3.5.	การขยายตัวจนล้นแบบ	15
3.6.	ลักษณะผิวของตัวอย่างที่ขยายตัว	16
3.7.	การปาดตกแต่งให้เรียบ	16
3.8.	ตัวอย่างที่แกะออกจากแบบ	16
3.9.	ลักษณะผิวตัวอย่างที่ได้หลังจากแกะแบบ	17
3.10.	แสดงการทดสอบสภาพอิมตัวผิวแห้งของทราย	18
3.11.	ลักษณะการพังทลายของทรายที่สภาพความชื้นต่างๆ	18
3.12.	แสดงลักษณะผิวของมอร์ต้าที่ผสมผงอลูมิเนียม	18
3.13.	ตัวอย่างการทดสอบหาอัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆ	19
3.14.	แบบหล่อ 5cm. × 5cm. × 5cm.	20
3.15.	เครื่อง Autoclave	23
3.16.	แสดงพื้นที่ภายในเครื่อง Autoclave	24
3.17.	เครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำ	24
3.18.	การติดตั้งเครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำบนตั้งเหล็ก	25
3.19.	การหุ้มด้วยพลาสติก	25
3.20.	แสดงแบบหล่อ 4cm. × 4cm. × 16cm.	27
3.21.	การติดตั้ง gauge plug	27
3.22.	การวัดระยะภายในระหว่าง gauge plug	28
3.23.	แสดงชิ้นตัวอย่างที่ถอดจากแบบแล้ว	28
3.24.	การวัดขนาดตัวอย่าง	30
3.25.	ภาพเครื่องมือวัด Autogeneous Shrinkage	31
3.26.	ส่วนประกอบของเครื่องมือวัด Autogeneous Shrinkage	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.1.	อัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆ	32
4.2.	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณผงอลูมิเนียมของซีเมนต์เพสต์	33
4.3.	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณผงอลูมิเนียมของซีเมนต์เพสต์	33
4.4.	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.3	35
4.5.	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.3	35
4.6.	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.4	36
4.7.	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.4	36
4.8.	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.5	37
4.9.	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.5	37
4.10.	อัตราการคูดซึ่มของซีเมนต์เพสต์	39
4.11.	อัตราการคูดซึ่มของมอร์ต้าที่ w/c 0.3	39
4.12.	อัตราการคูดซึ่มของมอร์ต้าที่ w/c 0.4	40
4.13.	อัตราการคูดซึ่มของมอร์ต้าที่ w/c 0.5	40
4.14.	กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ	41
4.15.	กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ	42
4.16.	การบีดหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ	43
4.17.	การบีดหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ	43
4.18.	เปรียบเทียบการบีดหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมกับมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มด้วยไอน้ำแรงดันสูง	44
4.19.	เปรียบเทียบการบีดหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมกับมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มด้วยน้ำ	44
4.20.	เปรียบเทียบการบีดหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมกับมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการใช้พลาสติกหุ้มกันการสูญเสียความชื้น	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.21.	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณปูนขาวของซีเมนต์เพสต์	46
4.22.	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณปูนขาวของซีเมนต์เพสต์	46
5.1	แสดงรอยแยกของคอนกรีตเบา	48
5.2	แสดงฝาปิดเครื่อง Autoclave	49
5.3	แสดงการระบายความดันภายในเครื่อง	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา แต่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. กล่าวนำ

ประเทศไทยกำลังพัฒนาด้านเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ซึ่งงานด้านวิศวกรรมโยธาก็ได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วตามสภาพเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการแข่งขันกันนำเทคโนโลยีใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดเวลาในการก่อสร้าง ลดค่าใช้จ่าย จึงได้มีการนำคอนกรีตเบามาใช้ในการก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย เช่น อิฐมวลเบา ซึ่งช่วยทำให้การก่อสร้างสะดวกรวดเร็วและง่ายในการทำงาน น้ำหนักที่ลดลงช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนหนึ่งของโครงสร้าง อีกทั้งยังเป็นฉนวนกันความร้อนได้อย่างดี ซึ่งจะมีประโยชน์ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยตลอดจนอาคารสูง

### 1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาคอนกรีตเบาเริ่มมากกว่า 40 ปี ได้ทำการศึกษาการผลิตคอนกรีตเบาประเภท Lightweight Aggregate และพัฒนามาตลอด จนกระทั่งนำมาใช้งานก่อสร้างทั่วไป เช่น หล่อเป็นก้อนสี่เหลี่ยม (Block) กำแพง หลังคา พื้น และประยุกต์ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรง

คอนกรีตเบาที่นำมาใช้งานจะมี 3 ประเภท คือ 1) คอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง 2) คอนกรีตเบาสำหรับงานก่อ 3) คอนกรีตเบาสำหรับงานฉนวนกันความร้อน ซึ่งคอนกรีตเบาสำหรับงานก่อมีผู้ผลิตหลายรายแข่งขันกันพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตมวลเบาแบบบล็อกคอนกรีต แต่คอนกรีตมวลเบาก็มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ เช่น การรับกำลังอัด ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะรับน้ำหนักได้ไม่มาก แต่เนื่องจากน้ำหนักของโครงสร้างมีผลต่อการออกแบบและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง คอนกรีตเบาสำหรับโครงสร้างจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำใช้ประยุกต์ใช้งานในแบบต่างๆ เช่น งานเสา คาน พื้น พื้นลาดฟ้า หรือผนังรับน้ำหนักสำเร็จรูป เป็นต้น แต่ยังคงพบว่าประเทศไทยมีการวิจัยอยู่ไม่มาก

ดังนั้นหากมีการศึกษาวิจัยในการพัฒนาคอนกรีตเบาสำหรับโครงสร้าง โดยสามารถทำให้คอนกรีตที่ต้องรับกำลังอัดมีน้ำหนักลดลงได้ จะส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆซึ่งจะช่วยเพิ่มศักยภาพด้านงานก่อสร้าง ต่อไปในอนาคต

### 1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาส่วนประกอบที่เหมาะสมของคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้างโดยใช้ผงอลูมิเนียมทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตเบาที่ได้จากผลการวิจัย

### 1.4. ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาการทำคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง ซึ่งมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 1,400-1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีกำลังรับแรงอัด เมื่อคอนกรีตมีอายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในการทำวิจัยครั้งนี้ พิจารณาตัวแปรต่างที่มีผลต่อคอนกรีตเบา ดังนี้

1. ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1
2. ใช้ผงอลูมิเนียม (AI) ในปริมาณตั้งแต่ 0% ถึง 0.1% โดยน้ำหนักซีเมนต์
3. อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ตั้งแต่ 0 ถึง 2.5
4. ใช้แบบหล่อขึ้นทดสอบทรงลูกบาศก์ 5 cm. × 5 cm. × 5 cm. ในการหาค่ากำลังรับแรงอัด , ความหนาแน่น และ อัตราการคูดซึมน้ำ
5. ใช้แบบหล่อขึ้นทดสอบ 4 cm. × 4 cm. × 16 cm. ในการทดสอบการบดหดตัว
6. การทดสอบเรื่องวิธีการบ่ม ใช้ไอน้ำแรงดันสูง (Autoclave) , น้ำอุณหภูมิสูง , น้ำอุณหภูมิปกติ และการหุ้มด้วยพลาสติก(Wrapping)

### 1.5. วิธีการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. ขั้นตอนการศึกษาทบทวนวรรณกรรมและศึกษางานวิจัยการทำคอนกรีตเบา
2. ขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงอลูมิเนียม กับ ความหนาแน่นและกำลังอัด
3. ขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทราย กับ ความหนาแน่นและกำลังอัด
4. ขั้นตอนทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตเบา
  - อัตราการคูดซึมน้ำ
  - กำลังรับแรงอัดกับวิธีการบ่ม
  - การบดหดตัว (Autogeneous shrinkage)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### วรรณกรรมปริทัศน์

#### 2.1. กล่าวนำ

คอนกรีตเบา คือ คอนกรีตที่มีความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตทั่วไป โดยหากจำแนกคอนกรีตเบาตามหน่วยน้ำหนักสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. คอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง ( Structural Lightweight Concrete ) มีน้ำหนักระหว่าง 1,400 ถึง 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีกำลังด้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
2. คอนกรีตชนิดกึ่งเบา ( Semi - Lightweight Concrete ) มีน้ำหนักตั้งแต่ 1,800 ถึง 2,050 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นำมาทำพวกคอนกรีตบล็อก สำหรับกำแพงรั้วและใช้เป็นวัสดุทนไฟ และมีกำลังด้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
3. คอนกรีตสำหรับงานฉนวนกันความร้อน ( Insulating Lightweight Concrete ) มีน้ำหนักตั้งแต่ 315 ถึง 1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีกำลังด้านทานแรงอัดระหว่าง 7 ถึง 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

#### 2.2. วิธีผลิตคอนกรีตเบา ทำได้สองวิธี คือ

##### 2.2.1. คอนกรีตเบาที่ใช้วัสดุผสมเบา

วัสดุผสมเบา มีลักษณะที่สำคัญคือ พูน ทำให้ความถ่วงจำเพาะมีค่าต่ำวัสดุผสมนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือวัสดุผสมที่ได้จากธรรมชาติ และวัสดุที่ทำเทียมขึ้น

##### 1) วัสดุผสมที่ได้จากธรรมชาติ ( Natural Aggregates )

ได้แก่ หินพูน (Pumice) และหินละลายชนิดเบา (Scoria) ได้จากวัสดุทับถม (ลาวา) ภูเขาไฟ นำมาบดให้ได้ขนาดและจัดขนาด หินพูนมีโพรงยาวจำนวนมาก และมีสีขาวเทาแกมน้ำเงิน โดยมีสารเจือปนเป็นรอยค้างสีน้ำตาลไม่ประปราย ดูชื้นน้ำได้มากและมีการหดตัวมาก มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยน้ำหนัก 470 – 870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คอนกรีตเบาที่ทำจากหินปูน มีหน่วยน้ำหนัก 710 – 1,420 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีกำลังรับแรงอัดต่ำประมาณ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนหินละลายชนิดเบาหนักคล้ายคลึงกับหินปูน แต่เป็นลาวาที่มีเซตล์ใหญ่กว่าและมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอมากกว่า เมื่อนำมาทำเป็นคอนกรีตเบาจะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับพวกหินปูน

## 2) วัสดุผสมที่ทำเทียมขึ้น (Artificial Aggregates)

เป็นผลที่ได้จากการปฏิบัติทางความร้อนของวัสดุต่างๆต่อไปนี้คือ

- ก) ดิน ดินดาน และหินชนวนเผา ซึ่งมีชื่อเรียกทางการค้าต่างๆเช่น เฮย์ไดท์ (Haydite) เลไลท์ (Lelite) โซไลท์ (Solite) และทัฟฟ์-ไลท์ (Tuff-Lite)
- ข) เพอร์ไลท์ (Perlite) เวอร์มิคิวไลท์ (Vermiculite) ซึ่งเป็นสารประกอบออลูมิโนซิลิเกต (ไมกา) ที่มีน้ำประกอบอยู่
- ค) มวลรวมเบาที่ได้จากการผลิตนี้เป็นมวลรวมเบาที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมากที่สุดสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท

1. Expanded Clay Aggregate ได้จากการนำดินเหนียวมาผสมกับสารที่ทำให้เกิดฟองอากาศ และนำไปเผาในหม้อไฟ (Rotary Kiln) ที่  $1,200^{\circ}\text{C}$  ณ อุณหภูมิขณะนี้จะมีการขยายตัวเนื่องจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์เกิดเป็นฟองอากาศอยู่ภายในเนื้อหิน ลักษณะของหินพวกนี้จะมีรูปร่างกลม แข็ง ผิวเรียบแน่น แต่เนื้อภายในเป็นโพรงอากาศ

2. Expanded Shale Aggregate ได้จากการนำดินดาน (Shale) มาผสมกับถ่านที่บดละเอียดแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ  $1,200^{\circ}\text{C}$  วัสดุนี้จะถูกหลอมรวมกันและจะมีฟองอากาศถูกกักไว้ภายในเนื้อหิน ลักษณะจะเป็นหินที่มีความแข็งแรงมาก หลังจากเผามวลรวมทั้ง 2 นี้ ได้ที่แล้ว จะนำมวลรวมที่ได้ไปย่อยให้ได้ตามขนาดตามต้องการ มวลรวมเบาชนิดนี้จะมี ความแข็งแรงค่อนข้างดี จึงเป็นที่นิยมใช้ผลิตคอนกรีตเบา

3. Sintered Fly Ash ได้จากการนำ Fly Ash หรือ PFA ที่ได้จากการนำไปเผาไหม้ของถ่านหินไปทำให้เป็นเม็ดก่อน แล้วจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ  $1,400^{\circ}\text{C}$  ณ อุณหภูมินี้ของ Ash จะเกาะกัน ผิวของมวลรวมเบาที่ค่อนข้างเรียบ

นอกจากนี้ยังมีมวลรวมที่ได้จากของเหลือของขบวนการผลิต ได้แก่ เถ้าที่หนัก Fumace Bottom Ash ที่ได้จากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง หรือ ได้จากการพ่นน้ำไปบน slag ที่หลอมเหลว อันจะก่อให้เกิดฟองอากาศจำนวนมากในเนื้อ Slag ที่แข็งตัวแล้ว หลังจากนั้นจะนำไปย่อยเพื่อให้ได้ขนาดตามต้องการ

ตารางที่ 2.1 ประเภทและคุณสมบัติของมวลรวมเบา (ซีซวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536)

วัสดุ	หน่วยน้ำหนัก มวลรวมเบา kg/m <sup>3</sup>	แหล่งกำเนิด	หน่วยน้ำหนัก คอนกรีต kg/m <sup>3</sup>	กำลังอัดรูป ทรงลูกบาศก์ kg/cm <sup>2</sup>	การดูดซึม (%)
Expanded Clay Expanded Shale	550-1,050	ทำจากวัสดุ ธรรมชาติ	110-1,850	180-450	5-15
Fomed Slag	650-900	สังเคราะห์	110-1,850	180-450	5-25
Sintered Fly ash	600-100	สังเคราะห์	1,350-1,900	180-450	14-24
Vermiculite	65-200	ทำจากวัสดุ ธรรมชาติ	400-950	8-35	20-35
Perlite	65-200	ทำจากวัสดุ ธรรมชาติ	550-800	7-42	10-50
Pumice	-	ธรรมชาติ	800-1,300	50-60	สูงมาก
Crushed Stone	1,450-1,750	ธรรมชาติ	2,250-2,400	240-550	0.5-2.0

### 2.2.2. คอนกรีตมวลเบาที่ใช้สารเคมี

#### 1) ทำให้เกิดโฟมก่อนผสม (Foaming Mixture)

คอนกรีตประเภทนี้ได้จากการผสมฟองอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1-1 มิลลิเมตร หรือที่เรียกว่า “โฟม” ลงในคอนกรีต

การผสมมี 2 วิธี คือ

1) ผสมสารทำให้เกิดโฟม (Foaming Agent) ลงในส่วนผสม

2) ทำให้เกิดโฟมก่อนแล้วค่อยผสมกับมอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ใส่อากาศเคมีที่ทำปฏิกิริยา (Aerated Concrete)

ทำโดยใช้ผงด่างโลหะชนิดหนึ่ง (alkaline metal) ผสม เช่น ผงอลูมิเนียม (Aluminium Powder) ซึ่งเป็นสารผสมเพิ่มชนิดทำให้เกิดก๊าซ (Gas-forming Admixture) ผงอลูมิเนียมทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเป็นผลจากการทำปฏิกิริยากับอัลคาไลไฮดรอกไซด์ที่อยู่ในซีเมนต์เพสต์ ไฮโดรเจนก็กลายเป็นฟองอากาศเล็กๆขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1-1 มิลลิเมตร อยู่ในเนื้อคอนกรีตทำให้คอนกรีตพองตัวฟูขึ้นมาปริมาณเพิ่มขึ้นกว่าเดิมหลายเท่า และเมื่อคอนกรีตแข็งตัวจะกลายเป็นคอนกรีตที่มีรูเล็กๆอยู่ข้างในมากมาย คอนกรีตที่ได้เรียกว่า โฟมคอนกรีต (Aerated or Foam Concrete) โฟมคอนกรีตอาจผลิตโดยมีหรือไม่มีทรายผสมอยู่ก็ได้ โฟมคอนกรีตที่ไม่มีทรายผสมจะเบาว่าน้ำถึงสามเท่า คือน้ำหนักเพียง 200-300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้กะฉนวนกันความร้อน หากมีทรายผสมด้วยจะหนัก 500-1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้อาจใช้ผงสังกะสี (Zinc Powder) หรือไฮโดรเจนเพอออกไซด์ (Hydrogen peroxide)

การหาปริมาณส่วนผสมของคอนกรีตเบาจะต่างกับวิธีที่ใช้คอนกรีตน้ำหนักธรรมดา เพราะวัสดุผสมจะดูน้ำหนักที่ใช้ผสมส่วนหนึ่งไป การคำนวณโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์จึงค่อนข้างยาก โดยมากจึงเปลี่ยนใช้วิธีหาปริมาณของซีเมนต์ที่ต้องใช้ต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร

คอนกรีตที่ใช้วัสดุน้ำหนักเบา ต้องการเวลาผสมมากกว่าคอนกรีตธรรมดา และวัสดุผสมนี้มีแนวโน้มที่จะเกิดการแยกแยะในขณะเทและเขย่าคอนกรีตมากกว่าธรรมดา ด้วยเหตุนี้จึงควรใช้สารกระจายกักฟองอากาศเข้าช่วยหรือวิธีการจัดการอย่างอื่น การแยกแยะในเนื้อคอนกรีตเป็นผลมาจากการลอยตัวอันเนื่องมาจากค่าความขูดตัวสูงเกินไปหรือใช้เครื่องเขย่านานเกินไป

คอนกรีตเบาที่ทำขึ้นจากวัสดุผสมต่างๆกัน จะมีน้ำหนักต่างกันมาก ซึ่งอาจมีหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 300-1,850 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีกำลังต้านทานแรงอัดตั้งแต่ 3-400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังต้านทานแรงอัดมีค่าขึ้นอยู่กับหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ถ้าหน่วยน้ำหนักสูง กำลังต้านทานแรงอัดก็สูงด้วย ปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ก็มีส่วนต่อกำลังความแข็งแรงของคอนกรีตเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าต้องการกำลังต้านทานแรงอัด 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ก็ต้องใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ 235-400 กิโลกรัมต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร หรือถ้าต้องการกำลังต้านทานแรงอัด 310 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ก็ต้องใช้ปูนซีเมนต์ 330-490 กิโลกรัมต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร

คอนกรีตที่ใช้วัสดุผสมน้ำหนักเบา ต้องการเวลาผสมมากกว่าคอนกรีตธรรมดา และวัสดุผสมนี้มีแนวโน้มที่จะเกิดการแยกแยะในขณะเทและเขย่าคอนกรีตมากกว่าธรรมดา ด้วยเหตุนี้จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรใช้สารกระจายกักฟองอากาศเข้าช่วยหรือวิธีการจัดการอย่างอื่น การแยกแยะในคอนกรีตเป็นผลมาจาก การลอยตัวอันเนื่องมาจากค่าการยุบตัวสูงเกินไปหรือใช้เครื่องเขย่านานเกินไป

คุณสมบัติของคอนกรีตเบา ได้แก่

- 1) คอนกรีตเบาดูดซึมน้ำได้มากกว่าคอนกรีตธรรมดา เนื่องจากมีรูพรุนมากกว่า
- 2) คอนกรีตเบาหดตัวมากกว่าคอนกรีตธรรมดาประมาณ 5-40% แต่คอนกรีตเบาที่ใช้วัสดุผสม ซึ่งเป็นผลผลิตจาก ดินเผา ดินดานหรือตะกรัน จะหดตัวน้อยลง
- 3) คอนกรีตเบาอาจฉ่ำมากกว่าคอนกรีตธรรมดา
- 4) ค่าปริมาตรของเรโซของคอนกรีตเบาเท่ากับของคอนกรีตธรรมดา แต่ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะมีค่าประมาณ  $\frac{1}{2}$  ถึง  $\frac{3}{4}$  เท่าของคอนกรีตธรรมดา เมื่อมีค่ากำลังต้านทานแรงอัดประลัยเท่ากัน
- 5) คอนกรีตเบาเก็บเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา แต่ถ้าตัดแปลงผิวของคอนกรีตเสียใหม่ แทนที่จะเก็บเสียง คอนกรีตเบานี้จะกลายเป็นฝ้าสำหรับสะท้อนเสียงได้สูงมาก
- 6) สัมประสิทธิ์การขยายตัวของคอนกรีตเบาประมาณ  $7 \times 10^{-6}$  ถึง  $14 \times 10^{-6}$  ต่อองศาเซลเซียส ซึ่งน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา
- 7) คอนกรีตเบามีความต้านทานเพลิงไหม้ได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา

### 2.3. การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

การศึกษาคอนกรีตเบาเริ่มมากกว่า 40 ปี ได้ทำการศึกษาการผลิตคอนกรีตเบาประเภท Lightweight Aggregate และพัฒนาตลอด จนกระทั่งนำมาใช้งานก่อสร้างทั่วไป เช่น หล่อเป็นก้อนสี่เหลี่ยม (Block) กำแพง หลังคา พื้น และประยุกต์ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรง

ในปี ค.ศ. 1960 I.A. Benjamin ได้ทำการศึกษาการผลิตคอนกรีตเบาประเภท Foam Concrete โดยใช้สารเคมีทำให้เกิดฟองก่อนแล้วจึงผสมกับคอนกรีต ปรากฏว่าคอนกรีตที่มีความหนาแน่น 0.79-0.95 ตันต่อลูกบาศก์เมตร มีกำลังรับแรงอัด 31.6-52.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยมีการหดตัวที่ 180 วัน เท่ากับ 0.2-0.6% มีคุณสมบัติเด่นคือ เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี

ในปี ค.ศ. 1976 C.Bagon & S.Frondistou-Yannas ได้ทำการศึกษาและผลิตคอนกรีตเบาประเภท Aerated Concrete โดยใช้ส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 3 น้ำ ทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเอียด และสารทำให้เกิดฟองอากาศ ได้คอนกรีตที่มีความหนาแน่น 0.845 ตันต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงอัด 48 Modulus of Elasticity เท่ากับ  $5.9 \times 10^4$

ในปี พ.ศ. 2525 ได้ทำการศึกษาและผลิตคอนกรีตเบาประเภท Foam Concrete โดยใช้ส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 น้ำ ทรายละเอียด ผงซักฟอก ได้คอนกรีตที่มีความหนาแน่น 1.06 ตันต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงอัดที่ 20 วัน เท่ากับ 5.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ในปี พ.ศ. 2528 ได้ทำการศึกษาผลิตคอนกรีตฟูนโดยใช้สารที่ทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต โดยใช้สารที่ทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต มีชื่อทางเคมีว่า Sodium Lauryl Ether Sulphate ( $\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$ ) คอนกรีตที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นส่วนผสมระหว่าง ปูนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 3 กับ ทรายละเอียดในอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก และกำหนดปัจจัยซึ่งเป็นตัวแปรขึ้น 3 อย่างคือ เวลาการผสม ปริมาณสารเคมี และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ได้คอนกรีตฟูนที่มีความหนาแน่นต่ำสุด 1.09 ตันต่อลูกบาศก์เมตร โดยใช้เวลาในการผสม 5 นาที อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.6 ปริมาณสาร 2% ของน้ำหนักซีเมนต์ มีกำลังรับแรงอัด 27.8 และคอนกรีตฟูนที่มีกำลังรับแรงอัดสูงสุด มีค่าเท่ากับ 71.2 โดยใช้เวลาผสม 5 นาที อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.4 ปริมาณสาร 2% ของน้ำหนักซีเมนต์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.31 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งผลการทดลองต่างๆมีดังนี้

- ถ้าใช้เวลาผสมคอนกรีตน้อย กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะสูง ขณะเดียวกันความหนาแน่นจะสูงตามไปด้วย เมื่อใช้เวลาผสมมากขึ้นกำลังอัดของคอนกรีตและความหนาแน่นจะลดลง สำหรับการทดสอบนี้แนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาที่ใช้ผสมมากขึ้น
- ถ้าใช้ปริมาณของสารมาก ความหนาแน่นของคอนกรีตจะมีค่าต่ำกว่าที่ใช้ปริมาณสารน้อย
- ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกับปริมาณสาร ปรากฏว่ายังมีความสัมพันธ์กับ Water Cement Ratio ( w/c ) ด้วย กล่าวคืออัตราส่วนที่ใช้ w/c ไม่มาก คือในช่วง 0.2-0.5 และใช้ปริมาณน้อย กำลังรับแรงอัดจะน้อยกว่าที่ใช้ปริมาณสารมากกว่า โดยมี w/c ค่าเดียวกัน แต่ถ้าหาก w/c 0.6-0.8 กำลังรับแรงอัดที่ได้จะลดลงเมื่อใช้ปริมาณสารมากขึ้น
- ถ้าพิจารณาอัตราส่วนที่มี w/c ต่างกันแต่เพียงอย่างเดียว จะพบว่าความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับ w/c โดยที่คุณสมบัติทั้งสองเพิ่มขึ้น เมื่อ w/c เพิ่มขึ้นจนถึงค่า w/c ค่าหนึ่ง ซึ่งจะได้คุณสมบัติทั้งสองมีค่าสูงสุด และเมื่อเพิ่ม w/c ขึ้นอีกคุณสมบัติทั้งสองจะลดลงเรื่อยๆสำหรับค่า w/c ที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด อยู่ในช่วง 0.4 - 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี 2533 การผลิตคอนกรีตพูนบ่มด้วยไอน้ำความดันสูง โดยการเติมฟองอากาศที่เกิดจากสารเคมีลงไป โดยการเติมฟองอากาศที่เกิดจากสารเคมีลงไป ฟองอากาศนี้ได้จากการอัดอากาศลงไป ในสารละลาย Sodium Lauryl Ether Sulphate ( $\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$ ) ที่มีความเข้มข้น 4% โดยปริมาตร โดยใช้ฟองอากาศในปริมาณต่างๆกัน (100, 125, 150, 175, 200 ลิตร ต่อ ซีเมนต์ 100 กิโลกรัม) คอนกรีตที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นส่วนผสมระหว่าง ปูนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 3 กับ ทรายละเอียดในอัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก ผสมกับน้ำในอัตราส่วนต่างๆกัน จากการทดสอบสรุปผลได้ดังนี้

- เมื่อใช้เวลาบ่มคอนกรีตด้วยไอน้ำสูงมากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพูนจะสูงขึ้นในขณะที่ความหนาแน่นไม่เปลี่ยนแปลงเท่าไรนัก และเมื่อทิ้งไว้ในอากาศนานขึ้นกำลังรับแรงอัดก็จะสูงขึ้นด้วย
- ถ้าใช้ปริมาณโฟมมากความหนาแน่นของคอนกรีตจะมีค่าต่ำสำหรับปริมาณ foam ที่ 200 ลิตรต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัม จะให้ความหนาแน่นต่ำกว่า จะให้ความหนาแน่นต่ำกว่า 1.00 ตันต่อลูกบาศก์เมตร แต่กำลังรับแรงอัดไม่ต่ำเท่าที่ควรมีปัญหาด้านการทรุดตัวมาก
- เมื่อคอนกรีตพูนมีความหนาแน่นมากขึ้น จำนวนร้อยละของการดูดซึมน้ำจะมีค่าลดลง คอนกรีตพูนที่ได้จากการทดสอบ จะมีร้อยละของการดูดซึมน้ำ 8.026 -23.335 โดยน้ำหนักของคอนกรีตพูนและมีความหนาแน่น 0.766-1.52 สำหรับปริมาณ foam เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นสำหรับอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่าง ๆ นั้น จะได้ว่าสำหรับ w/c ในช่วง 0.45-0.5 ความหนาแน่นจะลดลงและกำลังรับแรงอัดจะลดลงสำหรับ w/c ในช่วง 0.55-0.6 ความหนาแน่นจะมากขึ้นกำลังรับแรงอัดจะมากขึ้นด้วยสำหรับค่า w/c ที่ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดคือ 0.60

ในปี 2539 ได้ทำการศึกษาบล็อกคอนกรีตผนัง ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุอัตราส่วนผสมวัสดุที่เหมาะสม และลักษณะรูปทรงที่เหมาะสมในการผลิตบล็อกผนังเบา โดยศึกษาจากวัตถุดิบธรรมชาติ 2 ชนิด คือ pumice กับ perlite นำมาผสมกับซีเมนต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ : กลุ่มที่ 1 ใช้ส่วนผสมปูน ซีเมนต์ ทราย pumice และกลุ่มที่ 2 ใช้ส่วนผสมปูนซีเมนต์ ทราย pumice perlite ควบคุมการเติมน้ำไม่ให้แห้ง หรือเปียก จนเกินไป เก็บข้อมูล Unit Weight และ Strength ที่อายุ 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน นำมาเปรียบเทียบและเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด จากผลการศึกษานำมาทดลองสร้างเป็นชิ้นงานจริงด้วยการทำเป็นก้อนบล็อกขนาด สูง 190 มิลลิเมตร ยาว 390 มิลลิเมตร และหนา 90 มิลลิเมตร สรุปได้ว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมคือปูนซีเมนต์: ทราย:pumice:perlite ในสัดส่วน 1:0.80:2.40:0.80 โดยน้ำหนัก ได้ค่า Unit Weight 1,452 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ Strength 118 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ที่อายุ 28 วัน ก้อนอิฐบล็อก หนักเฉลี่ย 6.5 กิโลกรัม มีคุณสมบัติไม่ติดไฟ ทนความร้อนและมีอัตราการดูดซึมน้ำประมาณ 19.6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี 2540 คอนกรีตเบาที่ผลิตโดยวิธีผงอลูมิเนียม โดยใช้อัตราส่วน ปูน ต่อ ทราย 1:1 โดยน้ำหนัก ปูนขาว 5% และยิปซัม 3% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ได้ว่า กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุน จะแปรผกผันกับ ปริมาณผงอลูมิเนียม และแปรผกผันกับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตพรุน จะแปรผกผันกับ ปริมาณผงอลูมิเนียม และแปรผกผันกับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ความหนาแน่นของคอนกรีตพรุน จะแปรผกผันกับ ปริมาณผงอลูมิเนียม และแปรผกผันกับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราการดูดซึมน้ำของคอนกรีตพรุน จะแปรผกผันกับ ปริมาณผงอลูมิเนียม และแปรผกผันกับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทดสอบครั้งนี้ โดยพิจารณาจาก กำลังรับแรงอัด และแรงเฉือน ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตพรุน คือ ใช้ปริมาณผงอลูมิเนียม 0.15% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.55 มีราคาประมาณ 2,610 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และมีคุณสมบัติดังนี้ กำลังรับแรงอัด 46.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังรับแรงเฉือน 7.17 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ความหนาแน่น 1.19 ตันต่อลูกบาศก์เมตร อัตราการดูดซึมน้ำ 35.36% การศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การดัดโค้งเชิงด้วยวิธี Standing Wave จะได้ว่าช่วง ความถี่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซึมน้ำมีค่าใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไปคือ 4.46% กับ 5% ตามลำดับ แต่จะมีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้น ที่ความถี่ 500 เฮิรตซ์ มีค่า 24.98% กับ 20.6% ตามลำดับ ความถี่สำคัญที่ 1,000 เฮิรตซ์ มีค่าแตกต่างกันคือ 19.6% กับ 11.5% จากการนั้นค่าความถี่ 2,000 และ 4,000 เฮิรตซ์

ในปี 2543 ได้มีการศึกษาวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโพลีเมอร์ ในลักษณะการแทนที่หินด้วยโพลีเมอร์ โดยปริมาตร โพลีเมอร์ที่ใช้มีขนาดเท่าหินเบอร์ 1 เป็นเศษโพลีเมอร์ที่เหลือทิ้งในธรรมชาติ กำหนดกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน เท่ากับ 425 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปริมาณโพลีเมอร์ที่แทนที่คอนกรีต 0% ,15% ,30% ,45% ,60% และ 75% และบ่มที่ 3,5,7 วัน จากผลการทดลองการรับกำลังอัดที่ 28 วันคอนกรีตที่บ่ม 7 วันจะมีกำลังสูงที่สุด

- คอนกรีตที่แทนที่ด้วยโพลีเมอร์ 0% โดยปริมาตรของหิน มีความหนาแน่น 2,484.0 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงอัด 343.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- คอนกรีตที่แทนที่ด้วยโพลีเมอร์ 15% โดยปริมาตรของหิน มีความหนาแน่น 2,198.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงอัด 215.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- คอนกรีตที่แทนที่ด้วยโพลีเมอร์ 30% โดยปริมาตรของหิน มีความหนาแน่น 1,985.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงอัด 156.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- คอนกรีตที่แทนที่ด้วยโพลีเมอร์ 45% โดยปริมาตรของหิน มีความหนาแน่น 1,814.6 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงอัด 116.1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คอนกรีตที่แทนที่ด้วยโฟม 60% โดยปริมาตรของหิน มีความหนาแน่น 1,765.6 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงอัด 117.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- คอนกรีตที่แทนที่ด้วยโฟม 75% โดยปริมาตรของหินมีความหนาแน่น 1,317.7 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร กำลังรับแรงอัด 72.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

#### 3.1. การเตรียมส่วนผสมและการผสม

ขั้นตอนแรกของการเตรียมการทดสอบ คือ การผสมคอนกรีตเบา ซึ่งขั้นตอนที่จะนำไปทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ 1. ชั้นตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ หมายถึง ตัวอย่างที่มีส่วนผสมเฉพาะซีเมนต์กับน้ำและสารผสมเพิ่ม 2. ชั้นตัวอย่างมอร์ต้า หมายถึง ตัวอย่างที่มีส่วนผสมของซีเมนต์ , น้ำ , ทรายและสารผสมเพิ่ม โดยทั้งสองชนิดจะมีวิธีการผสมที่ไม่แตกต่างกันมาก

##### 3.1.1. การผสมซีเมนต์เพสต์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมมีดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. ผงอลูมิเนียม ดังแสดงในรูปที่ 3.1.
3. น้ำ
4. เครื่องผสมซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้า ดังแสดงในรูปที่ 3.2.
5. แบบหล่อตามที่กำหนดไว้ใน การทดลองต่างๆ
6. เครื่องสำหรับปาด
7. เหล็กสำหรับกระทุ้ง

##### วิธีการผสมมีดังนี้

1. เตรียมส่วนผสมต่างๆ โดยชั่งหนักตามอัตราส่วนที่ได้คำนวณไว้
2. เทปูนซีเมนต์กับผงอลูมิเนียมลงในเครื่องผสม แล้วปั่นผสมรวมกันก่อน โดยใช้เวลาประมาณ 30 วินาที เพื่อให้ผงอลูมิเนียมกระจายทั่วตัวอย่าง
3. หลังจากนั้นค่อยๆ เทน้ำลงไปที่ยังด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 3.3.
4. ปั่นช้า 1 ½ นาที แล้วปั่นเร็วอีก 1 ½ นาที
5. เทส่วนผสมที่ได้ลงในแบบหล่อที่ได้ทาน้ำมันไว้แล้ว โดยเทครั้งละ 1/3 ของแบบ กระทุ้งให้ทั่วประมาณ 25 ครั้ง เทต่อไปจนกระทั่งเต็มแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ในจุดที่ใส่ผงอลูมิเนียมจะเทไม่เต็มแบบ เนื่องจากซีเมนต์เพสต์จะมีการขยายตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.4. โดยอัตราส่วนที่เทจะขึ้นอยู่กับปริมาณผงอลูมิเนียม คือ ถ้าใส่ผงอลูมิเนียมมากก็จะเหี่ยวไว้มาก แต่ควรเทลงไปไม่น้อยกว่า  $\frac{1}{4}$  ของแบบหล่อ
7. รอให้ตัวอย่างขยายตัวเต็มที่ (ดูรูปที่ 3.5. และรูปที่ 3.6.) โดยใช้เวลาประมาณ 90 นาที (จากผลการทดสอบในหัวข้อที่ 4.1) แล้วทำการปาดตกแต่งด้วยเกรียง ดังแสดงในรูปที่ 3.7.
8. ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง จึงแกะแบบ แล้วชั่งน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 3.8.
9. บ่มตัวอย่างตามวิธีการที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละประเภทของการทดสอบ
10. เมื่อครบกำหนดจะนำตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ
11. บันทึกผลแล้วนำมาวิเคราะห์

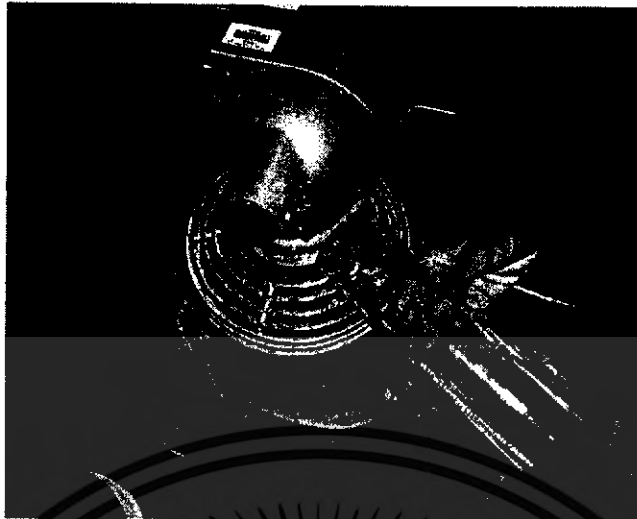


รูปที่ 3.1. ผงอลูมิเนียม



รูปที่ 3.2. เครื่องผสมซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3. การใส่น้ำขณะเครื่องผสมกำลังทำงาน

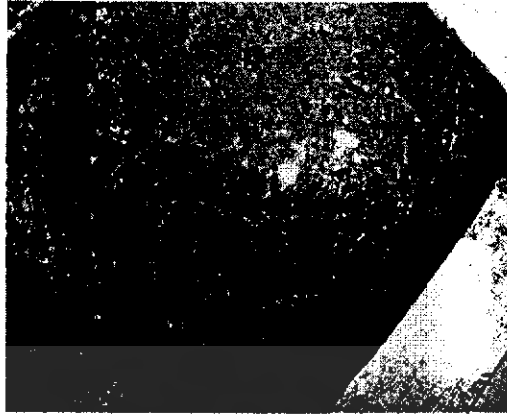


รูปที่ 3.4. เทไม่เต็มแบบ



รูปที่ 3.5. การขยายตัวจนล้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6. ลักษณะผิวของตัวอย่างที่ขยายตัว

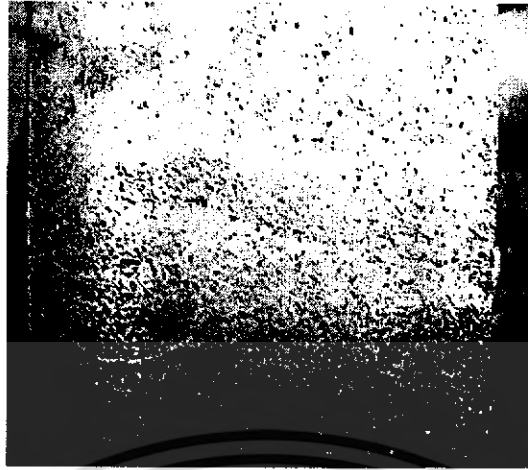


รูปที่ 3.7. การปาดตกแต่งให้เรียบ



รูปที่ 3.8. ตัวอย่างที่แกะออกจากแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9. ลักษณะผิวตัวอย่างที่ได้หลังจากแกะแบบ

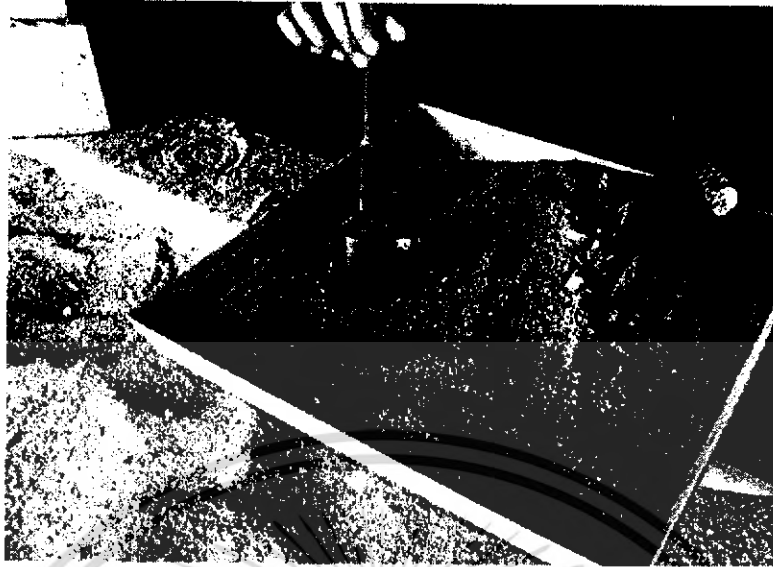
### 3.1.2. การผสมตัวอย่างมอร์ต้า

ในการผสมมอร์ต้าจะคล้ายกับการผสมซีเมนต์เพสต์แต่จะมีขั้นตอนที่เพิ่มเข้ามา คือการผสมทรายลงไป โดยจะค่อยๆ เททรายลงไปหลังจากใส่น้ำแล้ว ในขณะที่เครื่องผสมกำลังทำงานอยู่ ทรายที่นำมาใช้ คือ ทรายละเอียดและจะต้องมีสภาพอืดผิวแห้งเพื่อไม่ให้ความชื้นในทรายทำให้การทดลองคลาดเคลื่อน อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้

1. กรวยสำหรับทดสอบทราย
2. ท่อนเหล็กทรงกระบอกสำหรับตอกทราย
3. ถาดหรือภาชนะพื้นเรียบ

วิธีการทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ตั้งกรวยในลักษณะคว่ำบนภาชนะที่เรียบ
2. ใส່ทรายลงในกรวยประมาณ  $\frac{1}{3}$  ของความสูงกรวย
3. ยกท่อนเหล็กให้สูงกว่าปากกรวยเล็กน้อยแล้วปล่อยตกด้วยแรงโน้มถ่วง 25 ครั้ง
4. ทำตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 จนกระทั่งทรายเต็มกรวย ดังแสดงในรูปที่ 3.10.
5. ยกกรวยขึ้น แล้วสังเกตลักษณะการพังทลายของทราย ดังแสดงในรูปที่ 3.11.
6. ถ้าบริเวณรอบนอกทลาย ส่วนบริเวณแกนกลางยังคงรูปเดิม ไม่พังทลายทั้งหมด จะถือว่าเป็นสภาพอืดผิวแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.11. (ค)



รูปที่ 3.10. แสดงการทดสอบสภาพอึดตัวของดินเหนียว



(ก) สภาพแห้งเกินไป

(ข) สภาพชื้นเกินไป

(ค) สภาพอึดตัวของดินเหนียว

รูปที่ 3.11. ลักษณะการพังทลายของทรายที่สภาพความชื้นต่างๆ



รูปที่ 3.12. แสดงลักษณะผิวของมอร์ต้าที่ผสมผงอูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2. การเตรียมชิ้นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

ในหัวข้อนี้จะแสดงจำนวนชิ้นตัวอย่างและแบบหล่อที่ต้องใช้ในแต่ละการทดสอบ โดยกำหนดขอบเขตให้ใช้ผงอลูมิเนียม (AI) ในปริมาณตั้งแต่ 0% ถึง 0.1% โดยน้ำหนักซีเมนต์ อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ตั้งแต่ 0 ถึง 2.5 การทดสอบต่างๆแบ่งออกเป็น 7 หัวข้อ ดังนี้

#### 3.2.1. การทดลองหาอัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการขยายตัวสูงสุด เพื่อนำมาใช้กำหนดระยะเวลาที่จะทำการปลดหน้าตัวอย่างสำหรับการทดสอบในหัวข้ออื่นๆต่อไป อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ต้องใช้ คือ กระจกพลาสติกใส เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และแถบวัดความยาว ในการทดลองจะใช้ซีเมนต์เพสต์ แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด แต่ละชุดจะมี 3 ตัวอย่าง รวม 9 ตัวอย่าง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. w/c Ratio 0.3 ปริมาณผงอลูมิเนียม 0.1%
2. w/c Ratio 0.4 ปริมาณผงอลูมิเนียม 0.1%
3. w/c Ratio 0.5 ปริมาณผงอลูมิเนียม 0.1%

มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ติดแถบวัดความยาวที่กระจกพลาสติกใสและขีดเส้นกำหนดความสูงเริ่มต้นไว้ที่ 10 ซม.
2. เทส่วนผสมที่ได้ลงในท่อพลาสติกใสจนถึงเส้นที่ขีดไว้ พร้อมทั้งบันทึกเวลาเริ่มต้น
3. บันทึกความสูงของตัวอย่างทุกๆ 5 นาที จนกระทั่งพบว่าความสูงไม่เพิ่มขึ้นเป็นเวลา 20 นาที



รูปที่ 3.13. ตัวอย่างการทดสอบหาอัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆ

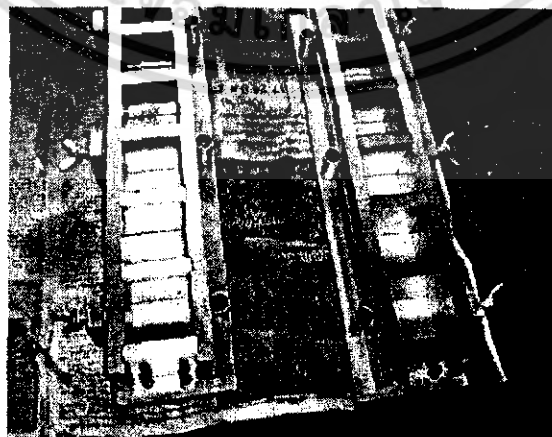
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงอลูมิเนียมกับความหนาแน่นและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงอลูมิเนียมกับกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c Ratio 0.3, 0.4, 0.5 ปริมาณผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0 - 0.1% ใช้แบบหล่อขนาด 5cm. × 5cm. × 5cm. ดังแสดงในรูปที่ 3.14 การบ่มจะบ่มด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 3, 7, 28 วัน จำนวนชิ้นตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1.

ตารางที่ 3.1. จำนวนตัวอย่างในการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์

w/c Ratio	Aluminium Powder (%)	Number of sample		
		3 days	7 days	28 days
0.3	0.000%	3	3	3
	0.010%	3	3	3
	0.025%	3	3	3
	0.050%	3	3	3
	0.075%	3	3	3
	0.100%	3	3	3
0.4	0.000%	3	3	3
	0.010%	3	3	3
	0.025%	3	3	3
	0.050%	3	3	3
	0.075%	3	3	3
	0.100%	3	3	3
0.5	0.000%	3	3	3
	0.010%	3	3	3
	0.025%	3	3	3
	0.050%	3	3	3
	0.075%	3	3	3
	0.100%	3	3	3



รูปที่ 3.14. แบบหล่อ 5cm. × 5cm. × 5cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทรายต่อซีเมนต์ กับ ความหนาแน่นและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทรายกับกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์พิเศษที่ w/c Ratio ต่างๆ จากผลการทดลองที่ในหัวข้อ 4.2 ได้ทำการเลือกปริมาณผงอลูมิเนียมที่นำเสนอมาใช้ 2 แบบ คือ 0.025% และ 0.1% แบบหล่อที่ใช้ในการทดสอบ คือ แบบหล่อนขนาด 5cm. × 5cm. × 5cm. โดย จำนวนชิ้นตัวอย่างที่ใช้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2.

ตารางที่ 3.2. จำนวนตัวอย่างในการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

w/c Ratio	Sand / Cement	Aluminium Powder (%)	Number of sample		
			3 days	7 days	28 days
0.3	0.5	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	0.75	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	1	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	1.5	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	1.75	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
0.4	0.5	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	0.75	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	1	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	1.5	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	2	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
0.5	0.5	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	1	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	1.5	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	2	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3
	2.5	0.025%	3	3	3
		0.100%	3	3	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึมน้ำกับปริมาณผงอลูมิเนียม , w/c Ratio และ ปริมาณทราย โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของซีเมนต์เพสต์ และ ส่วนของมอร์ต้า แบบหล่อที่ใช้ในการทดสอบ คือ แบบหล่อขนาด 5cm. × 5cm. × 5cm. จากผลการทดสอบในหัวข้อที่ 4.2 และ 4.3 ได้ทำการเลือกปริมาณผงอลูมิเนียมและปริมาณทรายมาใช้ โดยได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.3. และ ตารางที่ 3.4.

ตารางที่ 3.3. จำนวนตัวอย่างในการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของซีเมนต์เพสต์

w/c Ratio	Aluminium Powder (%)	Number of sample
0.3	0.000%	3
	0.025%	3
	0.050%	3
	0.100%	3
0.4	0.000%	3
	0.025%	3
	0.050%	3
	0.100%	3
0.5	0.000%	3
	0.025%	3
	0.050%	3
	0.100%	3

ตารางที่ 3.4. จำนวนตัวอย่างในการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของมอร์ต้า

w/c Ratio	Sand / Cement	Aluminium Powder (%)	Number of sample
0.3	1	0.025%	3
		0.100%	3
	1.5	0.025%	3
		0.100%	3
0.4	1	0.025%	3
		0.100%	3
	2	0.025%	3
		0.100%	3
0.5	1	0.025%	3
		0.100%	3
	2	0.025%	3
		0.100%	3

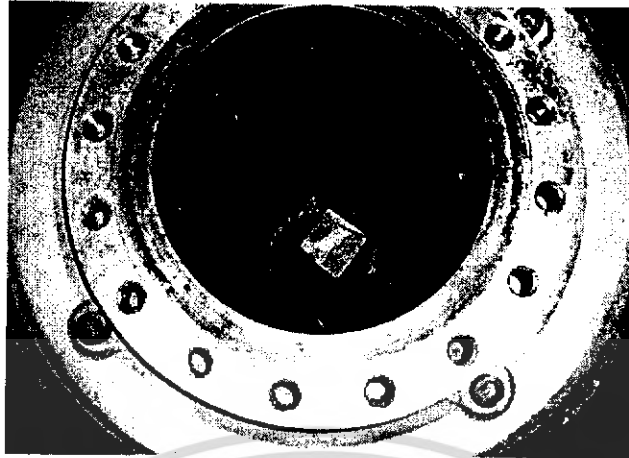
### 3.2.5. การทดสอบกำลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีต่างๆ

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างที่บ่มด้วยวิธีต่างๆ จากผลการศึกษาในหัวข้อที่ 4.3 โดยพิจารณาตัวอย่างที่มีความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดอยู่ในขอบเขตการศึกษา จึงได้เลือกทดสอบมอร์ต้าที่ w/c Ratio 0.5 ปริมาณทรายต่อซีเมนต์ที่ 2 และปริมาณผงอลูมิเนียมที่ 0% และ 0.1% แบบหล่อที่ใช้ในการทดสอบ คือ แบบหล่อขนาด 5cm. × 5cm. × 5cm. จำนวนชิ้นตัวอย่างที่ใช้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.5 และวิธีการบ่มจะแบ่งเป็น 4 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1. การบ่มด้วยไอน้ำแรงดันสูง หรือ Autoclave โดยจะทำการบ่มชิ้นตัวอย่างด้วยไอน้ำแรงดัน 12 บาร์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วบ่มด้วยน้ำตามปกติ ในการบ่มจะนำชิ้นตัวอย่างใส่ในเครื่อง Autoclave (ดูรูปที่ 3.15. ) ใส่น้ำลงไปประมาณ 2 ลิตร โดยน้ำที่ใส่ลงไปจะต้องไม่ท่วมชิ้นตัวอย่าง จากนั้นทำการปิดฝาเครื่องและขันน็อตให้สนิท เปิดสวิตซ์ทิ้งไว้ เครื่องจะทำการรักษาความดันโดยอัตโนมัติ เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดจึงทำการปิดเครื่องและรอให้ความดันลดลงจนหมดแล้วจึงทำการเปิดฝา ตัวอย่างที่บ่มแล้วส่วนหนึ่งจะนำมาทดสอบเลยและอีกส่วนหนึ่งจะนำไปบ่มด้วยน้ำเป็นระยะเวลา 3 , 7 และ 28 วัน



รูปที่ 3.15. เครื่อง Autoclave



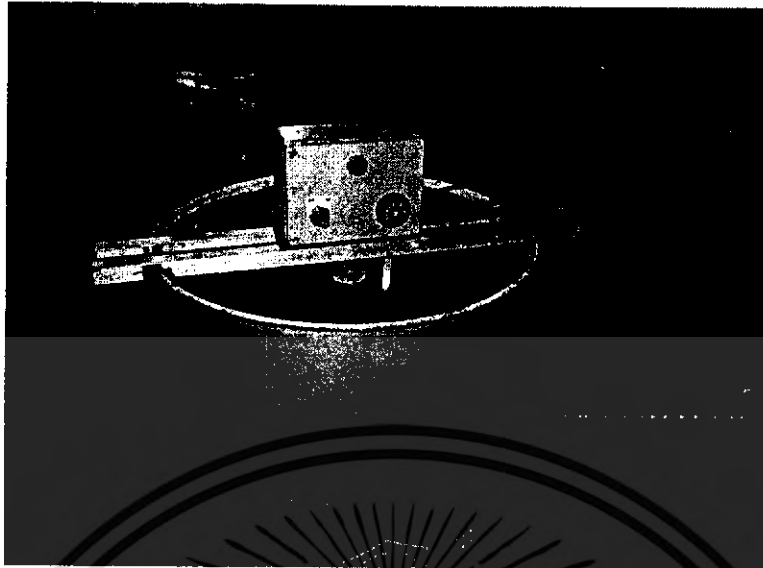
รูปที่ 3.16. แสดงพื้นที่ภายในเครื่อง Autoclave

2. การบ่มด้วยน้ำอุณหภูมิสูง จะทำการบ่มชิ้นตัวอย่างในน้ำที่อุณหภูมิ 83 °C เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง แล้วจะทำการบ่มด้วยน้ำตามปกติ ในการบ่มจะใช้เครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำ (ดูรูปที่ 3.17.) ติดตั้งบนถังน้ำเหล็กขนาดใหญ่หรือถังน้ำมันขนาด 200 ลิตร (ดูรูปที่ 3.18.) ในการติดตั้งจะต้องเติมน้ำจนท่วมก้านเหล็กสำหรับให้ความร้อนเพื่อป้องกันอันตรายจากก้านเหล็กที่ร้อนจัดแต่ไม่สามารถถ่ายความร้อนลงสู่ได้ ซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์ในส่วนอื่นๆเกิดความเสียหายและต้องหมั่นดูปริมาณน้ำให้ท่วมก้านเหล็กอยู่เสมอ ตัวอย่างที่บ่มแล้วส่วนหนึ่งจะนำมาทดสอบเลขและอีกส่วนหนึ่งจะนำไปบ่มด้วยน้ำเป็นระยะเวลา 3 , 7 และ 28 วัน



รูปที่ 3.17. เครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำ

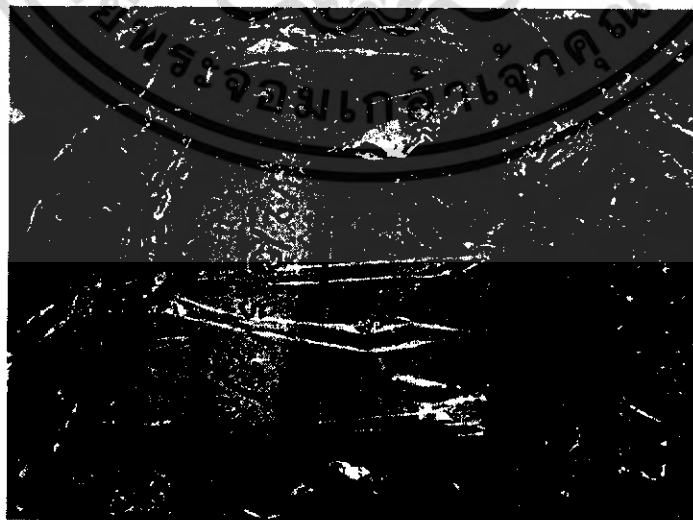
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18. การติดตั้งเครื่องเพิ่มอุณหภูมิน้ำบนถังเหล็ก

3. การบ่มด้วยน้ำอุณหภูมิปกติ จะทำการบ่มชิ้นตัวอย่างด้วยน้ำสะอาดในอุณหภูมิปกติ ตัวอย่างที่บ่มส่วนหนึ่งจะนำมาทดสอบหลังการบ่ม 12 ชั่วโมงและอีกส่วนหนึ่งจะบ่มเป็นระยะเวลา 3 , 7 และ 28 วัน

4. การหุ้มด้วยพลาสติก หรือ Wrapping โดยจะนำพลาสติกใสมาทหุ้มชิ้นตัวอย่างเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.19. ตัวอย่างที่บ่มส่วนหนึ่งจะนำมาทดสอบหลังการบ่ม 12 ชั่วโมงและอีกส่วนหนึ่งจะบ่มเป็นระยะเวลา 3 , 7 และ 28 วัน



รูปที่ 3.19. การหุ้มด้วยพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5. จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีต่างๆ

w/c Ratio	Sand / Cement	Aluminium Powder (%)	curing type	number of sample			
				2 days	3 days	7 days	28 days
0.5	2	0.000%	A.c.	3	3	3	3
			H.W.c.	3	3	3	3
			water	3	3	3	3
			wrapping	3	3	3	3
0.5	2	0.100%	A.c.	3	3	3	3
			H.W.c.	3	3	3	3
			water	3	3	3	3
			wrapping	3	3	3	3

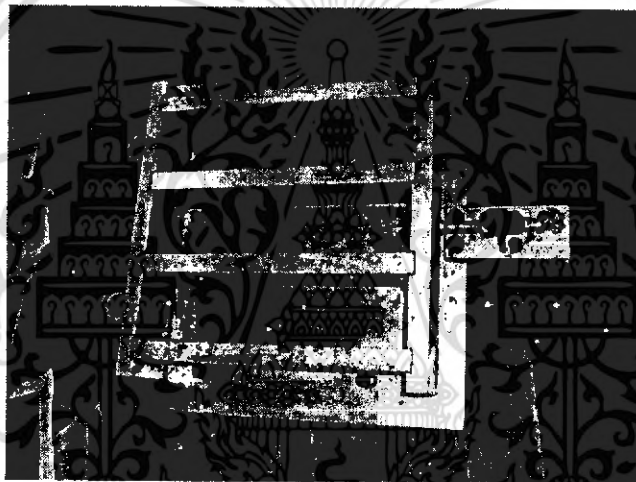
- A.c. หมายถึง การบ่มด้วยไอน้ำแรงดันสูง (Autoclave)  
 H.w.c. หมายถึง การบ่มด้วยน้ำอุณหภูมิสูง  
 Water หมายถึง การบ่มด้วยน้ำอุณหภูมิปกติ  
 Wrapping หมายถึง การบ่มด้วยการหุ้มพลาสติกใส (Wrapping)  
 2 days หมายถึง ระยะเวลาหลังการบ่มครบ 12 ชั่วโมง

### 3.2.6. การทดสอบการยัดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ

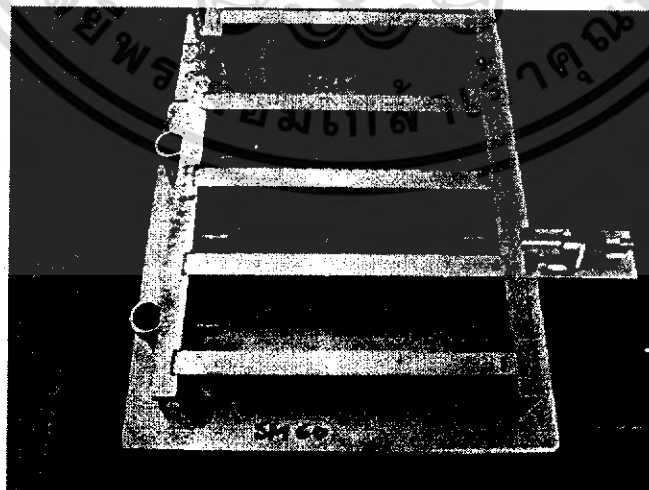
การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการยัดหดตัวที่การบ่มด้วยวิธีต่างๆ โดยรูปแบบการบ่มและมีจำนวนชิ้นตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3.6. แบบหล่อที่ใช้ในการทดสอบ คือ แบบหล่อขนาด 4cm. × 4cm. × 16cm. ดังแสดงในรูปที่ 3.20. โดยจะมีการติดตั้ง gauge plug 2 ตัวที่ด้านหัวและด้านท้ายตัวอย่าง (ดูรูปที่ 3.21.) เพื่อใช้เป็นจุดในการวัดการยัดหดตัว และก่อนทำการหล่อตัวอย่างจะทำการวัดความยาวภายในระหว่าง gauge plug ทั้งสอง ดังแสดงในรูปที่ 3.22. ในการทดสอบจะทำการวัดการยัดหดตัวหลังการบ่ม และที่ระยะเวลา 3 วัน , 7 วัน และ 28 วัน

ตารางที่ 3.6. จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการยัดหดตัว (Autogeneous shrinkage)

w/c Ratio	Sand / Cement	Aluminium Powder (%)	curing type	number of sample
0.5	2	0.000%	A.c.	3
			H.W.c.	3
			water	3
			wrapping	3
0.5	2	0.100%	A.c.	3
			H.W.c.	3
			water	3
			wrapping	3

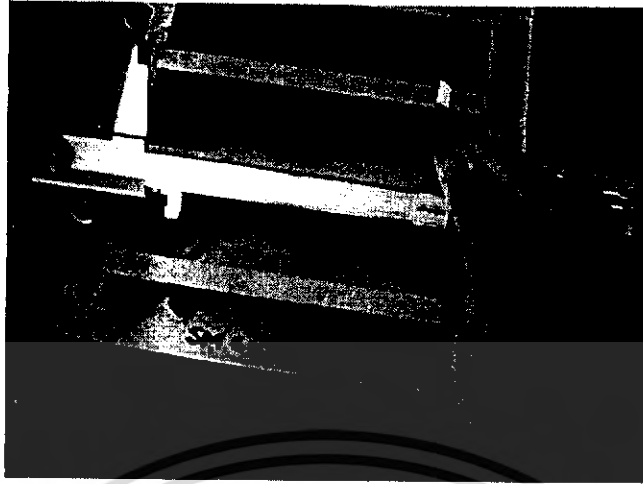


รูปที่ 3.20. แสดงแบบหล่อ 4cm. × 4cm. × 16cm.

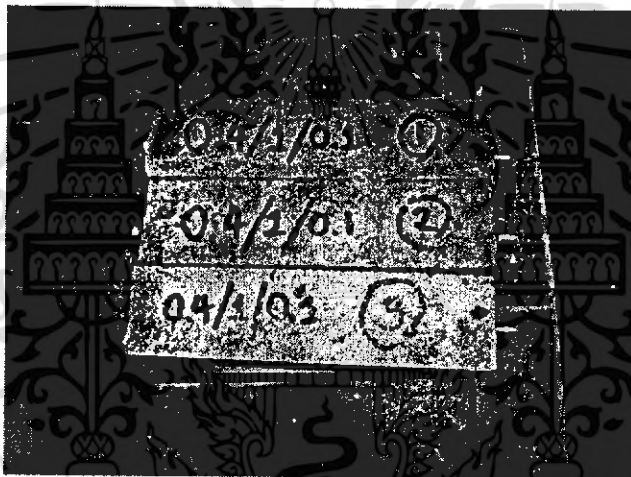


รูปที่ 3.21. การติดตั้ง gauge plug

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22. การวัดระยะภายในระหว่าง gauge plug



รูปที่ 3.23 แสดงชิ้นตัวอย่างที่ถอดจากแบบแล้ว

### 3.2.7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว

เป็นการทดสอบที่เพิ่มเข้ามานอกเหนือจากขอบเขตของการศึกษา โดยทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณปูนขาวกับความหนาแน่นและความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปูนขาวกับกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ แบบหล่อที่ใช้ในการทดสอบ คือ แบบหล่อขนาด 5cm. × 5cm. × 5cm. ขั้นตอนการผสมจะคลุกเคล้าปูนซีเมนต์กับปูนขาวก่อนแล้วจึงดำเนินการในขั้นต่อไป การบ่มจะบ่มด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 3 , 7 , 28 วัน จำนวนชิ้นตัวอย่างที่ใช้ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.7.

ตารางที่ 3.7. จำนวนตัวอย่างในการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัด  
ของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว

w/c Ratio	Aluminium Powder (%)	ปูนขาว (%)	number of sample		
			3 days	7 days	28 days
0.5	0.050%	2.5%	3	3	3
		5.0%	3	3	3
		7.5%	3	3	3
		10.0%	3	3	3

### 3.3 วิธีการทดสอบและการคำนวณ

#### 3.3.1. การหาอัตราการขยายตัว

บันทึกความสูงของตัวอย่างทุกๆ 5 นาที จนกระทั่งพบว่าความสูงไม่เพิ่มขึ้นเป็นเวลา 20 นาที นำผลการทดลองที่ได้บันทึกมาคำนวณดังสมการ (1)

$$\text{อัตราการขยายตัว (\%)} = \frac{\text{ความสูงที่เวลาต่างๆ} - \text{ความสูงเริ่มต้น}}{\text{ความสูงเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

#### 3.3.2. การหาลำรับแรงอัด (ASTM C39-72)

นำชิ้นตัวอย่างไปวัดขนาดความกว้างและความยาวด้วยเวอร์เนีย ดังแสดงในรูปที่ 3.24 เพื่อคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปวางบนศูนย์กลางของแท่นรองรับบนเครื่องกดทดสอบ แล้วให้น้ำหนักกดบนชิ้นตัวอย่างด้วยอัตราเร็วคงที่ จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างพัง บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดไว้ แล้วคำนวณหาลำรับแรงอัด ดังสมการ (2)

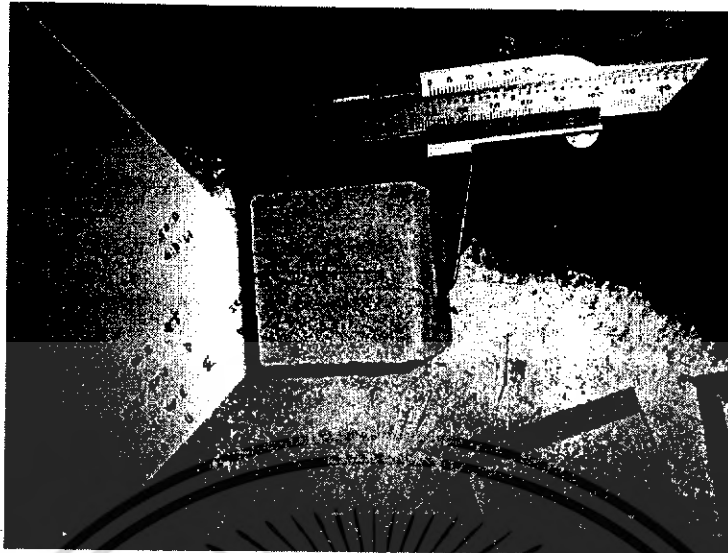
$$F = \frac{P}{A} \quad (2)$$

โดย F คือ กำลังรับแรงอัด strength (ksc)

P คือ แรงกระทำสูงสุด (kg.)

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงกด (cm<sup>2</sup>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24. วัดขนาดตัวอย่าง

### 3.3.3. การหาความหนาแน่น (ASTM C1040-93)

นำชิ้นตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง แล้วคำนวณหาความหนาแน่นดังสมการ (3)

$$D = \frac{M}{V} \quad (3)$$

โดย D คือ ความหนาแน่น ( $\text{kg/m}^3$ )

M คือ น้ำหนัก (kg)

V คือ ปริมาตร ( $\text{m}^3$ )

### 3.3.4. การหาอัตราการดูดซึมน้ำ (ASTM C642-90)

นำชิ้นตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ  $100-110^\circ\text{C}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า นำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในน้ำสะอาดอีก 48 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นจากน้ำแล้วทำการซับน้ำที่ผิวออก ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า คำนวณหาอัตราการดูดซึมน้ำได้จากสมการ (4)

$$\text{อัตราการดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักหลังอบ})}{\text{น้ำหนักหลังอบ}} \times 100 \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.5. การทดสอบการยืหดตัว (Autogeneous shrinkage) (JIS A 1129)

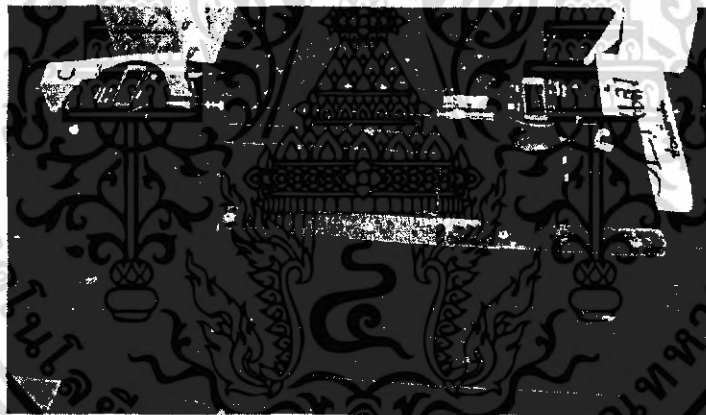
ในการวัดการยืหดตัวจะต้องทำการวัดครั้งแรกหลังถอดตัวอย่างจากแบบเพื่อใช้อ้างอิงกับการวัดครั้งต่อไป ก่อนนำตัวอย่างทำการบ่มแล้วมาวัดการยืหดตัวจะทำการชั่งน้ำหนักผิวหน้าและวางตัวอย่างทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพของตัวอย่าง จากนั้นนำไปวางบนแท่นวัด โดยอ่านค่าจาก Dial Gauge ทั้งสองตัว ทำการบันทึกค่าแล้วคำนวณการยืหดตัวจากสมการ (5)

$$\text{Autogeneous Shrinkage} = \frac{(\sum X_0 - \sum X_1)}{L_0} \times 10^6 \quad (5)$$

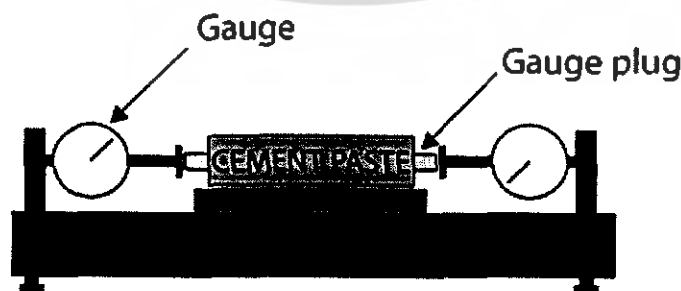
โดย  $\sum X_0$  = ผลบวกของค่าที่อ่านได้จาก Dial Gauge ทั้งสองด้าน ในช่วงเริ่มต้นแกะแบบ

$\sum X_1$  = ผลบวกของค่าที่อ่านได้จาก Dial Gauge ทั้งสองด้าน ณ เวลาที่ทดสอบ

$L_0$  = ระยะห่างระหว่าง gauge plug ที่ทำการวัดก่อนหล่อตัวอย่าง



รูปที่ 3.25 ภาพเครื่องมือวัด Autogeneous Shrinkage



รูปที่ 3.26 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัด Autogeneous Shrinkage

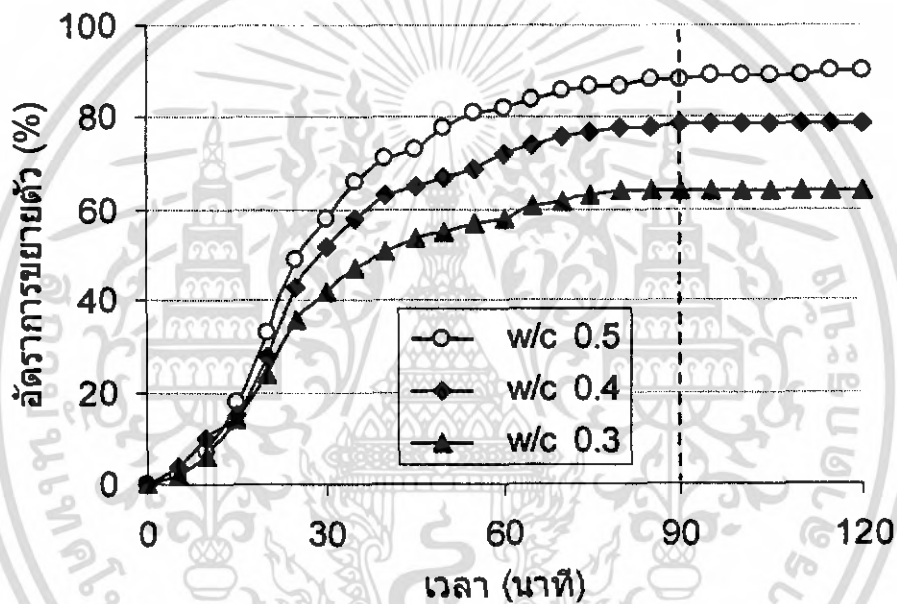
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

#### 4.1. การทดสอบหาเวลาในการขยายตัวเต็มที่

ผลการทดสอบหาอัตราการขยายตัวในช่วงเวลาต่างๆของซีเมนต์เพสต์ ที่ w/c Ratio 0.3 - 0.5 และ ปริมาณผงอลูมิเนียม 0.1% ของน้ำหนักซีเมนต์ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1.



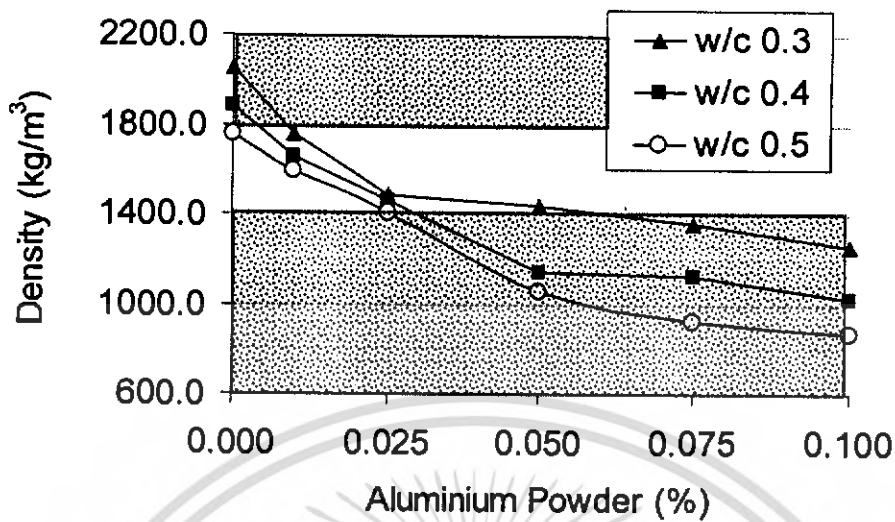
รูปที่ 4.1. อัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆ

จากผลการทดสอบหาอัตราการขยายตัวดังที่แสดงในรูปที่ 4.1. พบว่าซีเมนต์เพสต์ ที่ w/c Ratio ทั้ง 0.3 , 0.4 และ 0.5 จะมีการขยายตัวมากขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น และการขยายตัวจะแปรผันกับ w/c Ratio คือ ที่ w/c Ratio มากขึ้นการขยายตัวจะมากขึ้น การขยายตัวจะมีแนวโน้มลดลงและเริ่มหยุดการขยายตัว ณ ช่วงเวลาตั้งแต่ 90 นาที เป็นต้นไป เนื่องจากผงอลูมิเนียมได้ทำปฏิกิริยาอย่างทั่วถึงแล้ว

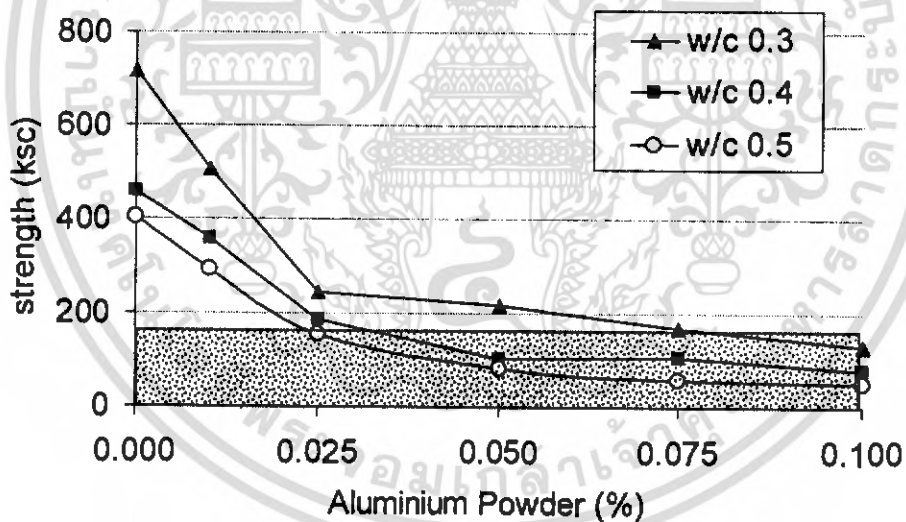
#### 4.2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์

ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังอัดของซีเมนต์เพสต์ ที่ w/c Ratio ตั้งแต่ 0.3 - 0.5 และปริมาณผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0% - 0.1% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2. - 4.3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณผงอลูมิเนียมของซีเมนต์พิเศษ



รูปที่ 4.3. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณผงอลูมิเนียมของซีเมนต์พิเศษ

จากผลการทดสอบหาความหนาแน่นดังที่แสดงในรูปที่ 4.2. จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นจะแปรผกผันกับปริมาณผงอลูมิเนียมที่ใส่และ w/c Ratio คือ เมื่อปริมาณผงอะลูมิเนียมมากขึ้น ความหนาแน่นจะลดลง เนื่องจากผงอลูมิเนียมทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนเข้าไปแทนที่ในซีเมนต์พิเศษ ทำให้เกิดรูพรุนกระจายทั่วเนื้อซีเมนต์พิเศษ ความหนาแน่นจึงลดลง และเมื่อ w/c Ratio มากขึ้น ความ

หนาแน่นจะลดลงเช่นกัน เนื่องจากเมื่อ w/c Ratio มาก เนื้อซีเมนต์เพสต์จะเหลว ทำให้ก๊าซไฮโดรเจน ขยายตัวได้ดีกว่า และเส้นกราฟในแต่ละ w/c Ratio มีรายละเอียดดังนี้

- เส้นกราฟ w/c Ratio 0.3 การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมจะมีผลทำให้ความหนาแน่นลดลง แต่ การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมมากกว่า 0.025% จะมีผลทำให้ความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลง ไม่มาก
- เส้นกราฟ w/c Ratio 0.4 การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมจะมีผลทำให้ความหนาแน่นลดลง แต่ การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมมากกว่า 0.050% จะมีผลทำให้ความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลง ไม่มาก
- เส้นกราฟ w/c Ratio 0.5 การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมจะมีผลทำให้ความหนาแน่นลดลง แต่ การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมมากกว่า 0.075% จะมีผลทำให้ความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลง ไม่มาก

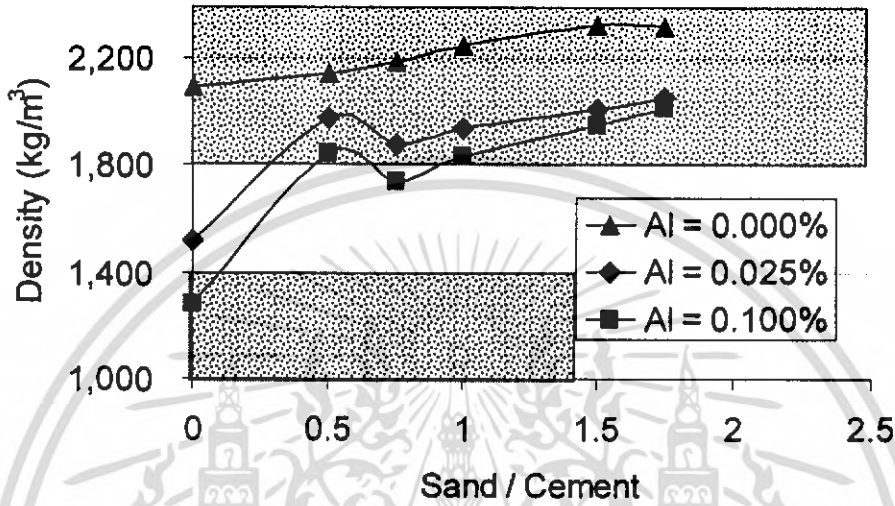
จากผลการทดสอบหากำลังอัดดังแสดงในรูปที่ 4.3. จะเห็นได้ว่า กำลังรับแรงอัดของ คอนกรีตพูน จะแปรผกผันกับปริมาณผงอลูมิเนียมที่ใส่ คือ เมื่อปริมาณผงอลูมิเนียมเพิ่มขึ้นกำลังรับ แรงอัดจะลดลง เนื่องจาก การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมทำให้เกิดความพูนในเนื้อคอนกรีตมากขึ้นซึ่งมี ผลทำให้กำลังรับแรงอัดลดลงตามไปด้วย เส้นกราฟ w/c 0.3 , 0.4 , 0.5 การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมจะ มีผลทำให้กำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดลง แต่การเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียมมากกว่า 0.025% จะมีผลทำ ให้กำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดลงไม่มาก

สำหรับชิ้นตัวอย่างที่อยู่ในขอบเขตของคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง คือ มีความ หนาแน่นระหว่าง 1,400 – 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน มากกว่า 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้แสดงไว้โดยการทำแถบสีทึบในบริเวณที่ไม่อยู่ในขอบเขตดังกล่าว ซึ่ง จากรูปที่ 4.2 – 4.3 พบว่ามีชิ้นตัวอย่างที่อยู่ในขอบเขตการศึกษาดังนี้

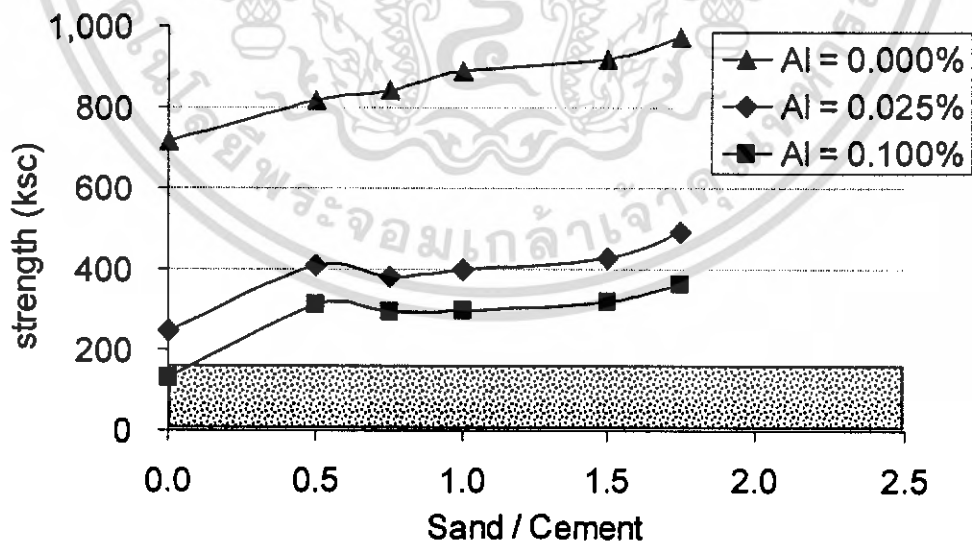
- w/c Ratio 0.3 ผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0.001- 0.075%
- w/c Ratio 0.4 ผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0.001- 0.025%
- w/c Ratio 0.5 ผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0.000- 0.025%,

4.3. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า ที่ w/c Ratio ตั้งแต่ 0.3 - 0.5 และปริมาณผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0% - 0.1% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.4 - 4.9

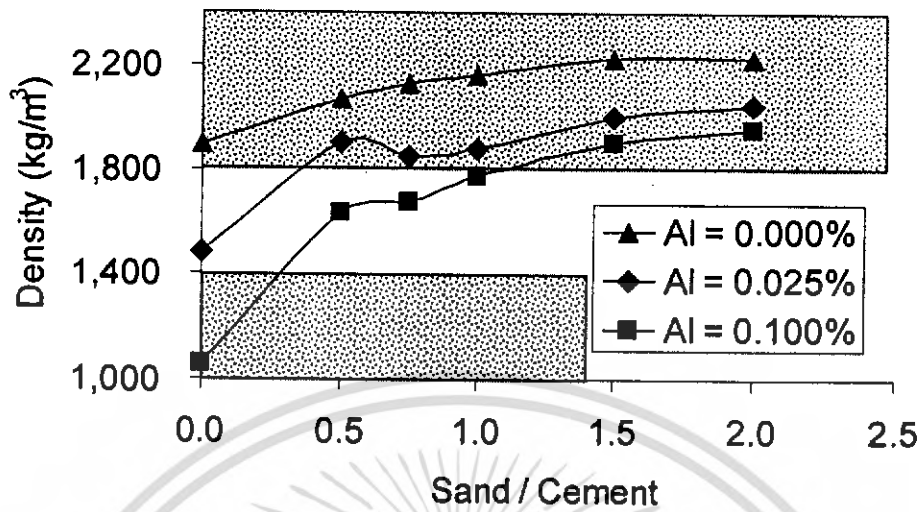


รูปที่ 4.4. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.3

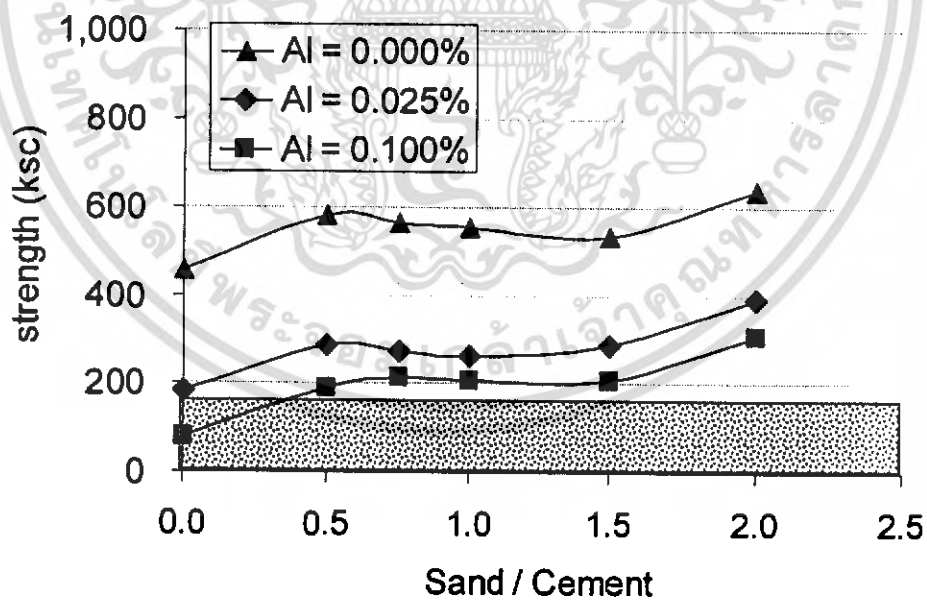


รูปที่ 4.5. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

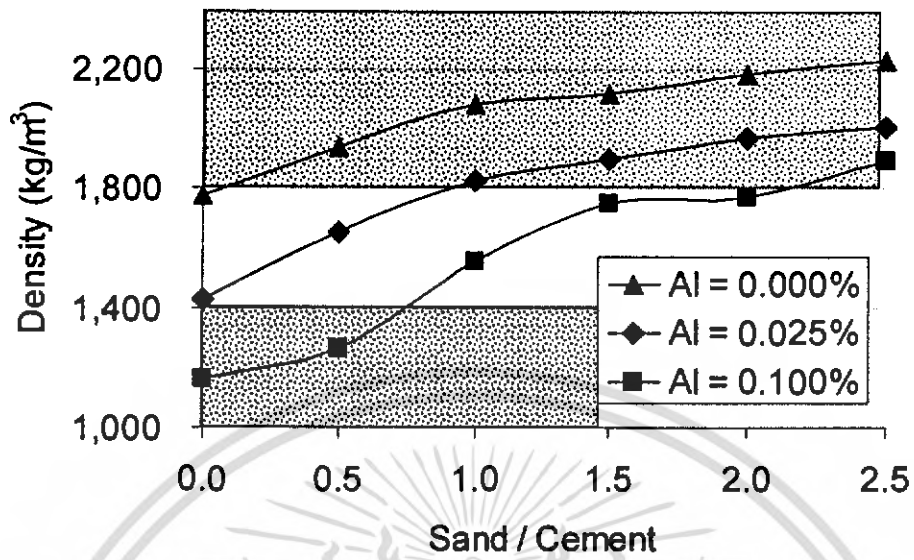


รูปที่ 4.6. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.4

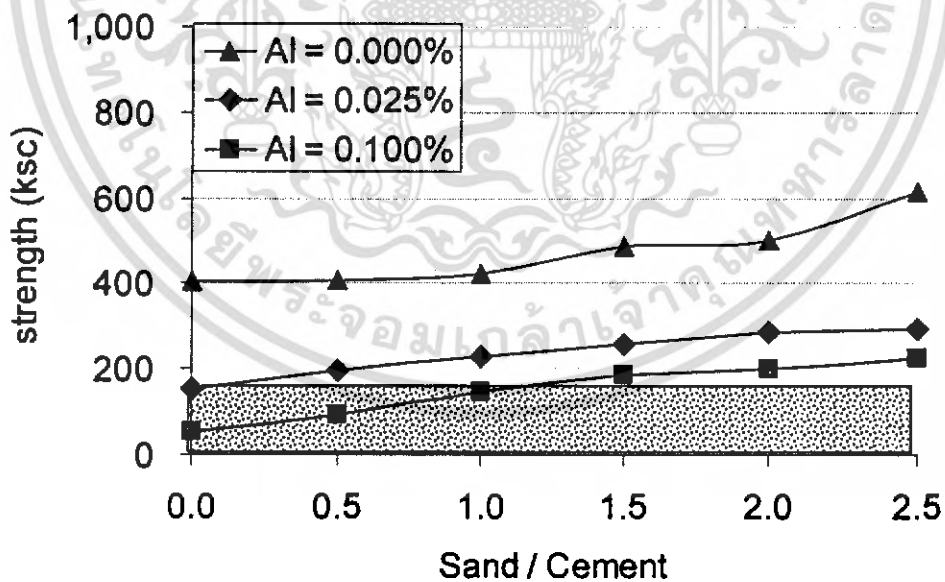


รูปที่ 4.7. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8. ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.5



รูปที่ 4.9. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณทรายของมอร์ต้าที่ w/c 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบหาความหนาแน่นดังที่แสดงในรูปที่ 4.4. , รูปที่ 4.6. และรูปที่ 4.8. จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นจะแปรผันตรงกับปริมาณทราย คือ เมื่อเพิ่มปริมาณทรายจะมีผลทำให้ความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากทรายซึ่งมีความหนาแน่นมากได้เข้าไปแทนที่ซีเมนต์เพสต์ ทำให้ความหนาแน่นของมอร์ต้าเพิ่มมากขึ้น

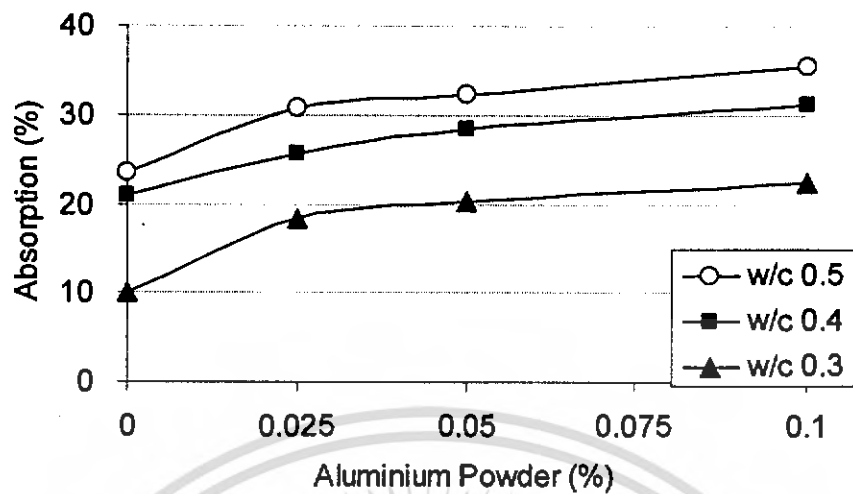
จากผลการทดสอบหากล้างรับแรงอัดดังที่แสดงในรูปที่ 4.5. , รูปที่ 4.7. และรูปที่ 4.9. จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผันตรงกับปริมาณทราย คือ เมื่อเพิ่มปริมาณทรายจะมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากทรายที่เข้าไปแทนที่ซีเมนต์เพสต์จะช่วยเพิ่มกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

สำหรับชิ้นตัวอย่างที่อยู่ในขอบเขตของคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง คือ มีความหนาแน่นระหว่าง 1,400 – 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน มากกว่า 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้แสดงไว้โดยการทำแถบสีทึบในบริเวณที่ไม่อยู่ในขอบเขตดังกล่าว ซึ่งจากรูปที่ 4.4 – 4.9 พบว่ามีชิ้นตัวอย่างที่อยู่ในขอบเขตการศึกษาดังนี้

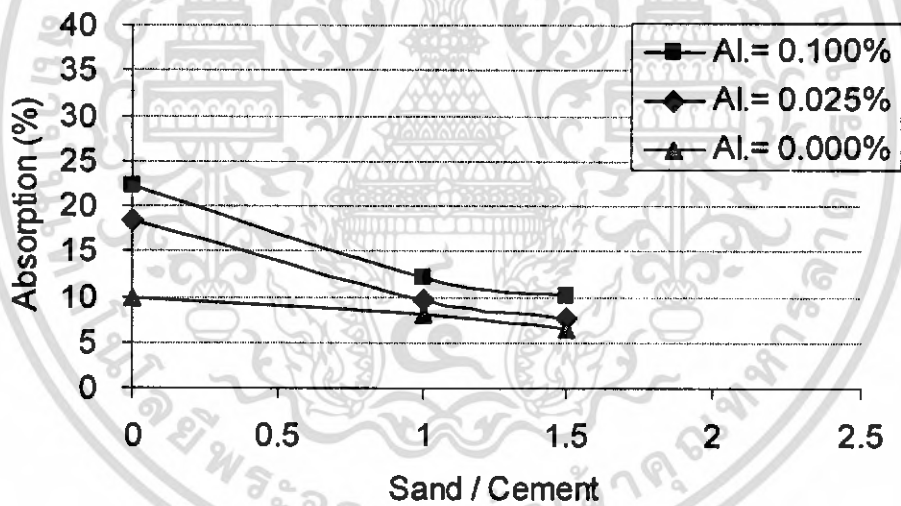
- w/c Ratio 0.3	ผงอลูมิเนียม	0.025 %	อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0.2 – 0.75
	ผงอลูมิเนียม	0.100 %	อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0 – 0.5
- w/c Ratio 0.4	ผงอลูมิเนียม	0.025 %	อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0 – 0.3
	ผงอลูมิเนียม	0.100 %	อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0.25 – 1.1
- w/c Ratio 0.5	ผงอลูมิเนียม	0.025 %	อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0 – 0.8
	ผงอลูมิเนียม	0.100 %	อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0.75 – 2

#### 4.4. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำของซีเมนต์เพสต์ ที่ w/c Ratio ตั้งแต่ 0.3 - 0.5 และปริมาณผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0% - 0.1% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.10. และอัตราการดูดซึมน้ำของมอร์ต้า ที่ w/c Ratio ตั้งแต่ 0.3 , 0.4 , 0.5 อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ 0 ถึง 2.5 และปริมาณผงอลูมิเนียม 0% , 0.025% , 0.1% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.11. – 4.13.

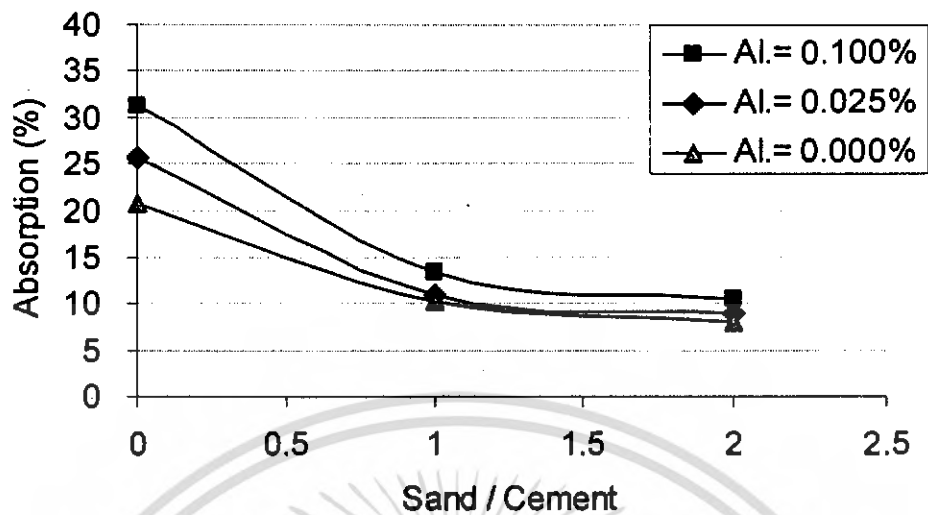


รูปที่ 4.10. อัตราการดูดซึมของซีเมนต์เพสต์

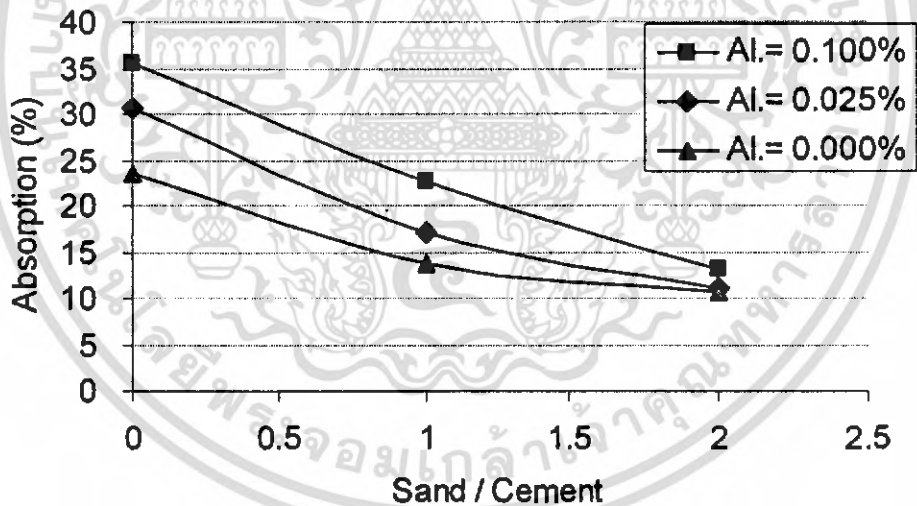


รูปที่ 4.11. อัตราการดูดซึมของมอร์ต้าที่ w/c 0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12. อัตราการดูดซึมของมอร์ต้าที่ w/c 0.4



รูปที่ 4.13. อัตราการดูดซึมของมอร์ต้าที่ w/c 0.5

จากผลการทดสอบหาอัตราการดูดซึมของซีเมนต์เพสต์ดังที่แสดงในรูปที่ 4.10. จะเห็นได้ว่าอัตราการดูดซึมจะแปรผันตรงกับ w/c Ratio และปริมาณผงอลูมิเนียม คือ เมื่อ w/c Ratio มาก อัตราการดูดซึมจะมีค่ามากเมื่อมีค่า w/c Ratio และเมื่อมีผงอลูมิเนียมผสมอยู่มาก อัตราการดูดซึมก็จะมากด้วย เนื่องจากเมื่อปริมาณผงอลูมิเนียมเพิ่มมากขึ้น ความพรุนในเนื้อคอนกรีตจะเพิ่มมากขึ้นด้วย เป็นผลให้มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้ดีเพราะมีช่องว่างของอากาศอยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าดังที่แสดงในรูปที่ 4.11. , 4.12. และ 4.13. จะเห็นได้ว่าอัตราการดูดซึมน้ำจะแปรผกผันปริมาณทราย คือ เมื่อปริมาณทรายเพิ่มขึ้น อัตราการดูดซึมน้ำจะยิ่งน้อยลง และความแตกต่างของอัตราการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าที่เพิ่มผงอลูมิเนียมลงไปจะน้อยลงเมื่อปริมาณทรายมากขึ้น เนื่องจากทรายมีคุณสมบัติไม่อุ้มน้ำเมื่อเข้าไปแทนที่เนื้อซีเมนต์จึงทำให้อัตราการดูดซึมน้ำลดลง

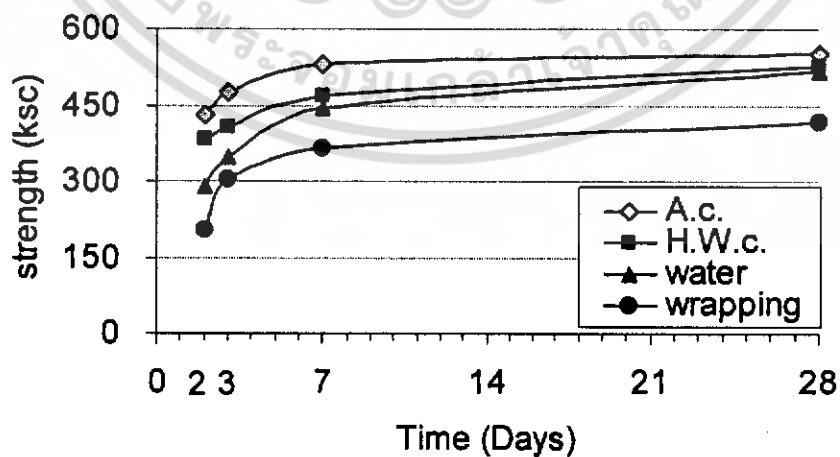
#### 4.5. การทดสอบหาค่ารับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ

ผลการทดสอบหาค่ารับแรงอัดของมอร์ต้าในการบ่มด้วยวิธีต่างๆ โดยใช้ w/c Ratio = 0.5, อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ = 2 และปริมาณผงอลูมิเนียม 0% และ 0.1% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.14. และ รูปที่ 4.15.

กำหนดให้

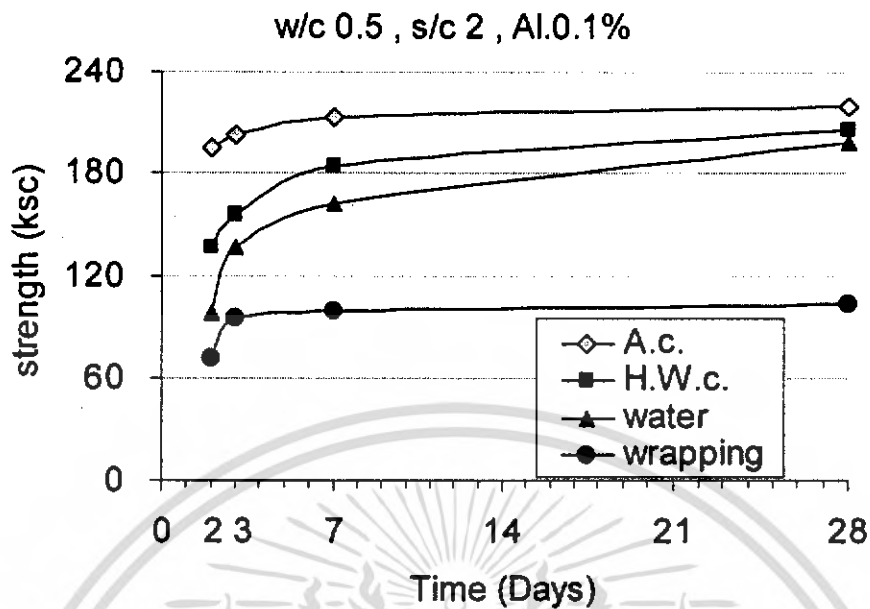
A.c.	หมายถึง	การบ่มด้วยไอน้ำแรงดันสูง (Autoclave) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วบ่มด้วยน้ำตามปกติ
H.w.c.	หมายถึง	การบ่มด้วยน้ำอุณหภูมิสูง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วบ่มด้วยน้ำตามปกติ
Water	หมายถึง	การบ่มด้วยน้ำอุณหภูมิปกติ
Wrapping	หมายถึง	การบ่มด้วยการหุ้มพลาสติกใส (Wrapping)
2 days	หมายถึง	ระยะเวลาหลังการบ่มครบ 12 ชั่วโมง

w/c 0.5 , s/c 2 , Al.0%



รูปที่ 4.14. ค่ารับแรงอัดของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

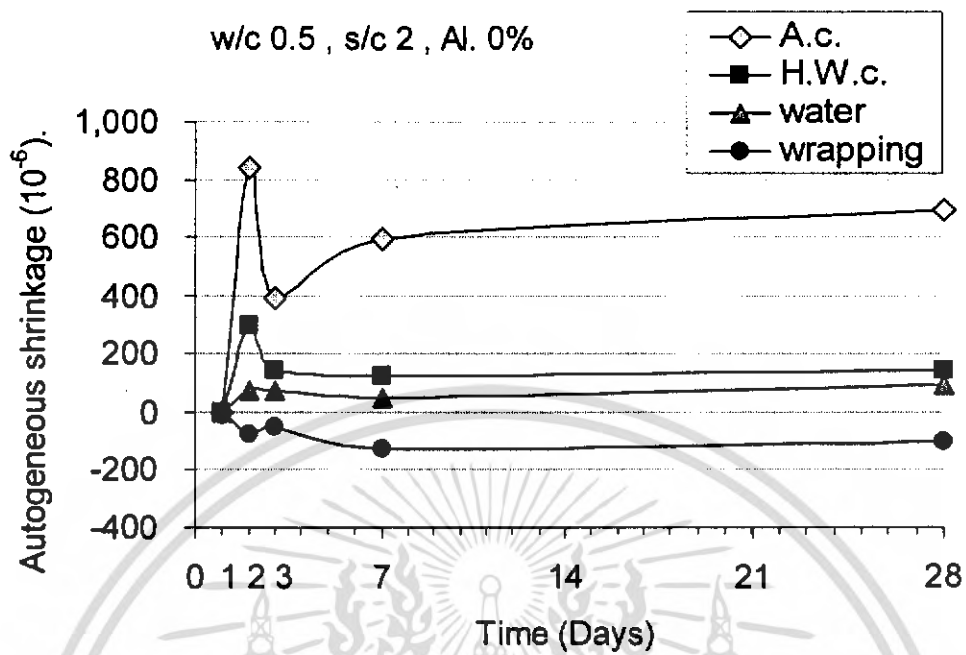


รูปที่ 4.15. กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ

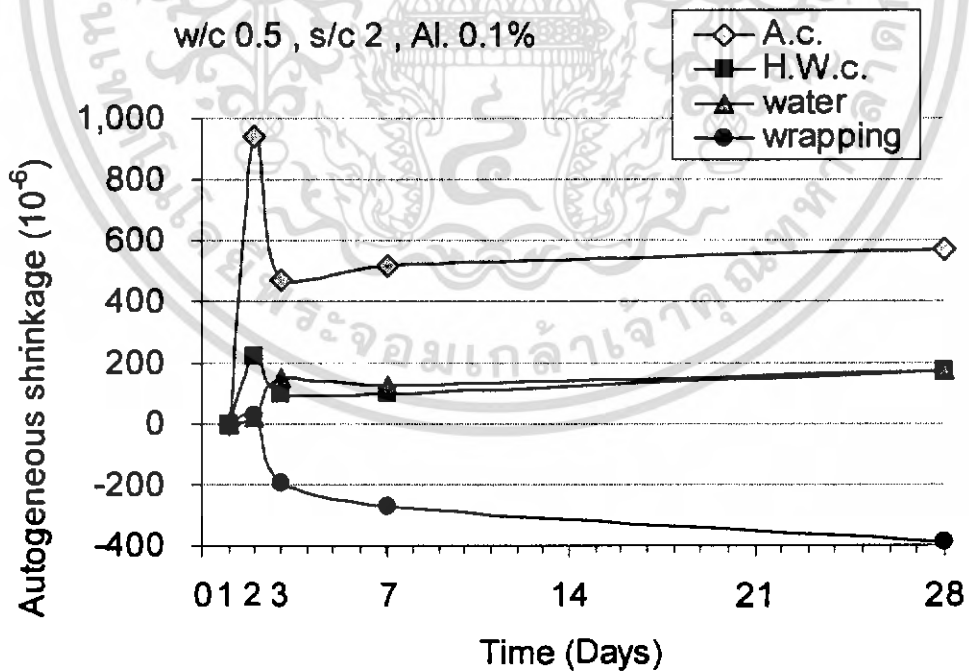
จากผลการทดสอบหากำลังอัดของมอร์ต้าในการบ่มด้วยวิธีต่างๆ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.14 และ 4.15 จะเห็นได้ว่าการบ่มด้วย Autoclave จะมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นมากในช่วงแรก และมีค่าใกล้เคียงการบ่มที่ 28 วัน การบ่มด้วยน้ำร้อนจะช่วยเพิ่มกำลังรับแรงอัดในช่วงแรกแต่ยังต้องอาศัยการบ่มด้วยน้ำธรรมดาอีกเพื่อให้กำลังอัดเพิ่มขึ้นอย่างสมบูรณ์ ส่วนการใช้พลาสติกคลุมกำลังอัดจะไม่เพิ่มขึ้น

#### 4.6. การทดสอบหาการยัดหดตัว(Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ

ผลการทดสอบการยัดหดตัว(Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้าในการบ่มด้วยวิธีต่างๆ โดยใช้ w/c Ratio = 0.5, อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ = 2 และปริมาณผงอลูมิเนียม 0% และ 0.1% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.16. และรูปที่ 4.17. โดยกำหนดให้กราฟเริ่มจากจุดที่ 1 วันหลังการถอดจากแบบ

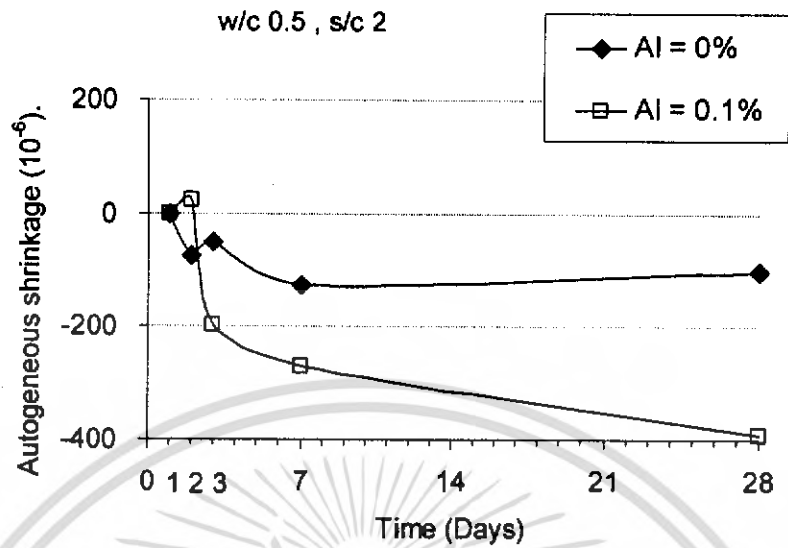


รูปที่ 4.16. การยิดหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ

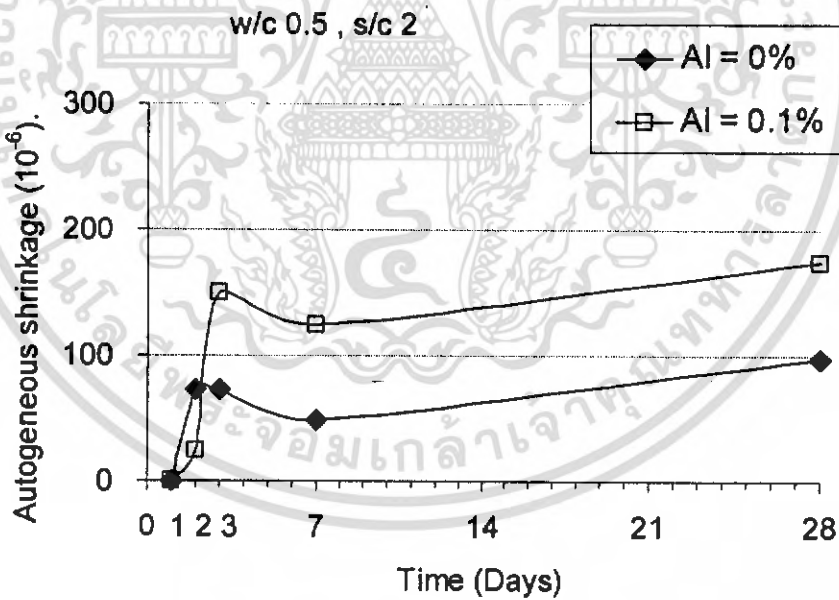


รูปที่ 4.17. การยิดหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

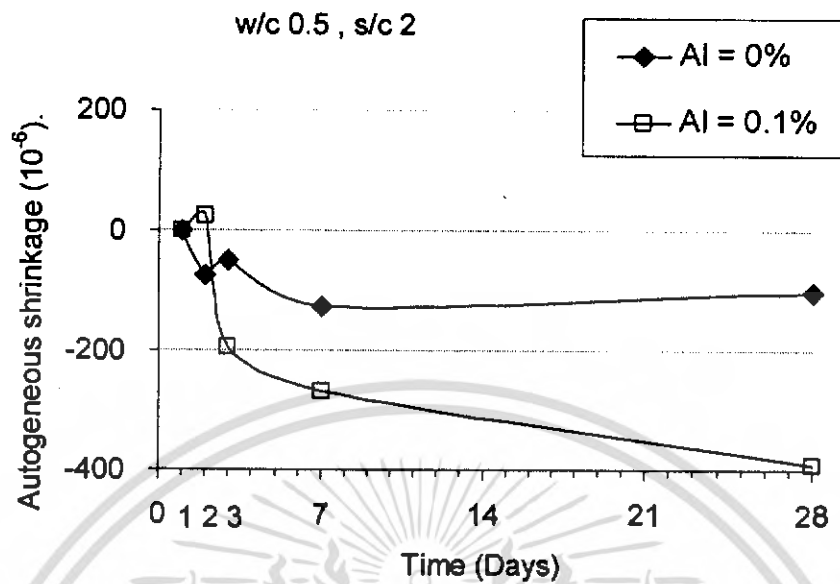


รูปที่ 4.18. เปรียบเทียบการหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมกับมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มด้วยไอน้ำแรงดันสูง



รูปที่ 4.19. เปรียบเทียบการหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมกับมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มด้วยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



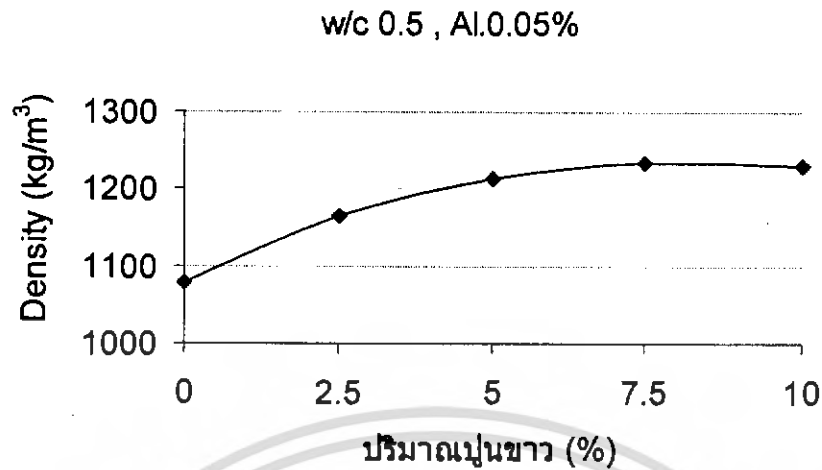
รูปที่ 4.20. เปรียบเทียบการบิดหดตัว(Autogeneous shrinkage)ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมกับมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการใช้พลาสติกหุ้มกันการสูญเสียความชื้น

จากผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.16 และ 4.17 จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างที่บ่มด้วยไอน้ำแรงดันสูงจะขยายตัวมากที่สุด ตัวอย่างที่บ่มด้วยน้ำร้อนจะขยายตัวใกล้เคียงกับการบ่มด้วยน้ำ และตัวอย่างที่ทำการห่อพลาสติกจะหดตัวอย่างมาก

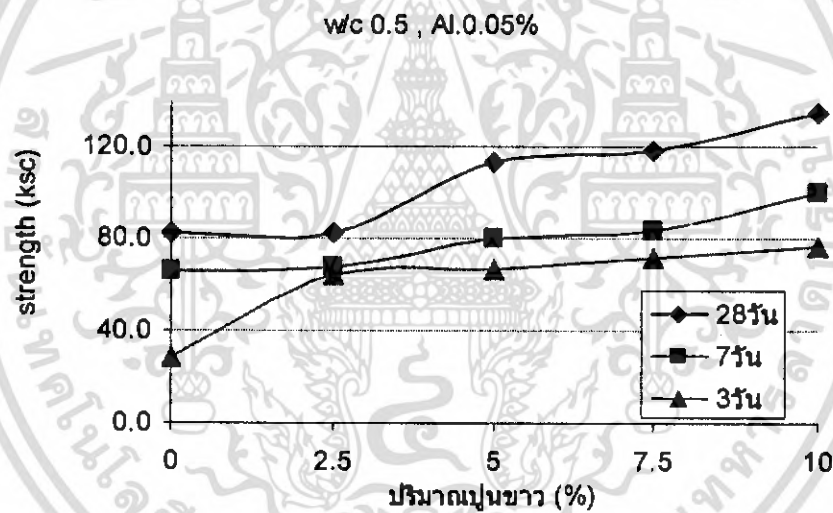
จากรูปที่ 4.18 พบว่ามอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมมีแนวโน้มการขยายตัวหลังการบ่มด้วยไอน้ำ น้อยกว่ามอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียม และจากรูปที่ 4.19 พบว่ามอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมมีแนวโน้มการขยายตัวหลังการบ่มด้วยน้ำ มากกว่ามอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียม และจากรูปที่ 4.20 พบว่ามอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมมีแนวโน้มการหดตัวหลังการใช้พลาสติกหุ้ม มากกว่ามอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียม

#### 4.7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว

ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังอัดซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว โดยใช้ w/c Ratio 0.5 , ปริมาณผงอลูมิเนียม = 0.05% และปริมาณปูนขาวตั้งแต่ 0% - 10% ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.18. และรูปที่ 4.19.



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณปูนขาวของซีเมนต์พิเศษ



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับปริมาณปูนขาวของซีเมนต์พิเศษ

จากผลการทดสอบหาความหนาแน่นของซีเมนต์พิเศษที่ผสมปูนขาวดังที่แสดงในรูปที่ 4.21. จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นจะแปรผันตรงกับปริมาณปูนขาว คือ เมื่อปริมาณปูนขาวมากขึ้นความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นตาม

จากผลการทดสอบหาลำรับแรงอัดของซีเมนต์พิเศษที่ผสมปูนขาวดังที่แสดงในรูปที่ 4.22. จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผันตรงกับปริมาณปูนขาว คือ เมื่อปริมาณปูนขาวมากขึ้นกำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นตาม ปริมาณปูนขาวมีผลทำให้กำลังรับแรงอัดที่ 3 วัน เพิ่มขึ้น แต่กำลังรับแรงอัดที่ 7 วัน และ 28 วัน จะเป็นไปตามแนวโน้มปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

## สรุปผลการศึกษา

### 5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการใช้ผงอลูมิเนียมในคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง โดยใช้ w/c Ratio 0.3 , 0.4 , 0.5 ปริมาณผงอลูมิเนียมต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก ตั้งแต่ 0% - 0.1% และ อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์โดยน้ำหนัก ตั้งแต่ 0-2.5 สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. คอนกรีตเบาที่ผสมผงอลูมิเนียมจะเกิดการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยจะใช้เวลาประมาณ 90 นาที
2. สามารถลดความหนาแน่นของคอนกรีตเบาได้ ด้วยการเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c Ratio) หรือด้วยการเพิ่มปริมาณผงอลูมิเนียม หรือด้วยการลดปริมาณทราย
3. สามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเบาได้ด้วยการควบคุมปริมาณผงอลูมิเนียมหรือด้วยการเพิ่มปริมาณทราย
4. สามารถลดอัตราการดูดซึมน้ำได้ด้วยการเพิ่มปริมาณทราย
5. สามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดในช่วงแรกให้สูงขึ้นได้ ด้วยการบ่มไอน้ำความดันสูง (Autoclave) หรือ การบ่มในน้ำร้อน โดยที่การบ่มไอน้ำความดันสูงจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดในช่วงแรกมากกว่าการบ่มในน้ำร้อน
6. การบ่มด้วยไอน้ำความดันสูง ( Autoclave ) จะทำให้เกิดการยืดตัวสูง การบ่มด้วยน้ำจะทำให้เกิดการยืดตัวเล็กน้อย แต่การหุ้มด้วยพลาสติก (Wrapping) จะทำให้เกิดการหดตัว
7. คอนกรีตเบาที่ผสมผงอลูมิเนียมจะมีการยืดตัวหรือหดตัวในสภาวะการบ่มต่างๆ มากกว่าคอนกรีตทั่วไป
8. การผสมปูนขาวช่วยให้กำลังรับแรงอัดสูงขึ้นโดยจะสูงขึ้นอย่างชัดเจนในช่วง 3 วันแรก แต่การผสมปูนขาวมากจะทำให้ความหนาแน่นมาก

### 5.2 อัตราส่วนต่างๆที่เหมาะสมของคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถสรุปอัตราส่วนต่างๆที่เหมาะสมของคอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง ซึ่งมีความหนาแน่นระหว่าง 1,400 – 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและมีกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน มากกว่า 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. อัตราส่วนสำหรับซีเมนต์พิเศษ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- w/c Ratio 0.3 ใช้ผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0.001- 0.075%
- w/c Ratio 0.4 ใช้ผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0.001- 0.025%
- w/c Ratio 0.5 ใช้ผงอลูมิเนียมตั้งแต่ 0.000- 0.025%,

### 2. อัตราส่วนสำหรับมอดาร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- w/c Ratio 0.3 ใช้ผงอลูมิเนียม 0.025 % อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0.2 – 0.75  
ใช้ผงอลูมิเนียม 0.100 % อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0 – 0.5
- w/c Ratio 0.4 ใช้ผงอลูมิเนียม 0.025 % อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0 – 0.3  
ใช้ผงอลูมิเนียม 0.100 % อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0.25 – 1.1
- w/c Ratio 0.5 ใช้ผงอลูมิเนียม 0.025 % อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0 – 0.8  
ใช้ผงอลูมิเนียม 0.100 % อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0.75 – 2

## 5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการศึกษา

ในการศึกษาและการทดสอบได้พบปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ดังนี้

1. คอนกรีตเบาอาจมีรอยแยกเกิดขึ้นที่บริเวณส่วนบนของตัวอย่าง เนื่องจากปริมาณผงอลูมิเนียมที่มากจะทำให้เกิดฟองก๊าซมาก ซึ่งฟองก๊าซในบริเวณใกล้เคียงได้เกิดการรวมตัวกันเป็นช่องว่างขนาดใหญ่และจะดันตัวขึ้นจนเกิดรอยแยก ดังรูปที่ 5.1

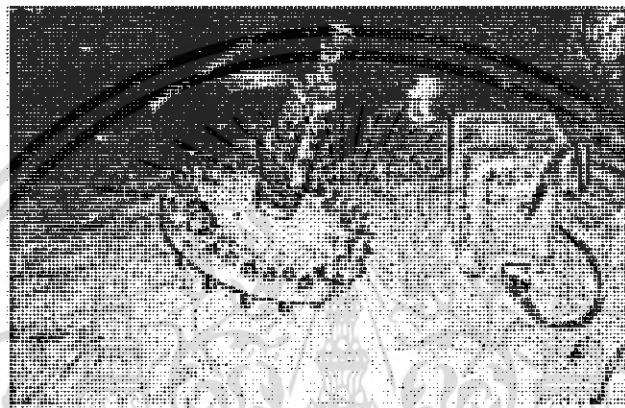


รูปที่ 5.1 แสดงรอยแยกของคอนกรีตเบา

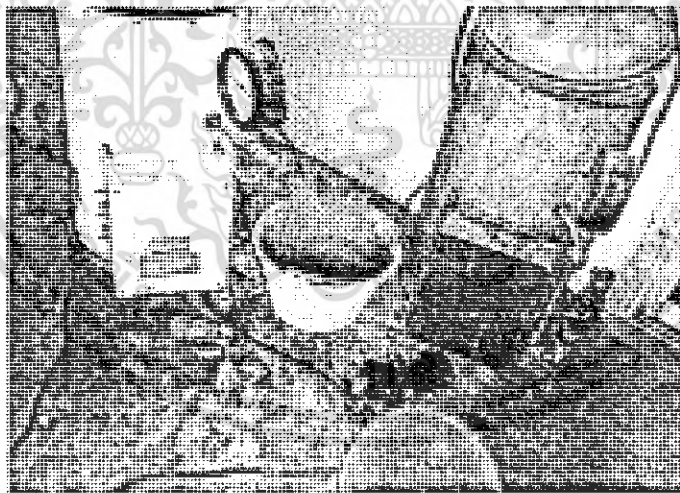
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวอย่างที่ทำการทดสอบมีขนาดเล็ก คือ ขนาด 5cm. × 5cm. × 5cm. ซึ่งใช้แรงกดทดสอบน้อยกว่าและเนื่องจากคอนกรีตเป็นคอนกรีตที่กำลังรับแรงอัดน้อยด้วย จึงต้องสังเกตค่าแรงกดให้ดีเพราะเครื่องทดสอบจะไม่บันทึกแรงกดสูงสุดที่น้อยกว่า 25 kN

3. เครื่อง Autoclave มีแรงดันสูง เมื่อเปิดฝาน(ดูรูปที่ 5.2)ไม่แน่นทำให้ไอน้ำความดันสูงรั่วออกมาจึงต้องรีบปิดเครื่องและเปิดให้อิความดันออกมาทางท่อระบายความดัน ดังแสดงในรูปที่ 5.3 และจากการสอบถามเจ้าหน้าที่พบว่า การขันน็อตปิดฝาอุปกรณ์ที่มีความดันสูงจะต้องขันน็อต 4 ตัวหลักในรูปกากบาทเพื่อให้ฝาแน่นสนิทก่อนการขันน็อตตัวอื่น



รูปที่ 5.2 แสดงฝาปิดเครื่อง Autoclave



รูปที่ 5.3 แสดงการระบายความดันภายในเครื่อง

4. การทดสอบหาค่าการยิดหดตัว (Autogeneous shrinkage) จะวัดค่าด้วย Dial Gauge ซึ่งมีความละเอียดสูง (0.01 mm.) การวัดแต่ละครั้งจะต้องวางในลักษณะเดิม จึงต้องทำสัญลักษณ์ของการวางเอาไว้เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากลักษณะการวางที่ไม่ตรงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- วินิต ช่อวิเชียร , 2544. กอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 9.
- ชัชวาล เศรษฐบุตร , 2539 กอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8
- ศิริวัฒน์ ไชยชนะ , 2542. ปฏิบัติการกอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2
- เกียรตินันท์ เค่นไพศาล , พรชัย เดชะภากร , รุ่งเรือง มังกรักษ์ และสมหวัง หาญไพบุลย์สุข , 2528. กอนกรีตพูน. ปรินูญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- เจริญฤทธิ์ วรรณะพาหุณ , จิระพันธ์ บางท่าไม้ , สมบัติ ฐาปนาชีวะ และประสิทธิ์ ปั่นชมมงคล , 2533. กอนกรีตพูนบ่มด้วยไอน้ำความดันสูง. ปรินูญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- วรวิทย์ ขอเจริญ , ประเมศวร์ เจริญรุ่งโรจน์ และ อิศรา ชินสว่างวัฒนกุล , 2539. บล็อกกอนกรีตผนังเบา. ปรินูญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ขจรพันธ์ ดันติพงษ์ , ณัฐพงษ์ อภินันท์กุล และ ปรีชา ชีวะเจริญไชย , 2540 การศึกษาคุณสมบัติกอนกรีตพูนที่ผลิตโดยวิธีผสมอะลูมิเนียม. ปรินูญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- เขาวรัตน์ ตั้งศิริวิยะ และ อุกฤษ ปังฉิม , 2543. อิฐระบบบล็อกในค้ำโดยใช้กอนกรีตผสมเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล. ปรินูญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- อัศวิน เลิศโสภา , โอภาส วิศรุตธรรม และปีใหม่ อางสาคร , 2543. วัสดุผสมกอนกรีตและเศษโพลี. ปรินูญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

## ผลการทดลอง

- ก1. การทดสอบหาเวลาในการขยายตัวเต็มที่
- ก2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์
- ก3. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า
- ก4. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ
- ก5. การทดสอบหาลำลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ
- ก6. การทดสอบหาการหดตัว(Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ
- ก7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก1. การทดสอบหาเวลาในการขยายตัวเต็มที่

ตารางที่ ผ.ก.1. อัตราการขยายตัวเฉลี่ยที่ระยะเวลาต่างๆ

เวลา (นาที)	อัตราการขยายตัว(%)		
	w/c 0.3	w/c 0.4	w/c 0.5
0	0.3	0.0	0.3
5	1.7	3.7	2.3
10	5.7	9.7	7.3
15	13.7	15.3	16.7
20	24.3	28.3	32.7
25	35.7	43.0	48.7
30	42.3	52.3	58.3
35	47.3	58.0	66.0
40	51.3	62.3	70.7
45	54.3	65.0	72.7
50	55.3	67.3	78.0
55	57.3	69.0	81.7
60	58.3	72.0	83.0
65	60.7	74.0	84.3
70	61.7	76.0	86.0
75	62.7	76.3	87.0
80	63.7	77.7	87.3
85	63.7	78.3	88.0
90	64.0	78.7	88.0
95	64.3	78.7	88.7
100	64.0	78.7	89.0
105	64.0	78.7	89.0
110	64.0	78.7	89.0
115	64.3	78.7	89.3
120	64.3	78.7	89.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผก2 อย่างไม่อ้อมค้อมถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์

ตารางที่ ผ.ก.2. ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของซีเมนต์เพสต์

w/c	Al. (%)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	strength (ksc)		
			3 days	7 days	28 days
0.3	0.000	2051.3	606.2	699.9	715.9
	0.010	1758.4	282.4	357.0	507.7
	0.025	1486.9	140.0	236.3	246.4
	0.050	1439.9	95.9	195.5	216.1
	0.075	1361.7	71.0	159.3	169.9
	0.100	1257.7	116.9	130.9	131.6
0.4	0.000	1877.8	431.2	434.0	459.9
	0.010	1659.3	232.1	254.6	357.5
	0.025	1465.1	150.3	178.8	184.9
	0.050	1142.9	62.0	85.8	102.5
	0.075	1129.0	54.4	82.0	106.9
	0.100	1026.2	41.0	65.3	80.3
0.5	0.000	1756.9	271.9	304.0	403.7
	0.010	1592.7	194.1	224.5	294.0
	0.025	1404.2	114.5	131.6	155.6
	0.050	1054.5	32.9	66.2	82.9
	0.075	929.5	32.3	46.8	60.2
	0.100	873.3	26.6	39.0	52.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก3. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

ตารางที่ ผ.ก.3. ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ต้า ที่ w/c 0.3

w/c	s/c	Al. (%)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	strength (ksc)		
				3 days	7 days	28 days
0.3	0	0.000	2096.1	606.2	699.9	715.9
		0.025	1518.1	140.0	236.3	246.4
		0.100	1280.5	116.9	130.9	131.6
	0.5	0.000	2147.1	583.9	713.6	818.2
		0.025	1981.5	337.9	364.0	408.8
		0.100	1849.2	240.9	281.5	311.4
	0.75	0.000	2191.5	649.0	780.3	842.5
		0.025	1879.0	292.7	354.0	379.7
		0.100	1741.7	221.3	262.4	293.4
	1	0.000	2247.9	664.1	769.2	891.2
		0.025	1941.3	332.3	374.6	399.0
		0.100	1837.0	258.2	275.2	297.8
	1.5	0.000	2327.7	621.3	735.3	921.3
		0.025	2011.3	370.9	384.6	426.3
		0.100	1954.1	299.5	309.4	320.4
	1.75	0.000	2322.7	596.9	695.5	976.4
		0.025	2059.1	387.9	420.8	491.1
		0.100	2016.8	324.9	323.5	362.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.4. ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ต้า ที่ w/c 0.4

w/c	s/c	Al. (%)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	strength (ksc)		
				3 days	7 days	28 days
0.4	0	0.000	1900.9	431.2	434.0	459.9
		0.025	1482.4	150.3	178.8	184.9
		0.100	1059.0	41.0	65.3	80.3
	0.5	0.000	2030.6	476.9	528.2	584.7
		0.025	1873.5	194.2	252.7	287.3
		0.100	1606.1	133.5	147.9	190.6
	0.75	0.000	2083.7	452.9	533.2	567.7
		0.025	1818.6	196.6	252.1	275.5
		0.100	1646.2	166.7	205.0	216.6
	1	0.000	2137.2	349.7	456.8	556.6
		0.025	1828.3	189.3	248.7	263.6
		0.100	1741.4	144.2	191.2	210.0
	1.5	0.000	2181.3	444.1	492.6	534.0
		0.025	1962.3	236.0	269.5	287.9
		0.100	1864.7	172.3	181.4	208.0
	2	0.000	2200.3	437.0	528.4	638.2
		0.025	1993.8	341.2	340.2	393.9
		0.100	1954.1	260.7	287.5	308.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผก5 อย่างเป็นทางการถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.5. ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ต้า ที่ w/c 0.5

w/c	s/c	Al. (%)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	strength (ksc)		
				3 days	7 days	28 days
0.5	0	0.000	1776.2	271.9	304.0	403.7
		0.025	1427.7	114.5	131.6	155.6
		0.100	1164.1	26.6	39.0	52.4
	0.5	0.000	1898.6	249.5	307.5	408.4
		0.025	1626.7	118.2	147.2	197.5
		0.100	1239.7	59.9	70.9	94.3
	1	0.000	2039.8	280.4	349.9	421.5
		0.025	1792.9	176.5	206.2	227.8
		0.100	1527.8	103.9	122.2	147.6
	1.5	0.000	2077.2	317.7	435.2	486.3
		0.025	1865.1	178.1	248.6	258.1
		0.100	1717.1	126.2	162.8	185.6
	2	0.000	2136.1	334.0	439.3	503.0
		0.025	1931.8	213.6	273.1	286.0
		0.100	1737.0	138.1	166.4	202.1
	2.5	0.000	2184.1	558.8	585.7	615.4
		0.025	1971.9	256.5	284.8	292.5
		0.100	1860.4	181.0	204.5	225.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และหากอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก4. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ ผ.ก.6. อัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของซีเมนต์เพสต์

w/c Ratio	Aluminium powder (%)	Absorption(%)
0.3	0.000	9.99
	0.025	18.41
	0.050	20.40
	0.100	22.36
0.4	0.000	20.88
	0.025	25.61
	0.050	28.40
	0.100	31.21
0.5	0.000	23.46
	0.025	30.73
	0.050	32.33
	0.100	35.54

ตารางที่ ผ.ก.7. อัตราการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของมอร์ต้า

w/c 0.3

s/c	Aluminium powder (%)	Absorption(%)
0	0.000	9.99
	0.025	18.41
	0.100	22.36
1	0.000	8.09
	0.025	9.75
	0.100	12.03
1.5	0.000	6.45
	0.025	7.64
	0.100	10.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.7. อัตราการดูดซึมเฉลี่ยของมอร์ต้า

w/c 0.4

s/c	Aluminium powder (%)	Absorption(%)
0	0.000	20.88
	0.025	25.61
	0.100	31.21
1	0.000	10.28
	0.025	11.06
	0.100	13.43
2	0.000	8.01
	0.025	9.01
	0.100	10.58

w/c 0.5

s/c	Aluminium powder (%)	Absorption(%)
0	0.000	23.46
	0.025	30.73
	0.100	35.54
1	0.000	13.71
	0.025	17.16
	0.100	22.69
2	0.000	10.76
	0.025	11.22
	0.100	13.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก5. การทดสอบหาค่ารับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ

ตารางที่ ผ.ก.8. ค่ารับแรงอัดเฉลี่ยของมอร์ต้าในการบ่มวิธีต่างๆ

w/c 0.5 , s/c 2

Aluminium Powder (%)	curing type	strength (ksc)			
		2 days	3 days	7 days	28 days
0.000%	A.c.	195.4	203.1	213.1	219.4
	H.W.c.	136.3	155.6	184.8	205.4
	water	97.7	136.1	162.4	198.3
	wrapping	71.6	95.4	98.7	103.7
0.100%	A.c.	431.7	476.4	530.3	553.3
	H.W.c.	382.4	408.2	467.3	527.3
	water	288.6	348.1	445.4	517.9
	wrapping	203.6	302.6	365.2	417.3

ก6. การทดสอบหาการยี้ดหดตัว(Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ

ตารางที่ ผ.ก.9. การยี้ดหดตัว (Autogeneous shrinkage)เฉลี่ยของมอร์ต้าในการบ่มวิธีต่างๆ

w/c 0.5 , s/c 2

Aluminium Powder (%)	type of curing	Autogeneous shrinkage ( $10^{-6}$ )			
		2 days	3 days	7 days	28 days
0.000%	A.c.	842.1	393.5	594.2	693.9
	H.W.c.	295.5	147.4	123.6	147.8
	water	73.2	73.2	49.1	97.3
	wrapping	-74.3	-49.4	-125.3	-100.2
0.100%	A.c.	939.9	471.7	519.8	570.6
	H.W.c.	221.6	98.6	98.4	172.2
	water	24.5	150.3	124.3	174.1
	wrapping	24.8	-195.8	-268.9	-391.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ ผก9 อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว

ตารางที่ ผ.ก.10. ความหนาแน่นเฉลี่ยและกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของซีเมนต์เพสต์ผสมปูนขาว

w/c Ratio 0.5 , Aluminium Powder 0.05%

ปูนขาว (%)	Density	strength (ksc)		
	(kg/m <sup>3</sup> )	3 days	7 days	28 days
0	1077.9	28.0	66.2	82.9
2.5	1165.3	64.3	67.1	82.9
5.0	1213.9	66.7	79.9	113.4
7.5	1234.4	71.5	83.7	118.4
10	1230.7	76.5	100.3	134.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### ตารางการบันทึกข้อมูล

- ข1. การทดสอบหาเวลาในการขยายตัวเต็มที่
- ข2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์
- ข3. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า
- ข4. การทดสอบหาอัตราการคูดซึมน้ำ
- ข5. การทดสอบหา กำลังรับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ
- ข6. การทดสอบหาการบิดหดตัว(Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ
- ข7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว

ข1. การทดสอบหาเวลาในการขยายตัวเต็มที่

ตารางที่ ผ.ข.1. ผลการทดสอบหาอัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆของซีเมนต์เพสต์

ที่ w/c Ratio 0.3

เวลา (นาที)	ความสูง (ซ.ม.)				ขยายตัว (%)
	1	2	3	เฉลี่ย	
0	10.0	10.0	10.1	10.03	0.3
5	10.0	10.2	10.3	10.17	1.7
10	10.6	10.6	10.5	10.57	5.7
15	11.4	11.4	11.3	11.37	13.7
20	12.5	12.4	12.4	12.43	24.3
25	13.5	13.6	13.6	13.57	35.7
30	14.3	14.2	14.2	14.23	42.3
35	14.7	14.7	14.8	14.73	47.3
40	15.1	15.1	15.2	15.13	51.3
45	15.5	15.4	15.4	15.43	54.3
50	15.6	15.5	15.5	15.53	55.3
55	15.8	15.7	15.7	15.73	57.3
60	15.9	15.8	15.8	15.83	58.3
65	16.0	16.1	16.1	16.07	60.7
70	16.1	16.2	16.2	16.17	61.7
75	16.2	16.3	16.3	16.27	62.7
80	16.3	16.4	16.4	16.37	63.7
85	16.3	16.4	16.4	16.37	63.7
90	16.3	16.4	16.5	16.40	64.0
95	16.4	16.4	16.5	16.43	64.3
100	16.4	16.4	16.4	16.40	64.0
105	16.4	16.4	16.4	16.40	64.0
110	16.4	16.4	16.4	16.40	64.0
115	16.5	16.4	16.4	16.43	64.3
120	16.5	16.4	16.4	16.43	64.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.1. ผลการทดสอบหาอัตราการขยายตัวที่เวลาต่างๆของซีเมนต์เพสต์

ที่ w/c Ratio 0.4

เวลา (นาที)	ความสูง (ซ.ม.)				ขยายตัว (%)
	1	2	3	เฉลี่ย	
0	10.0	10.0	10.0	10.00	0.0
5	10.4	10.4	10.3	10.37	3.7
10	11.0	11.0	10.9	10.97	9.7
15	11.6	11.5	11.5	11.53	15.3
20	12.9	12.8	12.8	12.83	28.3
25	14.3	14.3	14.3	14.30	43.0
30	15.3	15.2	15.2	15.23	52.3
35	15.8	15.8	15.8	15.80	58.0
40	16.2	16.3	16.2	16.23	62.3
45	16.5	16.5	16.5	16.50	65.0
50	16.7	16.7	16.8	16.73	67.3
55	16.9	16.9	16.9	16.90	69.0
60	17.2	17.2	17.2	17.20	72.0
65	17.4	17.4	17.4	17.40	74.0
70	17.6	17.6	17.6	17.60	76.0
75	17.6	17.7	17.6	17.63	76.3
80	17.7	17.8	17.8	17.77	77.7
85	17.8	17.8	17.9	17.83	78.3
90	17.8	17.9	17.9	17.87	78.7
95	17.8	17.9	17.9	17.87	78.7
100	17.8	17.9	17.9	17.87	78.7
105	17.8	17.9	17.9	17.87	78.7
110	17.8	17.9	17.9	17.87	78.7
115	17.8	17.9	17.9	17.87	78.7
120	17.8	17.9	17.9	17.87	78.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผข3 นี้อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.1. ผลการทดสอบหาอัตราการขยายตัวของซีเมนต์เพสต์

w/c Ratio 0.5

เวลา (นาที)	ความสูง (ซ.ม.)				ขยายตัว (%)
	1	2	3	เฉลี่ย	
0	10.1	10.0	10.0	10.03	0.3
5	10.4	10.2	10.1	10.23	2.3
10	10.9	10.7	10.6	10.73	7.3
15	11.3	11.8	11.9	11.67	16.7
20	13.2	13.3	13.3	13.27	32.7
25	14.8	14.9	14.9	14.87	48.7
30	15.8	15.8	15.9	15.83	58.3
35	16.7	16.6	16.5	16.60	66.0
40	17.1	17.1	17.0	17.07	70.7
45	17.2	17.3	17.3	17.27	72.7
50	17.8	17.8	17.8	17.80	78.0
55	18.2	18.1	18.2	18.17	81.7
60	18.4	18.2	18.3	18.30	83.0
65	18.5	18.4	18.4	18.43	84.3
70	18.6	18.6	18.6	18.60	86.0
75	18.7	18.7	18.7	18.70	87.0
80	18.7	18.7	18.8	18.73	87.3
85	18.8	18.8	18.8	18.80	88.0
90	18.8	18.8	18.8	18.80	88.0
95	18.9	18.9	18.8	18.87	88.7
100	18.9	18.9	18.9	18.90	89.0
105	18.9	18.9	18.9	18.90	89.0
110	18.9	18.9	18.9	18.90	89.0
115	18.9	19.0	18.9	18.93	89.3
120	18.9	19.0	18.9	18.93	89.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข2. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์**

ตารางที่ ผ.ข.2. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.3

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.02	5.06	5.04	262.4	2049.6	153.7	616.8	606.2
	2	3	5.00	5.09	5.05	261.7	2036.2	149.2	597.6	
	3	3	4.99	5.00	5.05	262.3	2081.8	147.9	604.3	
	4	7	5.00	5.01	5.05	263.8	2085.3	177.6	722.7	699.9
	5	7	5.08	5.04	5.05	262.8	2032.5	174.6	695.2	
	6	7	5.04	5.09	5.06	261.1	2011.4	171.6	681.9	
	7	28	5.05	5.01	5.06	260.9	2038.0	176.5	711.1	715.8
	8	28	5.04	5.00	5.04	262.3	2065.2	172.6	698.2	
	9	28	5.00	5.04	5.02	260.8	2061.6	182.5	738.2	
Average						2051.3				
0.010	1	3	5.03	5.07	5.03	224.7	1751.7	69.9	279.4	282.4
	2	3	5.04	5.04	5.05	224.7	1751.7	70.8	284.1	
	3	3	5.09	5.09	5.03	225.9	1733.5	72.1	283.7	
	4	7	5.08	5.07	5.03	224.8	1735.2	87.4	345.9	357.0
	5	7	5.07	5.02	5.05	225.2	1752.1	86.3	345.6	
	6	7	5.11	5.02	5.06	225.9	1740.4	95.5	379.5	
	7	28	5.05	5.01	5.06	226.8	1771.6	115.0	463.3	507.7
	8	28	5.04	5.00	5.04	227.4	1790.4	131.4	531.5	
	9	28	5.00	5.04	5.02	227.6	1799.2	130.6	528.3	
Average						1758.4				
0.025	1	3	5.06	5.10	5.02	191.7	1479.8	37.1	146.5	140.0
	2	3	5.05	5.05	5.09	190.5	1467.6	36.5	145.9	
	3	3	5.03	5.02	5.04	187.7	1474.9	31.6	127.6	
	4	7	5.01	5.04	5.02	191.7	1512.3	57.8	233.3	236.3
	5	7	5.03	5.02	5.06	188.7	1476.9	59.5	240.2	
	6	7	5.03	5.02	5.06	190.4	1490.2	58.3	235.4	
	7	28	5.02	5.02	5.03	187.9	1482.4	62.3	252.0	246.4
	8	28	5.01	5.03	5.01	190.9	1512.0	61.7	249.6	
	9	28	5.03	5.00	5.04	188.4	1486.3	58.6	237.5	
Average						1486.9				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ 555 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.2. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.3

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.050	1	3	5.00	5.03	5.13	184.5	1430.0	23.2	94.0	95.9
	2	3	5.00	5.02	5.10	185.6	1449.9	24.1	97.9	
	3	3	5.00	5.02	5.10	186.5	1456.9	23.6	95.8	
	4	7	5.09	5.03	5.02	188.4	1465.9	49.0	195.1	195.5
	5	7	5.02	5.03	5.06	184.5	1444.0	50.1	202.3	
	6	7	5.09	5.00	5.02	185.6	1452.7	47.2	189.1	
	7	28	5.10	5.11	5.08	188.2	1421.6	57.6	225.3	216.1
	8	28	5.05	5.03	5.08	186.1	1442.2	54.9	220.3	
	9	28	5.10	5.11	5.11	185.9	1395.9	51.8	202.6	
Average						1439.9				
0.075	1	3	5.00	5.04	5.14	174.2	1344.9	16.7	67.6	71.0
	2	3	5.00	5.00	5.08	175.7	1383.5	17.2	70.1	
	3	3	5.05	5.01	5.14	178.4	1371.8	18.7	75.3	
	4	7	5.04	5.00	5.05	174.5	1371.2	36.0	145.6	159.3
	5	7	5.08	5.03	5.00	177.4	1388.5	43.6	173.9	
	6	7	5.08	5.01	5.00	174.1	1368.1	39.5	158.2	
	7	28	5.10	5.06	5.06	175.2	1341.7	44.4	175.4	169.9
	8	28	5.11	5.06	5.06	173.0	1322.3	40.8	160.8	
	9	28	5.12	5.04	5.04	177.3	1363.3	43.9	173.4	
Average						1361.7				
0.100	1	3	5.09	4.97	5.00	154.5	1221.5	35.1	141.4	116.9
	2	3	5.00	5.05	5.03	157.5	1240.1	27.1	109.4	
	3	3	5.03	5.06	5.04	160.9	1254.3	24.9	99.7	
	4	7	5.03	5.04	5.03	166.8	1308.1	30.0	120.6	130.9
	5	7	5.02	5.04	5.06	158.1	1234.9	33.6	135.4	
	6	7	5.04	5.06	5.04	159.5	1240.9	34.2	136.7	
	7	28	5.02	5.01	5.01	153.8	1220.6	32.3	130.9	131.6
	8	28	5.01	5.01	5.06	172.8	1360.6	34.0	138.1	
	9	28	5.02	5.00	5.04	156.7	1238.7	31.0	125.9	
Average						1257.7				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำออกจกถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.3. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.4

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.04	4.97	4.99	239.1	1912.9	104.6	425.7	431.2
	2	3	4.97	5.00	5.05	240.1	1913.3	103.9	426.2	
	3	3	4.92	5.02	4.99	239.6	1944.1	107.0	441.6	
	4	7	5.09	5.06	5.04	240.3	1851.2	117.3	464.3	434.0
	5	7	5.08	5.04	5.01	238.4	1858.6	98.3	391.4	
	6	7	5.05	5.06	5.00	233.3	1826.0	111.9	446.4	
	7	28	5.01	5.01	5.06	235.3	1852.7	112.3	456.1	459.9
	8	28	5.02	5.00	5.04	235.6	1862.4	109.8	445.9	
	9	28	5.00	5.02	5.02	236.8	1879.3	117.6	477.6	
Average						1877.8				
0.010	1	3	5.02	5.04	5.09	213.0	1654.0	57.9	233.3	232.1
	2	3	5.02	5.02	5.10	212.9	1656.5	58.2	235.4	
	3	3	5.00	5.00	5.08	211.4	1664.6	55.8	227.5	
	4	7	5.04	5.01	5.02	209.3	1651.2	61.9	249.9	254.6
	5	7	5.00	5.00	5.05	210.3	1665.7	56.5	230.4	
	6	7	5.02	5.03	5.01	210.5	1664.0	70.2	283.4	
	7	28	5.05	5.01	5.06	210.1	1641.1	86.8	349.7	357.5
	8	28	5.04	5.00	5.04	211.0	1661.3	90.4	365.7	
	9	28	5.00	5.04	5.02	211.9	1675.0	88.3	357.2	
Average						1659.3				
0.025	1	3	5.04	5.00	5.03	184.3	1454.0	36.8	148.9	150.3
	2	3	5.00	5.00	5.04	183.3	1454.8	37.1	151.3	
	3	3	5.00	5.00	5.03	184.6	1468.0	37.0	150.9	
	4	7	5.02	5.06	5.00	182.4	1436.2	43.6	175.0	184.9
	5	7	5.00	5.00	5.00	185.6	1484.8	45.3	184.7	
	6	7	5.00	5.05	5.00	187.4	1484.4	48.3	195.0	
	7	28	5.00	4.99	5.06	185.0	1465.4	39.5	161.4	173.3
	8	28	5.06	5.02	5.01	187.2	1471.0	45.3	181.8	
	9	28	5.06	5.08	4.98	187.9	1467.9	44.6	176.9	
Average						1465.1				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.บ.3. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.4

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.050	1	3	5.00	5.03	5.01	144.1	1143.6	16.2	65.7	62.0
	2	3	5.00	5.00	5.03	142.5	1133.2	17.4	70.9	
	3	3	5.00	5.00	5.04	143.7	1140.5	12.1	49.3	
	4	7	5.03	5.06	5.02	144.5	1131.0	20.0	80.1	85.8
	5	7	5.08	5.04	5.09	146.0	1120.3	23.8	94.8	
	6	7	5.05	5.02	5.10	153.1	1184.2	20.5	82.4	
	7	28	5.00	5.00	5.05	145.3	1150.9	26.0	106.0	102.5
	8	28	5.02	5.06	5.04	144.5	1128.7	24.7	99.1	
	9	28	5.00	5.04	5.02	145.9	1153.3	25.3	102.3	
Average						1142.9				
0.075	1	3	5.00	5.07	5.02	135.3	1063.2	10.1	40.6	54.4
	2	3	5.03	5.06	5.02	141.2	1105.1	15.5	62.1	
	3	3	5.00	5.06	5.04	140.1	1098.7	15.0	60.4	
	4	7	5.10	5.03	5.01	142.5	1108.8	18.7	74.3	82.0
	5	7	5.09	5.02	5.03	148.3	1153.9	20.0	79.8	
	6	7	5.08	5.02	5.01	146.8	1149.0	23.0	91.9	
	7	28	5.06	5.02	5.03	148.4	1161.5	28.2	113.2	106.9
	8	28	5.01	5.07	5.01	149.6	1175.6	25.7	103.1	
	9	28	5.02	5.04	5.03	145.8	1145.7	25.9	104.4	
Average						1129.0				
0.100	1	3	5.03	5.00	5.10	129.6	1010.4	10.7	43.4	41.0
	2	3	5.03	5.03	5.07	132.1	1029.8	10.5	42.3	
	3	3	5.03	5.00	5.10	133.8	1043.2	9.2	37.3	
	4	7	5.09	5.02	5.07	131.6	1015.8	16.9	67.4	65.3
	5	7	5.10	5.03	5.00	131.6	1026.0	14.0	55.6	
	6	7	5.08	5.02	5.01	135.0	1056.6	18.2	72.8	
	7	28	5.11	5.09	5.01	132.0	1013.0	21.0	82.3	80.3
	8	28	5.08	5.01	5.10	134.6	1037.0	20.1	80.5	
	9	28	5.12	5.02	5.08	131.1	1004.1	19.7	78.1	
Average						1026.2				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผศ8 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.4. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.5

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	4.91	5.09	5.02	222.1	1770.3	70.8	288.8	271.9
	2	3	4.91	5.06	5.02	222.1	1780.8	64.9	266.3	
	3	3	4.94	5.02	5.06	222.3	1771.6	63.4	260.6	
	4	7	5.01	5.00	5.17	220.9	1705.7	64.2	261.3	304.0
	5	7	4.85	5.02	5.03	220.6	1801.3	83.0	347.5	
	6	7	5.04	4.87	5.00	219.3	1786.9	73.0	303.2	
	7	28	5.08	5.06	5.03	221.7	1714.7	98.7	391.4	403.7
	8	28	5.04	5.07	5.04	225.8	1753.3	100.5	400.9	
	9	28	5.07	5.06	5.04	223.4	1727.8	105.4	418.8	
Average						1756.9				
0.010	1	3	5.01	5.10	5.04	204.4	1587.2	49.4	197.1	194.1
	2	3	5.01	5.09	5.06	203.9	1580.2	47.8	191.1	
	3	3	5.00	4.98	5.05	200.3	1592.9	47.4	194.0	
	4	7	5.03	5.05	5.03	201.6	1577.8	51.8	207.9	224.5
	5	7	5.05	5.08	5.04	203.6	1574.7	62.5	248.3	
	6	7	5.04	5.03	5.06	202.5	1578.6	54.0	217.1	
	7	28	5.00	5.00	5.05	205.2	1625.3	71.1	289.9	294.0
	8	28	5.04	5.05	5.01	204.3	1602.2	73.8	295.6	
	9	28	5.03	5.03	5.02	205.2	1615.6	73.6	296.5	
Average						1592.7				
0.025	1	3	5.04	5.02	5.08	181.2	1409.8	28.2	113.6	114.5
	2	3	5.04	5.03	5.05	179.8	1404.4	30.1	121.0	
	3	3	5.10	5.00	5.04	181.5	1412.2	27.2	108.7	
	4	7	5.01	5.00	5.03	177.0	1404.7	30.0	122.1	131.6
	5	7	5.04	5.03	5.03	176.9	1387.3	33.6	135.1	
	6	7	5.04	5.03	5.00	176.1	1389.3	34.2	137.5	
	7	28	5.00	5.00	4.99	176.9	1418.0	36.6	149.2	155.6
	8	28	5.00	5.00	5.05	177.0	1402.0	42.6	173.7	
	9	28	5.04	5.05	5.01	179.8	1410.0	35.9	143.8	
Average						1404.2				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่อย่างอื่นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.4. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ w/c 0.5

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.050	1	3	5.06	5.00	5.01	133.9	1056.4	9.5	38.3	32.9
	2	3	5.05	4.98	5.05	136.9	1077.9	6.2	25.1	
	3	3	5.02	5.02	5.05	135.6	1065.5	8.7	35.2	
	4	7	5.04	5.02	5.02	134.9	1062.1	15.7	63.3	66.2
	5	7	5.08	5.00	5.02	133.9	1050.1	16.0	64.2	
	6	7	5.08	5.02	5.01	131.3	1027.7	17.8	71.2	
	7	28	5.10	5.03	5.04	135.4	1047.2	21.0	83.4	82.9
	8	28	5.06	5.03	5.02	135.3	1059.0	22.0	88.1	
	9	28	5.04	5.06	5.05	134.5	1044.4	19.3	77.1	
Average						1054.5				
0.075	1	3	5.04	5.01	5.03	116.0	913.3	8.2	33.1	32.3
	2	3	5.03	5.03	5.03	117.0	919.4	8.9	35.9	
	3	3	5.05	5.01	5.01	117.9	930.1	6.9	27.8	
	4	7	5.06	5.03	5.06	119.7	929.4	10.0	40.1	46.8
	5	7	5.04	5.01	5.05	118.4	928.5	11.4	46.0	
	6	7	5.03	5.03	5.01	119.6	943.5	13.5	54.4	
	7	28	5.06	5.03	5.06	119.7	929.4	14.0	56.1	60.8
	8	28	5.04	5.01	5.05	118.4	928.5	16.6	67.0	
	9	28	5.03	5.03	5.01	119.6	943.5	14.7	59.2	
Average						929.5				
0.100	1	3	5.03	5.01	5.06	113.8	892.5	7.1	28.7	26.6
	2	3	5.04	5.04	5.07	112.9	876.6	6.3	25.3	
	3	3	5.00	5.07	5.08	110.5	858.1	6.4	25.7	
	4	7	5.08	5.03	5.07	113.6	876.9	7.1	28.3	39.0
	5	7	5.06	5.04	5.03	111.3	867.7	10.0	40.0	
	6	7	5.02	5.00	5.02	112.8	895.2	12.0	48.7	
	7	28	5.04	5.07	5.04	111.6	866.6	13.8	55.1	52.4
	8	28	5.07	5.06	5.04	110.9	857.7	11.9	47.3	
	9	28	5.11	5.06	5.07	113.9	868.8	13.9	54.8	
Average						873.3				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำออกจกัห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการของเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ3. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า

ตารางที่ ผ.ข.5. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ w/c 0.3

Sand / Cement = 0.5

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength			
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.		
0.000	1	3	5.03	5.04	5.06	273.8	2134.6	146.2	587.9	583.9		
	2	3	5.04	5.04	5.01	274.9	2160.1	151.4	607.6			
	3	3	5.03	5.05	5.03	271.3	2123.4	138.6	556.2			
	0.025	4	7	5.05	5.07	5.03	274.1	2128.3	178.2	709.5	713.6	
		5	7	5.07	5.02	5.02	275.5	2156.3	181.4	726.5		
		6	7	5.03	5.05	5.06	270.9	2107.7	175.6	704.7		
		0.100	7	28	5.05	5.04	5.00	275.0	2160.9	179.1	717.3	818.2
			8	28	5.01	5.00	5.04	276.9	2193.2	206.3	839.5	
			9	28	5.06	5.04	5.02	276.5	2159.8	224.6	897.8	
Average							2147.1					
0.025	1	3	5.06	5.05	5.03	255.7	1989.4	82.4	328.7	337.9		
	2	3	5.02	5.05	5.02	250.3	1966.8	85.6	344.2			
	3	3	5.02	5.01	5.04	252.8	1994.4	84.1	340.9			
	0.100	4	7	5.01	5.03	5.03	251.8	1986.5	89.1	360.4	364.0	
		5	7	5.04	5.02	5.02	253.2	1993.5	94.5	380.7		
		6	7	5.02	5.06	5.06	252.9	1967.6	87.4	350.7		
		0.100	7	28	5.02	5.01	5.03	249.3	1970.7	98.9	400.9	408.8
			8	28	5.02	5.03	5.00	250.4	1983.3	100.2	404.5	
			9	28	5.03	5.01	5.04	251.7	1981.7	104.1	421.1	
Average							1981.5					
0.100	1	3	5.03	5.05	5.06	229.8	1787.9	62.1	249.2	240.9		
	2	3	5.05	5.04	5.00	237.8	1868.6	59.4	237.9			
	3	3	5.01	5.00	5.04	237.9	1884.3	57.9	235.6			
	0.100	4	7	5.06	5.04	5.02	239.1	1867.6	71.6	286.2	281.5	
		5	7	5.06	5.05	5.03	233.7	1818.2	64.3	256.5		
		6	7	5.04	5.02	5.02	233.7	1840.0	74.9	301.8		
		0.100	7	28	5.02	5.06	5.06	235.6	1833.0	79.7	319.8	311.4
			8	28	5.02	5.01	5.03	239.0	1889.2	75.7	306.8	
			9	28	5.02	5.03	5.00	234.1	1854.2	76.2	307.6	
Average							1849.2					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ ผข11 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.5. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ w/c 0.3

Sand / Cement = 0.75

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.02	5.08	5.01	278.5	2179.8	160.2	640.4	649.0
	2	3	5.02	5.04	5.05	280.0	2191.5	162.7	655.5	
	3	3	5.02	5.04	5.02	277.3	2183.3	161.6	651.1	
	4	7	5.00	5.00	5.00	277.7	2221.6	189.2	771.5	780.3
	5	7	5.00	5.00	5.05	278.1	2202.8	191.5	780.6	
	6	7	5.00	5.05	5.00	278.5	2205.9	195.4	788.8	
	7	28	5.03	5.06	5.03	277.7	2169.1	227.7	912.0	842.5
	8	28	5.03	5.08	5.05	278.1	2155.2	202.5	807.8	
	9	28	5.00	5.01	5.02	278.5	2214.7	198.5	807.8	
Average						2191.5				
0.025	1	3	5.10	5.01	5.09	238.9	1836.9	69.7	278.1	292.7
	2	3	5.00	5.09	5.09	244.1	1884.4	77.7	311.2	
	3	3	5.07	5.08	5.04	239.3	1843.5	73.0	288.9	
	4	7	5.06	5.00	5.00	243.5	1924.9	96.7	389.6	354.0
	5	7	5.00	5.00	5.02	240.4	1915.5	86.6	353.1	
	6	7	5.00	5.03	5.02	239.9	1900.2	78.8	319.4	
	7	28	5.08	5.00	5.03	243.5	1905.9	103.1	413.8	379.7
	8	28	5.10	5.04	5.08	240.4	1841.1	83.0	329.2	
	9	28	5.06	5.04	5.06	239.9	1859.1	99.1	396.1	
Average						1879.0				
0.100	1	3	5.02	5.10	5.04	221.3	1715.1	58.2	231.7	221.3
	2	3	5.03	5.02	5.02	220.7	1741.1	51.2	206.7	
	3	3	5.03	5.03	5.03	221.3	1738.9	56.0	225.6	
	4	7	5.05	5.02	5.03	224.5	1760.6	62.4	250.9	262.4
	5	7	5.04	5.05	5.05	223.9	1742.0	67.9	271.9	
	6	7	5.05	5.05	5.05	223.3	1733.9	66.1	264.2	
	7	28	5.03	5.04	5.04	224.5	1757.1	65.7	264.2	293.4
	8	28	5.10	5.04	5.00	223.9	1742.1	72.6	287.9	
	9	28	5.04	5.08	5.00	223.3	1744.3	82.4	328.1	
Average						1741.7				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.5. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ w/c 0.3

Sand / Cement = 1.0

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.03	5.02	5.00	287.0	2273.2	166.7	673.0	664.1
	2	3	5.01	5.03	5.04	286.3	2254.2	155.1	627.4	
	3	3	5.05	5.03	5.06	287.5	2236.8	172.4	691.8	
	4	7	5.05	5.03	5.06	287.2	2234.5	200.3	803.8	769.2
	5	7	5.04	5.05	5.00	285.5	2243.4	185.2	741.7	
	6	7	5.00	5.01	5.04	287.6	2278.0	187.3	762.2	
	7	28	5.04	5.06	5.02	287.2	2243.4	237.6	949.7	891.2
	8	28	5.05	5.03	5.03	285.5	2234.5	209.2	839.5	
	9	28	5.07	5.05	5.03	287.6	2233.2	222.1	884.3	
Average						2247.9				
0.025	1	3	5.04	5.02	5.02	241.4	1900.6	92.3	371.9	332.3
	2	3	5.02	5.06	5.06	248.8	1935.7	79.8	320.2	
	3	3	5.02	5.01	5.03	244.8	1935.1	75.2	304.8	
	4	7	5.02	5.03	5.00	250.0	1980.2	92.0	371.4	374.6
	5	7	5.03	5.01	5.04	245.8	1935.3	87.0	351.9	
	6	7	5.03	5.05	5.06	248.9	1936.5	99.8	400.5	
	7	28	5.03	5.05	5.06	250.0	1945.0	96.7	388.1	399.0
	8	28	5.05	5.04	5.00	245.8	1931.5	103.5	414.5	
	9	28	5.01	5.00	5.04	248.9	1971.5	96.9	394.3	
Average						1941.3				
0.100	1	3	5.00	5.01	5.04	234.0	1853.4	62.3	253.5	258.2
	2	3	5.04	5.06	5.02	234.3	1830.2	66.7	266.6	
	3	3	5.05	5.03	5.03	233.5	1827.5	63.4	254.4	
	4	7	5.07	5.05	5.03	234.6	1821.6	67.4	268.3	275.2
	5	7	5.02	5.07	5.02	234.6	1836.2	70.9	284.0	
	6	7	5.05	5.03	5.06	234.2	1822.1	68.1	273.3	
	7	28	5.04	5.05	5.00	234.6	1843.5	81.3	325.6	297.8
	8	28	5.00	5.04	5.04	234.6	1847.1	68.0	275.1	
	9	28	5.04	5.00	5.02	234.2	1851.3	72.4	292.9	
Average						1837.0				

ตารางที่ ผ.ข.5. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ w/c 0.3

Sand / Cement = 1.5

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.01	5.03	5.04	292.3	2301.4	156.4	632.6	621.3
	2	3	5.05	5.03	5.06	301.4	2344.9	149.5	599.9	
	3	3	5.05	5.03	5.06	297.3	2313.1	157.3	631.2	
	4	7	5.04	5.05	5.00	296.5	2329.9	178.2	713.7	735.3
	5	7	5.00	5.01	5.04	297.6	2357.2	186.6	759.3	
	6	7	5.04	5.06	5.02	294.3	2298.8	183.4	732.9	
	7	28	5.05	5.03	5.03	294.5	2304.9	231.0	927.0	921.3
	8	28	5.07	5.05	5.03	299.1	2322.5	219.6	874.3	
	9	28	5.02	5.07	5.02	303.6	2376.2	240.3	962.4	
Average						2327.7				
0.025	1	3	5.06	5.04	5.02	251.3	1962.9	92.6	370.1	370.9
	2	3	5.06	5.05	5.03	255.3	1986.3	87.9	350.7	
	3	3	5.04	5.02	5.02	262.5	2066.8	97.3	392.0	
	4	7	5.02	5.06	5.06	261.4	2033.8	89.6	359.6	384.6
	5	7	5.05	5.04	5.00	257.9	2026.6	95.8	383.7	
	6	7	5.04	5.00	5.04	253.3	1994.4	101.5	410.6	
	7	28	5.00	5.04	5.02	254.5	2011.8	102.4	414.2	426.3
	8	28	5.06	5.02	5.02	253.9	1991.2	110.3	442.6	
	9	28	5.05	5.05	5.01	259.1	2027.9	105.6	422.1	
Average						2011.3				
0.100	1	3	5.07	5.02	5.02	248.9	1948.1	74.0	296.4	299.5
	2	3	5.03	5.05	5.06	244.9	1905.4	71.6	287.3	
	3	3	5.05	5.04	5.00	252.1	1981.0	78.6	314.8	
	4	7	5.01	5.00	5.04	245.7	1946.1	81.8	332.9	309.4
	5	7	5.06	5.04	5.02	253.9	1983.3	76.5	305.8	
	6	7	5.06	5.05	5.03	248.9	1936.5	72.6	289.6	
	7	28	5.02	5.05	5.02	244.9	1924.4	76.5	307.6	320.4
	8	28	5.02	5.01	5.04	252.1	1988.8	83.6	338.8	
	9	28	5.01	5.03	5.03	250.1	1973.1	77.8	314.7	
Average						1954.1				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.5. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ w/c 0.3

Sand / Cement = 1.75

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.01	5.03	5.04	301.2	2371.5	156.1	631.4	596.9
	2	3	5.05	5.03	5.06	293.7	2285.0	154.3	619.2	
	3	3	5.05	5.03	5.06	296.2	2304.5	134.6	540.2	
	4	7	5.04	5.05	5.00	298.0	2341.7	168.5	674.9	695.5
	5	7	5.00	5.01	5.04	296.5	2348.5	170.9	695.4	
	6	7	5.04	5.06	5.02	295.1	2305.1	179.2	716.3	
	7	28	5.05	5.03	5.03	297.8	2330.8	243.9	978.8	976.4
	8	28	5.07	5.05	5.03	296.7	2303.8	245.2	976.2	
	9	28	5.02	5.07	5.02	295.6	2313.6	243.2	974.1	
Average						2322.7				
0.025	1	3	5.00	5.01	5.04	264.4	2094.2	98.2	399.6	387.9
	2	3	5.04	5.02	5.02	265.7	2092.0	93.4	376.3	
	3	3	5.02	5.06	5.06	265.0	2061.8	96.6	387.7	
	4	7	5.02	5.01	5.03	264.9	2094.0	104.7	424.4	420.8
	5	7	5.01	5.02	5.03	264.7	2092.4	103.9	421.1	
	6	7	5.03	5.02	5.00	263.5	2087.1	103.3	417.0	
	7	28	5.01	5.03	5.04	257.0	2023.5	107.9	436.5	491.1
	8	28	5.05	5.03	5.06	256.3	1994.1	132.9	533.3	
	9	28	5.05	5.03	5.06	256.1	1992.5	125.5	503.6	
Average						2059.1				
0.100	1	3	5.05	5.01	5.06	258.5	2019.2	81.5	328.4	324.9
	2	3	5.04	5.00	5.04	256.2	2017.2	80.3	324.8	
	3	3	5.00	5.04	5.02	258.5	2043.4	79.5	321.6	
	4	7	5.06	5.02	5.02	257.0	2015.5	76.3	306.2	323.5
	5	7	5.05	5.05	5.01	256.3	2006.0	78.0	311.8	
	6	7	5.03	5.02	5.04	256.1	2012.4	87.3	352.4	
	7	28	5.01	5.04	5.02	257.0	2027.5	108.1	436.4	362.9
	8	28	5.03	5.02	5.06	256.3	2006.0	73.7	297.5	
	9	28	5.03	5.02	5.06	256.1	2004.4	87.9	354.9	
Average						2016.8				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำ 15 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.4

Sand / Cement = 0.5

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.03	5.04	5.06	254.0	1980.1	119.4	480.1	476.9
	2	3	5.04	5.04	5.01	260.2	2044.6	111.5	447.5	
	3	3	5.03	5.05	5.03	259.7	2032.6	125.4	503.2	
	4	7	5.05	5.07	5.03	259.5	2015.0	135.4	539.1	528.2
	5	7	5.07	5.02	5.02	259.1	2027.9	128.4	514.3	
	6	7	5.03	5.05	5.06	258.7	2012.7	132.4	531.3	
	7	28	5.05	5.04	5.00	261.6	2055.6	142.1	569.1	584.7
	8	28	5.01	5.00	5.04	260.8	2065.5	147.5	600.2	
	9	28	5.06	5.04	5.02	261.4	2041.8	146.3	584.8	
Average						2030.6				
0.025	1	3	5.06	5.05	5.03	240.1	1868.0	51.0	203.5	194.2
	2	3	5.02	5.05	5.02	240.1	1886.7	42.0	168.9	
	3	3	5.02	5.01	5.04	232.4	1833.4	51.9	210.4	
	4	7	5.01	5.03	5.03	239.2	1887.1	65.2	263.7	252.7
	5	7	5.04	5.02	5.02	239.7	1887.3	63.8	257.0	
	6	7	5.02	5.06	5.06	241.2	1876.6	59.1	237.2	
	7	28	5.02	5.01	5.03	238.3	1883.7	69.8	282.9	287.3
	8	28	5.02	5.03	5.00	235.9	1868.5	68.1	274.9	
	9	28	5.03	5.01	5.04	237.5	1869.9	75.2	304.2	
Average						1873.5				
0.100	1	3	5.03	5.05	5.06	208.7	1623.7	34.5	138.4	133.5
	2	3	5.05	5.04	5.00	212.4	1669.0	30.4	121.8	
	3	3	5.01	5.00	5.04	213.8	1693.4	34.5	140.4	
	4	7	5.06	5.04	5.02	200.6	1566.9	31.5	125.9	147.9
	5	7	5.06	5.05	5.03	202.4	1574.7	43.3	172.7	
	6	7	5.04	5.02	5.02	203.8	1604.6	36.0	145.0	
	7	28	5.02	5.06	5.06	197.1	1533.5	49.6	199.0	190.6
	8	28	5.02	5.01	5.03	200.7	1586.5	42.8	189.5	
	9	28	5.02	5.03	5.00	202.3	1602.3	45.4	183.3	
Average						1606.1				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และทำซ้ำอย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.4

Sand / Cement = 0.75

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.03	5.01	5.04	265.2	2088.0	121.7	492.3	452.9
	2	3	5.03	5.05	5.06	256.6	1996.4	110.2	442.2	
	3	3	5.03	5.05	5.06	266.1	2070.3	105.7	424.2	
	4	7	5.05	5.04	5.00	268.0	2105.9	138.4	554.3	533.2
	5	7	5.01	5.00	5.04	267.9	2121.9	129.5	527.0	
	6	7	5.06	5.04	5.02	268.1	2094.2	129.7	518.4	
	7	28	5.03	5.05	5.03	267.9	2096.7	152.5	612.0	567.7
	8	28	5.05	5.07	5.03	268.2	2082.5	148.7	592.0	
	9	28	5.07	5.02	5.02	268.0	2097.6	124.6	499.0	
Average						2083.7				
0.025	1	3	5.05	5.04	5.00	231.6	1819.9	47.2	189.0	196.6
	2	3	5.01	5.00	5.04	229.3	1816.4	47.7	194.1	
	3	3	5.06	5.04	5.02	229.2	1790.3	51.7	206.7	
	4	7	5.06	5.05	5.03	232.4	1808.1	63.7	254.1	252.1
	5	7	5.02	5.05	5.02	230.7	1812.8	62.2	250.1	
	6	7	5.02	5.01	5.04	234.2	1847.6	62.2	252.1	
	7	28	5.01	5.03	5.03	233.4	1841.3	68.9	278.7	275.5
	8	28	5.04	5.02	5.02	233.3	1836.9	71.4	287.7	
	9	28	5.05	5.07	5.03	231.0	1793.7	65.3	260.0	
Average						1818.6				
0.100	1	3	5.03	5.05	5.06	209.0	1626.1	42.4	170.2	166.7
	2	3	5.05	5.04	5.00	207.9	1633.7	40.3	161.4	
	3	3	5.01	5.00	5.04	212.1	1680.0	41.4	168.5	
	4	7	5.06	5.04	5.02	209.2	1634.1	53.7	214.6	205.0
	5	7	5.06	5.05	5.03	211.9	1648.6	53.6	213.8	
	6	7	5.02	5.05	5.02	206.9	1625.8	46.4	186.6	
	7	28	5.02	5.01	5.04	209.9	1655.9	58.4	236.7	216.6
	8	28	5.01	5.03	5.03	215.9	1703.3	55.4	224.1	
	9	28	5.05	5.05	5.01	205.5	1608.4	47.3	189.1	
Average						1646.2				

ตารางที่ ผ.ข.6. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.4

Sand / Cement = 1.0

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.03	5.03	5.02	269.0	2117.9	82.4	332.0	349.7
	2	3	5.04	5.03	5.01	272.1	2142.4	85.3	343.0	
	3	3	5.02	5.00	5.02	270.8	2149.2	92.1	374.0	
	4	7	5.05	5.04	5.00	270.2	2123.2	109.3	437.8	456.8
	5	7	5.00	5.04	5.04	273.8	2155.8	114.0	461.1	
	6	7	5.00	5.00	5.00	271.0	2168.0	115.6	471.4	
	7	28	5.05	5.04	5.04	268.8	2095.4	139.7	559.5	556.6
	8	28	5.01	5.02	5.03	273.2	2159.6	135.4	548.8	
	9	28	5.02	5.10	5.00	271.8	2123.3	141.0	561.4	
Average						2137.2				
0.025	1	3	5.02	5.10	5.07	234.6	1807.4	58.7	233.7	189.3
	2	3	5.04	5.06	5.04	235.4	1831.4	38.1	152.3	
	3	3	5.02	5.06	5.08	235.1	1821.9	45.3	181.8	
	4	7	5.04	5.02	5.00	237.1	1874.2	63.9	257.5	248.7
	5	7	5.04	5.04	5.00	234.5	1846.3	64.0	256.8	
	6	7	5.03	5.01	5.03	233.3	1840.5	57.3	231.8	
	7	28	5.05	5.06	5.07	237.1	1830.1	63.8	254.5	263.6
	8	28	5.02	5.09	5.10	234.5	1799.5	65.1	259.7	
	9	28	5.04	5.04	5.09	233.2	1803.6	68.9	276.5	
Average						1828.3				
0.100	1	3	5.00	5.02	5.05	217.4	1715.1	38.2	155.1	144.2
	2	3	5.00	5.08	5.07	220.9	1714.3	32.4	130.0	
	3	3	5.00	5.08	5.06	223.7	1740.5	36.7	147.3	
	4	7	5.05	5.04	5.04	218.0	1699.4	49.4	197.8	191.2
	5	7	5.01	5.02	5.03	224.1	1771.5	44.2	179.1	
	6	7	5.02	5.10	5.00	225.4	1760.8	49.4	196.7	
	7	28	5.05	5.04	5.00	220.0	1728.7	55.5	222.3	210.0
	8	28	5.00	5.04	5.04	222.2	1749.5	51.2	207.1	
	9	28	5.00	5.00	5.00	224.1	1792.8	49.2	200.6	
Average						1741.4				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.บ.6. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.4

Sand / Cement = 1.5

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.01	5.03	5.04	279.4	2199.8	109.7	443.7	444.1
	2	3	5.05	5.03	5.06	279.1	2171.5	115.6	463.9	
	3	3	5.05	5.03	5.06	276.0	2147.3	105.8	424.6	
	4	7	5.04	5.05	5.00	277.9	2183.7	122.1	489.0	492.6
	5	7	5.00	5.01	5.04	279.9	2217.0	124.6	507.0	
	6	7	5.04	5.06	5.02	279.6	2184.0	120.5	481.7	
	7	28	5.05	5.03	5.03	280.4	2194.6	132.1	530.1	534.0
	8	28	5.07	5.05	5.03	279.2	2167.9	136.4	543.1	
	9	28	5.02	5.07	5.02	276.7	2165.7	132.0	528.7	
Average						2181.3				
0.025	1	3	5.06	5.04	5.02	250.9	1959.8	51.8	207.1	236.0
	2	3	5.06	5.05	5.03	251.2	1954.4	65.7	262.1	
	3	3	5.04	5.02	5.02	248.6	1957.3	59.3	238.9	
	4	7	5.02	5.06	5.06	249.6	1942.0	63.9	256.4	269.5
	5	7	5.05	5.04	5.00	251.9	1979.4	69.8	279.6	
	6	7	5.04	5.00	5.04	249.5	1964.4	67.4	272.6	
	7	28	5.00	5.04	5.02	251.7	1989.7	72.4	292.9	287.9
	8	28	5.06	5.02	5.02	249.5	1956.6	71.6	287.3	
	9	28	5.05	5.05	5.01	250.1	1957.5	70.9	283.4	
Average						1962.3				
0.100	1	3	5.07	5.02	5.02	238.5	1866.7	41.1	164.6	172.3
	2	3	5.03	5.05	5.06	246.2	1915.5	45.6	183.0	
	3	3	5.05	5.04	5.00	236.1	1855.3	42.3	169.4	
	4	7	5.01	5.00	5.04	234.3	1855.8	44.7	181.9	181.4
	5	7	5.06	5.04	5.02	239.4	1870.0	43.0	171.9	
	6	7	5.06	5.05	5.03	236.7	1841.6	47.7	190.3	
	7	28	5.02	5.05	5.02	230.6	1812.0	51.8	208.3	208.0
	8	28	5.02	5.01	5.04	243.5	1921.0	52.7	213.6	
	9	28	5.01	5.03	5.03	233.8	1844.5	50.0	202.3	
Average						1864.7				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และทำซ้ำอย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.4

Sand / Cement = 2.0

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.04	5.06	5.04	279.9	2177.7	112.9	451.3	437.0
	2	3	5.04	5.07	5.01	278.4	2174.7	104.6	417.3	
	3	3	5.05	5.01	5.08	282.5	2198.0	109.8	442.4	
	4	7	5.00	5.07	5.04	282.1	2208.0	137.1	551.3	528.4
	5	7	5.00	5.04	5.05	284.2	2233.2	131.1	530.3	
	6	7	5.02	5.07	5.02	280.0	2191.5	125.7	503.4	
	7	28	5.04	5.05	5.03	282.1	2203.5	140.7	563.5	638.2
	8	28	5.03	5.00	5.03	284.2	2246.6	176.1	713.8	
	9	28	5.10	5.04	5.02	280.0	2170.0	160.7	637.3	
Average							2200.3			
0.025	1	3	5.02	5.07	5.02	255.1	1996.6	83.3	333.6	341.2
	2	3	5.04	5.05	5.03	255.9	1998.9	84.6	338.8	
	3	3	5.03	5.00	5.03	257.6	2036.3	86.6	351.0	
	4	7	5.10	5.04	5.02	256.9	1990.9	86.7	343.8	340.2
	5	7	5.05	5.02	5.06	254.9	1987.1	84.9	341.4	
	6	7	5.04	5.13	5.02	255.5	1968.5	85.1	335.5	
	7	28	5.04	5.02	5.07	256.9	2002.7	90.1	363.0	393.9
	8	28	5.07	5.04	5.06	254.9	1971.4	89.1	355.4	
	9	28	5.04	5.02	5.07	255.5	1991.8	115.0	463.3	
Average							1993.8			
0.100	1	3	5.04	5.02	5.03	248.6	1953.4	66.5	267.9	260.7
	2	3	5.00	5.02	5.04	246.6	1949.3	63.1	256.3	
	3	3	5.04	5.04	5.01	249.3	1959.0	64.3	258.0	
	4	7	5.05	5.06	5.07	251.9	1944.4	75.3	300.4	287.5
	5	7	5.02	5.09	5.10	249.6	1915.4	74.5	297.2	
	6	7	5.04	5.04	5.09	250.2	1935.1	66.0	264.9	
	7	28	5.04	5.02	5.00	251.9	1991.2	82.1	330.8	308.7
	8	28	5.04	5.04	5.00	249.6	1965.2	76.4	306.6	
	9	28	5.03	5.01	5.03	250.2	1973.8	71.4	288.8	
Average							1954.1			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่อย่างอื่นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.7. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.5

Sand / Cement = 0.5

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.03	5.04	5.06	242.7	1892.0	63.2	254.1	249.5
	2	3	5.04	5.04	5.01	241.5	1897.7	60.9	244.4	
	3	3	5.03	5.05	5.03	243.2	1903.4	62.3	250.0	
	4	7	5.05	5.07	5.03	241.2	1872.9	83.8	333.6	307.5
	5	7	5.07	5.02	5.02	244.0	1909.7	71.3	285.6	
	6	7	5.03	5.05	5.06	243.3	1892.9	75.6	303.4	
	7	28	5.05	5.04	5.00	241.5	1897.7	102.7	411.3	408.4
	8	28	5.01	5.00	5.04	244.0	1932.6	100.3	408.2	
	9	28	5.06	5.04	5.02	241.8	1888.7	101.5	405.7	
Average						1898.6				
0.025	1	3	5.06	5.05	5.03	204.6	1591.8	27.3	108.9	118.2
	2	3	5.02	5.05	5.02	208.7	1639.9	31.1	125.1	
	3	3	5.02	5.01	5.04	206.5	1629.1	29.8	120.8	
	4	7	5.01	5.03	5.03	207.9	1640.1	32.6	131.9	147.2
	5	7	5.04	5.02	5.02	206.1	1622.7	38.4	154.7	
	6	7	5.02	5.06	5.06	206.2	1604.3	38.6	154.9	
	7	28	5.02	5.01	5.03	209.4	1655.3	43.6	176.7	197.5
	8	28	5.02	5.03	5.00	205.2	1625.3	52.4	211.5	
	9	28	5.03	5.01	5.04	207.2	1631.4	50.5	204.3	
Average						1626.7				
0.100	1	3	5.03	5.05	5.06	161.6	1257.3	12.6	50.6	59.9
	2	3	5.05	5.04	5.00	157.9	1240.8	16.4	65.7	
	3	3	5.01	5.00	5.04	161.4	1278.4	15.6	63.5	
	4	7	5.06	5.04	5.02	155.5	1214.6	17.9	71.5	70.9
	5	7	5.06	5.05	5.03	157.7	1226.9	16.8	67.0	
	6	7	5.04	5.02	5.02	159.2	1253.4	18.4	74.1	
	7	28	5.02	5.06	5.06	151.8	1181.0	22.8	91.5	94.3
	8	28	5.02	5.01	5.03	157.8	1247.4	23.2	94.0	
	9	28	5.02	5.03	5.00	158.8	1257.8	24.1	97.3	
Average						1239.7				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผ.ข.21 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.7. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.5

Sand / Cement = 1.0

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.03	5.01	5.04	260.4	2050.2	68.2	275.9	280.4
	2	3	5.03	5.05	5.06	260.5	2026.7	70.8	284.1	
	3	3	5.03	5.05	5.06	260.9	2029.9	70.1	281.3	
	4	7	5.05	5.04	5.00	257.9	2026.6	82.7	331.2	349.9
	5	7	5.01	5.00	5.04	264.0	2091.1	96.9	394.3	
	6	7	5.06	5.04	5.02	257.6	2012.2	81.1	324.2	
	7	28	5.03	5.05	5.03	261.6	2047.4	101.1	405.7	421.5
	8	28	5.05	5.07	5.03	258.9	2010.3	99.4	395.7	
	9	28	5.07	5.02	5.02	263.7	2063.9	115.6	463.0	
Average						2039.8				
0.025	1	3	5.05	5.04	5.00	230.0	1807.3	45.5	182.2	176.5
	2	3	5.01	5.00	5.04	231.3	1832.1	43.9	178.6	
	3	3	5.06	5.04	5.02	228.4	1784.1	42.2	168.7	
	4	7	5.06	5.05	5.03	229.2	1783.2	48.3	192.7	206.2
	5	7	5.02	5.05	5.02	230.1	1808.1	52.2	209.9	
	6	7	5.02	5.01	5.04	228.8	1805.0	53.3	216.0	
	7	28	5.01	5.03	5.03	229.5	1810.5	61.6	249.2	227.8
	8	28	5.04	5.02	5.02	225.1	1772.3	54.6	220.0	
	9	28	5.05	5.07	5.03	223.2	1733.1	53.8	214.2	
Average						1792.9				
0.100	1	3	5.03	5.05	5.06	190.7	1483.7	25.4	101.9	103.9
	2	3	5.05	5.04	5.00	202.7	1592.8	28.5	114.1	
	3	3	5.01	5.00	5.04	193.2	1530.3	23.5	95.6	
	4	7	5.06	5.04	5.02	195.4	1526.3	32.1	128.3	122.2
	5	7	5.06	5.05	5.03	199.3	1550.6	30.5	121.7	
	6	7	5.02	5.05	5.02	188.1	1478.1	29.0	116.6	
	7	28	5.02	5.01	5.04	200.3	1580.2	45.7	185.2	147.6
	8	28	5.01	5.03	5.03	191.6	1511.5	30.5	123.4	
	9	28	5.05	5.05	5.01	191.2	1496.5	33.6	134.3	
Average						1527.8				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตัดทอนอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.7. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.5

Sand / Cement = 1.5

Alumi- nium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.03	5.02	5.00	264.7	2096.6	82.1	331.4	317.7
	2	3	5.01	5.03	5.04	266.5	2098.3	78.3	316.7	
	3	3	5.05	5.03	5.06	264.8	2060.2	76.0	305.0	
	4	7	5.05	5.03	5.06	265.6	2066.4	104.1	417.8	435.2
	5	7	5.04	5.05	5.00	265.5	2086.3	108.1	432.9	
	6	7	5.00	5.01	5.04	264.1	2091.8	111.8	455.0	
	7	28	5.04	5.06	5.02	265.8	2076.2	123.1	492.0	486.3
	8	28	5.05	5.03	5.03	264.8	2072.5	123.2	494.4	
	9	28	5.07	5.05	5.03	263.6	2046.8	118.7	472.6	
Average						2077.2				
0.025	1	3	5.04	5.02	5.02	232.5	1830.6	44.7	180.1	178.1
	2	3	5.02	5.06	5.06	238.5	1855.6	45.0	180.6	
	3	3	5.02	5.01	5.03	240.3	1899.5	42.8	173.5	
	4	7	5.02	5.03	5.00	237.0	1877.2	62.8	253.5	248.6
	5	7	5.03	5.01	5.04	239.0	1881.7	61.1	247.2	
	6	7	5.03	5.05	5.06	241.4	1878.1	61.1	245.2	
	7	28	5.03	5.05	5.06	235.8	1834.6	64.0	256.8	258.1
	8	28	5.05	5.04	5.00	237.5	1866.3	65.1	260.7	
	9	28	5.01	5.00	5.04	235.1	1862.1	63.1	256.8	
Average						1865.1				
0.100	1	3	5.00	5.01	5.04	219.4	1737.8	31.2	127.0	126.2
	2	3	5.04	5.06	5.02	211.4	1651.3	27.2	108.7	
	3	3	5.05	5.03	5.03	222.0	1737.5	35.6	142.9	
	4	7	5.07	5.05	5.03	218.7	1698.2	37.6	149.7	162.8
	5	7	5.02	5.07	5.02	220.1	1722.7	38.6	154.6	
	6	7	5.05	5.03	5.06	224.4	1745.9	45.9	184.2	
	7	28	5.04	5.05	5.00	215.8	1695.7	47.7	191.0	185.6
	8	28	5.00	5.04	5.04	217.1	1709.3	41.7	168.7	
	9	28	5.04	5.00	5.02	222.1	1755.7	48.7	197.0	
Average						1717.1				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.7. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.5

Sand / Cement = 2.0

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.01	5.03	5.04	274.7	2162.8	84.1	340.2	334.0
	2	3	5.05	5.03	5.06	270.0	2100.7	81.4	326.7	
	3	3	5.05	5.03	5.06	269.5	2096.8	83.5	335.1	
	4	7	5.04	5.05	5.00	277.0	2176.6	114.4	458.2	439.3
	5	7	5.00	5.01	5.04	271.7	2152.0	99.3	404.1	
	6	7	5.04	5.06	5.02	272.7	2130.1	114.0	455.7	
	7	28	5.05	5.03	5.03	279.3	2186.0	118.6	475.9	503.0
	8	28	5.07	5.05	5.03	269.1	2089.5	130.2	518.4	
	9	28	5.02	5.07	5.02	272.2	2130.5	128.5	514.7	
Average						2136.1				
0.025	1	3	5.06	5.04	5.02	248.6	1941.9	51.6	206.3	213.6
	2	3	5.06	5.05	5.03	244.9	1905.4	54.9	219.0	
	3	3	5.04	5.02	5.02	248.0	1952.6	53.5	215.6	
	4	7	5.02	5.06	5.06	249.5	1941.2	69.4	278.5	273.1
	5	7	5.05	5.04	5.00	242.0	1901.6	68.3	273.5	
	6	7	5.04	5.00	5.04	244.5	1925.1	66.1	267.4	
	7	28	5.00	5.04	5.02	247.4	1955.7	72.6	293.7	286.0
	8	28	5.06	5.02	5.02	247.8	1943.3	73.8	296.2	
	9	28	5.05	5.05	5.01	245.3	1919.9	67.1	268.2	
Average						1931.8				
0.100	1	3	5.07	5.02	5.02	213.1	1667.9	35.8	143.4	138.1
	2	3	5.03	5.05	5.06	222.5	1731.1	35.6	142.9	
	3	3	5.05	5.04	5.00	223.5	1756.2	32.0	128.2	
	4	7	5.01	5.00	5.04	217.2	1720.4	41.1	167.2	166.4
	5	7	5.06	5.04	5.02	226.5	1769.2	41.9	167.5	
	6	7	5.06	5.05	5.03	223.9	1742.0	41.2	164.4	
	7	28	5.02	5.05	5.02	219.7	1726.4	48.1	193.4	202.1
	8	28	5.02	5.01	5.04	222.4	1754.5	49.5	200.6	
	9	28	5.01	5.03	5.03	223.8	1765.6	52.5	212.4	
Average						1737.0				

ตารางที่ ผ.ข.7. ผลการทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้า w/c 0.5

Sand / Cement = 2.5

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
0.000	1	3	5.01	5.03	5.04	279.5	2200.6	134.5	544.1	558.8
	2	3	5.05	5.03	5.06	280.4	2181.6	139.7	560.6	
	3	3	5.05	5.03	5.06	276.6	2152.0	142.5	571.9	
	4	7	5.04	5.05	5.00	281.7	2213.6	149.6	599.2	585.7
	5	7	5.00	5.01	5.04	277.9	2201.2	147.3	599.4	
	6	7	5.04	5.06	5.02	278.6	2176.2	139.7	558.4	
	7	28	5.05	5.03	5.03	280.6	2196.1	151.2	606.8	615.4
	8	28	5.07	5.05	5.03	278.2	2160.2	154.3	614.3	
	9	28	5.02	5.07	5.02	278.0	2175.9	156.1	625.2	
Average						2184.1				
0.025	1	3	5.00	5.01	5.04	248.3	1966.7	63.5	258.4	256.5
	2	3	5.04	5.02	5.02	247.9	1951.8	61.7	248.6	
	3	3	5.02	5.06	5.06	256.0	1991.8	65.4	262.5	
	4	7	5.02	5.01	5.03	242.7	1918.5	74.7	302.8	284.8
	5	7	5.01	5.02	5.03	251.3	1986.5	67.3	272.8	
	6	7	5.03	5.02	5.00	259.5	2055.4	69.1	279.0	
	7	28	5.01	5.03	5.04	244.8	1927.4	70.7	286.0	292.5
	8	28	5.05	5.03	5.06	251.0	1952.8	73.3	294.2	
	9	28	5.05	5.03	5.06	256.6	1996.4	74.1	297.4	
Average						1971.9				
0.100	1	3	5.05	5.01	5.06	232.9	1819.2	41.6	167.6	181.0
	2	3	5.04	5.00	5.04	235.6	1855.0	45.6	184.5	
	3	3	5.00	5.04	5.02	235.3	1860.0	47.2	190.9	
	4	7	5.06	5.02	5.02	237.4	1861.8	51.6	207.1	204.5
	5	7	5.05	5.05	5.01	238.1	1863.5	50.5	201.9	
	6	7	5.03	5.02	5.04	235.9	1853.6	50.7	204.7	
	7	28	5.01	5.04	5.02	237.3	1872.1	55.1	222.4	225.1
	8	28	5.03	5.02	5.06	239.4	1873.7	59.4	239.8	
	9	28	5.03	5.02	5.06	240.8	1884.7	52.8	213.2	
Average						1860.4				

ข4. การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ ผ.ข.8. ผลการทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำของซีเมนต์เพสต์

w/c	Aluminium Powder (%)	No.	Weight (Dry oven) (g)	Weight (Wet) (g)	Weight (Water) (g)	Absorption	
						(%)	Avg.
0.3	0	1	250.91	276.52	25.61	10.21	9.99
		2	252.64	277.65	25.01	9.90	
		3	252.42	277.34	24.92	9.87	
	0.025	1	174.64	207.44	32.80	18.78	18.41
		2	178.76	211.68	32.92	18.42	
		3	180.93	213.56	32.63	18.03	
	0.05	1	165.78	197.86	32.08	19.35	20.40
		2	167.25	201.85	34.60	20.69	
		3	165.43	200.46	35.03	21.18	
	0.1	1	150.25	183.37	33.12	22.04	22.36
		2	147.83	180.92	33.09	22.38	
		3	147.52	180.95	33.43	22.66	
0.4	0	1	198.26	241.59	43.33	21.86	20.88
		2	198.94	239.56	40.62	20.42	
		3	198.05	238.38	40.33	20.36	
	0.025	1	165.21	208.11	42.90	25.97	25.61
		2	165.05	206.55	41.50	25.14	
		3	164.10	206.31	42.21	25.72	
	0.05	1	137.45	177.20	39.75	28.92	28.40
		2	142.56	184.32	41.76	29.29	
		3	143.67	182.46	38.79	27.00	
	0.1	1	127.54	167.29	39.75	31.17	31.21
		2	124.37	163.55	39.18	31.50	
		3	128.57	168.37	39.80	30.96	
0.5	0	1	198.24	244.66	46.42	23.42	23.46
		2	199.26	246.06	46.80	23.49	
		3	201.58	248.91	47.33	23.48	
	0.025	1	151.01	197.62	46.61	30.87	30.73
		2	149.17	195.24	46.07	30.88	
		3	150.22	195.96	45.74	30.45	
	0.05	1	130.61	173.22	42.61	32.62	32.33
		2	133.34	175.75	42.41	31.81	
		3	130.15	172.52	42.37	32.55	
	0.1	1	114.89	156.43	41.54	36.16	35.54
		2	119.57	161.44	41.87	35.02	
		3	119.18	161.44	42.26	35.46	

ตารางที่ ผ.ข.9. ผลการทดสอบหาอัตราการดูดซึมของมอร์ต้า

w/c	s/c	Aluminium Powder (%)	No.	Weight (Dry oven) (g)	Weight (Wet) (g)	Weight (Water) (g)	Absorption	
							(%)	Avg.
0.3	1	0	1	263.91	285.36	21.45	8.13	8.09
			2	267.56	289.31	21.75	8.13	
			3	266.27	287.63	21.36	8.02	
		0.025	1	238.46	261.51	23.05	9.67	9.75
			2	235.94	259.12	23.18	9.82	
			3	236.79	259.89	23.10	9.76	
	0.1	1	214.56	239.90	25.34	11.81	12.03	
		2	213.76	239.75	25.99	12.16		
		3	215.68	241.84	26.16	12.13		
	1.5	0	1	277.56	294.57	17.01	6.13	6.45
			2	274.68	293.45	18.77	6.83	
			3	275.69	293.31	17.62	6.39	
0.025		1	247.98	264.89	16.91	6.82	7.64	
		2	242.76	263.07	20.31	8.37		
		3	245.16	264.13	18.97	7.74		
0.1	1	223.46	245.89	22.43	10.04	10.13		
	2	225.64	246.78	21.14	9.37			
	3	222.89	247.39	24.50	10.99			
0.4	1	0	1	250.14	275.98	25.84	10.33	10.28
			2	253.32	279.19	25.87	10.21	
			3	251.69	277.59	25.90	10.29	
		0.025	1	220.27	245.49	25.22	11.45	11.06
			2	222.66	246.87	24.21	10.87	
			3	223.64	247.89	24.25	10.84	
	0.1	1	209.91	237.85	27.94	13.31	13.43	
		2	208.82	236.90	28.08	13.45		
		3	208.11	236.25	28.14	13.52		
	2	0	1	260.89	281.56	20.67	7.92	8.01
			2	262.35	282.77	20.42	7.78	
			3	257.12	278.54	21.42	8.33	
0.025		1	219.39	239.16	19.77	9.01	9.01	
		2	220.67	239.97	19.30	8.75		
		3	219.69	240.04	20.35	9.26		
0.1	1	189.70	210.49	20.79	10.96	10.58		
	2	185.46	207.31	21.85	11.78			
	3	187.29	204.16	16.87	9.01			

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ส่วนตัวสำหรับโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นใบรับระเบียนด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.9. ผลการทดสอบหาอัตราการดูดซึมของมอร์ต้า

w/c	s/c	Aluminium Powder (%)	No.	Weight (Dry oven) (g)	Weight (Wet) (g)	Weight (Water) (g)	Absorption		
							(%)	Avg.	
0.5	1	0	1	232.83	264.63	31.80	13.66	13.71	
			2	233.34	265.45	32.11	13.76		
			3	232.67	264.56	31.89	13.71		
		0.025	1	188.78	220.71	31.93	16.91	17.16	
			2	187.92	219.87	31.95	17.00		
			3	185.44	218.03	32.59	17.57		
	0.1	1	157.52	193.36	35.84	22.75	22.69		
		2	158.64	195.66	37.02	23.34			
		3	160.08	195.25	35.17	21.97			
	2	0	0	1	242.95	269.17	26.22	10.79	10.76
				2	244.38	270.46	26.08	10.67	
				3	244.51	270.95	26.44	10.81	
0.025		1	229.46	255.21	25.75	11.22	11.22		
		2	231.30	257.60	26.30	11.37			
		3	233.20	258.98	25.78	11.05			
0.1	1	207.01	234.18	27.17	13.12	13.05			
	2	206.61	233.84	27.23	13.18				
	3	206.04	232.49	26.45	12.84				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ผข28 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข5. การทดสอบหาค่ารับแรงอัดที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ

ตารางที่ ผ.ข.10. ผลการทดสอบหาค่ารับแรงอัดของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ

w/c 0.5 , s/c 2 , Al 0%

Aluminium Powder (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
A.c.	1	1	5.04	5.02	5.06	272.9	2131.7	112.3	452.5	431.7
	2	1	5.05	5.00	5.09	274.8	2138.1	102.8	415.0	
	3	1	5.05	5.04	5.04	271.8	2118.8	106.8	427.7	
	4	3	5.03	5.09	5.09	272.3	2089.5	124.9	497.1	476.4
	5	3	5.03	5.08	5.07	274.6	2119.6	114.2	455.6	
	6	3	5.05	5.07	5.02	272.8	2122.5	119.7	476.6	
	7	7	5.06	5.11	5.02	273.7	2108.6	128.9	508.2	530.3
	8	7	5.06	5.05	5.01	276.3	2158.2	133.2	531.4	
	9	7	5.04	5.04	5.00	275.4	2168.4	137.4	551.4	
	10	28	5.06	5.05	5.01	274.0	2140.3	140.4	560.1	553.3
	11	28	5.04	5.04	5.00	271.8	2140.0	138.2	554.6	
	12	28	5.02	5.00	5.04	275.0	2173.8	134.3	545.2	
Average							2134.1			
H.W.c.	13	27.1	5.04	5.05	5.00	273.1	2148.5	97.3	389.6	382.4
	14	29.8	5.04	5.05	4.99	272.8	2149.2	95.5	382.6	
	15	32.5	5.04	5.05	4.98	271.9	2145.2	93.6	375.0	
	16	35.2	5.04	5.05	4.98	273.8	2163.3	98.2	393.5	408.2
	17	37.8	5.04	5.05	4.97	273.3	2162.4	106.3	426.0	
	18	40.5	5.04	5.05	4.96	272.7	2160.8	101.1	405.2	
	19	43.2	5.04	5.05	4.96	272.3	2160.8	112.4	450.6	467.3
	20	45.9	5.04	5.04	4.95	272.8	2167.8	115.8	464.3	
	21	48.5	5.04	5.04	4.94	273.5	2176.6	121.5	487.2	
	22	51.2	5.04	5.04	4.94	273.9	2182.9	134.8	540.6	527.3
	23	53.9	5.04	5.04	4.93	273.6	2183.7	132.5	531.4	
	24	56.6	5.04	5.04	4.92	272.6	2178.9	127.1	509.8	
Average							2165.0			

ตารางที่ ผ.ข.10. ผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ

w/c 0.5 , s/c 2 , Al 0%

curing type	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
water	1	1	4.97	5.00	5.09	274.2	2167.8	67.5	276.9	288.6
	2	1	5.05	5.03	5.00	273.5	2153.4	71.9	288.5	
	3	1	5.06	5.04	5.03	273.7	2133.7	75.2	300.4	
	4	3	5.04	5.03	5.03	272.3	2135.4	91.4	367.5	348.1
	5	3	5.04	5.06	5.02	272.9	2131.7	83.4	333.4	
	6	3	5.06	5.04	5.04	272.5	2120.1	85.9	343.4	
	7	7	5.01	5.01	5.02	273.1	2167.4	108.9	442.3	445.4
	8	7	5.01	5.06	5.01	272.4	2144.8	116.1	466.8	
	9	7	5.00	5.04	5.02	274.3	2168.3	105.6	427.2	
	10	28	5.14	5.00	5.04	273.6	2112.3	134.8	534.5	517.9
	11	28	5.08	5.00	5.00	273.2	2151.2	128.9	517.3	
	12	28	5.14	5.05	5.01	273.3	2101.6	127.8	501.9	
Average						2140.6				
wrapping	13	27.1	5.11	5.08	5.10	273.1	2062.8	50.1	196.7	203.6
	14	29.8	5.03	5.08	5.05	272.8	2114.1	55.2	220.2	
	15	32.5	5.11	5.11	5.10	271.9	2041.7	49.7	193.8	
	16	35.2	5.04	5.14	5.00	273.8	2113.8	80.1	315.2	303.6
	17	37.8	5.00	5.08	5.00	273.3	2152.0	76.8	308.2	
	18	40.5	5.01	5.14	5.05	272.7	2097.0	72.6	287.4	
	19	43.2	5.00	5.05	5.04	272.3	2139.7	89.4	360.9	365.2
	20	45.9	5.03	5.00	5.08	272.8	2135.2	88.6	359.1	
	21	48.5	5.01	5.00	5.08	273.5	2149.2	92.3	375.6	
	22	51.2	5.06	5.06	5.10	273.9	2097.6	104.6	416.4	417.3
	23	53.9	5.06	5.06	5.11	273.6	2091.2	99.6	396.5	
	24	56.6	5.04	5.04	5.12	272.3	2093.7	109.4	439.0	
Average						2107.3				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตัดทอนอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.11. ผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ

w/c 0.5 , s/c 2 , Al 0.1%

curing type	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
A.c.	1	1	4.97	4.99	5.04	211.9	1695.3	45.3	186.2	195.4
	2	1	5.00	5.05	4.97	214.9	1712.5	50.8	205.1	
	3	1	5.02	4.99	4.92	210.6	1708.8	47.9	194.9	
	4	3	5.06	5.09	5.04	214.6	1653.2	54.1	214.1	203.1
	5	3	5.04	5.08	5.01	209.3	1631.7	52.6	209.4	
	6	3	5.06	5.05	5.00	211.6	1656.2	46.6	185.9	
	7	7	5.01	5.01	5.06	216.4	1703.8	54.1	219.7	213.1
	8	7	5.00	5.02	5.04	222.7	1760.4	50.4	204.7	
	9	7	5.02	5.00	5.02	218.8	1736.5	52.9	214.8	
	10	28	5.04	5.02	5.09	217.4	1688.1	57.8	232.9	219.4
	11	28	5.02	5.02	5.10	222.2	1728.9	50.1	202.7	
	12	28	5.00	5.00	5.08	214.6	1689.8	54.6	222.7	
Average						1697.1				
H.W.c.	13	27.1	5.06	5.09	5.04	206.1	1587.7	31.3	123.9	136.3
	14	29.8	5.04	5.08	5.01	206.7	1611.4	34.8	138.6	
	15	32.5	5.06	5.05	5.00	206.8	1618.6	36.7	146.4	
	16	35.2	5.01	5.01	5.06	207.4	1633.0	37.8	153.5	155.6
	17	37.8	5.00	5.02	5.04	209.4	1655.3	37.5	152.3	
	18	40.5	5.02	5.00	5.02	209.8	1665.1	39.7	161.0	
	19	43.2	5.04	5.02	5.09	217.1	1685.8	47.2	190.2	184.8
	20	45.9	5.02	5.02	5.10	217.2	1690.0	45.9	185.7	
	21	48.5	5.00	5.00	5.08	214.9	1692.1	43.8	178.6	
	22	51.2	5.01	5.04	5.02	216.3	1706.4	54.1	218.4	205.4
	23	53.9	5.00	5.00	5.05	214.3	1697.4	50.2	204.7	
	24	56.6	5.03	5.02	5.01	212.5	1679.8	47.8	193.0	
Average						1660.2				

ตารางที่ ผ.ข.11. ผลการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าที่ใส่ผงลูมิเนียมในการบ่มวิธีต่างๆ

w/c 0.5 , s/c 2 , Al 0.1 %

curing type	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength	
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.
water	1	1	5.03	5.04	5.00	215.9	1703.3	24.8	99.7	97.7
	2	1	5.04	5.00	5.00	218.7	1735.7	23.2	93.6	
	3	1	5.03	5.00	5.00	214.5	1705.8	24.6	99.7	
	4	3	5.00	5.02	5.06	213.9	1684.2	33.1	134.4	136.1
	5	3	5.00	5.00	5.00	218.9	1751.2	39.8	162.3	
	6	3	5.00	5.00	5.05	217.2	1720.4	27.4	111.7	
	7	7	5.06	5.00	4.99	218.6	1731.5	37.1	149.5	162.4
	8	7	5.01	5.06	5.02	218.5	1717.0	37.9	152.4	
	9	7	4.98	5.06	5.08	218.0	1703.0	45.8	185.3	
	10	28	5.06	5.05	5.01	217.7	1700.5	51.3	204.6	198.3
	11	28	5.04	5.04	5.00	216.5	1704.6	49.8	199.8	
	12	28	5.02	5.00	5.04	218.0	1723.3	46.9	190.5	
Average						1715.0				
wrapping	13	27.1	5.01	5.00	5.03	211.0	1674.6	16.9	68.8	71.6
	14	29.8	5.03	5.00	5.00	206.4	1641.4	17.6	71.3	
	15	32.5	5.04	5.00	5.00	202.3	1605.6	18.5	74.8	
	16	35.2	5.02	5.03	5.06	209.8	1642.0	25.6	103.3	95.4
	17	37.8	5.09	5.08	5.04	208.8	1602.2	24.1	95.0	
	18	40.5	5.10	5.05	5.02	206.6	1598.0	22.2	87.9	
	19	43.2	5.05	5.00	5.00	201.5	1596.0	26.0	105.0	98.8
	20	45.9	5.04	5.02	5.06	210.3	1642.7	22.5	90.7	
	21	48.5	5.02	5.00	5.04	209.8	1658.4	24.8	100.7	
	22	51.2	5.02	5.00	5.07	212.6	1670.6	23.7	96.3	103.7
	23	53.9	5.02	5.03	5.06	208.5	1631.9	26.1	105.4	
	24	56.6	5.04	5.00	5.06	208.9	1638.3	27.1	109.6	
Average						1633.5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และทำซ้ำอย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข6. การทดสอบหาการยัดหดตัว(Autogeneous shrinkage) ที่การบ่มด้วยวิธีการต่างๆ

ตารางที่ ผ.ข.12. ผลการยัดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียม

w/c 0.5 , s/c 2 , Al 0%

curing type	No.	length	time (Days)	data on gauge		X <sub>1</sub> + X <sub>2</sub>	ΔX	Autogeneous shrinkage (10 <sup>-6</sup> )
				X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>			
A.c.	1	136.9	1	10.86	9.57	20.43	0.00	0.0
			2	10.45	10.08	20.53	0.10	730.5
			3	10.64	9.87	20.51	0.08	584.4
			7	10.78	9.73	20.51	0.08	584.4
			28	10.94	9.56	20.50	0.07	511.3
	2	134.8	1	9.62	10.10	19.72	0.00	0.0
			2	9.12	10.73	19.85	0.13	964.4
			3	9.45	10.33	19.78	0.06	445.1
			7	9.31	10.49	19.80	0.08	593.5
			28	9.48	10.36	19.84	0.12	890.2
	3	132.3	1	9.86	9.76	19.62	0.00	0.0
			2	10.20	9.53	19.73	0.11	831.4
			3	10.12	9.52	19.64	0.02	151.2
			7	10.14	9.56	19.70	0.08	604.7
			28	10.07	9.64	19.71	0.09	680.3
H.W.c	4	136.2	1	10.98	9.34	20.32	0.00	0.0
			2	11.02	9.36	20.38	0.06	440.5
			3	11.16	9.20	20.36	0.04	293.7
			7	10.97	9.36	20.33	0.01	73.4
			28	11.03	9.32	20.35	0.03	220.3
	5	134.4	1	10.14	10.02	20.16	0.00	0.0
			2	10.36	9.84	20.20	0.04	297.6
			3	10.45	9.72	20.17	0.01	74.4
			7	10.87	9.32	20.19	0.03	223.2
			28	10.65	9.53	20.18	0.02	148.8
	6	134.8	1	11.13	9.18	20.31	0.00	0.0
			2	10.89	9.44	20.33	0.02	148.4
			3	10.95	9.37	20.32	0.01	74.2
			7	11.02	9.30	20.32	0.01	74.2
			28	10.79	9.53	20.32	0.01	74.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และนำอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.12. ผลการบีดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้าที่ไม่ใส่ผงอลูมิเนียม

w/c 0.5 , s/c 2 , Al 0%

curing type	No.	length	time (Days)	data on gauge		X <sub>1</sub> + X <sub>2</sub>	ΔX	Autogeneous shrinkage (10 <sup>-6</sup> )
				X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>			
water	7	137.4	1	10.32	10.54	20.86	0.00	0.0
			2	10.54	10.33	20.87	0.01	72.8
			3	10.62	10.25	20.87	0.01	72.8
			7	10.28	10.58	20.86	0.00	0.0
			28	10.51	10.38	20.89	0.03	218.3
	8	135.4	1	10.97	9.26	20.23	0.00	0.0
			2	10.64	9.59	20.23	0.00	0.0
			3	10.59	9.64	20.23	0.00	0.0
			7	10.84	9.40	20.24	0.01	73.9
			28	10.38	9.85	20.23	0.00	0.0
	9	136.2	1	9.15	11.4	20.55	0.00	0.0
			2	9.84	10.73	20.57	0.02	146.8
			3	9.56	11.01	20.57	0.02	146.8
			7	9.15	11.41	20.56	0.01	73.4
			28	9.37	11.19	20.56	0.01	73.4
wrapping	10	132.7	1	9.12	10.64	19.76	0.00	0.0
			2	9.61	10.13	19.74	-0.02	-150.7
			3	9.54	10.20	19.74	-0.02	-150.7
			7	9.31	10.41	19.72	-0.04	-301.4
			28	9.62	10.11	19.73	-0.03	-226.1
	11	134.3	1	11.01	9.21	20.22	0.00	0.0
			2	10.62	9.60	20.22	0.00	0.0
			3	10.34	9.89	20.23	0.01	74.5
			7	10.75	9.46	20.21	-0.01	-74.5
			28	10.97	9.24	20.21	-0.01	-74.5
	12	138.8	1	12.11	9.28	21.39	0.00	0.0
			2	10.47	10.91	21.38	-0.01	-72.0
			3	9.36	12.02	21.38	-0.01	-72.0
			7	1.12	20.27	21.39	0.00	0.0
			28	10.57	10.82	21.39	0.00	0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.13. ผลการบีดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียม

w/c 0.5 , s/c 2 , Al 0.1 %

curing type	No.	length	time (Days)	data on gauge		X <sub>1</sub> + X <sub>2</sub>	ΔX	Autogeneous shrinkage (10 <sup>-6</sup> )
				X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>			
A.c.	1	136.0	1	11.05	9.49	20.54	0.00	0.0
			2	10.14	10.55	20.69	0.15	1102.9
			3	9.66	10.94	20.60	0.06	441.2
			7	10.33	10.28	20.61	0.07	514.7
			28	11.46	9.14	20.60	0.06	441.2
	2	131.3	1	9.75	9.97	19.72	0.00	0.0
			2	10.14	9.68	19.82	0.10	761.6
			3	10.55	9.24	19.79	0.07	533.1
			7	11.00	8.78	19.78	0.06	457.0
			28	10.94	8.86	19.80	0.08	609.3
	3	136.1	1	10.54	10.14	20.68	0.00	0.0
			2	11.12	9.69	20.81	0.13	955.2
			3	11.62	9.12	20.74	0.06	440.9
			7	10.95	9.81	20.76	0.08	587.8
			28	10.78	9.99	20.77	0.09	661.3
H.W.c	4	134.9	1	11.05	9.49	20.54	0.00	0.0
			2	9.46	11.12	20.58	0.04	296.5
			3	11.26	9.30	20.56	0.02	148.3
			7	10.68	9.87	20.55	0.01	74.1
			28	10.34	10.22	20.56	0.02	148.3
	5	135.8	1	9.75	9.97	19.72	0.00	0.0
			2	10.31	9.45	19.76	0.04	294.6
			3	9.54	10.18	19.72	0.00	0.0
			7	10.25	9.49	19.74	0.02	147.3
			28	9.91	9.84	19.75	0.03	220.9
	6	135.6	1	10.54	10.14	20.68	0.00	0.0
			2	11.23	9.46	20.69	0.01	73.7
			3	10.98	9.72	20.70	0.02	147.5
			7	12.05	8.64	20.69	0.01	73.7
			28	10.02	10.68	20.70	0.02	147.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.13. ผลการยัดหดตัว (Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้าที่ใส่ผงอลูมิเนียม

w/c 0.5 , s/c 2 , Al 0.1 %

curing type	No	length	time (Days)	data on gauge		X <sub>1</sub> + X <sub>2</sub>	ΔX	Autogeneous shrinkage (10 <sup>-6</sup> )
				X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>			
water	7	135.6	1	11.05	9.49	20.54	0.00	0.0
			2	12.54	7.99	20.53	-0.01	-73.7
			3	10.46	10.09	20.55	0.01	73.7
			7	11.15	9.42	20.57	0.03	221.2
			28	11.84	8.72	20.56	0.02	147.5
	8	131.8	1	9.84	9.97	19.81	0.00	0.0
			2	10.02	9.79	19.81	0.00	0.0
			3	9.87	9.98	19.85	0.04	303.5
			7	11.16	8.67	19.83	0.02	151.7
			28	10.05	9.79	19.84	0.03	227.6
	9	135.9	1	10.54	10.14	20.68	0.00	0.0
			2	9.64	11.06	20.70	0.02	147.2
			3	9.45	11.24	20.69	0.01	73.6
			7	9.87	10.81	20.68	0.00	0.0
			28	9.15	11.55	20.70	0.02	147.2
wrapping	10	135.7	1	11.05	9.49	20.54	0.00	0.0
			2	11.36	9.20	20.56	0.02	147.4
			3	10.16	10.34	20.50	-0.04	-294.8
			7	11.24	9.26	20.50	-0.04	-294.8
			28	11.94	8.55	20.49	-0.05	-368.5
	11	136.5	1	10.75	9.97	20.72	0.00	0.0
			2	9.87	10.85	20.72	0.00	0.0
			3	10.65	10.06	20.71	-0.01	-73.3
			7	10.26	10.44	20.70	-0.02	-146.5
			28	10.88	9.79	20.67	-0.05	-366.3
	12	136.8	1	10.54	10.14	20.68	0.00	0.0
			2	10.49	10.18	20.67	-0.01	-73.1
			3	11.14	9.51	20.65	-0.03	-219.3
			7	10.97	9.66	20.63	-0.05	-365.5
			28	11.13	9.49	20.62	-0.06	-438.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ข้อมูลไปยังผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต  
หน้า 36

ตารางที่ ผ.ข.14. ค่าเฉลี่ยการยี้หดตัว (Autogeneous shrinkage) ของมอร์ต้า

w/c 0.5 , Al 0% , s/c 2

curing type	No.	Autogeneous shrinkage							
		2 Days		3 Days		7 Days		28 Days	
		(10 <sup>-6</sup> )	Avg.	(10 <sup>-6</sup> )	Avg.	(10 <sup>-6</sup> )	Avg.	(10 <sup>-6</sup> )	Avg.
A.c.	1	730.5		584.4		584.4		511.3	
	2	964.4	842.1	445.1	393.5	593.5	594.2	890.2	693.9
	3	831.4		151.2		604.7		680.3	
H.W.c.	4	440.5		293.7		73.4		220.3	
	5	297.6	295.5	74.4	147.4	223.2	123.6	148.8	147.8
	6	148.4		74.2		74.2		74.2	
water	7	72.8		72.8		0.0		218.3	
	8	0.0	73.2	0.0	73.2	73.9	49.1	0.0	97.3
	9	146.8		146.8		73.4		73.4	
wrapping	10	-		-		-		-	
	11	150.7	-74.3	150.7	-49.4	301.4	-	226.1	-
	12	0.0		74.5		-74.5	125.3	-74.5	100.2

w/c 0.5 , Al 0.1% , s/c 2

curing type	No.	Autogeneous shrinkage							
		2 Days		3 Days		7 Days		28 Days	
		(10 <sup>-6</sup> )	Avg.	(10 <sup>-6</sup> )	Avg.	(10 <sup>-6</sup> )	Avg.	(10 <sup>-6</sup> )	Avg.
A.c.	1	1102.9		441.2		514.7		441.2	
	2	761.6	939.9	533.1	471.7	457.0	519.8	609.3	570.6
	3	955.2		440.9		587.8		661.3	
H.W.c.	4	296.5		148.3		74.1		148.3	
	5	294.6	221.6	0.0	98.6	147.3	98.4	220.9	172.2
	6	73.7		147.5		73.7		147.5	
water	7	-73.7		73.7		221.2		147.5	
	8	0.0	24.5	303.5	150.3	151.7	124.3	227.6	174.1
	9	147.2		73.6		0.0		147.2	
wrapping	10	147.4		-294.8		-294.8		-368.5	
	11	0.0	24.8	-73.3	-	-146.5	-	-366.3	-
	12	-73.1		-219.3	195.8	-365.5	268.9	-438.6	391.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ ผ37 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข7. การทดสอบหาความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว

ตารางที่ ผ.ข.15. ผลการทดสอบหาลังรับแรงอัดของซีเมนต์เพสต์ที่ผสมปูนขาว

ปูนขาว (%)	No.	Age. (days)	Dimention (cm)			Weight (g)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	load (kN)	Compressive strength		
			W.	L.	H.				(ksc)	Avg.	
2.5	1	3	5.03	5.04	5.06	151.1	1177.9	16.2	65.1	64.3	
	2	3	5.04	5.04	5.01	148.2	1164.5	14.1	56.6		
	3	3	5.03	5.05	5.03	146.5	1146.6	17.7	71.0		
	67.1	4	7	5.05	5.07	5.03	148.0	1149.3	18.8	74.8	
		5	7	5.07	5.02	5.02	148.8	1164.4	14.5	57.9	
		6	7	5.03	5.05	5.06	149.7	1164.7	17.1	68.6	
		7	28	5.05	5.04	5.00	148.5	1166.9	20.1	80.5	82.9
		8	28	5.01	5.00	5.04	149.9	1187.3	19.4	78.9	
		9	28	5.06	5.04	5.02	149.3	1166.3	22.3	89.1	
Average						1165.3					
5.0	1	3	5.06	5.05	5.03	156.0	1213.5	16.3	65.0	66.7	
	2	3	5.02	5.05	5.02	157.2	1235.2	16.6	66.5		
	3	3	5.02	5.01	5.04	154.2	1216.6	16.9	68.5		
	79.9	4	7	5.01	5.03	5.03	153.6	1211.7	20.9	84.5	
		5	7	5.04	5.02	5.02	154.8	1218.8	19.1	77.0	
		6	7	5.02	5.06	5.06	154.3	1200.3	19.5	78.3	
		7	28	5.02	5.01	5.03	152.7	1207.1	30.1	122.0	113.4
		8	28	5.02	5.03	5.00	153.1	1212.6	25.6	103.3	
		9	28	5.03	5.01	5.04	153.5	1208.9	28.4	114.9	
Average						1213.9					
7.5	1	3	5.03	5.05	5.06	153.2	1191.9	18.6	74.6	71.5	
	2	3	5.05	5.04	5.00	158.7	1247.1	17.8	71.1		
	3	3	5.01	5.00	5.04	158.7	1257.0	16.9	68.8		
	83.7	4	7	5.06	5.04	5.02	159.6	1246.7	21.3	85.1	
		5	7	5.06	5.05	5.03	156.1	1214.6	22.3	89.0	
		6	7	5.04	5.02	5.02	156.1	1229.1	19.1	77.0	
		7	28	5.02	5.06	5.06	157.4	1224.5	27.0	108.4	118.4
		8	28	5.02	5.01	5.03	159.4	1260.0	29.8	120.8	
		9	28	5.02	5.03	5.00	156.4	1238.6	31.2	126.0	
Average						1234.4					
0.0	1	3	5.03	5.05	5.06	152.8	1188.9	21.0	84.3	76.5	
	2	3	5.05	5.04	5.00	158.1	1242.6	18.2	72.9		
	3	3	5.01	5.00	5.04	158.2	1253.1	17.8	72.4		
	100.3	4	7	5.06	5.04	5.02	159.4	1245.1	21.6	86.3	
		5	7	5.06	5.05	5.03	155.6	1210.6	27.1	108.1	
		6	7	5.04	5.02	5.02	155.7	1225.9	26.4	106.4	
		7	28	5.02	5.06	5.06	156.9	1220.7	31.6	126.8	134.8
		8	28	5.02	5.01	5.03	158.9	1256.3	33.5	135.8	
		9	28	5.02	5.03	5.00	155.7	1233.1	35.1	141.7	
Average						1230.7					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และ ผข38 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้