สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม

PRODUCT MADE BY CONCRETE MIXED WITH USED FOAM (FOAMCRETE)

โดย

นายชัยรัตน์ วงศ์จารุพรรณ

นายณรงค์ฤทธิ์ ว่องไว

นายราม วัฒนาวีรวงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42415
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCT MADE BY CONCRETE MIXED WITH USED FOAM (FOAMCRETE)

MR.CHAITRAT WONGJARUPAN

MR.NARONGRIT WONGWAI

MR.RAM WATTANAWIRAWONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม			
นักศึกษา	นายชัยรัตน์	วงศ์จารุพรรณ	รหัสประจำตัว	40010176
	นายณรงค์ฤทธิ์	ว่องไว	รหัสประจำตัว	40010211
	นายราม	วัฒนาวีรวงศ์	รหัสประจำตัว	40010643
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิชา	วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา			
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ			

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ ผศ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ อ.ศิลป์ชัย จานสุวรรณ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม FOAMCRETE
นักศึกษา	นายชัยรัตน์ วงศ์จารุพรรณ นายณรงค์ฤทธิ์ ว่องไว นายราม วัฒนาวีรวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำผลการวิจัยของโครงงานเรื่องวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟมของนายอัศศวิน เลิศโสภา, นายโอภาส วิศรุตธรรมและนายปีใหม่ อาจสาคร เมื่อปี พ.ศ.2543ได้แนะนำเปอร์เซ็นต์โฟมที่เหมาะสมมาทำผนัง คือที่ 75 % จึงได้นำมาทดสอบเพิ่มเติมซึ่งได้แก่การทดสอบทางกลศาตร์ได้แก่การทดสอบกำลังรับแรงแบกทานและทางกายภาพได้แก่การทดสอบการทนไฟ อัตราการดูดซึมความชื้นและกำลังรับแรงกระแทกเพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงและทำการหล่อชิ้นงานอื่นๆเพิ่มเติมดังนี้ บล็อคตัวหนอน บล็อคปูถนน 30x30 Curbและชุดโต๊ะสนาม แล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆและเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่มีอยู่ตามท้องตลาด โดยเลือกการทดสอบให้เหมาะกับประเภทของชิ้นงานและการนำไปใช้ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับประเภทของชิ้นงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าวัสดุคอนกรีตผสมเศษโฟมสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนต่างๆได้และเป็นข้อมูลในการนำคอนกรีตผสมเศษโฟมมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้อื่นๆต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	FOAMCRETE
Name	:	MR.CHAITRAT WONGJARUPAN
		MR.NARONGRIT WONGWAI
		MR.RAM WATTANAWIRAWONG
Field	:	CONSTRUCTION ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	ASSOC.PROF.SIRIWAT CHAICHANA

ABSTRACT

This research was improved from the Foamcrete Project of Mr.Peemai Addsakorn, Mr.Asawin Lertsopa, Mr.Opas Visaruttum at 2543. It focuses on materials used for mixing with concrete (Foamcrete). It used 75% foam ingredient, which could get adequate strength with high workability. The foamcrete can be applied to produce for wall-partition, pavement block, 30x30 block, field table and curb. These products were checked mechanical property such as bearing strength test, and physical property such as fire resistance test, moisture absorbtion test, impact strength test. Finally, they were compared the properties with these products in the present market which produced by plain concrete. The result of this study indicated the possibility of applying foamcrete to many products in construction industry.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ญ
	สารบัญรูป	ฎ
1	บทนำ	
	1.1. ความแป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	2
	1.3. ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในโครงงาน	2
	1.4. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	3
2	วรรณกรรมปริทรรศน์	
	2.1. คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดลองทำวัสดุผสมระหว่างคอนกรีตกับโฟมเหลือใช้	4
	2.2. ชิ้นงานที่จัดทำ	5
	2.3. การทดสอบทางกลศาสตร์	
	2.3.1. การทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน	7
	2.4. การทดสอบทางกายภาพ	
	2.4.1. การทดสอบความสามารถทนไฟ	8
	2.4.2. การทดสอบการดูดซึมความชื้น	9
	2.4.3. การทดสอบกำลังรับแรงกระแทก	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
3	**การดำเนินงานวิจัย**	
	3.1. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต	
	3.1.1. ขอบเขต	14
	3.1.2. กล่าวนำ	14
	3.1.3. ความสัมพันธ์ขั้นมูลฐาน	15
	3.1.4. ข้อมูลพื้นฐาน	15
	3.1.5. ขั้นตอนการคำนวณ	16
	3.2. เครื่องมือที่ใช้	25
4	**ผลการทดสอบ, การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง**	
	4.1. ผลการทดสอบ	26
	4.2. วิเคราะห์ผลการทดลอง	63
	4.3. สรุปผลการทดลอง	66
	รายการอ้างอิง	85
	บรรณานุกรม	86
	ภาคผนวก ก.	
	- ข้อกำหนดกำหนดเกี่ยวกับคอนกรีตในการใช้งานประเภทต่างๆ	ผก2
	ภาคผนวก ข.	
	- การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสม	
	ข.1 การทดสอบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์	ผข2
	ข.2 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด และมวลรวมหยาบ	ผข4
	ข.3 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของ มวลรวมละเอียด	ผข7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ข.4 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ	ผข9
	ข.5 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม	ผข11
	ข.6 การทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลรวม	ผข14
	ข.7 การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด	ผข16
	ข.8 การทดสอบการดูดซึมของโฟม	ผข18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	แสดงประเภทของชิ้นงานและการทดสอบที่จะทดสอบ	6
2.2.	ความสูงตกกระทบ	12
2.3.	สัญลักษณ์ความต้านการกระแทก	13
3.1.	ค่ายุบตัวสำหรับงานประเภทต่างๆ	18
3.2.	ปริมาณน้ำผสมคอนกรีต	18
3.3.	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังคอนกรีตกับอัตราส่วนน้ำ – ซีเมนต์	20
3.4.	อัตราส่วนน้ำ – ซีเมนต์ที่ยอมให้สำหรับงานภายใต้สภาวะพิเศษ	20
3.5.	ปริมาตรของหินต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร	21
3.6.	น้ำหนักคอนกรีตสด	21
4.1.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอน คอนกรีตผสมเศษโฟม	27
4.2.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอน CPAC	29
4.3.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนน ขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟม	31
4.4.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนน ขนาด 30x30 CPAC	33
4.5.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟม	35
4.6.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟม	37
4.7.	ความสามารถในการทนไฟของผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม	40
4.8.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของแผ่นผนัง คอนกรีตผสมเศษโฟม	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.9.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอน คอนกรีตผสมเศษโฟม	43
4.10.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอน CPAC	45
4.11.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน ขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟม	47
4.12.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน ขนาด 30x30 CPAC	49
4.13.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟม	51
4.14.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb CPAC	53
4.15.	ความต้านแรงกระแทกของผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม	56
4.16.	ราคาแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมต่อแผ่นเมื่อไม่รวมโครง	57
4.17.	ราคาบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมต่อตารางเมตร	58
4.18.	ราคาบล็อคปูถนนขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมต่อตารางเมตร	59
4.19.	ราคา Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมต่อเมตร	60
4.20.	ราคาชุดโต๊ะสนามคอนกรีตผสมเศษโฟม	61
4.21.	แสดงน้ำหนักต่อหน่วยของชิ้นงานต่างๆ	62
ผ.ก.1.	การแบ่งประเภทคอนกรีตและเกณฑ์กำหนดเกี่ยวกับกำลังอัด	ผก2
ผ.ก.2.	ค่ายุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่างๆ	ผก2
ผ.ก.3.	ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้กับคอนกรีต	ผก3
ผ.ข.1.	แสดงมาตราฐานส่วนคละของมวลรวม	ผข5
ผ.ข.2.	แสดงขนาดของภาชนะต่างๆ	ผข10
ผ.ข.3.	แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ	ผข11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ข.4.	แสดงค่าใกล้เคียงของปริมาณความชื้นที่ผิวของมวลรวม	ผข14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1.	ความสัมพันธ์ของเวลา – อุณหภูมิ	9
2.2.	ที่รองรับ	11
2.3.	ตุ้มน้ำหนัก	12
4.1.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอน คอกรีตผสมเศษโฟม	28
4.2.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอน CPAC	30
4.3.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนน คอกรีตผสมเศษโฟม	32
4.4.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนน CPAC	34
4.5.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของ Curb คอกรีตผสมเศษโฟม	36
4.6.	ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของ Curb CPAC	38
4.7.	เปรียบเทียบกำลังรับแรงแบกทานของชิ้นงานต่างๆ	39
4.8.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของผนัง คอกรีตผสมเศษโฟม	42
4.9.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอน คอนกรีตผสมเศษโฟม	44
4.10.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอน CPAC	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.11.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน ขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟม	48
4.12.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน ขนาด 30x30 CPAC	50
4.13.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟม	52
4.14.	ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb CPAC	54
4.15.	เปรียบเทียบอัตราการดูดซึมความชื้นของชิ้นงานต่างๆ	55
4.16.	ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 538°C ระยะเวลา 5 นาที	70
4.17.	ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 704°C ระยะเวลา 10 นาที	70
4.18.	ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 843°C ระยะเวลา 30 นาที	70
4.19.	ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 9278°C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง	71
4.20.	ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผา ที่อุณหภูมิ 1010°C ระยะเวลา 2 ชั่วโมง	72
4.21.	ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมก่อนการทดสอบ กำลังรับแรงกระแทกของลูกตุ้ม 2 kg. ที่ความสูง 30 cm.	72
4.22.	ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการทดสอบ กำลังรับแรงกระแทกของลูกตุ้ม 2 kg. ที่ความสูง 30 cm.	73
4.23.	ตัวอย่างบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการทดสอบ กำลังรับแรงแบกทาน	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.24.	ตัวอย่างบล็อคตัวหนอน CPAC หลังการทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน	74
4.25.	ตัวอย่างบล็อคปูถนนขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน	74
4.26.	ตัวอย่างบล็อคปูถนนขนาด 30x30 CPAC หลังการทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน	75
4.27.	เปรียบเทียบน้ำหนักระหว่างบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมกับบล็อคตัวหนอน CPAC	76
4.28.	เปรียบเทียบน้ำหนักระหว่าง Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมกับ Curb CPAC	77
4.29.	เปรียบเทียบน้ำหนักระหว่างโต๊ะสนามคอนกรีตผสมเศษโฟมกับโต๊ะสนามทั่วๆไป	78
4.30.	เปรียบเทียบน้ำหนักระหว่างบล็อคปูถนนขนาด 30x30คอนกรีตผสมเศษโฟมกับบล็อคปูถนนขนาด 30x30 CPAC	79
4.31.	แสดงน้ำหนักผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม	80
4.32.	ตัวอย่าง Curb CPAC หลังการทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน	81
4.33.	ตัวอย่าง Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน	81
4.34.	โต๊ะสนามแบบอื่นๆที่คาดว่าจะสามารถทำได้	82
4.35.	บล็อคช่องลมที่คาดว่าจะสามารถทำได้	82
4.36.	ฝาบ่อพักที่คาดว่าจะสามารถทำได้	83
4.37.	เก้าอี้ป้ายรถเมล์ที่คาดว่าจะสามารถทำได้	83
4.38.	แผงกันแดด (fin) ที่คาดว่าจะสามารถทำได้	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา งานด้านวิศวกรรมเป็นส่วนหนึ่งที่เสริมในการที่จะพัฒนาประเทศ สำหรับงานด้านวิศวกรรมโยธาได้มีสิ่งก่อสร้างต่างๆเกิดขึ้นอย่างมากมายและรวดเร็ว ดังนั้นในการที่จะสามารถค้นคว้าวิจัยเพื่อผลิตวัสดุสำหรับการก่อสร้างย่อมจะเป็นประโยชน์ในงานด้านนี้เป็นอย่างยิ่ง

ในปัจจุบันเศษโฟมที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมและครัวเรือน กำลังเป็นปัญหาที่สำคัญต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากโฟมที่เหลือใช้เหล่านี้มีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆและใช้เวลานานมากในการที่จะย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ จึงได้มีแนวความคิดในการที่จะนำเศษโฟมเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมการก่อสร้าง

ซึ่งในปี 2543 ได้มีการวิจัยโครงงานเรื่องวัสดุคอนกรีตผสมโฟมของนายอัศวิน เลิศโสภา, น ายโอภาส วิศรุตธรรมและนายปีใหม่ อาจสาคร ซึ่งได้ทำการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ที่เปอร์เซ็นต์โฟมต่างๆและได้เลือกเปอร์เซ็นต์โฟมที่เหมาะสมมาทำผนัง คือที่ 75 % และได้ทำการทดสอบด้านภายภาพซึ่งได้แก่การทดสอบความสามารถในการทนไฟ และความสามารถในด้านการยึดหน่วงของวัสดุ

ดังนั้น ถ้ามีการทดสอบเพิ่มเติม และทำการเปรียบเทียบกับผนังวัสดุอื่นๆ เพื่อเป็นการตัดสินใจถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานได้จริงและทดลองสร้างชิ้นงานอื่นๆ และนำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆตามความเหมาะสมกับประเภทของชิ้นงานที่จะนำไปใช้งานและทำการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ตามท้องตลาดเช่น CPAC เป็นต้น ซึ่งถ้าวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟมสามารถใช้งานได้จริงจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายเนื่องจากเศษโฟมที่เหลือใช้มีมากมายอีกทั้งช่วยในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ประหยัดโครงสร้างเนื่องจากผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนักเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. เพื่อพัฒนาผลงานวิจัยที่มีอยู่มากมายมาทำการประยุกต์ให้ใช้งานได้จริง
2. เพื่อประยุกต์ใช้งานจริงจากผลงานวิจัยโครงงานเรื่องคอนกรีตผสมโฟมของนายอัศวิน เลิศโสภา, นายโอภาส วิศรุตธรรมและนายปีใหม่ อาจสาคร
3. เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยการนำเศษโฟมที่เหลือใช้ซึ่งมีปริมาณมากและไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ มาทำการผสมในคอนกรีต

1.3. ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในโครงงาน

ในอาคารสิ่งก่อสร้างต่างๆ น้ำหนักส่วนหนึ่งที่ใช้คิดคำนวณหาเนื้อที่หน้าตัดและขนาดของเหล็กเสริมเป็นน้ำหนักของตัวอาคารเอง ซึ่งถ้าหากสามารถทำให้ตัวอาคารมีน้ำหนักเบา ขนาดของโครงสร้างย่อมมีขนาดเล็กลง ทำให้ประหยัดราคาก่อสร้างลงได้มาก ดั้งนั้นจึงต้องใช้คอนกรีตเบา ซึ่งเป็นคอนกรีตที่ผลิตขึ้นเช่นเดียวกับคอนกรีตธรรมดา แต่ใช้วัสดุผสมที่มีน้ำหนักเบากว่า นอกจากนี้คอนกรีตเบายังใช้เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดาอีกด้วย คอนกรีตเบามีหน่วยน้ำหนักอยู่ระหว่าง 300-1850 kg./m^3

คอนกรีตเบาจำแนกตามหน่วยน้ำหนักได้เป็น

ก. คอนกรีตเบาชนิดทำฉนวน (Insulation Ligthweigth Concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 315-1100 kg./m^3 และมีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วันระหว่าง 7-70 ksc.

ข. คอนกรีตเบาชนิดทำเป็น โครงสร้าง (Structural Ligthweigth Concrete) มีน้ำหนักระหว่าง 1400-1800 kg./m^3 และมีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 ksc.

ค. คอนกรีตชนิดกึ่งเบา (Semi-Ligthweigth Concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 1800-2050 kg./m^3 นำมาทำพวกคอนกรีตบล็อค สำหรับกำแพงรั้ว และใช้เป็นวัสดุทนไฟ กำลังต้านทานแรงอัดไม่ต่ำกว่า 170 ksc.

คอนกรีตเบาที่ทำขึ้นจากวัสดุผสมต่างๆกัน จะมีน้ำหนักต่างกันซึ่งอาจมีความหนาแน่นตั้งแต่ 300-1850 kg./m^3 และมีกำลังอัดตั้งแต่ 3-400 ksc. กำลังต้านทานแรงอัดมีค่าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของคอนกรีตที่ได้ ถ้ามีความหนาแน่นสูง กำลังต้ารทานแรงอัดก็สูงด้วย ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ก็มีส่วนต่อความแข็งแรงของคอนกรีตด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าต้องการกำลังอัด 210 ksc. ก็ต้องใช้ปูนซีเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

235-400 kg./m^3 หรือถ้าต้องการกำลังอัด 310 ksc. ก็ต้องใช้ปูนซีเมนต์ 330-490 kg./m^3 (นายอัศวิน เลิศโสภา, นายโอภาส วิศรุตธรรม และนายปีใหม่ อาจสาคร, 2542)

1.4. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1. นำผลงานวิจัยโครงงานเรื่อง วัสดุคอนกรีตผสมและเศษโฟม มาหล่อเป็นชิ้นงานได้แก่ ผนัง บล็อคตัวหนอน บล็อคปูถนน 30x30 โต๊ะสนามและ Crub และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์และทางกายภาพ
2. ศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ซึ่งได้แก่กำลังรับแรงแบกทานของ บล็อคตัวหนอน บล็อคปูถนน 30x30 และ Curb ที่ทำจากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟมและนำมาเปรียบเทียบกับของ CPAC
3. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพซึ่งได้แก่ ความสามารถในการทนไฟ การดูดซึมความชื้น การรับแรงกระแทก ของผนัง บล็อคตัวหนอนและบล็อคปูถนน 30x30 โดยเลือกการทดลองให้เหมาะสมกับประเภทของชิ้นงาน
4. ศึกษาเปรียบเทียบน้ำหนักและราคาของวัสดุของคอนกรีตผสมโฟมกับของ CPAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทรรศน์

2.1. คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดลองทำวัสดุผสมระหว่างคอนกรีตกับเศษโฟมเหลือใช้

- ปูนซีเมนต์

ปูนที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Porland Cement) สำหรับใช้ในการทำคอนกรีต หรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และสำหรับใช้ในการก่อสร้างตามปรกติทั่วไป ที่ไม่อยู่ในสภาวะอากาศที่รุนแรงหรือในที่มีอันตรายจากซัลเฟตเป็นพิเศษ หรือความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวกับน้ำจะไม่ทำให้เพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตรายที่คอนกรีตจะแตกร้าวเสียหาย ในการทดลองใช้ปูนตราช้าง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

- หิน

หิน มีอิทธิพลต่อคุณภาพของคอนกรีต สัดส่วนการผสม และในด้านความประหยัด หินที่จะใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตต้องสะอาด แข็งแรง และทนทาน มีเหลี่ยมคม ไม่ขยายตัวมาก มีสารที่จะทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพต่อคอนกรีตน้อยที่สุด

หินเป็นวัสดุที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 mm. ขึ้นไป หรือไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ได้

จากการทดลองคุณสมบัติของหินที่ใช้ในการผสมคอนกรีต มีค่าต่างๆดังนี้

- ขนาดหิน	10	mm.
- ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง	2.66	
- อัตราการดูดซึม	0.38	%
- ปริมาณความชื้น	1.1	%
- โมดูลัสความละเอียด	5.08	

- ทราย

ทราย เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีทั้งทรายบกและทรายทะเล ในการก่อสร้างใช้ทรายแม่น้ำ ทรายเป็นวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 mm. หรือสามารถลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 แต่ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.07 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองคุณสมบัติของทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต มีค่าต่างๆ ดังนี้

- ความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้ง	2.5	
- อัตราการดูดซึม	2.167	%
- ปริมาณความชื้น	2.04	%
- โมดูลัสความยืดหยุ่น	2.65	

- <u>โฟม</u>

โฟมที่ใช้เรียกว่า Expandable Polystyrene (ESP) ซึ่งบรรจุอากาศประมาณ 98 % ผสมกับ Pentane โดยวิธีการพ่นไอน้ำ

<u>คุณสมบัติของเม็ดโฟมพลาสติก</u> (Expandable Polystyrene (ESP))

1. การนำความร้อนต่ำ ESP เป็นวัสดุที่เหมาะสำหรับใช้เป็นฉนวน เนื่องจากมีคุณสมบัติกันความร้อนได้ดีกว่าค่าการนำความร้อน 0.032 W/M c การต้านทานความร้อน 31 m c/w
2. ทนทานต่อสภาพอากาศ สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในที่มีอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิสูงสุดที่โฟมทนได้ เท่ากับ 75 ° c
3. อัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 1 %
4. มีน้ำหนักเบา มีค่าความหนาแน่น (Density) เท่ากับ 40 kg./m^3
5. ไม่ทนต่อสารเคมีโฟมจะเกิดการเสียหายผุกร่อนเมื่อโดนกรดและด่าง
6. ค่า Compressive Stress at Yeild Piont เท่ากับ 27x 10^4 N/m^2

- <u>น้ำ</u>

น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต ต้องสะอาด ปราศจากกรดด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่นๆในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริมโดยปรกตินำประปาและน้ำจืดตามธรรมชาติส่วนใหญ่ ซึ่งไม่มีส่วนผสมของน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนหรือจากโรงงานอุตสาหกรรม ถือว่ามีคุณภาพดีพอสำหรับงานคอนกรีต(นายอัศวิน เลิศโสภา และคณะ, 2542)

2.2. ชิ้นงานที่จัดทำ

ชิ้นงานที่จัดทำ มีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผนัง 60 x 60 cm. หนา 1.5 cm.
2. บล็อคตัวหนอน
3. บล็อก 30 x 30 cm. หนา 6 cm.
4. โต๊ะสนาม
5. Curb

ชิ้นงานที่ไม่ได้จัดทำแต่คาดว่าจะสามารถทำได้มีดังต่อไปนี้

1. โต๊ะสนามแบบอื่นๆ
2. บล็อคช่องลม
3. ฝาปิดบ่อพัก
4. เก้าอี้ป้ายรถเมล์
5. พาราเป็ด
6. ฯลฯ

ตารางที่ 2.1. แสดงประเภทของชิ้นงานและการทดสอบที่จะทดสอบ

	ผนัง	บล็อคตัวหนอน	บล็อค 30 x 30	โต๊ะสนาม	Curb
การทดสอบทางกลศาสตร์					
Bearing	—	√	√	—	√
การทดสอบทางกายภาพ					
ความต้านทานไฟ	√	—	—	—	—
การดูดซึมความชื้น	√	√	√	—	√
การกระแทก	√	—	—	—	—

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. การทดสอบทางกลศาสตร์

2.3.1. การทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน (Bearing Strength Test)

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบกำลังแบกทานสูงสุดของวัสดุโดยการกดแรงอัดโดยตรงกับวัสดุ

วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ

1. วัสดุที่จะทดสอบ
2. เครื่องมือทดสอบกำลังอัด (Universal Testing Meachine)
3. เครื่องผสมคอนกรีต
4. ปูนขาวใช้ในการแต่งผิววัสดุให้เรียบ

ขั้นตอนการทดลอง

1. การทำความสะอาดแบบ อย่าให้มีฝุ่นหรือเศษปูนเก่าติดอยู่ทาน้ำมันด้านผิวในที่คอนกรีตจะสัมผัสกับแบบให้ทั่ว
   1.1. ทำความสะอาดแบบ อย่าให้มีฝุ่นหรือเศษปูนเก่าติดอยู่ทาน้ำมันด้านผิวในที่คอนกรีตจะสัมผัสกับแบบให้ทั่ว
   1.2. ประกอบแบบให้แน่น ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดรอยแยกหรือแบบหลุด ขณะเทคอนกรีตหรือกระทุ้งเพื่อให้คอนกรีตแน่น
2. การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต
   2.1. สำหรับคอนกรีตที่ใช้เครื่องผสม พยายามเลือกเอาคอนกรีตที่อยู่ตอนกลางที่เทออกมาจากเครื่องผสมใหม่ๆ
   2.2. เทคอนกรีตดังกล่าวลงในแบบส่วนหนึ่ง แล้วทำการกระทุ้งเพื่อให้คอนกรีตแน่น ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนกระทั่งเต็มแบบหล่อ
   2.3. ทิ้งแบบที่บรรจุคอนกรีตเรียบร้อยแล้วไว้ในร่มเฉยๆ ประมาณ 24 ชม. จึงถอดแบบออก นำชิ้นงานนี้ไปบ่มโดยแช่ในถังบ่อจนถึงอายุที่ต้องการทดสอบตัวอย่างคอนกรีตที่จะนำมาทดสอบ 1 ชุด ควรมีอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง
3. การทดสอบแรงแบบทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบแรงแบกทานของคอนกรีตให้ทดสอบโดยเร็วที่สุด หลังจากนำขึ้นมาจากน้ำเมื่อครบอายุ ก่อนการทดสอบควรตรวจสอบระนาบหัวท้ายของแท่งคอนกรีตว่าราบหรือไม่ระนาบดังกล่าวไม่ควรเอียงมากกว่า 0.5 % (หรือประมาณ 3 mm.) หากไม่อยู่ภายในขอบเขตดังกล่าวให้ทำการปรับระดับด้วยการใช้ปูนขาวเสียก่อน

2.4. การทดสอบทางกายภาพ

2.4.1. การทดสอบความสามาถทนไฟ (Test for Fire Resistance of Concrete Specimen)

ASTM : E-119

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อทดสอบความสามารถในการทนไฟของวัสดุที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

<u>วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ</u>

1. วัสดุที่จะทำการทดสอบ
2. เตาเผาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
3. เครื่องผสมคอนกรีต
4. ตะแกรงเพื่อป้องกันหากวัสดุที่ทดสอบเกิดการระเบิด

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. การเตรียมแบบหล่อและการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างเหมือนกับการทดสอบแรงแบกทาน
2. การทดสอบการทนไฟ ทดสอบตามความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.1

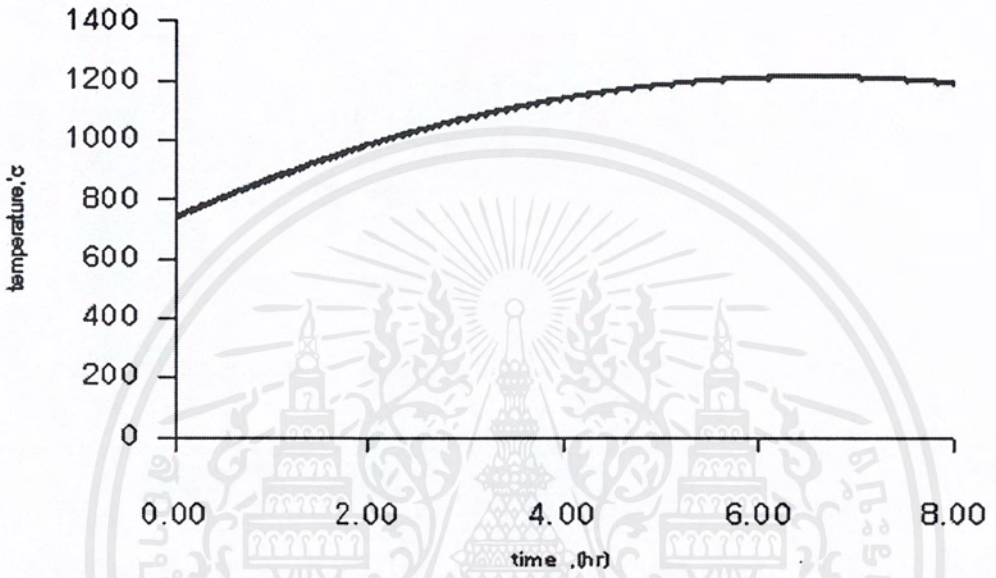
ในที่นี้จะทำการทดสอบตามที่มาตราฐานแนะนำที่ความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิดังต่อไปนี้

538° C	→	5	min.
704° C	→	10	min.
843° C	→	30	min.
927° C	→	1	hour.
1010° C	→	2	hour.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การรายงานผลการทดสอบ

ผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปของช่วงเวลาที่สามารถทนต่อไฟและรวมถึงการสังเกตพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปของวัสดุ ก่อนถูกเผาและหลังเผา อย่างเช่น การแตกร้าว การเปลี่ยนรูป รอยบิ่น และรอยไหม้ของวัสดุ



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของเวลา-อุณหภูมิ

2.4.2. การทดสอบการดูดซึมความชื้น (Test for Moisture Absorbtion)

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อหาอัตราการดูดความชื้นของวัสดุผสมคอนกรีต

<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ</u>

1. วัสดุที่จะทำการทดสอบ
2. เตาอบ
3. ตาชั่งขนาดใหญ่
4. กล่องไม้ขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมชิ้นงานที่จะนำมาทดลอง ด้วยการล้างให้ทั่วถึงเพื่อให้ฝุ่นผงหรือเศษอื่นๆที่ติดกับผิวหลุดออกจนหมด
2. จากนั้นให้แช่ชิ้นงานในน้ำสะอาดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 ชม.
3. นำชิ้นงานขึ้นจากน้ำเมื่อครบเวลา นำผ้าผืนใหญ่ที่สามารถดูดซับน้ำได้เพื่อให้ผ้าซับน้ำจนสังเกตด้วยตาเปล่าว่าไม่มีน้ำอยู่ที่ผิวชิ้นงาน แม้ว่าที่จริงแล้วผิวยังจะชื้นอยู่ก็ตาม
4. ชิ้นงานที่จบขั้นตอนที่ 3 นี้จะเรียกว่าสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ให้นำชิ้นงานชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกไว้
5. หลังจากนั้นนำชิ้นงานเข้าตู้อบด้วยอุณหภูมิระหว่าง 100 – 110 องศา ประมาณ 1 ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในกล่องไม้กันความชื้น เพื่อทิ้งให้ชิ้นงานเย็นตัวลงตามปกติอีกประมาณ 1 – 3 ชม. จึงชั่งน้ำหนักอีกครั้ง
6. จากนั้นให้นำค่ามาคำนวณอัตราการดูดซึม

$$\text{อัตราการดูดซึม} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \qquad (2.1)$$

โดยที่

A = น้ำหนักชิ้นงานที่ชั่งในอากาศหลังจากผ่านอบแห้งสนิทแล้ว

B = น้ำหนักชิ้นงานที่ชั่งในอากาศภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

7. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

2.4.3. การทดสอบกำลังรับแรงกระแทก (Impact Strength Test) มอก. 1153-2536

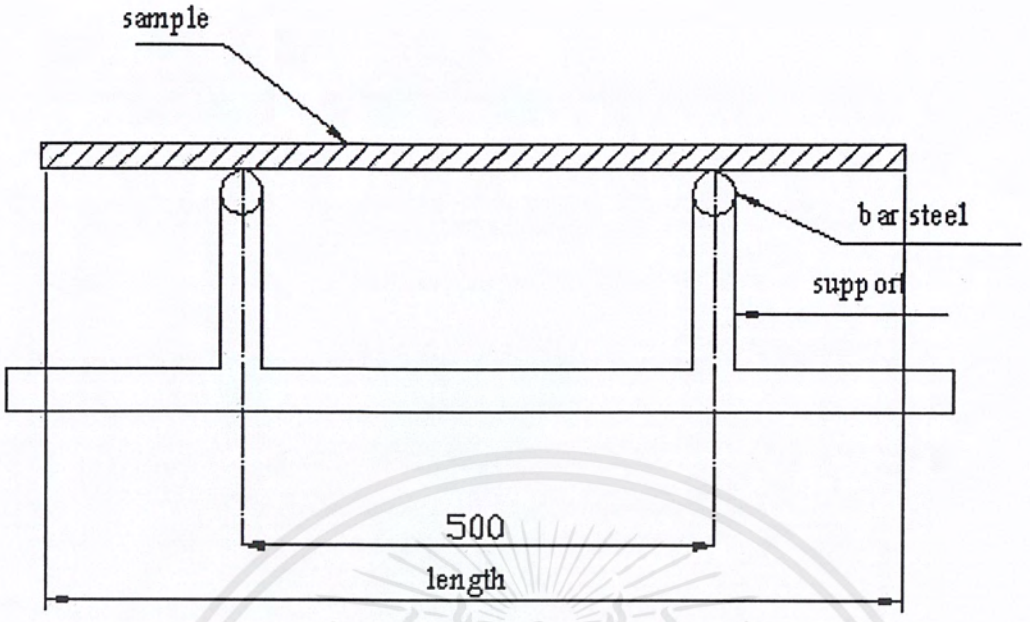
วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความสามารถในการรับแรงกระแทกของวัสดุ

วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. แผ่นผนังที่จะทดสอบ
2. ที่รองรับ ประกอบด้วยแท่งเหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 30 มิลลิเมตร 2 แท่ง วางขนานกัน 500 มิลลิเมตร และสูงจากพื้นอย่างน้อย 200 มิลลิเมตร ยาวกว่าความกว้างของตัวอย่างเล็กน้อย ดังรูปที่ 2.2

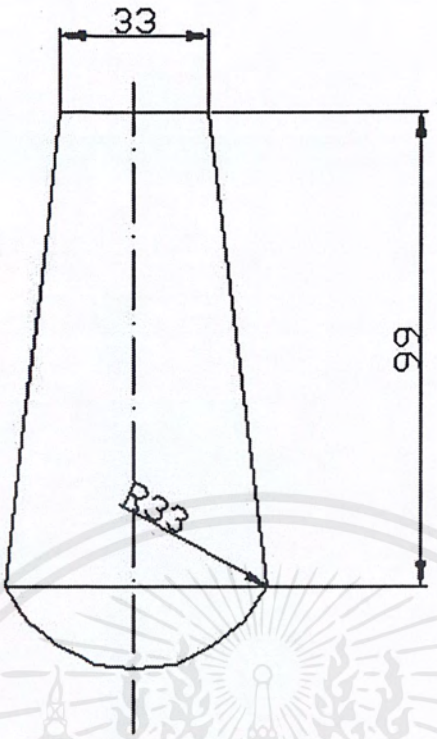
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ที่รองรับ

3. ตุ้มน้ำหนัก ที่มีมวล 2 กิโลกรัม รูปทรงดังรูปที่ 2.3 หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ตุ้มน้ำหนัก

ขั้นตอนการทดลอง

1. วางตัวอย่างบนที่รองรับให้จุดกึ่งกลางของตัวอย่างตรงกับจุดกึ่งกลางของที่รองรับ ดังรูปที่ 2.1.
2. ยกตุ้มน้ำหนักไว้เหนือจุดกึ่งกลางตัวอย่างให้มีความสูงตกกระทบตามที่กำหนดในตารางที่ 2.2.

ตารางที่ 2.2. ความสูงตกกระทบ

สัญลักษณ์	ความสูงตกกระทบ (มิลลิเมตร)
I6	300
I16	800
I26	1300
I40	2000

ซึ่งสัญลักณ์ความต้านการกระแทก ให้เป็นไปตามตารางที่ 2.3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3. สัญสักษณ์ความต้านการกระแทก

สัญลักษณ์	ความต้านการกระทบ (จูล)
I_6	6 ถึงน้อยกว่า 16
I_{16}	16 ถึงน้อยกว่า 26
I_{26}	26 ถึงน้อยกว่า 40
I_{40}	40 ขึ้นไป

สัญลักษณ์ I หมายถึงติดตั้งภายใน

3. ปล่อยตุ้มน้ำหนักให้ตกลงมาอย่างอิสระบนตัวอย่าง แล้วตรวจพินิจตัวอย่าง
4. หากตัวอย่างมีวัสดุแผ่นทั้ง 2 ด้าน เป็นชนิดเดียวกันให้ทดสอบด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียวและหากตัวอย่างมีวัสดุแผ่นทั้ง 2 ด้านต่างชนิดกันให้ทดสอบทั้ง 2 ด้าน โดยทดสอบทีละด้าน
5. การรายงานผล

   รายงานว่าแผ่นผนังแตกร้าวหรือมีรูทะลุผ่านวัสดุแผ่นด้านที่ทดสอบหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1. การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต (Concrete Mixed Design) ACI (211.1-77)

3.1.1. ขอบเขต

วิธีและหลักการคำนวณอัตราส่วนผสมคอนกรีตที่จะได้กล่าวถึงต่อไปนี้ ใช้กับคอนกรีตปรกติทั่วไปที่ใช้ในโครงสร้างอาคาร และใช้สำหรับกำหนดให้คอนกรีตมีความสามารถในการทำงานได้เหมาะสมกับสภาพของการเท หรือหล่อในที่ (cast – in – place construction)

อย่างไรก็ตามถือว่าเป็นเพียงการประมาณอัตราส่วนในชั้นแรกเท่านั้น จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบผลของอัตราส่วนนี้ จากห้องทดลองปฏิบัติการหรือในสนามและมีการปรับปรุงตามความจำเป็นและเหมาะสมกับคุณสมบติของคอนกรีตตามต้องการ

3.1.2. กล่าวนำ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าคอนกรีตนั้น คือวัสดุผสมซึ่งมีวัสดุที่เป็นหลักอยู่ 2 ชนิด คือ ซีเมนต์ มวลรวมคละ (หยาบและละเอียด) และนอกจากนี้ยังอาจมีสิ่งอื่นเพิ่มเติมเข้ามาอีกได้แล้วแต่ความต้องการ อาจจะเป็นการกระจายกักฟองอากาศ หรือสารผสมเพิ่ม (Admixtures) ต่างๆ

สำหรับการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะสมนั้นมีข้อควรคำนึงอยู่ 2 ข้อที่มีความสำคัญเท่าๆ กัน ข้อแรกคือ การประหยัดวัสดุที่สมเหตุสมผล อีกข้อหนึ่งก็คือความต้องหารในความสามารถที่จะรับแรง ความสามารถในการทำงาน ตลอดจนความคงทน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3. ความสัมพันธ์ขั้นมูลฐาน

จากที่ได้กล่าวนำไปแล้วว่าการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะสมนั้น ข้อที่ควรคำนึงอีกประการหนึ่งนอกจากการประหยัดแล้วก็คือ ความสามารถในการทำงาน กำลัง ความคงทนสิ่งต่างๆเหล่านี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน พอจะสรุปได้ย่อๆดังนี้

ความสามารถในการทำงาน (Workability) คำนี้เหมือนจะทำให้คำจำกัดความลงไปอย่างแน่ชัดไม่ได้โดยทั่วไปเรามุ่งถึงคอกนกรีตที่สามารถจะทำได้ง่านสำหรับการผสม การขนส่ง การเทลงไปในแบบหล่อ การอัดแน่น การตกแต่ง ตลอดจนความแข็งแรงของคอนกรีต

ความข้นเหนียว (Consistency) กล่าวง่ายๆ ก็คือ ความเหลวหรือความเปียกของคอนกรีตความยุบตัวสูงก็จะมีความเหลวมาก ความเหลวในที่นี้ไม่เกี่ยวกับคุณสมบัติความสามารถในาการทำงานของคอนกรีต ในการเลือกอัตรส่วนผสมคอนกรีตนั้น ปริมาณน้ำที่จะใช้เป็นสิ่งสำคัญซึ่งขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์หลายประการ

ความคงทน (Durability) คอนกรีตที่ดีจะต้องมีความสามารถในการคงทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆในขณะที่อยู่ในกำลังใช้งาน อาจจะเป็นอากาศหนาวจัดร้อนจัด ฝนตกหรือปดดออกหรือผลจากสารเคมี ซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้ควรมีการใช้สารผสมเพิ่ม เพื่อให้คอนกรีตเกิดความคงทนภายใต้สภาวะดังกล่าวให้การกำหนดค่า water-cemint ratio ต่ำๆอาจมีส่วนช่วยยืดอายุคอนกรีตให้คงทนขึ้นได้มาก

ความหนาแน่น (Density) คอนกรีตบางชนดอาจมีความจำเป็นที่ต้องใช้คุณสมบัติจากน้ำหนักของตัวมันเอง ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุหรือความหนาแน่นก็ควรจะให้เป็นไปตามต้องการ

3.1.4. ข้อมูลพื้นฐาน

ในขั้นตอนการคำนวณอัตราส่วนผสมคอนกรีต จำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานบางอย่างจากวัสดุที่จะนำมาเป็นส่วนผสม ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ขนาดของมวลรวมหยาบและละเอียดด้วยตะแกรง
2. ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบ
3. ค่า Bulk specific gravities และค่าดูดซึมของมวลรวมคละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปริมาณน้ำที่ต้องการใช้สำหรับการผสมคอนกรีต
5. ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับอัตราส่วนน้ำซีเมนต์

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลดังกล่าวอาจกำหนดได้จากตารคำนวณเช่นข้อมูลที่ 4 และ 5 อาจดูได้จากตารางที่จะกำหนดไว้ให้ หรือข้อมูลที่ 3 อาจไจำเป็นต้องทราบเลยก็สามารถจะหาอัตราส่วนผสมของคอนกรีตได้เช่นกัน

3.1.5. ขั้นตอนการคำนวณ

ขั้นตอนสำหรับการเลือกอัตราส่วนผสมคอนกรีต ในที่นี้ควรกระทำไปตามลำดับขั้นตอนที่กำหนด สิ่งแรกก็คือ ความต้องการหรือคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่จะใช้ ซึ่งมีดังนี้

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุด
2. ปริมาณซีเมนต์น้อยสุด
3. ปริมาณอากาศ
4. ค่ายุบตัว
5. ขนาดโตสุดของมวลรวมคละ
6. กำลังคอนกรีต
7. อาจมีความต้องการอื่นๆ อีกนอกเหนือจากการคำนวณ เช่น สารผสมเพิ่มและซีเมนต์ชนิดพิเศษ เหล่านี้เป็นต้น

ข้อมูลสำหรับความจำเป็นเบื้องต้นเหล่านี้ มีหลักและวิธีการปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดค่ายุบตัว : หากค่ายุบตัวไม่ได้มีกำหนดไว้ให้ในความต้องการของงาน อาจใช้ตามตารางที่ 3 ช่วยในการกำหนดได้ ค่ายุบตัวต่างๆที่คอนกรีตแน่น และเป็นส่วนผสมที่มีความข้นเหนียวเหมาะแก่สภาพงานอย่างยิ่ง

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดขนาดโตสุดของมวลรวม : มวลรวมคละที่มีขนาดเรียงประกอบด้วยขนาดใหญ่ที่มีจำนวนมาก ย่อมจะเกิดช่องว่างน้อยกว่ามวลรวมคละที่มีขนาดใหญ่ต้องการเนื้อปูนหรือมอร์ต้าน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม มีข้อกำหนดไว้ว่าขนาดของมวลรวมใหญ่สุดไม่ควรเกิน 1/5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เท่าของขนาดโครงสร้างที่แคบที่สุด หรือ 1/3 เท่าของความหนาแน่นพื้น หรือ ¾ เท่าของระยะต่ำสุดของเหล็กเสริมที่อยู่ในแนวเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดปรมาณน้ำผสมและปริมาณอากาศ : ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตในหนึ่งหน่วยปริมาตรที่จะทำให้เกิดค่ายุบตัวตามกำหนดในขั้นตอนแรกนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดโตสุดของรูปทรงและขนาดเรียงของมวลรวมคละ และนอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณฟองอากาศอีกด้วยในตามรางที่ D เป็นตารางที่ช่วยในการประมาณการของจำนวนน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต สำหรับมวลรวมคละขนาดต่างๆ ทั้งเป็นคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตกักฟองอากาศ เนื่องจากขนาดและรูปร่างของมวลรวมที่อาจวัดได้ไม่แน่นอน อาจทำให้ค่าในตารางที่ให้ไว้ผิดพลาดไปบ้างเล็กน้อย แต่ก็คิดว่าจะยังคงถูกต้องเพียงพอสำหรับใช้ในการประมาณขั้นแรกนี้ และจำนวนน้ำหนักที่แตกต่างกันจากความที่น่าจะเป็นจริงเพียงเล็กน้อยนี้ ไม่มีผลกระทบต่อความแข็งแรงของคอนกรีตเลย ทั้งนี้เพราะยังมีแฟคเตอร์อื่นๆอีกมากมายนักที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 4 การเลือกอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (WCR) : ค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ต้องการในการผสมคอนกรีตนั้น มิใช่เพียงเพื่อให้คอนกรีตเกิดกำลังตามความต้องการเท่านั้น แต่ยังเพื่อช่วยให้เกิดความคงทนและสามารถที่จะตกแต่งได้อีกด้วย จะเห็นว่าค่า WCR เดียวกันจะทำให้คอนกรีตมีกำลังแตกต่ารงกันได้ ถ้าใช้มวลรวมคละหรือประเภทของซีเมนต์ที่แตกต่างกัน สิ่งนี้แหละที่ควรจะได้ก่อให้เกิดการปรับปรุงหรือแก้ไขค่า WCR ให้สอดคล้องกันกับวัสดุที่นำมาใช้งานจริงๆ สำหรับงานคอนกรีตต่างๆ คิดจากคอนกรีตที่ได้รับการบ่มอย่างดีในห้องปฏิบัติการครบ 28 วัน ซึ่งจากข้อความนี้ แน่นอนเมื่อต้องการจะเลือกใช้ค่า WCR ในการทำงานจริงๆ ควรเลือกใช้ค่า WCR ของกำลังคอนกรีตที่สูงกว่าต้องการไว้บ้าง ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ค่ากำลังเฉลี่ยในงานจริงต่ำกว่ากำหนด

สำหรับในสภาวะที่ทารุณเหลือหลาย (Severe condition) ค่า WCR ควรจะต่ำยิ่งขึ้น เพื่อที่จะทำให้กำลังของคอนกรีตได้ตามต้องการซึ่งถ้าเป็นสภาวะเช่นนี้ให้ดูตาราง E (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1. ค่ายุบตัวสำหรับงานประเภทต่างๆ

ประเภทงาน	ค่ายุบตัว , cm.	
	สูงสุด	ต่ำสุด
ฐานราก ค.ส.ล.	5	2
ฐานรากคอนกรีตล้วน, เคซองและผนังกันดิน	6	2
คานและกำแพง ค.ส.ล.	10	2
เสา ค.ส.ล.	10	2
แผ่นพื้นและถนน	6	2
คอนกรีตขนาดใหญ่	6	2

หมายเหตุ อาจเพิ่มค่ายุบตัวได้อีก 3 cm. หากใช้กรรมวิธีอื่นทำให้คอนกรีตแน่น นอกจากวิธีตามปกติ

ตารางที่ 3.2. ปริมาณน้ำผสมคอนกรีต

ค่ายุบตัวของคอนกรีต	ปริมาณน้ำ, kg./m^3 สำหรับคอนกรีตที่มีมวลรวมคละขนาดโตสุดเป็น mm.							
ซม.	10	12.5	20	25	40	50	70	150
คอนกรีตธรรมดา								
3 ถึง 5	205	200	185	180	150	155	145	125
8 ถึง 10	225	215	200	195	175	170	160	140
15 ถึง 18	240	230	210	205	185	180	170	-
ปริมาณอากาศที่เกิดในคอนกรีตธรรมดา, %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนกรีตกระจายฟองอากาศ

3 ถึง 5	180	175	165	150	145	140	135	120
8 ถึง 10	200	190	180	175	160	153	150	135
15 ถึง 18	215	205	190	185	170	165	160	-
ปริมาณอากาศที่ควร								
ให้มี, %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณปริมาณซีเมนต์ : ปริมาณซีเมนต์ที่ต้องการในหนึ่งหน่วยปริมาตรนั้นขึ้นอยู่กับค่าที่ได้ในขั้นตอนที่ 3 และ 4 ที่ผ่านมา โดยที่จำนวนซีเมนต์จะเท่ากับจำนวนน้ำที่ใช้ผสม (ขั้นตอนที่ 3) หารด้วยค่า WCR (ขั้นตอนที่ 4)

$$\text{ปริมาณซีเมนต์} = \frac{\text{จำนวนน้ำที่ใช้ผสม}}{\text{ค่า WCR}}$$

ขั้นตอนที่ 6 การประเมินมวลรวมหยาบ : ปริมาณมวลรวมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีตหาได้จากตารางที่ 4 คูนด้วยหน่วยน้ำหนักแห้ง (dry unit weight) ของมวลรวมซึ่งมีหน่วยเป็น $Kg./m^3$ จะเห็นว่าสำหรับคอนกรีตที่มีความสามารถในการทำงานที่เท่ากันนั้น ปริมาณของมวลรวมหยาบขึ้นอยู่กับขนาดของมวลรวมหยาบและค่า finess modulus ของมวลรวมละเอียดเท่านั้น

ขั้นตอนที่ 7 การประมาณปริมาณมวลรวมละเอียด : การประมาณมวลรวมละเอียดนั้น สามารถกระทำได้สองวิธีคือ วิธีน้ำหนัก (the weight method) หรือวิธีปริมาตร (the absolute volume method)

วิธีน้ำหนัก (the weight method) นี้เริ่มต้นจากน้ำหนักของคอนกรีตจะต้องถูกสมมติขึ้นก่อน โดยอาจประมาณเอาจากประสบการณ์ จากนั้นน้ำหนักของมวลรวมละเอียดที่ต้องการก็จะหาได้ง่ายจากการเอาน้ำหนักคอนกรีตสดหักออกจรากน้ำหนักของคอนกรีตก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3. ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังคอนกรีตกับอัตราส่วนน้ำ – ซีเมนต์

กำลังอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน, kg./cm.^{3}	อัตราส่วนน้ำ - ซีเมนต์โดยน้ำหนัก	
	คอนกรีตธรรมดา	คอนกรีตกระจายฟองอากาศ
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.40
300	0.55	0.48
250	0.62	0.55
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

หมายเหตุ กำลังคอนกรีต คิดจากตัวอย่างทรงกระบอกขนาด ∅ 15x30 cm. บ่มชื้นจนได้อายุ 28 วัน ที่อุณหภูมิ 23 + 1.47 °C ถ้าเทียบกับตัวอย่างลูกบาศก์ค่าจะสูงกว่าประมาณ 20 %

ตารางที่ 3.4. อัตราส่วนน้ำ – ซีเมนต์ที่ยอมให้สำหรับงานภายใต้สภาวะพิเศษ

ชนิดของโครงสร้าง	โครงสร้างที่เปียกชื้นตลอดเวลาหรือทนต่ออากาศหนาว	คอนกรีตสัมผัสน้ำทะเลหรือซัลเฟต
ชิ้นส่วนเล็กๆ อาทิ ราว, ขอบกั้น, บัว, หรือ	0.45	0.40
หน้าตัด ที่มีระยะหุ้มต่ำกว่า 3 cm. โครงสร้างทั่วไป	0.50	0.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5. ปริมาตรของหินต่อคอนกรีตหนึ่งหน่วยปริมาตร

หินขนาดโตสุด mm.	ปริมาตรของหินต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของทรายที่มีค่าแห่งความละเอียดแตกต่างกัน			
	2.40	2.50	2.80	3.00
10	0.30	0.48	0.45	0.48
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.66	0.62	0.60
25	0.71	0.68	0.68	0.65
40	0.76	0.74	0.72	0.70
50	0.78	0.78	0.74	0.72
70	0.81	0.79	0.77	0.75
150	0.87	0.85	0.83	0.81

ตารางที่ 3.6. น้ำหนักคอนกรีตสด

ขนาดโตสุดของหินที่ใช้ mm.	น้ำหนักคอนกรีตสด, kg./m^3	
	คอนกรีตธรรมดา	คอนกรีตกระจายฟองอากาศ
10	2285	2180
12.52	2318	2235
20	2355	2280
25	2375	2315
40	2420	2355
50	2445	2375
70	2485	2400
150	2506	2435

สำหรับน้ำหนักคอนกรีต ถ้าต้องการจะคำนวณให้ได้ค่าจริง จะหาได้จากสมการข้างล่างนี้

$$U_M = 10G_a(100-A) + C_m\left(1-\frac{G_a}{G_c}\right) - W_m(G_a - 1) \qquad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ซึ่ง

U_M = น้ำหนักคอนกรีตสด $(Kg./m.^3)$

G_a = ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยของมวลรวมคละ (หยาบ + ละเอียด)

G_c = ความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ (ทั่วๆไปเท่ากับ 3.15)

A = ปริมาณอากาศ (%)

W_m = ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับผสมคอนกรีต $(Kg./m.^3)$

C_m = ปริมาณซีเมนต์ $(Kg./m.^3)$

สำหรับวิธีปริมาตร (the absolute volume method) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการหาปริมาณของมวลรวมละเอียดที่ได้ค่าแน่นอนขึ้นไปอีก ซึ่งแน่นอนย่อมเกี่ยวข้องกับปริมาตรส่วนผสมต่างๆที่อยู่ในคอนกรีต ในที่นี้คือ น้ำ, อากาศ, ซีเมนต์ และมวลหยาบ นำปริมาตรเหล่านี้ไปหักออกจากปริมาตรของคอนกรีต ก็จะได้เป็นปริมาตรของมวลรวมละเอียด ปริมาตรของวัสดุต่างๆ ที่อยู่ในคอนกรีต อาจหาได้โดยเอาน้ำหนักหารด้วยความหนาแน่นของตัวมันเอง

ขั้นตอนที่ 8 การปรับค่าสำหรับความชื้นในมวลรวมคละ : ปริมาณของมวลรวมคละที่ได้จากการชั่งน้ำหนักนั้น จะต้องอยู่ในขอบข่ายของความชื้นที่อนุญาติให้ในมวลรวมคละ โดยทั่วไปมวลรวมคละจะต้องมีความชื้น โดยจะมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ถูกซึมและเคลือบผิวอยู่ ดังนั้นปริมาณน้ำที่จะใส่เข้าไปผสมจะต้องลดลงตามจำนวนของความชื้นในมวลรวมคละ จากข้อมูล

ความหนาแน่นของหิน = 2680 $Kg./m.^3$

ความหนาแน่นหลวมของหิน = 1600 $Kg./m.^3$

ความหนาแน่นของโฟม = 40 $Kg./m.^3$

(นายอัศวิน เลิศโสภา และคณะ, 2542)

ขนาดมวลใหญ่สุด (ของหินและโฟม) = 10 mm.

จะคำนวณได้ดังนี้

1. Design Strength ที่ 28 วัน เท่ากับ 425 ksc. ดังนั้น ใช้ water cement ratio ที่ 0.4
2. Desgn Strength เท่ากับ 8-10 cm.
3. ขนาดมวลรวมใหญ่สุด (ขนาดหินและโฟม) เท่ากับ 10 mm. ใช้น้ำ 225 kg.
4. จาก WCR = 0.4 และน้ำ = 225 kg. เพระฉะนั้นจะต้อง ใช้ปูน 563 kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากขนาดมวลรวมใหญ่สุด (ของหินและโฟม) เท่ากับ 10 mm. จะได้น้ำหนักคอนกรีตสดประมาณ 2285 kg.
6. จากขนาดมวลรวมใหญ่สุด (ของหินและโฟม) เท่ากับ 10 mm. และความถ่วงจำเพาะของหินเท่ากับ 2680 kg./m.^{3} จะได้ปริมาตรมวลรวมหลวมเท่ากับ 0.48 m.^{3}
7. โดยจากความหนาแน่นหลวมของหิน 1600 kg./m.^{3} จะได้น้ำหนักหินเท่ากับ 0.48x1600 = 768 kg. และความหนาแน่นหิน 2680 kg./m.^{3} จะหาปริมาตรมวลรวมได้ = 0.48x1600/2680 = 0.29 m.^{3}
8. ดังนั้นจะได้น้ำหนักทรายเท่ากับ

$$= \text{น้ำหนักคอนกรีตสด} - (\text{น้ำหนักน้ำ} + \text{น้ำหนักปูน} + \text{น้ำหนักหิน})$$
$$= 2285 - (225 + 563 + 768)$$
$$= 729 \text{ kg.}$$

จากข้อมูลทั้งหมดโดยใช้ข้อมูลข้างต้นจะได้ปริมาณวัสดุต่อคอนกรีต 1 m.^{3} เท่ากับ

น้ำ	225	kg.
ปูน	563	kg.
ทราย	772	kg.
มวลรวมหยาบ	0.29	m.^{3}

วิธีการคำนวณปริมาณน้ำหนักหินและโฟม

จากปริมาตรของมวลรวมหยาบ	= 0.29	m.^{3}
ปริมาตรโฟม	$= \frac{Ax0.29}{100}$	m.^{3}
น้ำหนักโฟม (B)	$= \frac{Ax0.29x40}{100}$	kg.
ปริมาตรหิน	$= \frac{(100-A)x0.29x40}{100}$	m.^{3}
น้ำหนักหิน (C)	$= \frac{(100-A)x0.29x2680}{100}$	m.^{3}
Unit weight	= 225 + 563 + 772 + B + C	kg./m.^{3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณน้ำและปูนที่ต้องเพิ่มเนื่องจากการดูดน้ำของโฟม

เพิ่มน้ำ $= B \times 8.06$ kg.

เพิ่มปูน $= \frac{Bx8.06}{0.4}$ kg.

พิจารณาต่อคอนกรีต 1 m.^{3}

ในโครงงานใช้เปอร์เซ็นต์ของโฟมที่ 75 $\therefore A = 75\ \%$

จะได้

น้ำหนักโฟม (B) $= \frac{75x0.29x40}{100}$

$= 8.7$ kg.

น้ำหนักหิน (C) $= \frac{(100-75)x0.29x2680}{100}$

$= 194$ kg.

การคำนวณปริมาณน้ำและปูนที่ต้องเพิ่มเนื่องจากการดูดน้ำของโฟม

เพิ่มน้ำ $= 8.7 \times 8.06 = 70$ kg.

เพิ่มปูน $= \frac{8.7x8.06}{0.4} = 175$ kg.

สรุปส่วนประกอบต่อคอนกรีต 1 m.^{3}

ปูนซีเมนต์	225 + 70	= 295	kg.
น้ำ	563 + 175	= 738	kg.
ทราย		= 729	kg.
หิน		= 194	kg.
โฟม		= 8.7	kg.
	Unit Weight	= 1965	kg./m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้

1. โม่คอนกรีต เป็นโม่ผสมชนิดเอียง Tilting Drum Mixer มีถังผสมเป็นรูปกรวย จะหมุนในลักษณะเอียง เทคอนกรีตได้เป็นกลุ่มก้อน มีการแยกตัวของคอนกรีตน้อยและสามารถทำความสะอาดและกำหนดจำนวนการผสมได้สะดวก ใบพายในโม่มีรูปร่างคล้ายใบพัดทำให้กระทบวัสดุได้ทั่วถึง เดินเครื่องด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 2 เฟส ความจุคอนกรีตประมาณ 7 ft^3
2. ตะแกรงร่อนทราย หิน ตะแกรงร่อนทราย หิน ใช้เบอร์ 4 และ pan
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้ทั้งแบบตาชั่งน้ำหนักสำหรับชั่งวัสดุที่มีน้ำหนักไม่มาก และเครื่องชั่งสำหรับชั่งวัสดุที่มีน้ำหนักมาก
4. เครื่อง Universal Testing Machine มีระบบการทำงาน Hydraulics ควบคุมความเร็วด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถใช้หากำลังอัดของคอนกรีต โดยมีความละเอียดสูง
5. ตู้อบ ใช้ในการทดลองทนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบ,การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลอง

4.1. ผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟม

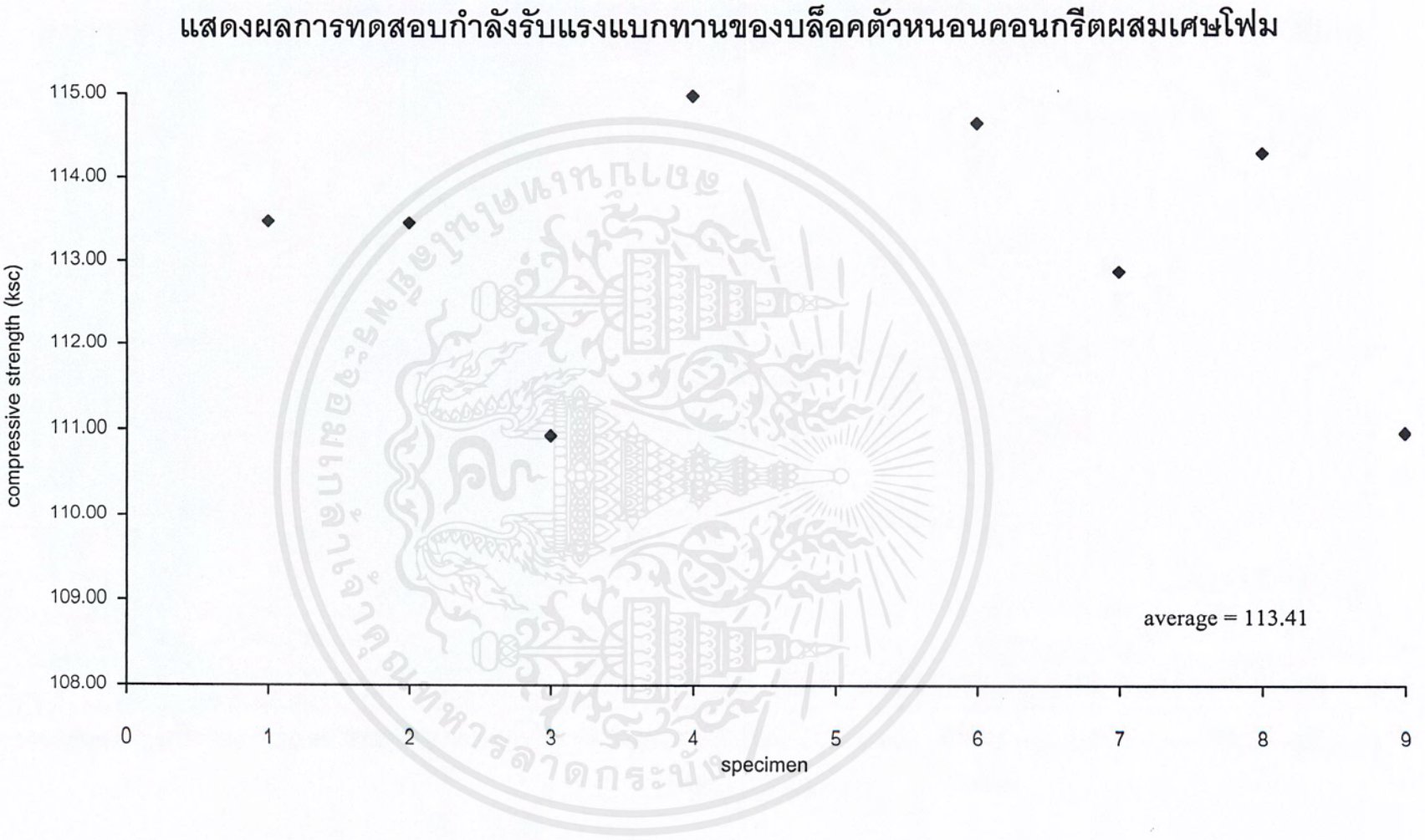
PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Bearing Strength Test

TYPE OF SAMPLE : Foamcrete Worm Block

Specimen No.	Bearing Area (cm)	Ages (days)	Ultimate load (kg)	Bearing Strength (ksc)
1	242	28	27461	113.48
2	242	28	27456	113.45
3	242	28	26845	110.93
4	242	28	27825	114.98
5	242	28	27864	115.14
6	242	28	27745	114.65
7	242	28	27311	112.86
8	242	28	27656	114.28
9	242	28	26851	110.95
Average	242	28	27446	113.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอน CPAC

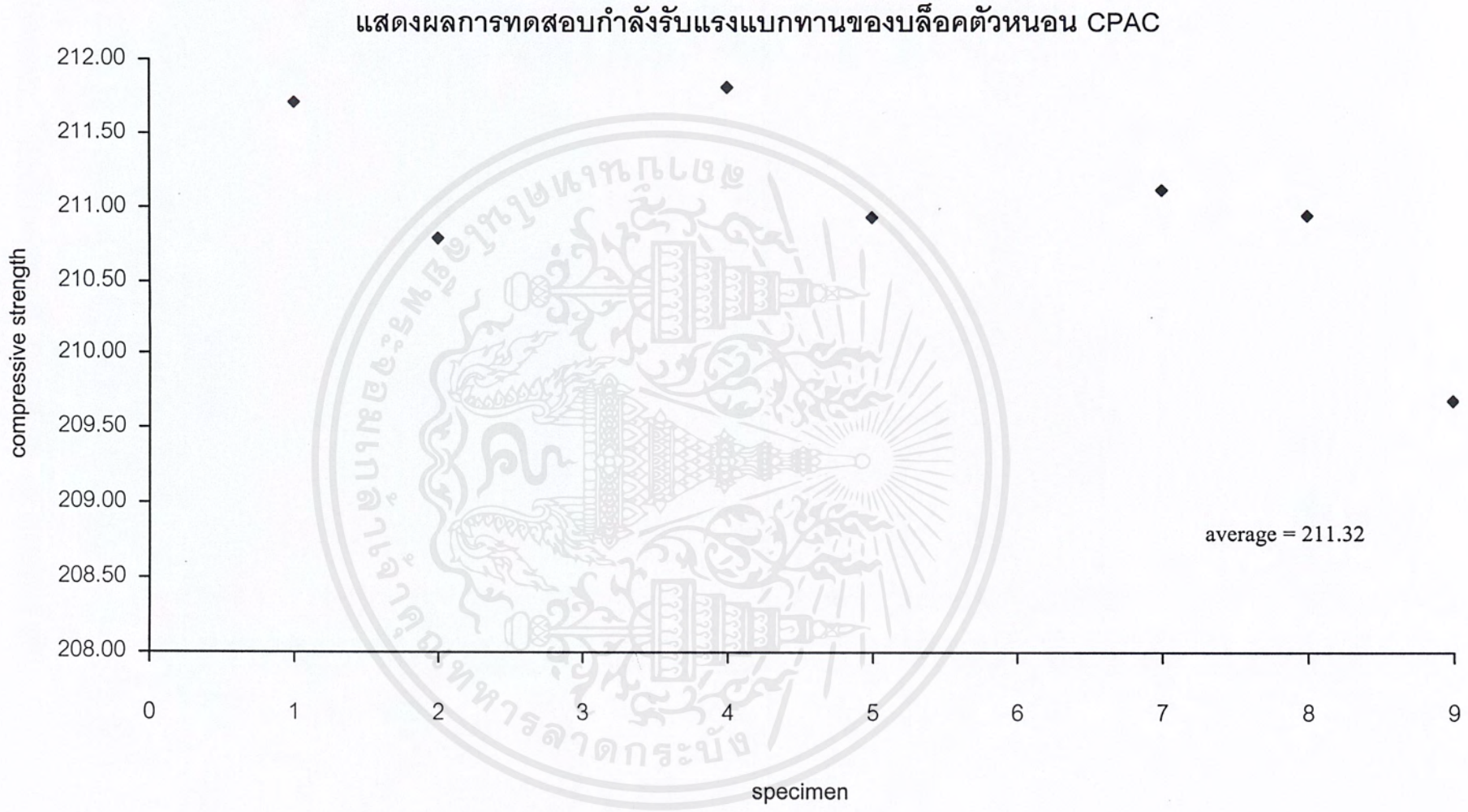
PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Bearing Strength Test

TYPE OF SAMPLE : CPAC Worm Block

Specimen No.	Bearing Area (cm)	Ages (days)	Ultimate load (kg)	Bearing Strength (ksc)
1	242	28	51234	211.71
2	242	28	51011	210.79
3	242	28	51465	212.67
4	242	28	51258	211.81
5	242	28	51045	210.93
6	242	28	51363	212.24
7	242	28	51089	211.11
8	242	28	51047	210.94
9	242	28	50741	209.67
Average	242	28	51139	211.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอน CPAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนนขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟม

PROJECT: FOAMCRETE

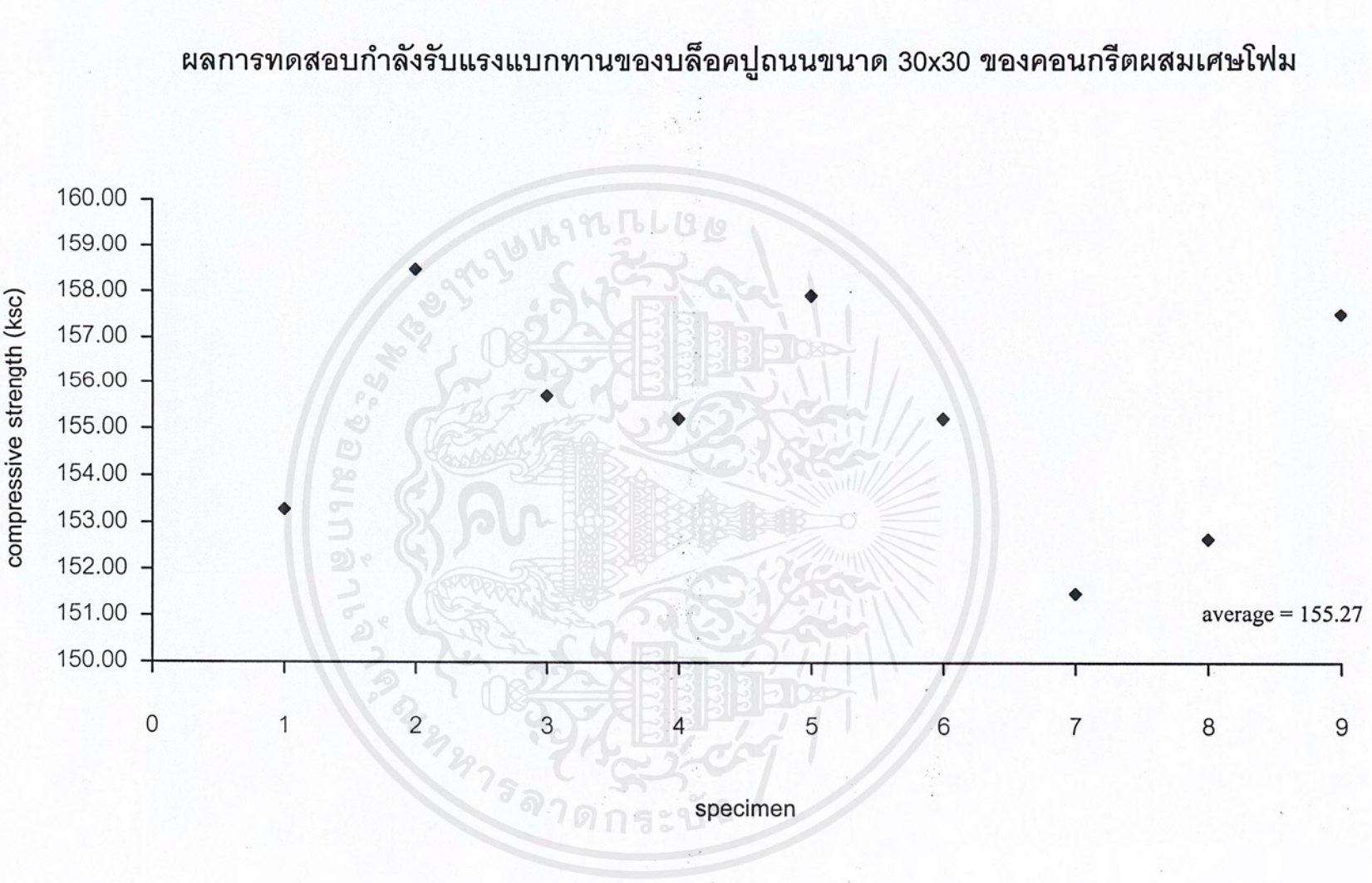
TESTING: Bearing Strength Test

TYPE OF SAMPLE : Foamcrete 30x30 Block

Specimen No.	Bearing Area (cm)	Ages (days)	Ultimate load (kg)	Bearing Strength (ksc)
1	660.19	28	101200	153.29
2	660.19	28	104631	158.49
3	660.19	28	102784	155.69
4	660.19	28	102462	155.20
5	660.19	28	104254	157.92
6	660.19	28	102463	155.20
7	660.19	28	100013	151.49
8	660.19	28	100784	152.66
9	660.19	28	103971	157.49
Average	660.19	28	102507	155.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3. ผลการทดสอบกำลังแรกแบกทานของบล็อคปูถนนขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟม

ตารางที่ 4.4. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนนขนาด 30x30 CPAC

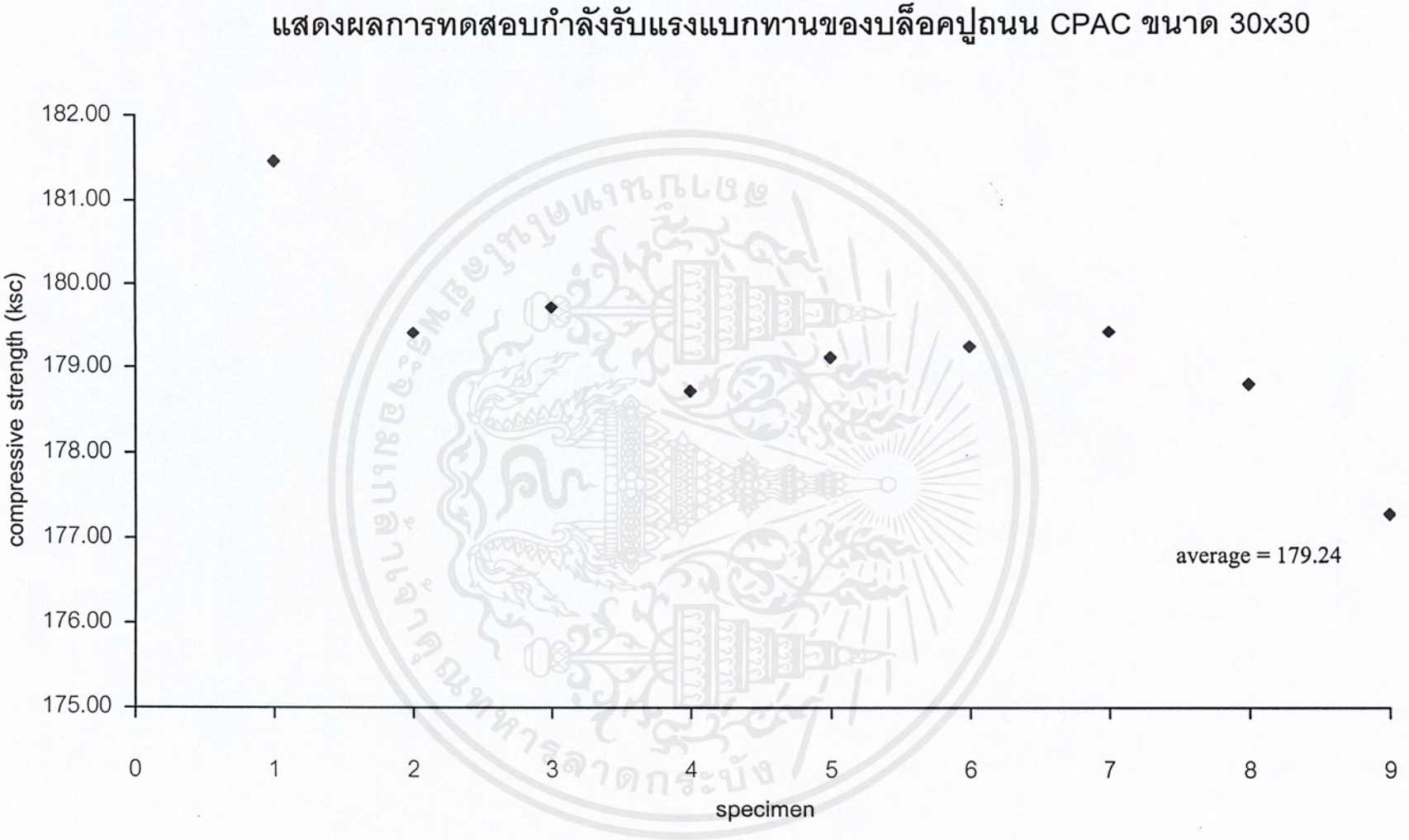
PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Bearing Strength Test

TYPE OF SAMPLE : CPAC 30x30 Block

Specimen No.	Bearing Area (cm)	Ages (days)	Ultimate load (kg)	Bearing Strength (ksc)
1	660.19	28	119800	181.46
2	660.19	28	118450	179.42
3	660.19	28	118647	179.72
4	660.19	28	117985	178.71
5	660.19	28	118241	179.10
6	660.19	28	118325	179.23
7	660.19	28	118452	179.42
8	660.19	28	118031	178.78
9	660.19	28	117032	177.27
Average	660.19	28	118329	179.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนน CPAC ขนาด 30x30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟม

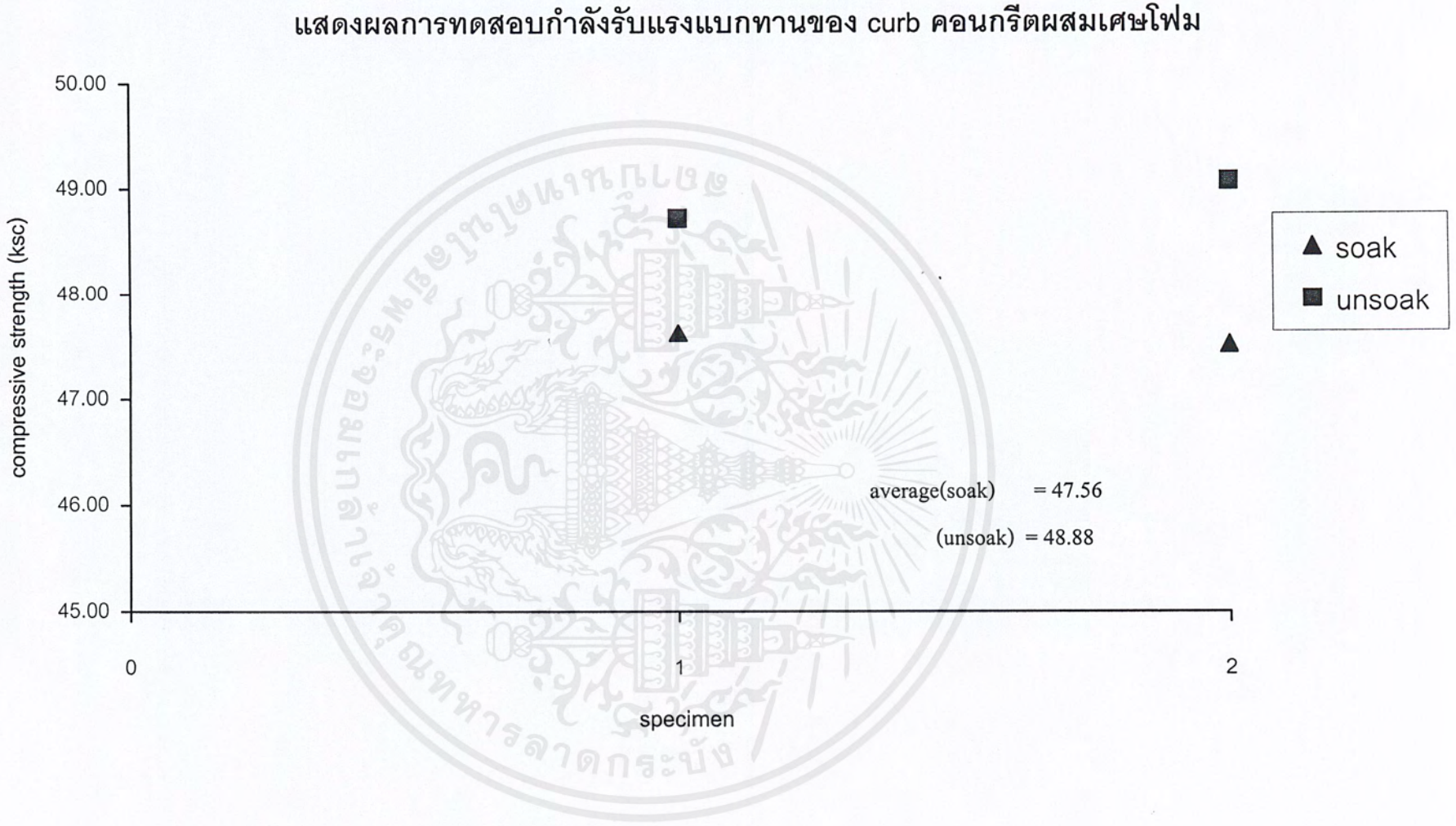
PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Bearing Strength Test

TYPE OF SAMPLE : Foamcrete Curb

Specimen No.	Bearing Area (cm)	Ages (days)	Ultimate load (kg)		Bearing strength (ksc)	
			Unsoak	Soak	unsoak	soak
1	550	7	26789	26190	48.71	47.62
2	550	7	26978	26124	49.05	47.50
Average	550	7	26883	26157	48.88	47.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

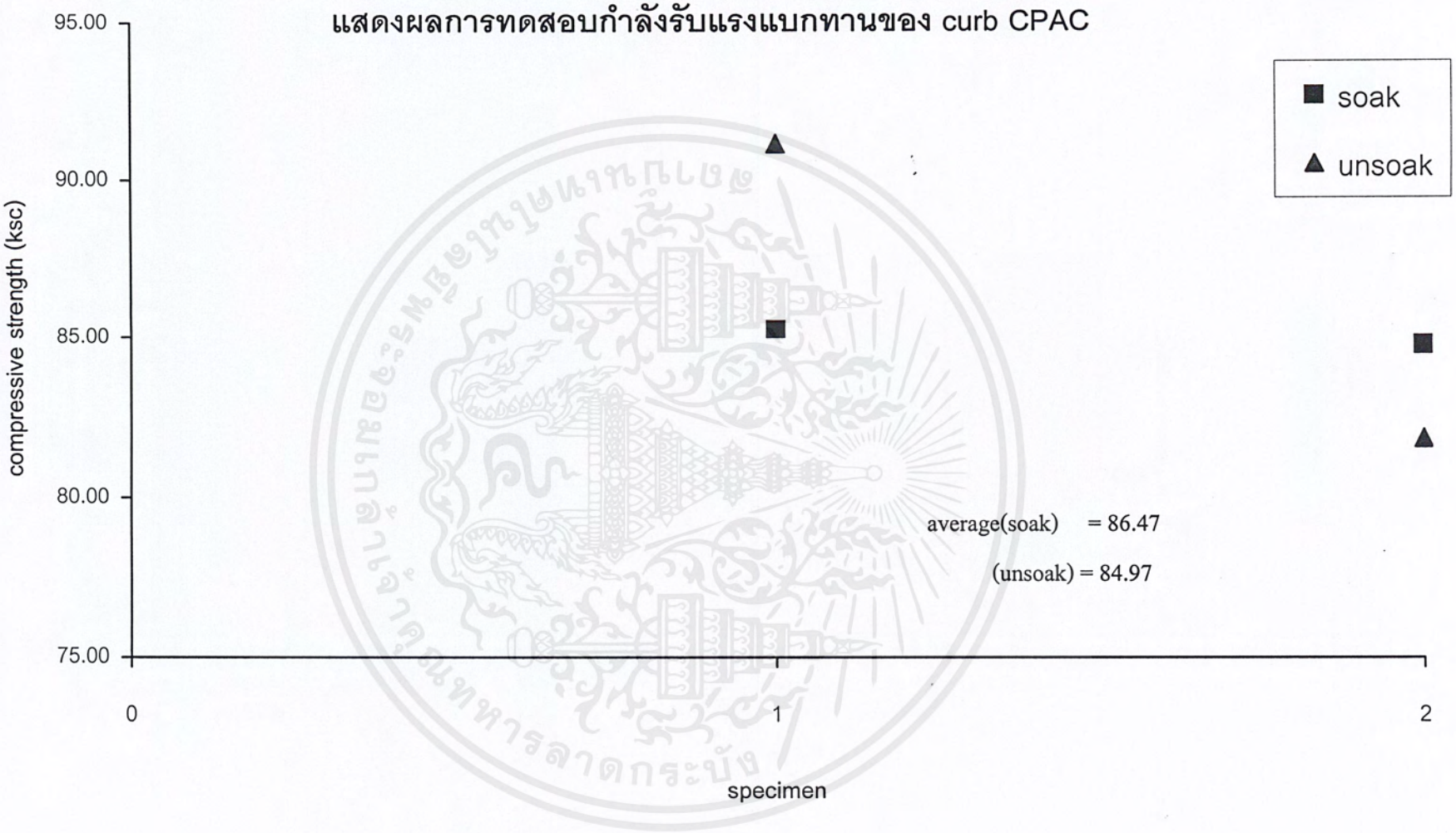
ตารางที่ 4.6. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของ Curb CPAC

PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Bearing Strength Test

TYPE OF SAMPLE : CPAC Curb

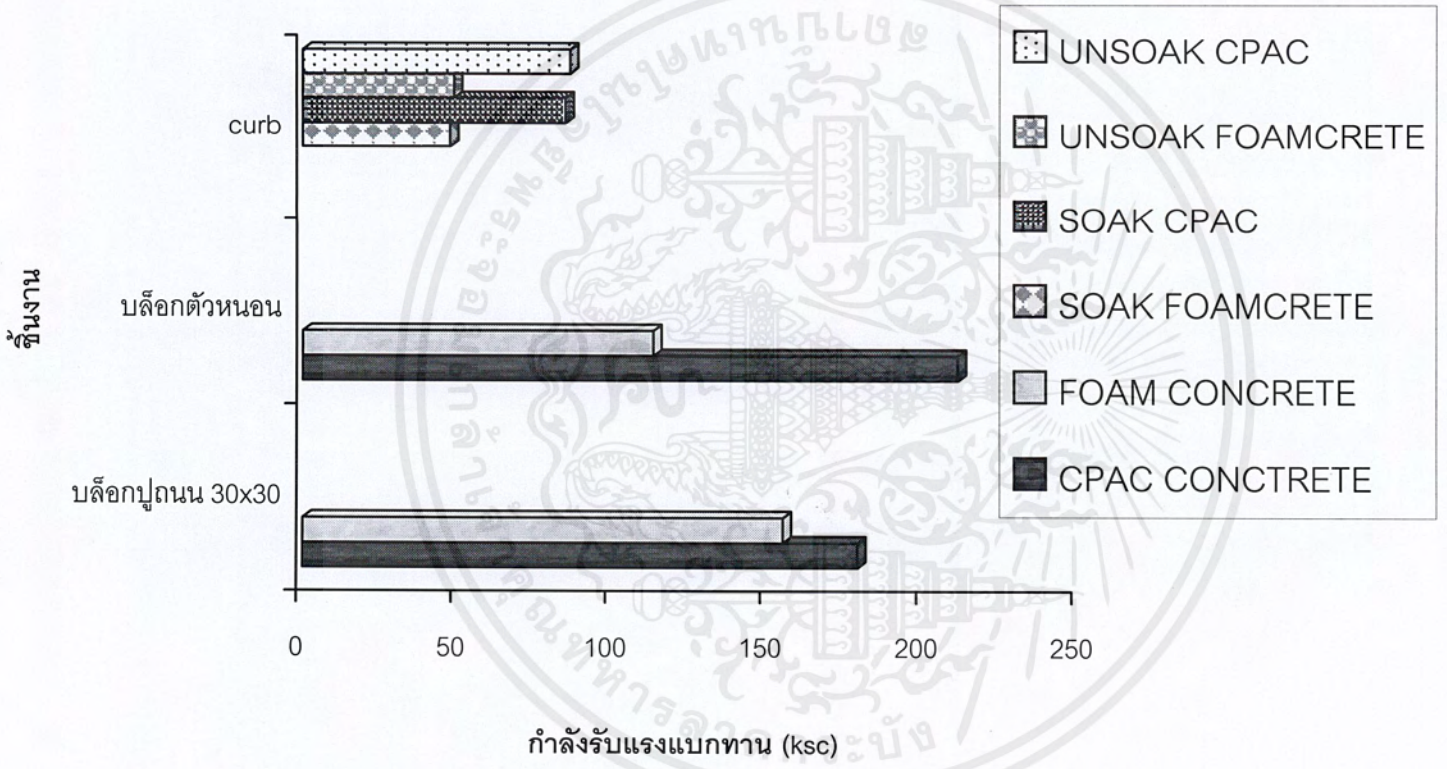
Specimen	**Bearing Area**	**Ages**	**Ultimate load (kg)**		Bearing Strength (ksc)	
No.	**(cm)**	**(days)**	**Uunsoak**	**Soak**	Unsoak	Soak
1	550	28	50120	46879	91.13	85.23
2	550	28	45000	46587	81.82	84.70
Average	550	28	47560	46733	86.47	84.97



รูปที่ 4.6. ผลการทดสอบกำลังรับแรงแบกทานของ Curb CPAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับแรงแบกทานของชิ้นงานต่าง ๆ



รูปที่ 4.7. เปรียบเทียบกำลังรับแรงแบกทานของชิ้นงานต่าง

ตารางที่ 4.7. ความต้านทานไฟของผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม

PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Fire Resistance

TYPE OF SAMPLE : Foamcrete Partition

Specimen No.	Temperature (°C)	Time	Description
1	538	5 min	ลักษณะผิวภายนอกไม่มีรอยแตกร้าว ไม่มีรูพรุน เนื้อผนังภายในเป็นรูพรุนเนื่องจากโฟมถูกเผาไหม้
2	704	10 min	ลักษณะผิวภายนอกไม่มีรอยแตกร้าว มีรูพรุนเล็กน้อย เนื้อผนังภายในเป็นรูพรุนเนื่องจากโฟมถูกเผาไหม้
3	843	30 min	ลักษณะผิวภายนอกมีรอยแตกลายงากระจายอยู่ทั่วแผ่น มีรูพรุนเพิ่มขึ้นกว่าเดิม เนื้อผนังภายในเป็นรูพรุนเนื่องจากโฟมถูกเผาไหม้ มีผงฝุ่นคอนกรีตบ้าง
4	927	1 hour	ลักษณะผิวภายนอกมีรอยแตกขนาดใหญ่กระจายอยู่ทั่วแผ่น แผ่นผนังบิดเบี้ยว มีรูพรุนขนาดใหญ่ทั่วแผ่น เกิดการแตกหักเป็นชิ้นๆเมื่อทำการเคลื่อนย้าย
5	1010	2 hour	ลักษณะแตกเป็นชิ้นๆและเมื่อใช้มือบีบจะยุ่ยเป็นผงละเอียด

ตารางที่ 4.8. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม

PROJECT: FOAMCRETE

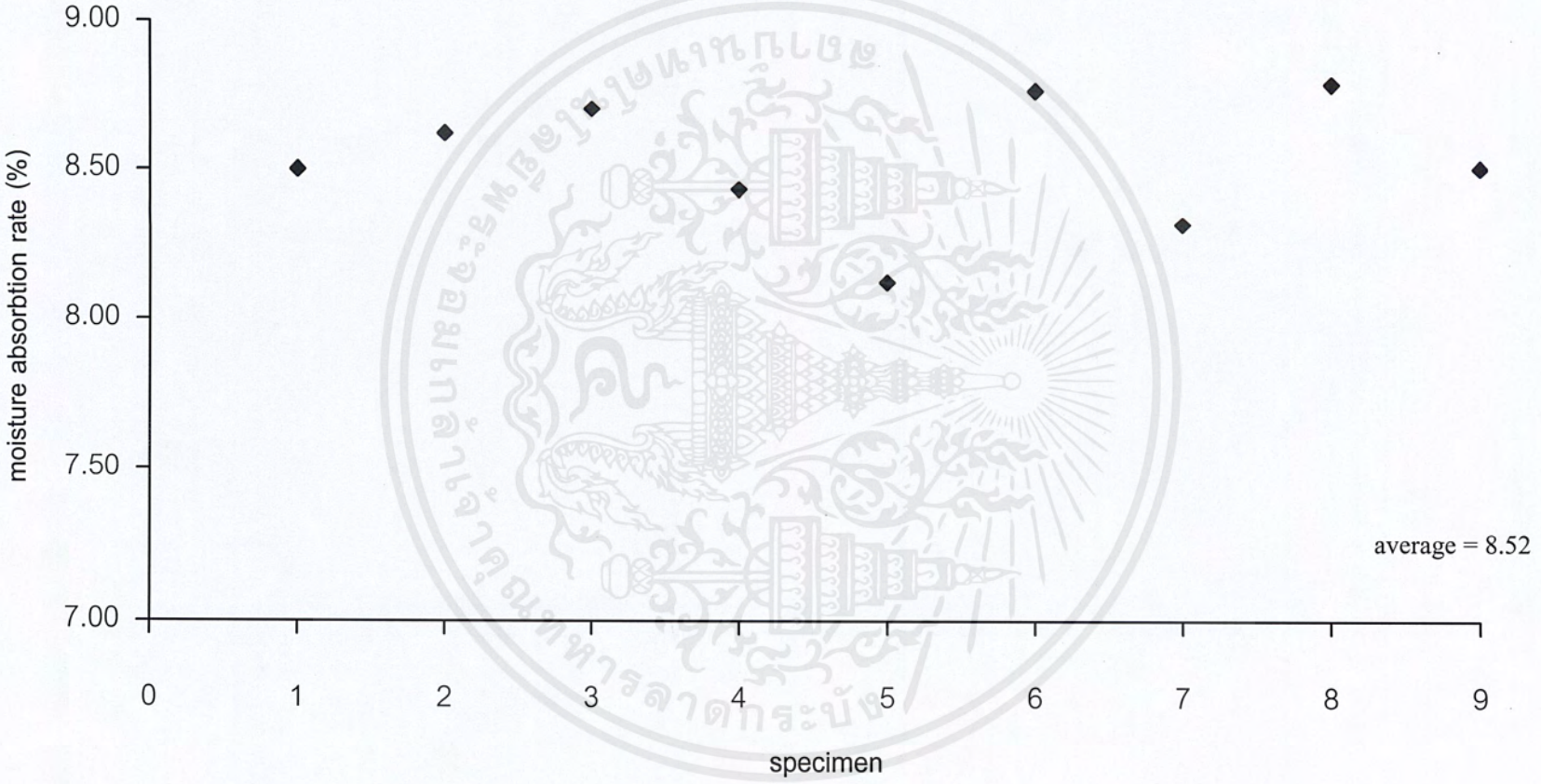
TESTING: Moisture Absorbtion

TYPE OF SAMPLE Foamcrete Partition

Specimen No.	Weight in dry surface saturate condition (g)	Weight in absolute dry condition (g)	Moisture absorbtion rate (%)
1	740.36	682.37	8.50
2	698.26	642.84	8.62
3	637.80	586.73	8.70
4	739.35	681.87	8.43
5	690.28	638.45	8.12
6	630.79	579.98	8.76
7	741.20	684.31	8.31
8	697.25	640.98	8.78
9	635.78	585.98	8.50
Average	690.12	635.95	8.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม



รูปที่ 4.8. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของผนังคอนกรีตผสมโฟม

ตารางที่ 4.9. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟม

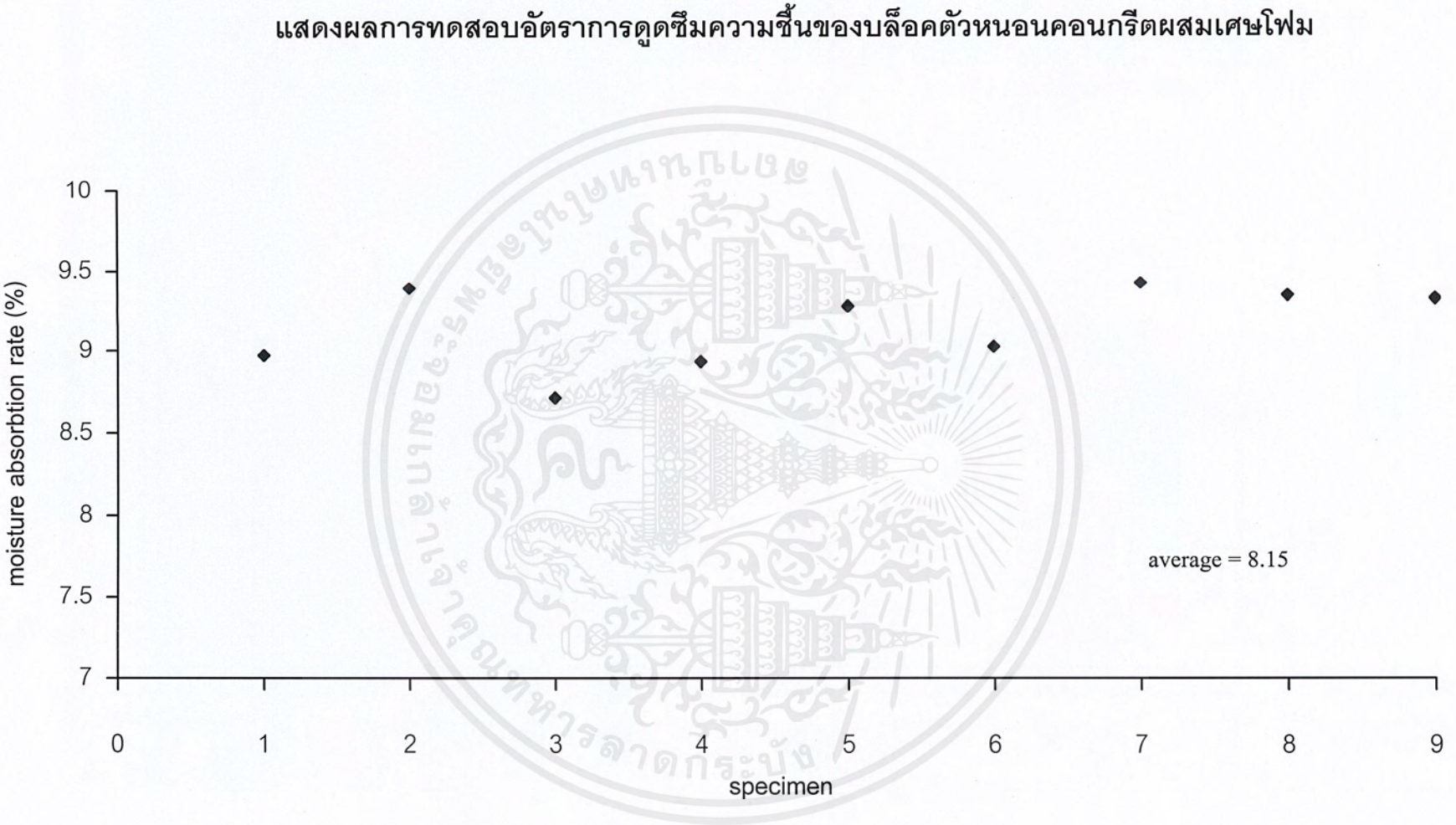
PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Moisture Absorbtion

TYPE OF SAMPLE Foamcrete Worm Block

Specimen No.	Weight in dry surface saturate condition (g)	Weight in absolute dry condition (g)	Moisture absorbtion rate (%)
1	2070.15	1899.74	8.97
2	2040.21	1865.04	9.39
3	2271.24	2089.23	8.71
4	2069.45	1899.87	8.93
5	2174.58	1989.87	9.28
6	2278.62	2090.11	9.02
7	2064.98	1887.23	9.42
8	2173.57	1987.98	9.34
9	2098.87	1919.98	9.32
Average	2137.96	1958.78	9.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



รูปที่ 4.9. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟม

ตารางที่ 4.10. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอน CPAC

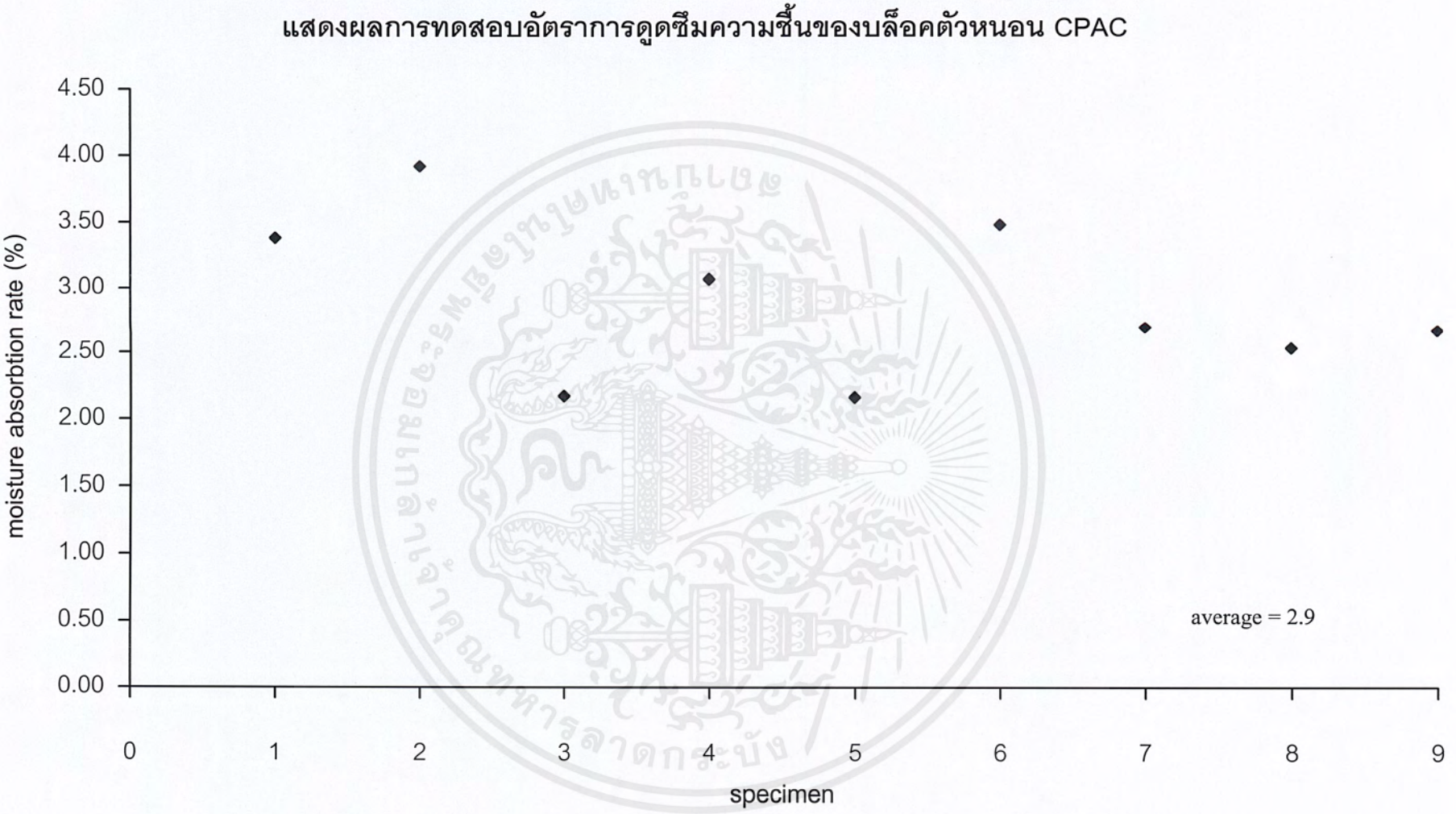
PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Moisture Absorbtion

TYPE OF SAMPLE CPAC Worm Block

Specimen No.	Weight in dry surface saturate condition (g)	Weight in absolute dry condition (g)	Moisture absorbtion rate (%)
1	3321.23	3212.77	3.38
2	3327.27	3201.79	3.92
3	3364.11	3292.7	2.17
4	3313.65	3214.87	3.07
5	3324.58	3254.25	2.16
6	3378.52	3264.87	3.48
7	3346.51	3258.76	2.69
8	3327.98	3245.83	2.53
9	3356.87	3269.88	2.66
Average	3340.08	3246.19	2.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอน CPAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

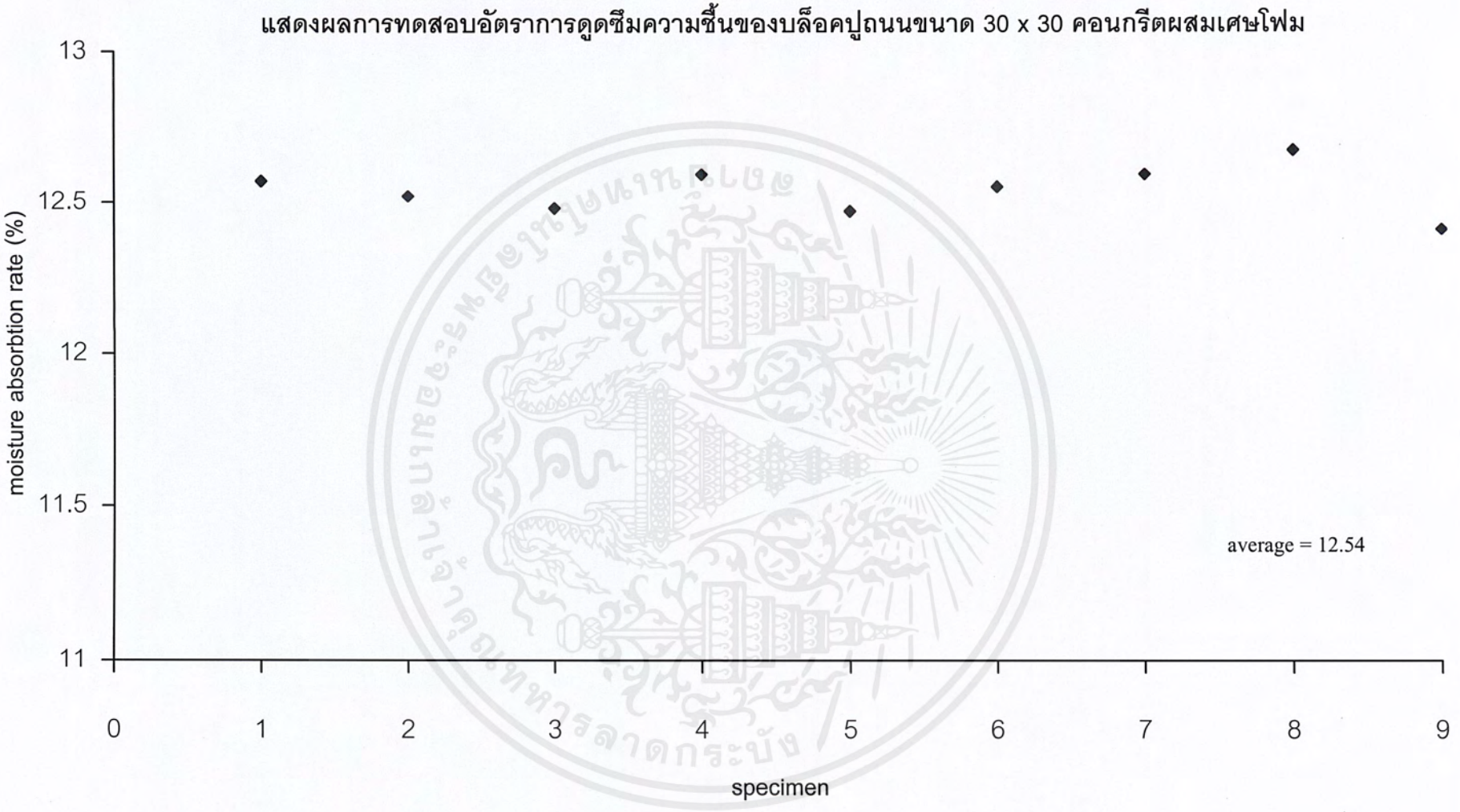
ตารางที่ 4.11. ผลการทดลองอัตราการดูดซึมของบล็อคปูถนนขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟม

PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Moisture Absorbtion

TYPE OF SAMPLE Foamcrete 30x30 Block

Specimen No.	Weight in dry surface saturate condition (kg)	Weight in absolute dry condition (kg)	Moisture absorbtion rate (%)
1	8.15	7.24	12.57
2	8.18	7.27	12.52
3	8.20	7.29	12.48
4	8.14	7.23	12.59
5	8.21	7.30	12.47
6	8.16	7.25	12.55
7	8.23	7.31	12.59
8	8.18	7.26	12.67
9	8.24	7.33	12.41
Average	8.19	7.28	12.54



รูปที่ 4.11. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็คปูถนนขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ตารางที่ 4.12. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน CPAC ขนาด 30x30

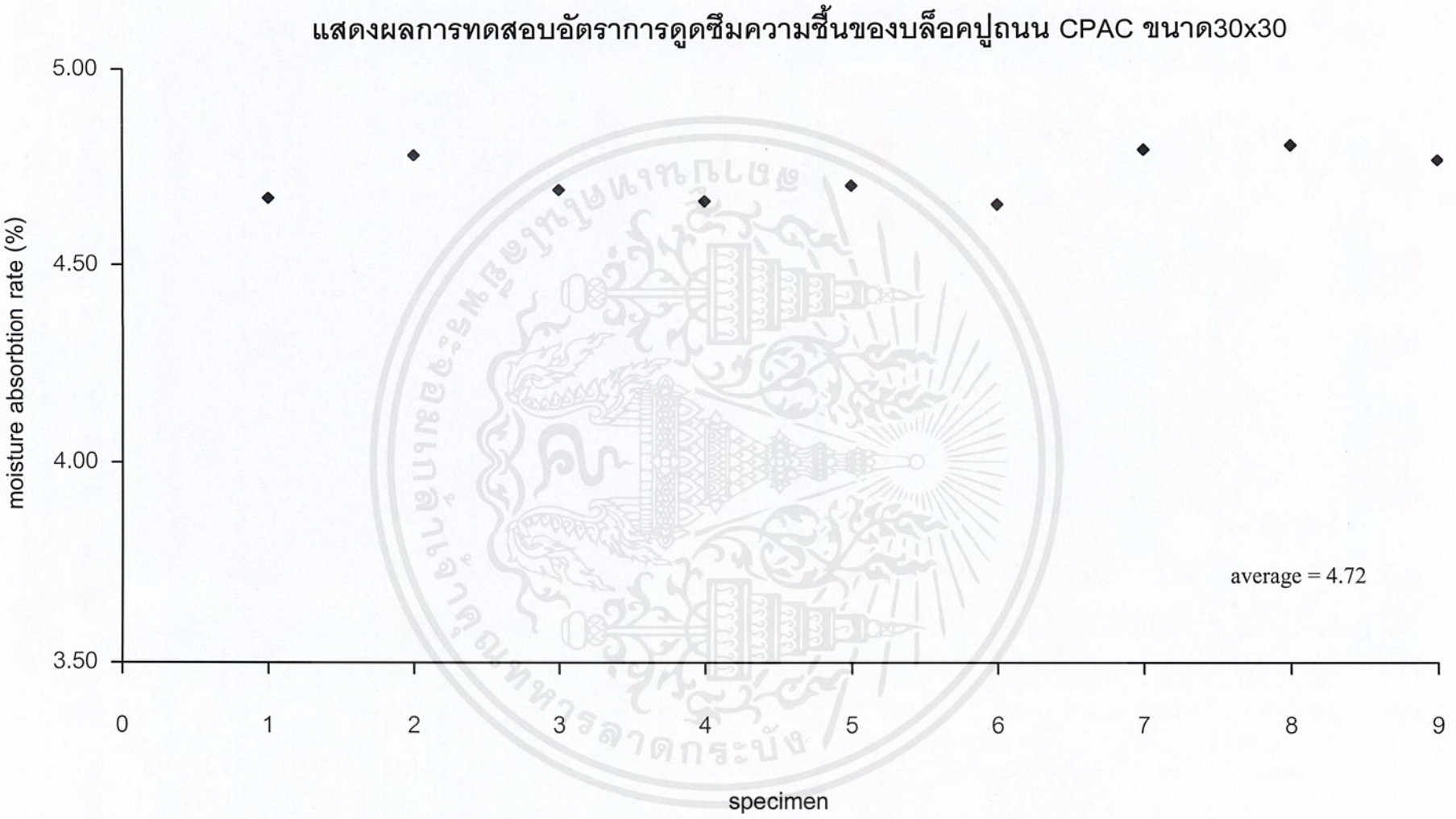
PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Moisture Absorbtion

TYPE OF SAMPLE CPAC 30x30 Block

Specimen No.	Weight in dry surface saturate condition (kg)	Weight in absolute dry condition (kg)	Moisture absorbtion rate (%)
1	11.42	10.91	4.67
2	11.40	10.88	4.78
3	11.38	10.87	4.69
4	11.46	10.95	4.66
5	11.37	10.86	4.70
6	11.48	10.97	4.65
7	11.37	10.85	4.79
8	11.36	10.84	4.80
9	11.45	10.93	4.76
Average	11.41	10.90	4.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน CPAC ขนาด 30x30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ตารางที่ 4.13. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟม

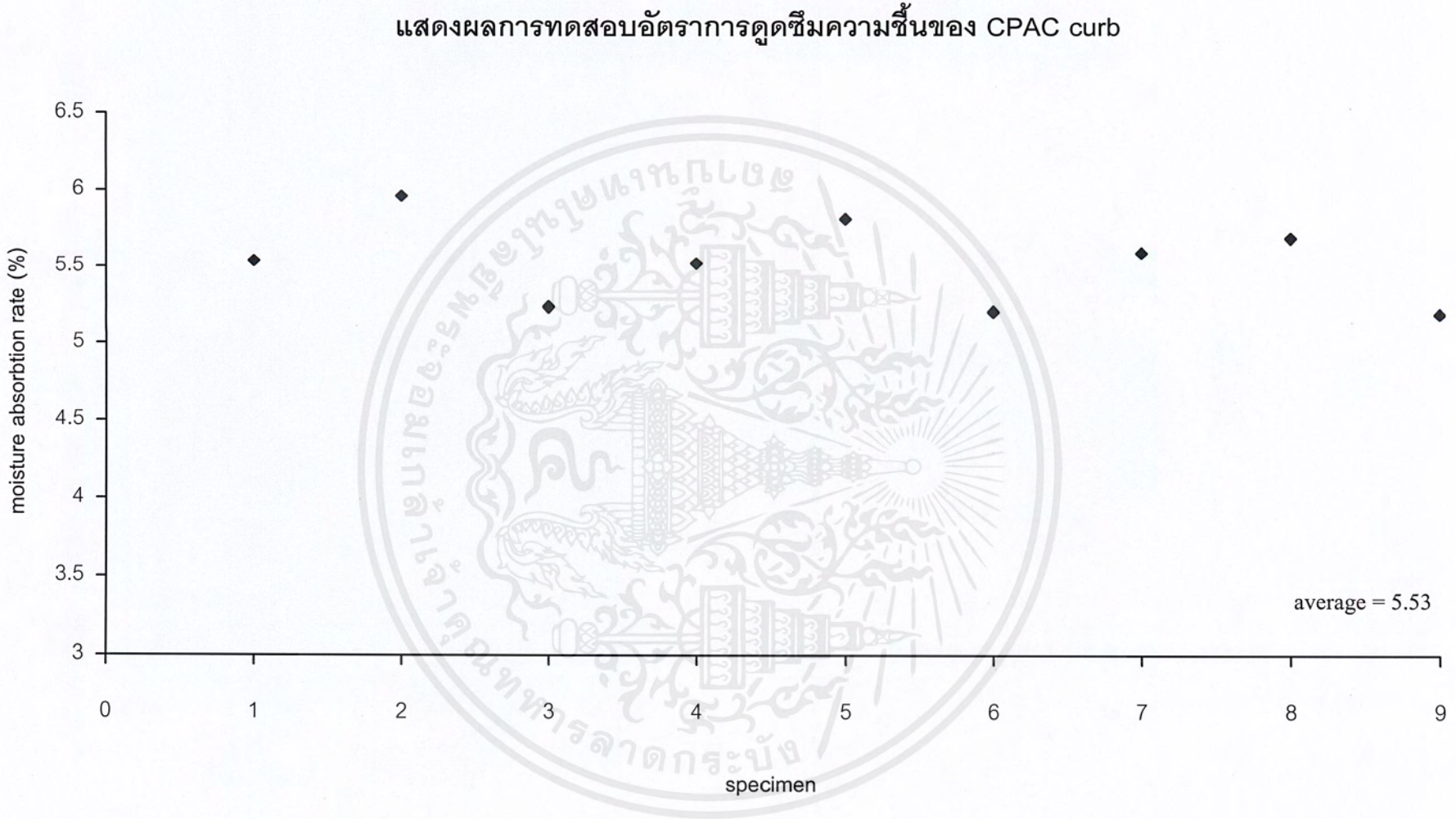
PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Moisture Absorbtion

TYPE OF SAMPLE Foamcrete Curb

Specimen No.	Weight in dry surface saturate condition (kg)	Weight in absolute dry condition (kg)	Moisture absorbtion rate (%)
1	15.67	14.32	9.43
2	15.59	14.24	9.48
3	15.61	14.63	6.70
4	15.86	14.71	7.82
5	15.65	14.64	6.90
6	15.57	14.25	9.26
7	15.67	14.31	9.50
8	15.71	14.58	7.75
9	15.66	14.32	9.36
Average	15.67	14.44	8.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb CPAC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

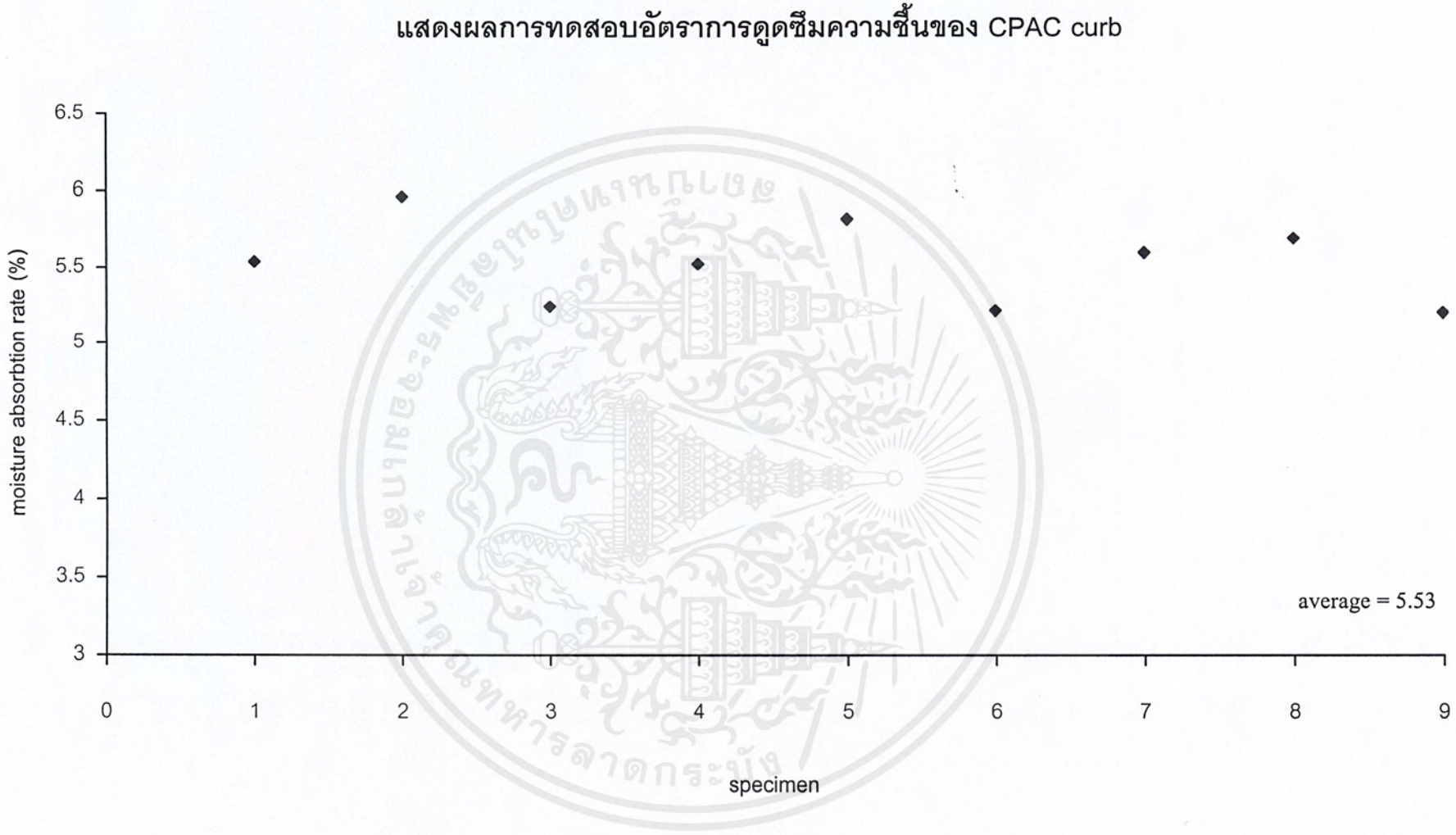
ตารางที่ 4.14. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb CPAC

PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Moisture Absorbtion

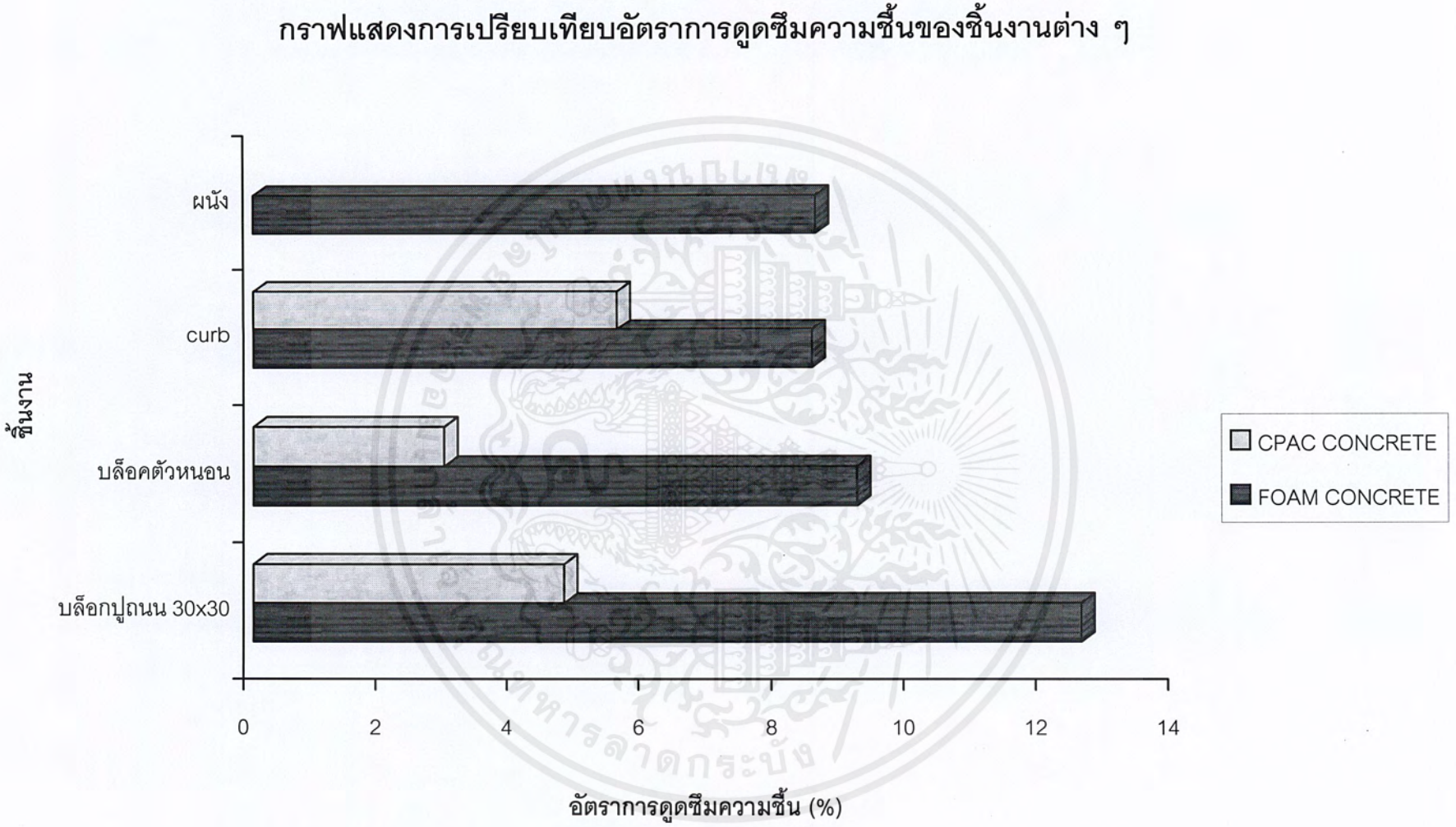
TYPE OF SAMPLE CPAC Curb

Specimen No.	Weight in dry surface saturate condition (kg)	Weight in absolute dry condition (kg)	Moisture absorbtion rate (%)
1	25.34	24.01	5.54
2	25.41	23.98	5.96
3	25.12	23.87	5.24
4	25.06	23.75	5.52
5	25.51	24.11	5.81
6	25.44	24.18	5.21
7	25.31	23.97	5.59
8	25.12	23.77	5.68
9	25.75	24.48	5.19
Average	25.34	24.01	5.53



รูปที่ 4.14. ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb CPAC

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี



รูปที่ 4.15. เปรียบเทียบอัตราการดูดซึมความชื้นของชิ้นงานต่างๆ

ตารางที่ 4.15. ความต้านแรงกระแทกของผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม

PROJECT: FOAMCRETE

TESTING: Impact Resistance

TYPE OF SAMPLE : Foamcrete Partition

Specimen No.	Height (mm.)	Symbol	Impact Resistance (N-m)
1	800	I 16	16 to 26
2	800	I 16	16 to 26
3	800	I 16	16 to 26
Average	800	-	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16. ราคาแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมต่อแผ่นเมื่อไม่รวมโครง

วัสดุ	ปริมาณ (kg)	ราคาต่อหน่วยน้ำหนัก (บาท / kg)	ราคา (บาท)
น้ำ	1.650	0.010	0.017
ปูน	4.280	2.500	10.700
ทราย	4.230	0.200	0.846
หิน	1.050	0.200	0.210
โฟมเหลือใช้	0.030	2.000	0.060
ราคาวัสดุรวม / แผ่น			11.833
ราคาเมื่อคิดรวมค่าแรง และ overhead 5% / แผ่น			16.566
ราคาเมื่อคิดรวมกำไร 5% / แผ่น			17.394
ราคาเมื่อคิดรวมภาษี 7% / แผ่น			18.611

ตารางที่ 4.17. ราคาบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมต่อตารางเมตร

วัสดุ	ปริมาณ (kg)	ราคาต่อหน่วยน้ำหนัก (บาท / kg)	ราคา (บาท)
น้ำ	0.220	0.010	0.002
ปูน	1.100	2.500	2.750
ทราย	1.150	0.200	0.230
หิน	0.120	0.200	0.020
โฟมเหลือใช้	0.010	2.000	0.020
ราคาวัสดุรวม / ก้อน			3.030
ราคาเมื่อคิดรวมค่าแรง และ overhead 5% / ก้อน			3.180
ราคาเมื่อคิดรวมกำไร 5% / ก้อน			3.340
ราคาเมื่อคิดรวมภาษี 7% / ก้อน			3.570
ราคา / ตารางเมตร			95.200

ตารางที่ 4.18. ราคาบล็อคปูถนนขนาด 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมต่อตารางเมตร

วัสดุ	ปริมาณ (kg)	ราคาต่อหน่วยน้ำหนัก (บาท / kg)	ราคา (บาท)
น้ำ	1.650	0.010	0.020
ปูน	4.280	2.500	10.700
ทราย	4.230	0.200	0.850
หิน	1.050	0.200	0.210
โฟมเหลือใช้	0.030	2.000	0.060
ราคาวัสดุรวม / ก้อน			11.830
ราคาเมื่อคิดรวมค่าแรง และ overhead 5% / ก้อน			12.420
ราคาเมื่อคิดรวมกำไร 5% / ก้อน			13.050
ราคาเมื่อคิดรวมภาษี 7% / ก้อน			13.960
ราคา / ตารางเมตร			155.090

ตารางที่ 4.19. ราคา Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมต่อเมตร

วัสดุ	ปริมาณ (kg)	ราคาต่อหน่วยน้ำหนัก (บาท / kg)	ราคา (บาท)
น้ำ	3.470	0.010	0.030
ปูน	8.830	2.500	22.080
ทราย	8.790	0.200	1.760
หิน	2.250	0.200	0.450
โฟมเหลือใช้	0.070	2.000	0.140
ราคาวัสดุรวม / ก้อน			24.460
ราคาเมื่อคิดรวมค่าแรง และ overhead 5% / ก้อน			25.680
ราคาเมื่อคิดรวมกำไร 5% / ก้อน			26.960
ราคาเมื่อคิดรวมภาษี 7% / ก้อน			28.850
ราคา / เมตร			57.700

ตารางที่ 4.20. ราคาชุดโต๊ะสนามคอนกรีตผสมเศษโฟม

วัสดุ	ปริมาณ (kg)	ราคาต่อหน่วยน้ำหนัก (บาท / kg)	ราคา (บาท)
น้ำ	53.310	0.010	0.530
ปูน	433.840	2.500	1084.600
ทราย	426.110	0.200	85.220
หิน	56.550	0.200	11.310
โฟมเหลือใช้	6.370	2.000	12.740
ราคาวัสดุรวม / ชุด			1194.410
ราคาเมื่อคิดรวมค่าแรง และ overhead 5% / ชุด			1254.130
ราคาเมื่อคิดรวมกำไร 5% / ชุด			1316.830
ราคาเมื่อคิดรวมภาษี 7% / ชุด			1409.010

ตารางที่ 4.21. แสดงน้ำหนักต่อหน่วยของชิ้นงานต่างๆ

ประเภทของชิ้นงาน	ผนัง	บล็อคตัวหนอน		บล็อกปูถนน 30x30		โต๊ะสนาม		Curb	
	ต่อ m^2	Foamcrete	CPAC	Foamcrete	CPAC	Foamcrete	ทั่วๆไป	Foamcrete	CPAC
น้ำหนักเฉลี่ยต่อหน่วย (kg.)	30.0	2.2	3.3	9.0	12.2	232.7	291.0	15.0	25.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. วิเคราะห์ผลการทดลอง

- จากรูปที่ 10

Curb พบว่ากำลังรับแรงแบกทานของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมน้อยกว่า Curb CPAC ทั้งการทดสอบแบบ Soak และ แบบ Unsoak โดยการทดสอบแบบ Soak นั้นจะมีค่ากำลังรับแรงแบกทานน้อยกว่าประมาณ 44 % ซึ่งจากรูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงแบกทานของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมที่ทำการบ่ม 7 วันสำหรับการทดสอบแบบ Soak มีค่าเท่ากับ 47.56 ksc. และจากรูปที่ 9 ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงแบกทานของ Curb CPAC สำหรับการทดสอบแบบ Soak มีค่าเท่ากับ 86.47 ksc. ส่วนการทดสอบแบบ Unsoak นั้นจะมีค่ากำลังรับแรงแบกทานน้อยกว่าประมาณ 42 % และค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงแบกทานของคอนกรีตผสมเศษโฟมที่ทำการบ่ม 7 วัน สำหรับการทดสอบแบบ Unsoak มีค่าเท่ากับ 48.88 ksc. กำลังรับแรงแบกทานของ Curb CPAC สำหรับการทดสอบแบบ Unsoak มีค่าเท่ากับ 84.97 ksc. เนื่องจากกำลังของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมได้รับการบ่มเพียง 7 วันทำให้กำลังที่ได้ต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็น (การบ่มเพียง 7 วันการพัฒนากำลังของคอนกรีตจะมีค่าเพียง 70 % ของกำลังสูงสุด) ลักษณะการพังทลายของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมจะไม่แตกตัวออกจากกับ Curb CPAC เนื่องจากโฟมช่วยในการยึดเนื้อคอนกรีตไม่ให้แยกออกจากกัน

บล็อคตัวหนอน พบว่ากำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมน้อยกว่าบล็อคตัวหนอน CPAC ประมาณ 46 % ซึ่งจากรูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมโฟมที่ทำการบ่ม 28 วันมีค่าเท่ากับ 113.41 ksc. และจากรูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคตัวหนอน CPAC มีค่าเท่ากับ 211.32 ksc. ลักษณะการพังทลายเป็นเช่นเดียวกับ Curb

บล็อคปูถนน 30x30 พบว่ากำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนนคอนกรีตผสมเศษโฟมน้อยกว่าบล็อคปูถนน CPAC ประมาณ 13 % ซึ่งจากรูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนนคอนกรีตผสมโฟมที่ทำการบ่ม 28 วันมีค่าเท่ากับ 155.27 ksc. และจากรูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงแบกทานของบล็อคปูถนน CPAC มีค่าเท่ากับ 179.24 ksc. ลักษณะการพังทลายเป็นเช่นเดียวกับ Curb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากรูปที่ 18

Curb พบว่าอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมมากกว่า Curb CPAC ประมาณ 35 % ซึ่งจากรูปที่ 16 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb คอนกรีตผสมโฟมมีค่าเท่ากับ 8.47 % และจากรูปที่ 17 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมความชื้นของ Curb CPAC มีค่าเท่ากับ 5.53 % มากกว่าเนื่องจากโฟมมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นมากกว่าหิน

บล็อคตัวหนอน พบว่าอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมมากกว่าบล็อคตัวหนอน CPAC ประมาณ 64 % ซึ่งจากรูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมโฟมมีค่าเท่ากับ 8.15 % และจากรูปที่ 13 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคตัวหนอน CPAC มีค่าเท่ากับ 2.90 % มากกว่าเนื่องจากโฟมมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นมากกว่าหิน

บล็อคปูถนน 30x30 พบว่าอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมมากกว่าบล็อคปูถนน 30x30 CPAC ประมาณ 62 % ซึ่งจากรูปที่ 14 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน 30x30 Curb คอนกรีตผสมโฟมมีค่าเท่ากับ 12.54 % และจากรูปที่ 15 ค่าเฉลี่ยอัตราการดูดซึมความชื้นของบล็อคปูถนน 30x30 CPAC มีค่าเท่ากับ 4.72 % มากกว่าเนื่องจากโฟมมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นมากกว่าหิน

- จากรูปที่ 7

แผ่นผนัง พบว่าเมื่อแผ่นผนังถูกเผาไฟความเสียหายจะเริ่มจากโฟมในเนื้อคอนกรีตจะสลายตัวเนื่องจากถูกเผาไหม้ทำให้ภายในเนื้อผนังเป็นรูพรุนจากนั้นเมื่อน้ำระเหยออกไปมากขึ้นจะทำให้เกิดรอยแตกลายงาบริเวณผิวจากนั้นแผ่นจะเริ่มบิดเบี้ยวและเกิดรอยแตกร้าวขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเนื้อคอนกรีตน้อยลงจนที่สุดเนื้อคอนกรีตจะยุ่ยเป็นผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากรูปที่ 15

แผ่นผนัง พบว่าแผ่นผนังสามารถต้านทานแรงกระแทกของลูกตุ้มน้ำหนัก 2 kg. ที่ความสูง 30 cm. ได้ และไม่สามารถต้านทานแรงกระแทกได้ที่ความสูง 80 cm. ซึ่งตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะมีความสามารถต้านทานแรงกระแทกได้อยู่ในช่วง 16-26 จูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3. สรุปผลการทดลอง

<u>กำลังรับแรงแบกทาน</u>

ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟมมีกำลังรับแรงแบกทานน้อยกว่าของ CPAC แต่ค่าที่ได้ถือว่าสามารถนำไปใช้งานได้จริงเนื่องจากตัวผลิตภัณฑ์ที่ได้หล่อนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงแบกทานที่สูงมากนัก

<u>ความสามารถการทนไฟ</u>

แผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมจะ**มีอัตราการทนไฟ 1 ชั่วโมง**ที่อุณหภูมิ 927 องศาเซลเซียส ตามมาตราฐานการทดสอบการทนไฟของ ASTM : E119-88

- เปรียบเทียบอัตราการทนไฟกับผนังยิปซั่มตราช้างช้างชนิดธรรมดา 12 mm. ขนาด 35x65 mm. 1 ชั้น ติดตั้งบนโครงเคร่าโลหะฝาผนังตราช้าง ระยะห่าง 60 cm. ความหนาผนังทั้งหมด 9 cm. **อัตราการทนไฟ 0.5 ชั่วโมง**
- เปรียบเทียบอัตราการทนไฟกับผนังยิปซั่มตราช้างช้างชนิดธรรมดา 15 mm. ขนาด 35x65 mm. 1 ชั้น ติดตั้งบนโครงเคร่าโลหะฝาผนังตราช้าง ระยะห่าง 60 cm. ความหนาผนังทั้งหมด 12.5 cm. **อัตราการทนไฟ 2 ชั่วโมง**
- เปรียบเทียบอัตราการทนไฟกับผนังยิปซั่มตราช้างช้างชนิดธรรมดา 12 mm. ขนาด 35x65 mm. 2 ชั้น ติดตั้งบนโครงเคร่าโลหะฝาผนังตราช้าง ระยะห่าง 60 cm. แบบสลับฟันปลา ความหนาผนังทั้งหมดอย่างน้อย 20 cm. **อัตราการทนไฟ 1 ชั่วโมง**
- เปรียบเทียบอัตราการทนไฟกับผนัง Super Block ขนาด 20x60 cm. ความหนา 7.5 cm.**มีอัตราการทนไฟ 4 ชั่วโมง**

<u>ความต้านทานแรงกระแทก</u>

แผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม**มีสามารถต้านทานแรงกระแทกได้อยู่ในช่วงระหว่าง 16-26 จูล** ตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แผ่นผนังโครงเหล็กกล้า มอก. 1153-2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการดูดซึมความชื้น

บล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมมีอัตราการดูดซึมความชื้น 9.15 %

- **เปรียบเทียบกับบล็อคตัวหนอน CPAC ซึ่งมีอัตราการดูดซึมความชื้น 2.90 %**
  บล็อคปูถนน 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมมีอัตราการดูดซึมความชื้น 12.54 %
- **เปรียบเทียบกับบล็อคปูถนน CPAC ซึ่งมีอัตราการดูดซึมความชื้น 4.72 %**
  Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมมีอัตราการดูดซึมความชื้น 8.47 %
- **เปรียบเทียบกับ Curb CPAC ซึ่งมีอัตราการดูดซึมความชื้น 5.53 %**
  ผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมมีอัตราการดูดซึมความชื้น 8.52 %

ราคา

บล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมมีราคาถูกกว่าของบล็อคตัวหนอนของ CPAC ประมาณ 0.6 บาทต่อก้อน หรือคิดเป็น 25 บาทต่อตารางเมตร

บล็อคปูถนน 30x30คอนกรีตผสมเศษโฟมมีราคาถูกกว่าของบล็อคปูถนน 30x30 CPAC ประมาณ 37.35 บาทต่อก้อน หรือคิดเป็น 415 บาทต่อตารางเมตร

ชุดโต๊ะสนามคอนกรีตผสมเศษโฟมมีราคาถูกกว่าประมาณโต๊ะสนามทั่วๆไป 300 บาทต่อชุด

Curb (ขนาด 50x20x11 cm.)**คอนกรีตผสมเศษโฟมมีราคาถูกกว่า Curb CPAC 51 บาทต่อก้อน หรือคิดเป็น 102 บาทต่อเมตร**

ผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม(ไม่รวมโครง)มีราคา 34 บาทต่อตารางเมตร

- เปรียบเทียบราคาผนังยิปซั่มตราช้างช้างชนิดธรรมดา 12 mm.(ไม่รวมโครง) **มีราคา 104 บาทต่อตารางเมตร มีราคาถูกกว่า 70 บาทต่อตารางเมตร**
- เปรียบเทียบราคาผนังยิปซั่มตราช้างช้างชนิดธรรมดา 15 mm.(ไม่รวมโครง) **มีราคา 120 บาทต่อตารางเมตร มีราคาถูกกว่า 86 บาทต่อตารางเมตร**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **เปรียบเทียบราคาผนัง Super Block มีราคา 284 บาทต่อตารางเมตร มีราคาถูกกว่า 250 บาทต่อตารางเมตร**

น้ำหนัก

บล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนัก 2.2 kg./ก้อน หรือ 100 kg./m^2

- **เปรียบเทียบน้ำหนักกับบล็อคตัวหนอน CPAC ซึ่งมีน้ำหนัก 3.3 kg./ก้อน หรือ 136.36 kg./m (บล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนักเบากว่า 1.1 kg./ก้อน หรือ 45 kg./m^2 หรือคิดเป็น 33.33 %)**

บล็อคปูถนน 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนักมีน้ำหนัก 9 kg./ก้อนหรือ 100 kg./m^2

- **เปรียบเทียบน้ำหนักกับบล็อคปูถนน 30x30 CPAC ซึ่งมีน้ำหนัก 12.2 kg./ก้อน หรือ 135.55 kg./m (บล็อคปูถนน 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนักเบากว่า 3.2 kg./ก้อน หรือ 45 kg./m^2 หรือคิดเป็น 33.33 %)**

ชุดโต๊ะสนามคอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนัก 232.7 kg./ชุด

- **เปรียบเทียบน้ำหนักกับ โต๊ะสนามทั่วๆไป ซึ่งมีน้ำหนัก 291 kg./ชุด (โต๊ะสนามคอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนักเบากว่า 58.3 kg./ชุดหรือคิดเป็น 20 %)**

Curb (ขนาด 50x20x11 cm.)คอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนัก 15 kg./ก้อน หรือคิดเป็น 30 kg./m.

- **เปรียบเทียบน้ำหนักกับCurb CPAC(ขนาด 50x20x11)ซึ่งมีน้ำหนัก 25 kg./ก้อน หรือคิดเป็น 50 kg./m. (Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมมีน้ำหนักเบากว่า 10 kg./ก้อน หรือ 20 kg./m. หรือคิดเป็น 40 %)**

ผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมรวมโครงเหล็กมีน้ำหนักประมาณ 30 kg./m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เปรียบเทียบน้ำหนักกับผนังยิปซั่มตราช้างช้างชนิดธรรมดา 12 mm. ขนาด 35x65 mm. 1 ชั้น ติดตั้งบนโครงเคร่าโลหะฝาผนังตราช้าง ระยะห่าง 60 cm. ความหนาผนังทั้งหมด 9 cm. **มีน้ำหนัก 26 kg./m^2 (ผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหนักกว่า 4 kg./m^2 หรือคิดเป็น 13.33 %)**
- เปรียบเทียบน้ำหนักกับผนังยิปซั่มตราช้างช้างชนิดธรรมดา 15 mm. ขนาด 35x65 mm. 1 ชั้น ติดตั้งบนโครงเคร่าโลหะฝาผนังตราช้าง ระยะห่าง 60 cm. ความหนาผนังทั้งหมด 12.5 cm. **มีน้ำหนัก 57 kg./m^2 (ผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมเบากว่า 27 kg./m^2 หรือคิดเป็น 47.37 %)**
- เปรียบเทียบน้ำหนักกับผนังยิปซั่มตราช้างช้างชนิดธรรมดา 12 mm. ขนาด 35x65 mm. 2 ชั้น ติดตั้งบนโครงเคร่าโลหะฝาผนังตราช้าง ระยะห่าง 60 cm. แบบสลับฟันปลา ความหนาผนังทั้งหมดอย่างน้อย 20 cm. **มีน้ำหนัก 45 kg./m^2 (ผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมเบากว่า 15 kg./m^2 หรือคิดเป็น 33.33 %)**
- เปรียบเทียบน้ำหนักกับผนัง Super Block ขนาด 20x60 cm. ความหนา 7.5 cm.**มีน้ำหนัก 52 kg./m^2 (ผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมเบากว่า 22 kg./m^2 หรือคิดเป็น 42.3%)**

จากการทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟมทั้งทางด้านกลศาสตร์ และทางด้านกายภาพพบว่าแนวความคิดที่จะนำเอาวัสดุเหลือใช้ประเภทเศษโฟมมาเป็นส่วนผสมในตัวของผลิตภัณฑ์มีความเป็นไปได้ในด้านการนำไปใช้งานจริงซึ่งจะทำให้น้ำหนักลดลง ราคาของตัวผลิตภัณฑ์ถูกลง อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับโฟมที่มีใช้กันอย่างมากในปัจจุบันแต่ไม่สามารถทำการย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผาที่อุณหภูมิ 538°C ระยะเวลา 5 นาที

รูปที่ 4.17 ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผาที่อุณหภูมิ 704°C เวลา 10 นาที

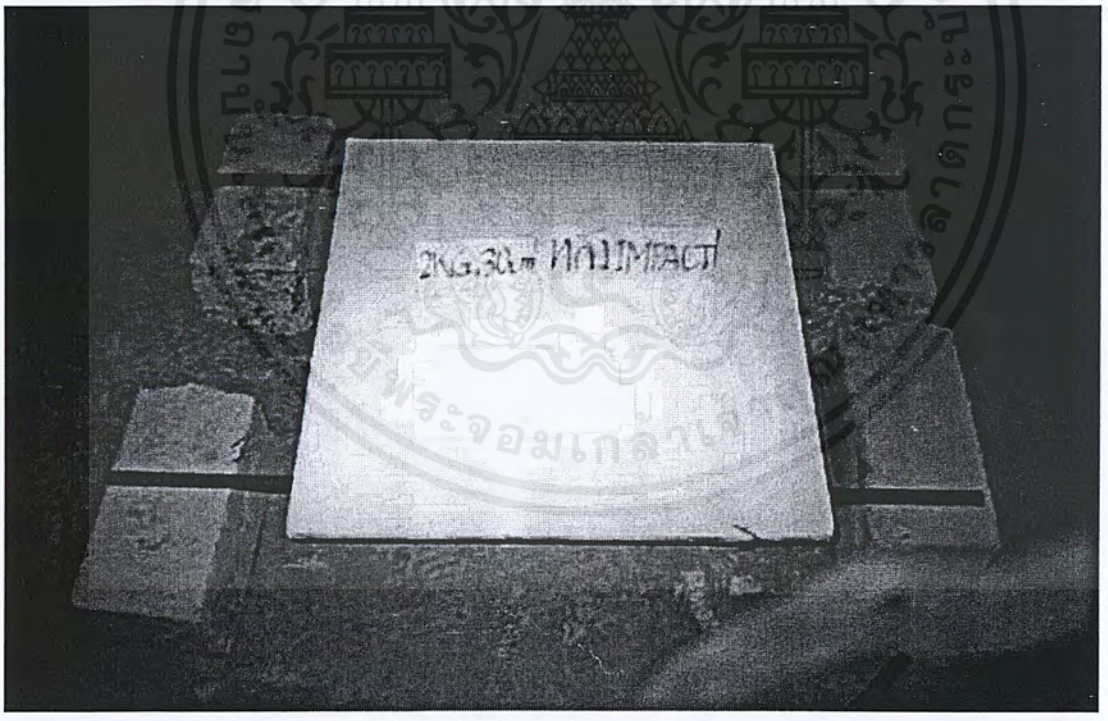
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผาที่อุณหภูมิ 843°C เวลา 30 นาที

รูปที่ 4.19 ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผาที่อุณหภูมิ 927°C เวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

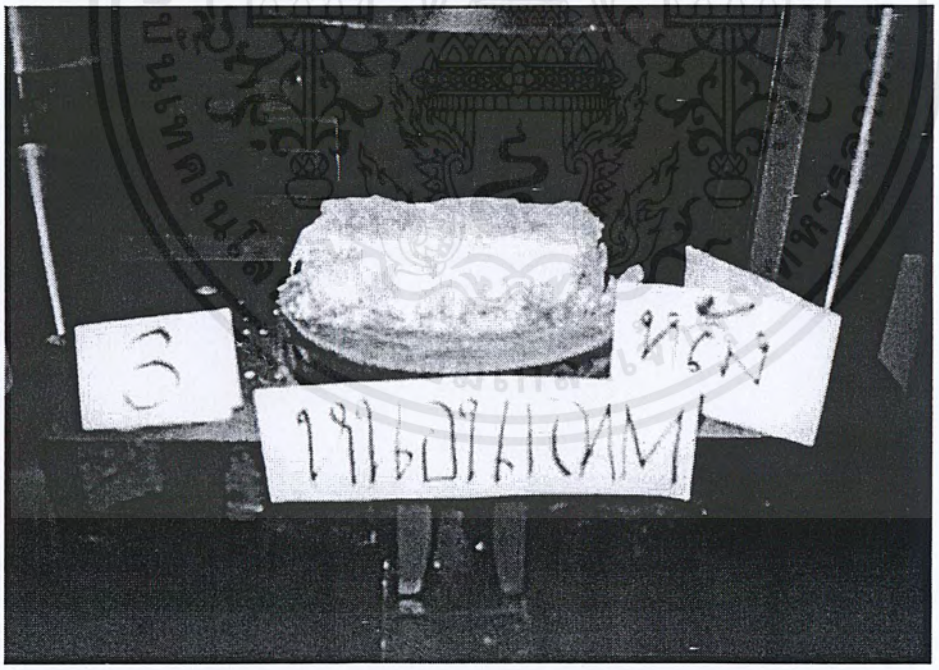
รูปที่ 4.20 ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1010°C เวลา 2 ชั่วโมง



รูปที่ 4.21 ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมการทดสอบกำลังรับแรงกระแทกของลูกตุ้ม 2 kg. ที่ความสูง 30 cm.

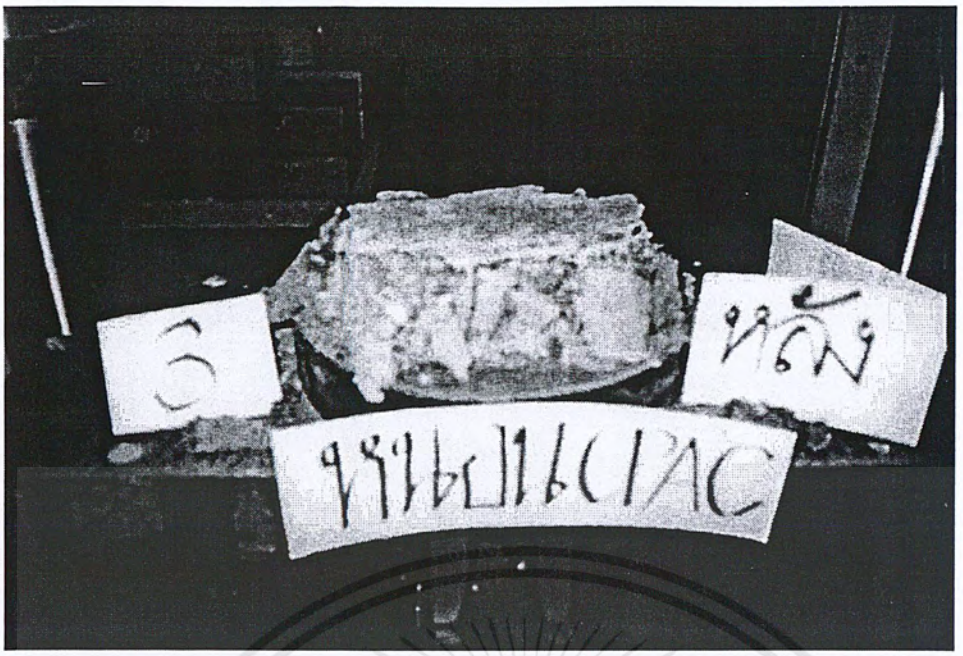
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.22 ตัวอย่างแผ่นผนังคอนกรีตผสมเศษโฟมการทดสอบกำลังรับแรงกระแทกของลูกตุ้ม 2 kg. ที่ความสูง 80 cm.

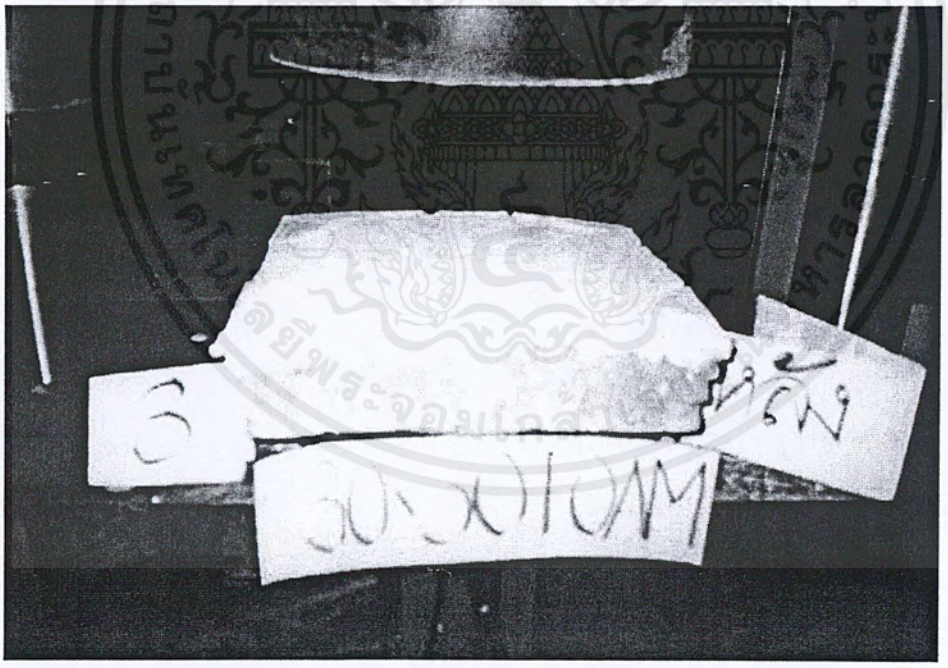


รูปที่ 4.23 ตัวอย่างบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการทดสอบกำลังรับการแบกทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

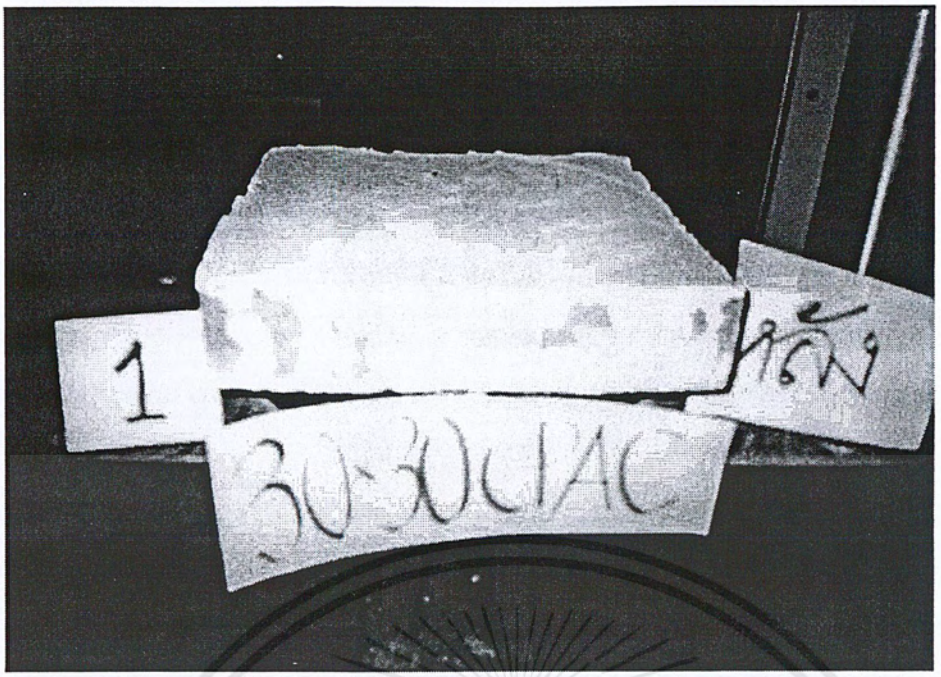


รูปที่ 4.24 ตัวอย่างบล็อคตัวหนอน CPAC หลังการทดสอบกำลังรับการแบกทาน



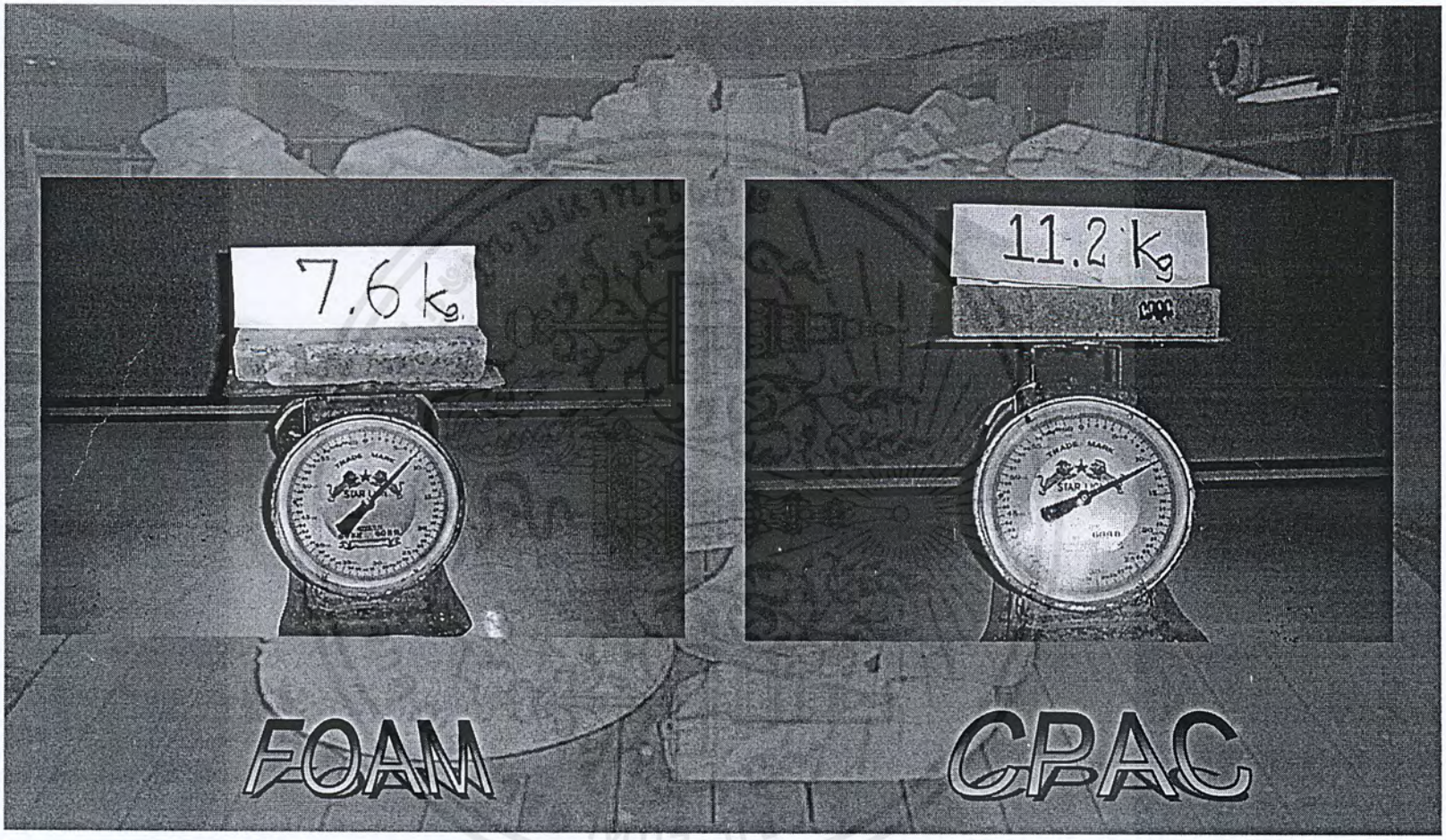
รูปที่ 4.25 ตัวอย่างบล็อคปูถนน 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการทดสอบกำลังรับการแบกทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

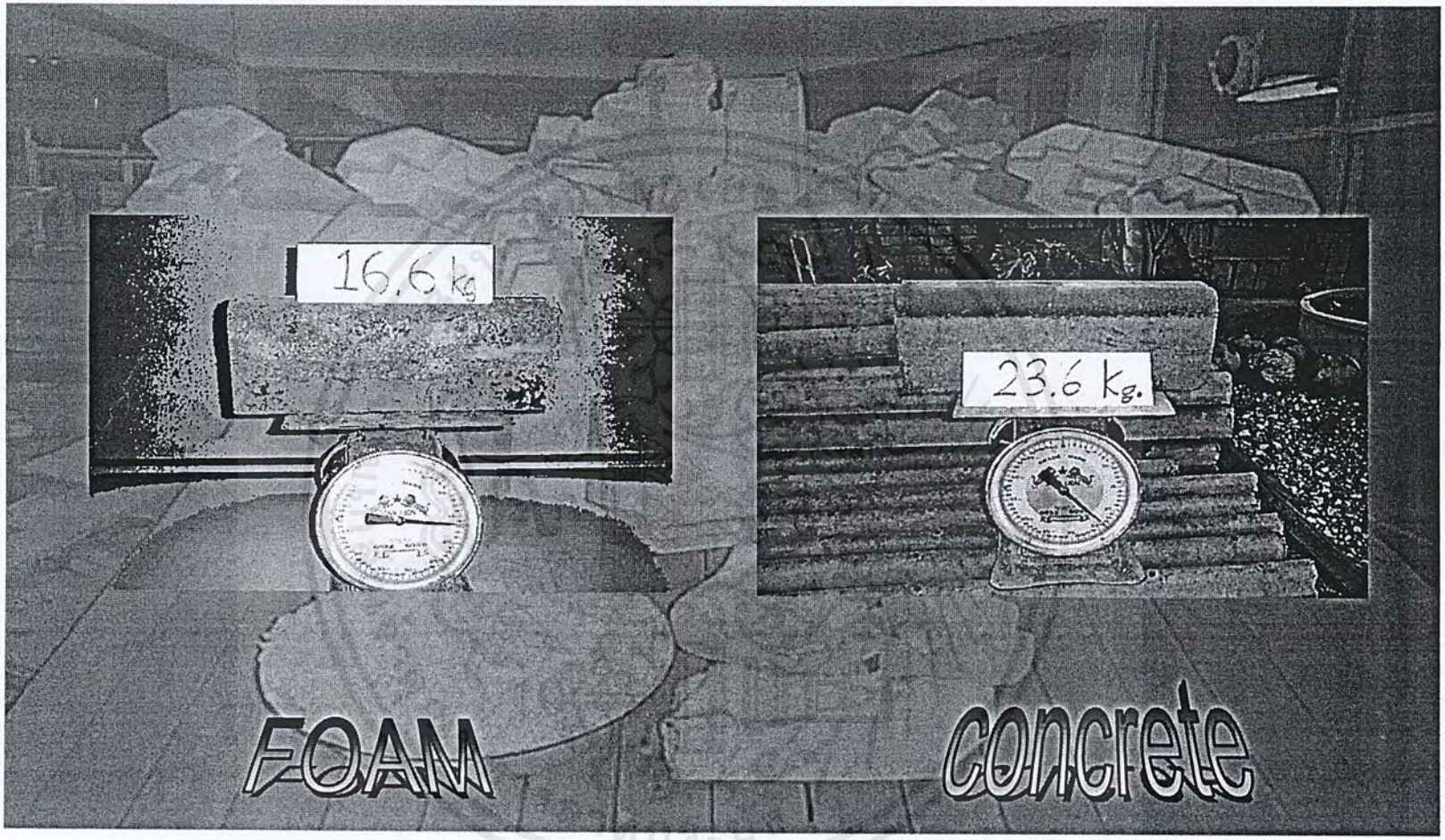


รูปที่ 4.26 ตัวอย่างบล็อคปูถนน 30x30 CPAC หลังการทดสอบกำลังรับการแบกทาน

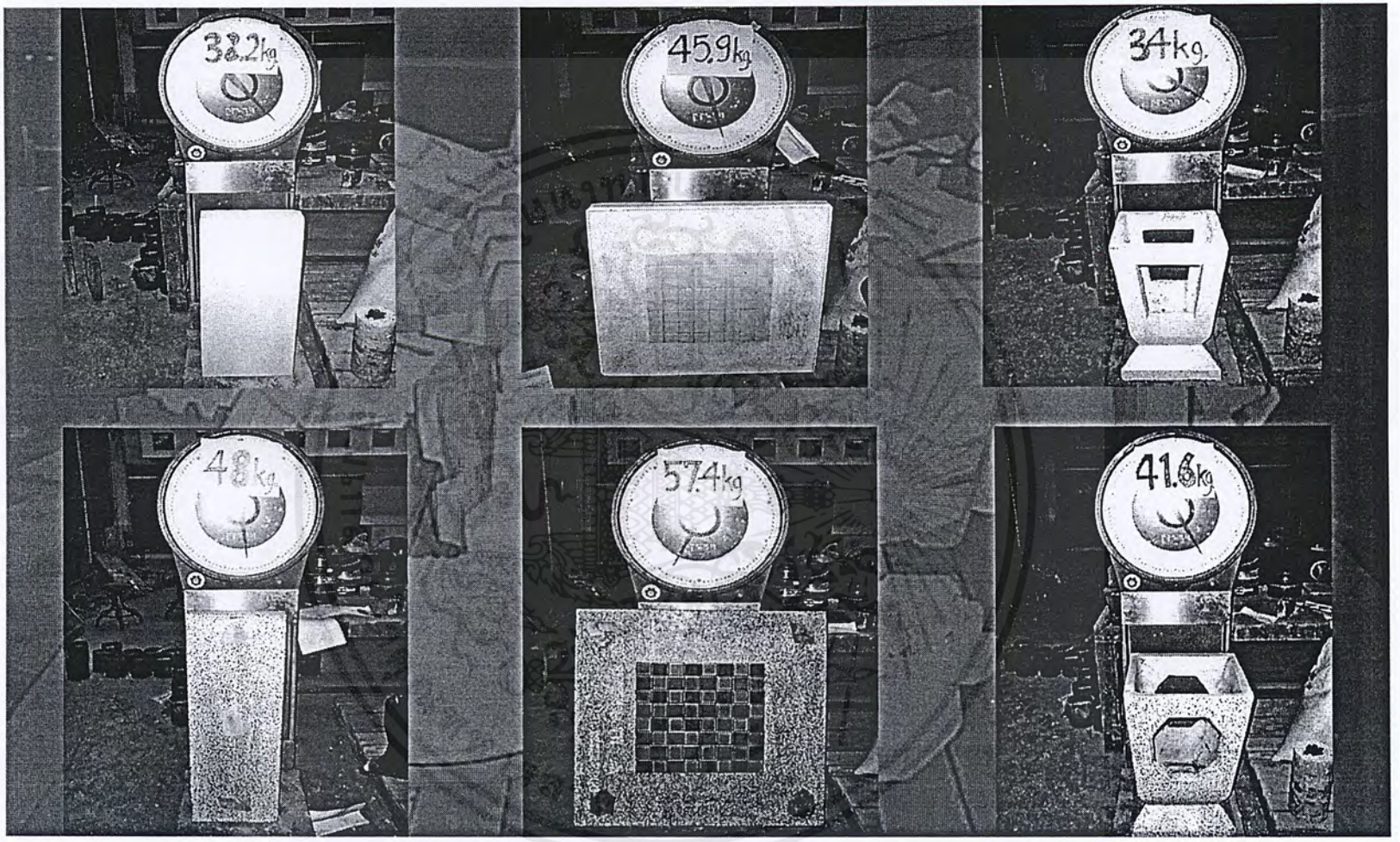
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



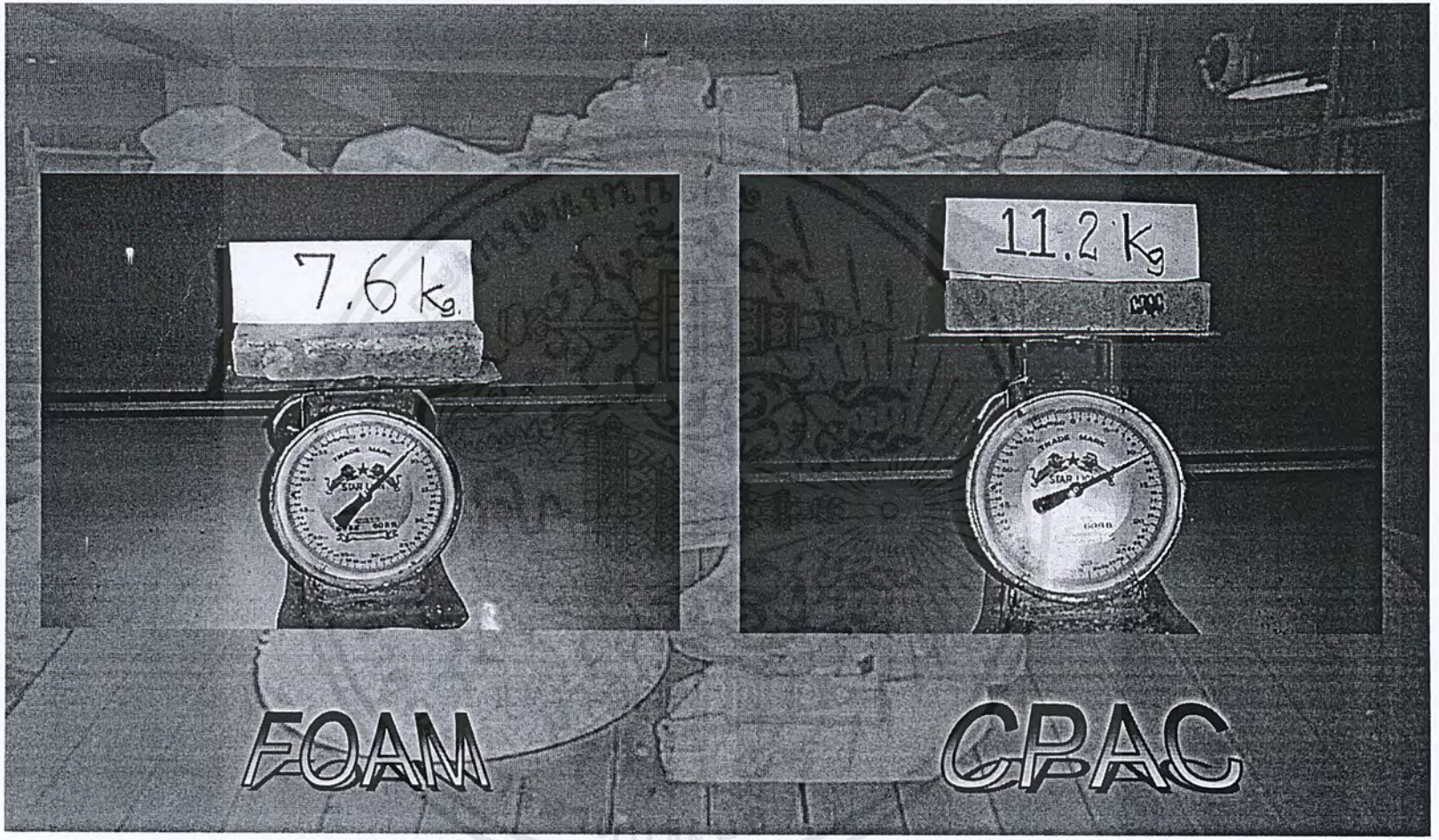
รูปที่ 4.27. เปรียบเทียบน้ำหนักระหว่างบล็อคตัวหนอนคอนกรีตผสมเศษโฟมกับบล็อคตัวหนอน CPAC



รูปที่4.28. เปรียบเทียบน้ำหนักระหว่าง Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมกับ Curb CPAC



รูปที่ 4.29. เปรียบเทียบน้ำหนักโต๊ะสนามคอนกรีตผสมเศษโฟมกับโต๊ะสนามทั่วๆไป

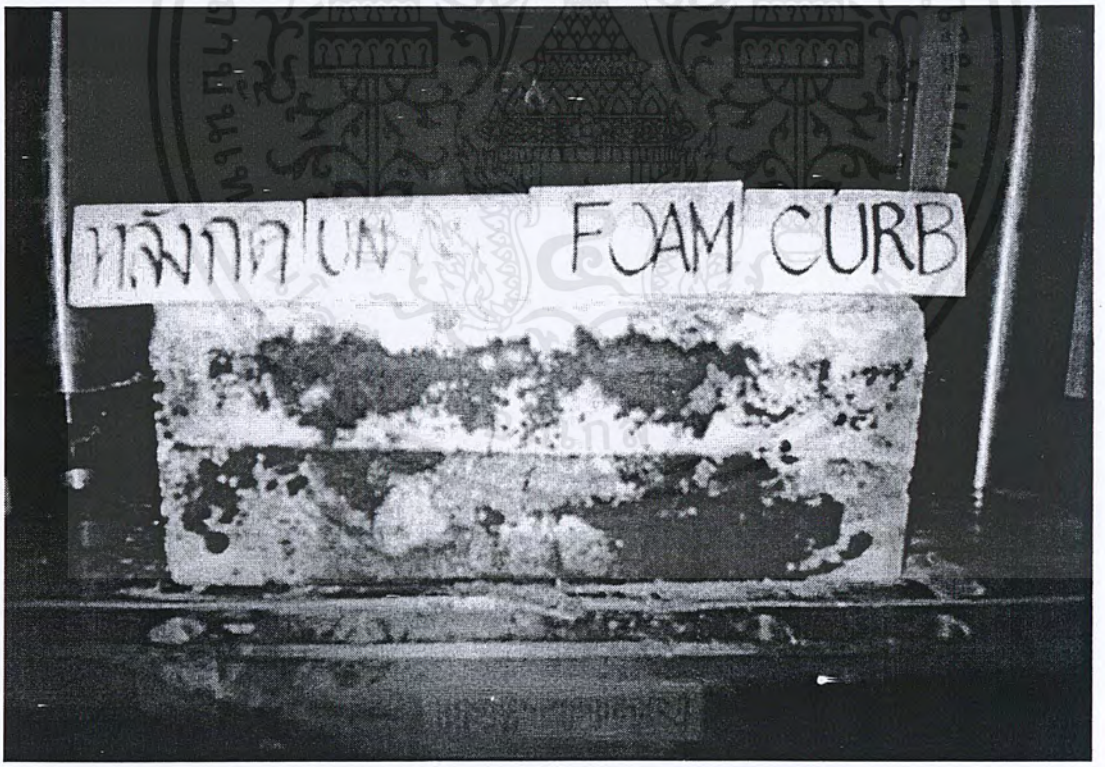


รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบบล็อคปูถนน 30x30 คอนกรีตผสมเศษโฟมกับบล็อคปูถนน CPAC

รูปที่ 4.31 แสดงน้ำหนักผนังคอนกรีตผสมเศษโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

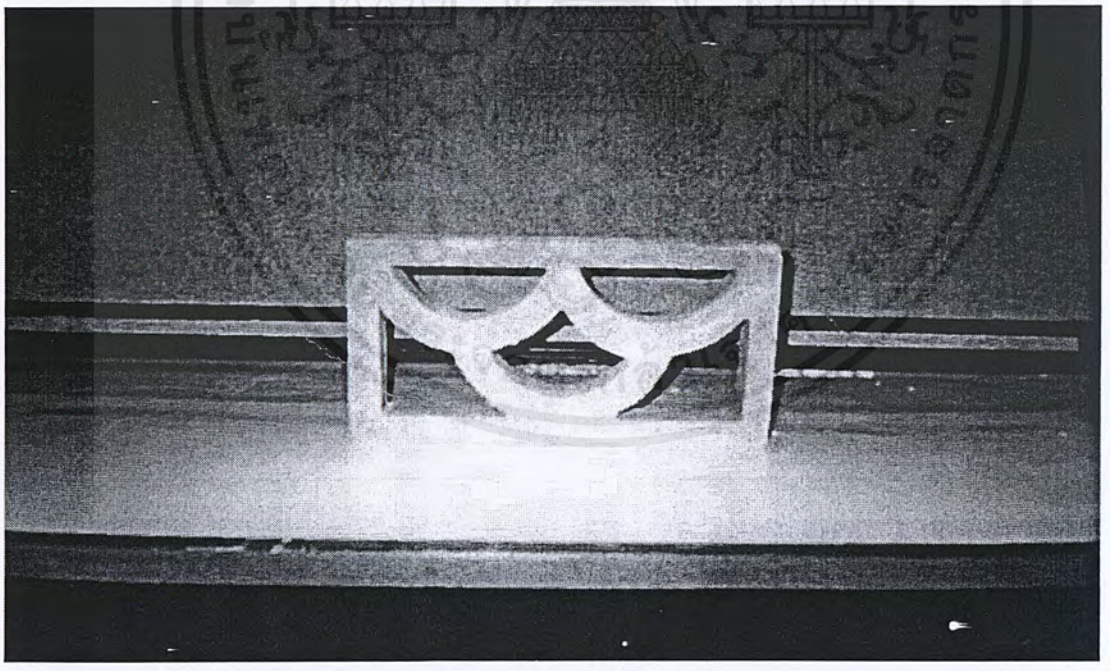
รูปที่ 4.32 ตัวอย่าง CPAC หลังการทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน



รูปที่ 4.33 ตัวอย่าง Curb คอนกรีตผสมเศษโฟมหลังการทดสอบกำลังรับแรงแบกทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.34 โต๊ะสนามแบบอื่นๆที่คาดว่าจะสามารถทำได้



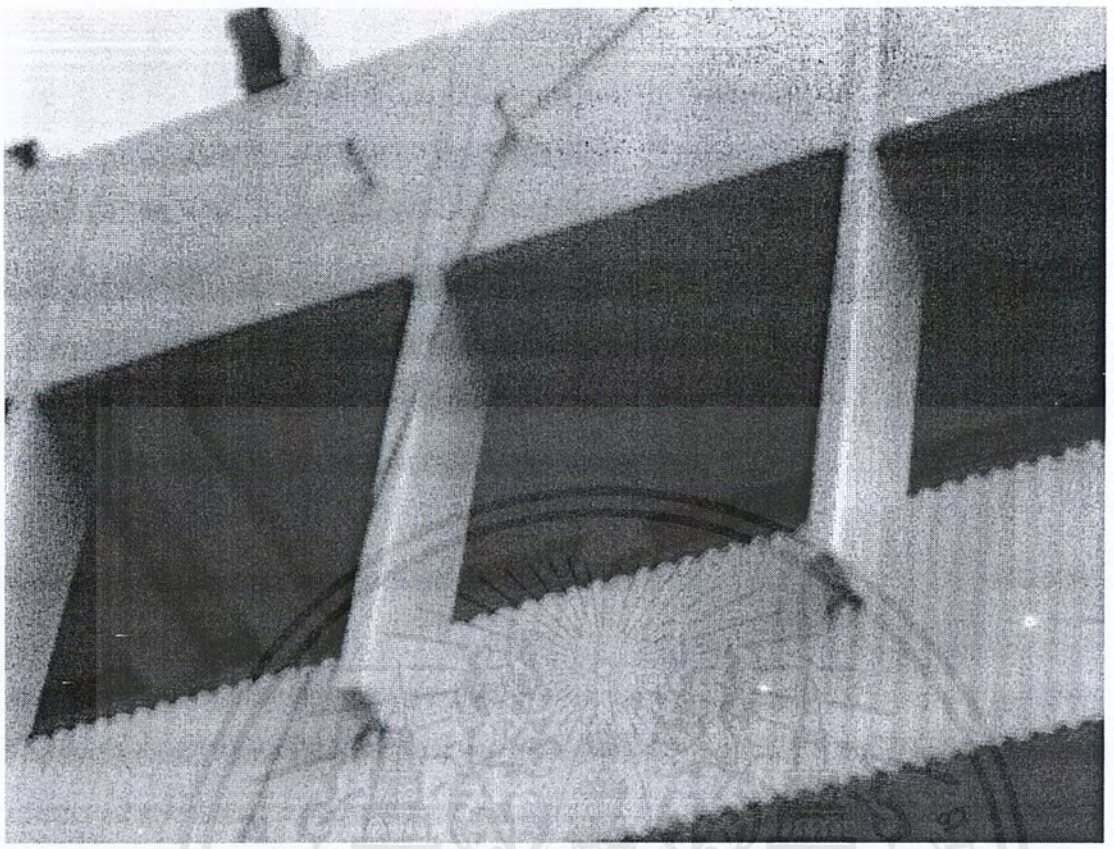
รูปที่ 4.35 บล็อคช่องลมที่คาดว่าจะสามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.36 ฝาบ่อพักที่คาดว่าจะสามารถทำได้

รูปที่ 4.37 เก้าอี้ป้ายรถเมล์ที่คาดว่าจะสามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 แผงกันแดด(fin)ที่คาดว่าจะสามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอ้างอิง

- นายอัศวิน เลิศโสภา, นายโอภาส วิศรุตธรรมและนายปีใหม่ อาจสาคร., 2542. โครงงานวิจัยเรื่อง วัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- รศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ, 2538 . ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี . พิมพ์ครั้งที่ 1
- วินิต ช่อวิเชียร, 2539 . คอนกรีตเทคโนโลยี . พิมพ์ครั้งที่ 8 .
- ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2539 . Concrete Techonlogy . พิมพ์ครั้งที่ 4 .
- กาญจนา ออมกระโทก และ อารี สุทธิ, 2536 . วัสดุผสมสำหรับคอนกรีตเบา .
- ASTM Standard, 1998 . Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials .
- มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม Thai Industrial Strandard มอก. 1153 – 2536 . แผ่นผนังโครงเหล็กกล้า .สำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- นายอัศวิน เลิศโสภา, นายโอภาส วิศรุตธรรมและนายปีใหม่ อาจสาคร., 2543. โครงงานวิจัยเรื่องวัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อกำหนดเกี่ยวกับคอนกรีตในการใช้งานประเภทต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 1

การแบ่งประเภทคอนกรีตและเกณฑ์กำหนดเกี่ยวกับกำลังอัด

ชนิดของการก่อสร้าง	ประเภท	ค่าต่ำสุดของกำลังอัดของแท่งทรงกระบอกคอนกรีตหลังเทแล้ว 28 วัน ksc.
ฐานรากและเสาคาน คานซอย ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนาตั้งแต่ 15 cm. ขึ้นไป แผ่นพื้นและถังเก็บ	ก	210
ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กที่บางกว่า 10 cm. และครีบ ค.ส.ล.	ข	180
ผนังทั่วไป บ่อเกรอะบ่อซึม และคอนกรีตหยาบ 1:3:5	ค	-

ตารางที่ ผ.ก. 2

ค่ายุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่างๆ

ชนิดของการก่อสร้าง	ค่าการยุบตัว cm.	
	สูงสุด	ต่ำสุด
ฐานราก	4	2
แผ่นพื้น คาน ผนัง ค.ส.ล.	6	3
เสา	10	5
ครีบ ค.ส.ล. และผนังเบา	10	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 3

ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้กับคอนกรีต

ชนิดของการก่อสร้าง	ขนาดใหญ่สุด ซม.
ฐานราก เสาและคาน	4
ผนัง ค.ส.ล. หนาตั้งแต่ 15 cm. ขึ้นไป	4
ผนัง ค.ส.ล. หนาตั้งแต่ 10 cm. ขึ้นไป	2
แผ่นพื้น ครีบ ค.ส.ล. และผนังกั้นห้อง ค.ส.ล.	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสม

ข.1 การทดสอบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

ข.2 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

ข.3 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด

ข.4 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ

ข.5 การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

ข.6 การทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลรวม

ข.7 การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด

ข.8 การทดสอบการดูดซึมของโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.1

การทดสอบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์

(Test for Specimen Gravity)

A S T M : C 150-84

<u>วัตถุประสงค์</u>

เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ คือ อัตราของน้ำหนักซีเมนต์ต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับเนื้อแท้ของตัวมันเอง ซีเมนต์แต่ละชนิดจะมีความถ่วงจำเพาะตัวคงที่เสมอไป เมื่อใดที่ซีเมนต์เสื่อมคุณภาพลง ความถ่วงจำเพาะจะต่ำกว่าปกติและเราจะรู้ว่า ซีเมนต์นี้จะใช้ได้หรือไม่จากการลดลงของความถ่วงจำเพาะนี้เอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์ที่จะนำมาใช้ผสมคอนกรีตและนำค่าไปเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานของซีเมนต์แต่ละชนิด ซึ่งปรกติความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนต์ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 3.10-3.20

<u>วัสดุและการจัดเตรียมตัวอย่าง</u>

1. ซีเมนต์ ซีเมนต์ที่นำมาใช้ทดสอบเปรียบเทียบแต่ละชนิด ควรเป็นซีเมนต์ใหม่ยังไม่เสื่อมคุณภาพหรือจับเป็นก้อนแข็ง หากเป็นซีเมนต์ใหม่ให้ตักออกจากถุงหรือภาชนะเก็บได้เลยตามจำนวนที่ต้องการ (ประมาณครั้งละ 100 กรัม) หากเป็นซีเมนต์ใหม่เลือกตักออกจากส่วนตอนกลางถุงหรือภาชนะเก็บในปริมาณ 5 กก. แล้วนำมาทำเป็น Quartering คือ การเก็บตัวอย่างแบบแบ่งเป็นสี่แล้วเลือกเอาสองส่วนตรงข้ามมาใช้ หรือนำมาแบ่งเป็นสี่ส่วนซ้ำอีก เพื่อให้เหลือปริมาณที่ต้องการ
2. น้ำมันก๊าด หรือน้ำมันเบนซิน ประมาณ 500 มล.

<u>อุปกรณ์การทดลอง</u>

1. ขวดแก้วสำหรับหาความถ่วงจำเพาะของเลอซาทาเลีย (La Chatalie) เป็นขวดแก้วใส หน้าตัดเป็นรูปวงกลม ลักษณะคอขวดเป็นก้านยาวและมีกระเปาะเล็กๆก่อนจะถึงก้นขวดเป็นซึ่งเป็นกระเปาะขนาดใหญ่ ความจุของขวดแก้วนี้ประมาณ 290 มล.
2. ตาชั่ง (ความละเอียดอย่างต่ำ 0.2 กรัม)
3. อ่างควบคุมอุณภูมิ
4. ถ้วยตวงหรือกรวยก้านยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ลวดแยง
6. ผ้าแห้งหรือแผ่นยาง
7. เทอร์โมมิเตอร์

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เช็ดแก้วให้สะอาด แล้วเติมน้ำมันก๊าดหรือเบนซินลงในขวดแก้ว ให้ปริมาณอยู่ระหว่าง 250 มล. และ 251 มล.
2. ใช้ผ้าถูน้ำมันที่ค้างอยู่ภายในช่องหลอดตีบให้หมด เสร็จแล้วนำขวดแก้วลงแช่ในน้ำที่ทราบอุณหภูมิอย่างน้อย 30 นาที จึงยกขึ้นมาอ่านระดับของน้ำมันครั้งแรกโดยให้ค่าที่อ่านได้เป็น N1 เนื่องจากระดับของน้ำมันก๊าดไม่เรียบตรงเหมือนน้ำธรรมดาระดับผิวของน้ำมันก๊าดนั้นจะเว้าเป็นรูปโค้งหงาย ดังนั้น การอ่านระดับให้วัดที่จุดต่ำสุดของส่วนโค้ง
3. ค่อยๆเติมซีเมนต์ที่จัดเตรียมไว้ทีละน้อยลงในแก้ว มีข้อควรระวังคือ อย่าให้ซีเมนต์หกและอย่าให้มีสารอื่นเจือปน ถึงตอนนี้ระดับของน้ำมันก๊าดหรือเบนซินจะสูงขึ้นมาถึงคอขวดส่วนบน เมื่อเรียบร้อยแล้วให้กลิ้งขวดไปมาเพื่อไล่อากาศ การกลิ้งควรใช้ผ้าหรือแผ่นยางนุ่มๆรองรับ และข้อสำคัญคือควรปิดจุกขวดแก้วเสียก่อนเพื่อป้องกันการกระฉอกของน้ำมัน
   - ◆ หมายเหตุ ก่อนถึงขั้นตอนนี้ หากเกรงว่าซีเมนต์จะขาดไปจากที่เตรียมไว้ ให้นำขวดแก้วที่เติมน้ำมันก๊าดแล้วไปชั่งบันทึกน้ำหนักเสียก่อน และเมื่อเติมซีเมนต์แล้วจึงนำไปชั่งอีกครั้ง จะได้น้ำหนักที่แท้จริงของซีเมนต์ในขวดแก้ว
4. จากนั้นนำไปแช่ในน้ำที่ทราบอุณหภูมิ นานประมาณ 30 นาที ก่อนยกขวดแก้วขึ้นให้ทำการตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนว่า แตกต่างจากการวัดครั้งแรกเกิน 0.2 °C หรือไม่หากเกินจะต้องรอจนกว่าอุณหภูมิจะลดหรือเพิ่มให้อยู่ภายในขอบเขตที่กล่าวแล้ว จึงจะยกขวดแก้วขึ้นมาได้ และอ่านค่าระดับของน้ำมันก๊าดอีกครั้งหนึ่ง โดยให้เป็นค่า N2
5. ค่าความถ่วงจำเพาะของซีเมนต์จะได้จากจากค่าเฉลี่ยของการทดลองดังกล่าวสองครั้ง ค่าที่ได้จะต้องไม่ต่างกันเกิน 0.01 โดยการแทนค่าความถ่วงจำเพาะจากสมการต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักซีเมนต์ที่แท้จริงในขวดแก้ว}}{\text{ปริมาตรน้ำมันก๊าดส่วนที่เพิ่ม (N2-N1)}} \qquad \text{(ผ.ข.1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.2

การทดสอบหาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

(Sieve Anslysis of Fine and Coarese Aggregates)

A A S H T O : T 27-28

A S T M : C 136-84

<u>จุดประสงค์</u>

เพื่อทดสอบหาขนาดมวลรวมคละ โดยใช้ขนาดตระแกรงมาตราฐานสำหรับหาค่าพิกัดความละเอียด (Fineness Modulus) ซึ่งเป็นดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนุภาคในมวลรวมที่กำหนดให้ นั่นคือ มวลรวมยิ่งหยาบค่าพิกัดความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น

<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

1. มวลรวมละเอียด คือ ทราย ประมาณ 500 กรัม
2. มวลรวมหยาบ คือ หินหรือกรวด ประมาณ 1000 กรัม
3. ตะแกรงขนาดมาตราฐาน เบอร์ 4 หรือ 3/16",8,16,30,50 และ 100 สำหรับทราย
4. ตะแกรงมาตราฐานขนาด 3",2 ½",2",1 ½",1",3/4,1/2",3/8", และ No. 4
5. เครื่องเขย่าตะแกรง ชนิดมอเตอร์หรือมือหมุน สำหรับทราย
6. เครื่องเขย่าตะแกรง ชนิดมอเตอร์ สำหรับหินหรือกรวด
7. ตาชั่งขนาดใหญ่ขนาดใหญ่ วัดได้ละเอียดถึง 0.1 %
8. เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. การหาส่วนขนาดคละของทราย
   1.1 เตรียมทรายสำหรับทดสอบด้วยการตรวจดูว่ามีความชื้นหรือไม่ ปรกติควรเป็นทรายที่แห้ง หากชื้นเกินไปควรอบเสียก่อน
   1.2 เตรียมชุดของตะแกรงด้วยการทำความสะอาด ไม่ให้มีเศษฝุ่นผงค้างอยู่ภายในช่องชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดและบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับพร้อมถาดรองอยู่ล่างสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ค่อยๆเททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิดแล้วนำเข้าไปเข้าเครื่องเขย่าจับเวลาประมาณ 10 นาที

1.4 ถึงขณะนี้ทรายที่มีเม็ดต่างๆจะถูกแยกแยะไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆเช่นกันให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปชั่งและจดบันทึกอีกครั้ง แล้วคำนวณหาค่าพิกัดความละเอียดต่อไป

2. การหาส่วนขนาดคละของหิน

2.1 เตรียมหินสำหรับทดลอง หากเป็นหินขนาดเล็กคือมีขนาดโตสุดไม่เกิน 1" ให้ใช้ประมาณ 5 กก. แต่หากเป็นหินใหญ่ควรใช้ประมาณ 20 กก.

2.2 ดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองของทราย ตั้งแต่ ข้อ 2-4

◆ หมายเหตุ

1. ค่าพิกัดความละเอียดของมวลรวม จะหาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมดหาร ด้วย 100

$$\text{(Sand) F.M.} = \frac{\text{(Cumulative \% retained)}}{100} \qquad \text{(ผ.ข.2)}$$

$$\text{(Coarse) F.M.} = \frac{\text{(Cumulative \% retain , including No. 4+500)}}{100} \qquad \text{(ผ.ข.3)}$$

2. ทรายทั่วไปแบ่งเป็นทรายละเอียดมาก ทรายละเอียดและทรายหยาบแต่ละชนิดมีค่าพิกัดความละเอียดแตกต่างกันดังนี้

ทรายละเอียดมาก	ค่า F.M = 0.50-1.50
ทรายละเอียด	ค่า F.M. = 0.50-1.50
ทรายหยาบ	ค่า F.M. = 0.50-1.50

สำหรับทรายที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิกัดความละเอียดอยู่ระหว่าง 2.3-3.1

3. หินหรือกรวดที่ใช้ในงานคอนกรีต ควรมีค่าพิกัดความละเอียดระหว่าง 5.5-8

4. ในการทำ Mix Design ใช้ค่า F.M. ของทรายเป็นหลัก เนื่องจากมีผลทาง Workability มาก ทรายที่มีความละเอียดมาก (F.M. ต่ำ) จะทำงานได้ดีกว่า ค่า F.M. ทรายที่ใช้จริงๆจะต้องไม่แตกต่างจากที่กำหนดใน Mix Design เกินกว่า 0.2 เพราะจะทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับ F.M. ของกรวดหินไม่ใช้ใน Mix Design

5. นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบการเรียงตัวของมวลรวมว่า เหมาะสมหรือไม่จากการพล็อตกราฟของ grading curve และเทียบกับเส้นกร๊าฟมาตราฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงมาตราฐานส่วนคละของมวลรวม

ก. สำหรับมวลรวมละเอียด (ทราย)

ขนาดของตะแกรง	ค่าอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักที่ผ่านตะแกรง
3/8"	100
No.4	95-100
No8	80-100
No.16	50-85
No.30	25-60
No.50	10-30
No.100	2-10

ข. สำหรับมวลรวมหยาบ (หินหรือกรวด)

ขนาดตะแกรง ขนาดของมวลรวมหยาบ	ค่าอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักที่ผ่านตะแกรง						
	3/8"	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100
11/2"	95-100	-	35-70	-	Oct-30	0-5	-
1"	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
3/4"	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
1/2"	-	-	100	90-100	40-70	0-10	0-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.3

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมละเอียด

(Test for Gravity and Absorbtion of Fine Aggregate)

A S T M : C 128 – 84

<u>จุดประสงค์</u>

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึมของมวลรวมละเอียด เช่น ทรายภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง นอกจากนี้หินหรือกรวดที่มีขนาดเล็กไม่เกิน ¾" ก็สามารถใช้วิธีการทดสอบได้เช่นเดียวกัน

<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

1. ทราย ประมาณ 1200-1500 กรัม ที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง
2. พิคโนมิเตอร์ (Pycnometer) ซึ่งประกอบด้วยขวดโหลแห้งสำหรับบรรจุขนาด 14 ควิอต ที่มีฝาเปิดในแนวราบสนิทแน่นกับปากขวด
3. ตาชั่งละเอียดถึง 0.1 กรัม
4. เครื่องวัดอุณภูมิ
5. เตาอบ
6. โถแก้วกันความชื้น

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. แบ่งทรายที่เตรียมไว้เป็นสองส่วนเท่าๆกันชั่งน้ำหนักบันทึกค่าแทนด้วย B
2. นำทรายส่วนหนึ่งเข้าตู้อบให้แห้งสนิทประมาณ 1 ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในโถกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุเย็นลงตามปกติ จึงนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย A
3. เทน้ำที่ทรายอุณหภูมิลงในขวดพิคโนมิเตอร์ให้สูงประมาณ ¾" ของขวด นำทรายส่วน B เติมลงไปเขย่าหรือคนให้ทั่วเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด จากนั้นจึงเติมน้ำลงไปให้เต็มพอดีปากขวดพร้อมกับทำให้ไม่มีอากาศเหลืออยู่เลยเช่นเดียวกัน แล้วจึงปิดฝาแก้ว นำไปชั่งและบันทึกค่าแทนด้วย W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นนำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะ $= \frac{A}{W_C + B - W}$ (ผ.ข.4)

(เมื่อวัสดุแห้งสนิท)

ความถ่วงจำเพาะ $= \frac{B}{W_C + B - W}$ (ผ.ข.5)

(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)

อัตราการดูดซึม $= \frac{B - A}{B} x100\%$ (ผ.ข.6)

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท

B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

W_c = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำเดียวกับที่ใช้ทดสอบเต็มปากขวด

W = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำและมวลรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.4

การหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของมวลรวมหยาบ

(Test for Specific gravity and Absorbtion of Coarse Aggregate)

A S T M : 127 – 84

<u>จุดประสงค์</u>

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและอัตราการดูดซึมของมวลรวมหยาบ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีต วิธีนี้เรียกว่า Suspention Method

<u>วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

1. มวลรวมหยาบประมาณ 5 กก. ได้มาจากการแบ่งสี่ และคัดเอามวดรวมหยาบที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ออก
2. ตะแกรงลวดตาข่าย มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 ซม. และสูงประมาณ 60 ซม. สามารถใส่มวลรวมได้ประมาณ 5 กก.
3. เตาอบ
4. ตาชั่งขนาดใหญ่
5. ตะกร้ามาตราฐานเบอร์ 4
6. โถแก้วกันความชื้น

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมวัสดุที่จะนำมาทำการทดลอง ด้วยการล้างให้ทั่วถึงเพื่อให้ฝุ่นผงหรือเศษอื่นๆที่ติดอยู่กับผิวหลุดออกจนหมด และตักทิ้งไว้ประมาณ 1-3 ชม.
2. จากนั้นให้แช่วัสดุในน้ำสะอาดเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 ชม.
3. นำวัสดุขึ้นจากน้ำเมื่อครบเวลา เทลงผ้าผืนใหญ่ๆที่สามารถดูดซับน้ำได้กลิ้งวัสดุไปมาเพื่อให้ผ้าซับน้ำจนสังเกตุด้วยตาเปล่าไม่เห็นมีน้ำอยู่ที่ผิววัสดุ แม้ว่าที่จริงแล้วผิวยังจะชื้นอยู่ก็ตาม หรือถ้าวัสดุเป็นก้อนใหญ่มากอาจจับมาเช็ดเป็นก้อนๆไปก็ได้ แต่ต้องระวังไม่ให้เกิดการระเหยหายไปของน้ำขณะอยู่ในขั้นตอนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วัสดุที่จบขั้นตอนที่ 3 นี้เรียกว่าอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saterated Surface Dry) ให้นำตัวอย่างวัสดุนี้ชั่งน้ำหนักเพื่อบันทึกไว้ แล้วรีบใส่ลงในตะกร้าลวดและทำการชั่งวัสดุนี้ในน้ำทันทีและบันทึกค่าไว้เช่นกัน
5. หลังจากนั้นนำวัสดุเข้าเตาอบด้วยอุณหภูมิระหว่าง 100-110 องศา ประมาณ 1 ชม. แล้วจึงนำมาใส่ในโถแก้วกันความชื้น เพื่อทิ้งให้วัสดุตัวอย่างเย็นตัวลงตามปกติอีกประมาณ 1-3 ชม. จึงชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง
6. จากนั้นนำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม (ขณะวัสดุมีความชื้นอากาศ) $= \frac{A}{A-C}$ (ผ.ข.7)

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม (ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง) $= \frac{B}{B-C}$ (ผ.ข.8)

ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม (เมื่อวัสดุแห้งสนิท) $= \frac{A}{B-C}$ (ผ.ข.9)

อัตราการดูดซึม $= \frac{B-A}{A} x100\%$ (ผ.ข.10)

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศหลังจากผ่านการอบแห้งสนิทแล้ว

B = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในอากาศภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

C = น้ำหนักมวลรวมที่ชั่งในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.5

การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

(Test For Unit Weight of Aggregate)

A S T M : C 29 – 76

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อทดสอบหาน้ำหนักของมวลรวมต่อหน่วยปริมาตร ไม่ว่าจะเป็นทราย หิน หรือมวลรวมผสมก็ตาม ทั้งนี้เพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

<u>วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง</u>

1. มวลรวม อาทิ ทราย หินและกรวด
2. ตาชั่ง ที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.3% ของน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบ
3. เหล็กกระทุ้ง เป็นเหล็กแท่งกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. ยาวประมาณ 60 ซม. มีปลายด้านกระทุ้งมนเป็นลักษณะครึ่งวงกลม
4. ภาชนะสำหรับวัดหน่วยน้ำหนัก อาจเป็นภาชนะโลหะรูปทรงกระบอก ผิวเรียบ ควรมีมือจับทั้งสองข้าง ขนาดของภาชนะต้องเป็นไปตามตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงขนาดของภาชนะต่างๆ

ปริมาตร (ลิตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (มม.)	ความสูงภายใน (มม.)	ความหนาน้อยสุด		ขนาดโตสุดของมวลรวม (มม.)
			ก้นภาชนะ (มม.)	ผนังข้าง (มม.)	
3	155 ± 2	160 ± 2	5.0	2.5	12.5
10	205 ± 2	305 ± 2	5.0	2.5	25.0
15	255 ± 2	295 ± 2	5.0	3.0	37.5
30	355 ± 2	305 ± 2	5.0	3.0	100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. การหาหน่วยน้ำหนักของน้ำ
   1.1 เติมน้ำใส่ภาชนะให้เต็มและทำให้ไม่มีฟองอากาศอยู่เลย พร้อมเปิดฝาด้วยแผ่นกระจกใส
   1.2 วัดอุณหภูมิของน้ำ เพื่อนำไปคำนวณหาหน่วยน้ำหนัก โดยเทียบจากตารางข้างล่างนี้
   1.3 หาค่าแฟคเตอร์ (ความจุ) ของภาชนะ โดยการหารหน่วยน้ำหนักของน้ำในภาชนะด้วยหน่สยน้ำหนักของน้ำ
2. การทดสอบหาหน่วยน้ำหนักเมื่อมวลรวมอัดตัวแน่น
   2.1 โดยวิธีใช้เหล็กกระทุ้ง (Rodding proceder) วิธีนี้เหมาะสมสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโตสุดไม่เกิน 37.5 มม. (1 ½")

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของน้ำ

อุณหภูมิ		กก./ม	ปอนด์ / ลบ.ฟุต
F	C		
60	15.6	969.01	62.336
65	18.3	998.53	62.336
70	21.1	997.97	62.301
73.4	23.0	997.53	62.274
75	23.9	997.32	62.261
80	26.7	996.6	62.261
85	29.4	995.8	62.166

2.1.1 เทมวลรวมที่จะทดสอบลงในภาชนะที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อย แล้วแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ให้หนาประมาณ 1/3 ของความสูงของภาชนะเกลี่ยผิวหน้าให้เรียบ และใช้เหล็กกระทุ้งๆ ให้เกือยถึงก้น โดยแผ่กระจายให้ทั่วผิวหน้ารวม 25 ครั้ง จากนั้นเติมมวลรวมลงไปอีกเป็นชั้นที่ 2 ทำการกระทุ้งเช่นเดียวกันและเติมลงไปอีกเป็นชั้นสุดท้าย กระทุ้งอีก 25 ครั้ง เสร็จแล้วให้ปาดผิวหน้าของมวลรวมให้เรียบเสมอกับแนวขอบบนของภาชนะอย่าให้ปุ่มหรือโปนเป็นอันขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชั่งน้ำหนักภาชนะที่บรรจุมวลรวมดังกล่าว เพื่อคำนวณหาน้ำหนักจำเพาะมวลรวมโดยแท้ โดยชั่งให้ได้ละเอียดถึง 0.1 % แล้วคูณด้วยแฟคเตอร์ที่หาได้ในข้อ 3 ของ ข้อ ก) จะได้หน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวกันแน่น

2.2 โดยวิธีกระแทกภาชนะ (Jigging Procedure) วิธีนี้เหมาะสำหรับมวลรวมที่มีขนาดโตเกินกว่า 37.5 มม. แต่ไม่เกิน 100 มม.

2.2.1 แบ่งมวลรวมใส่ภาชนะเป็น 3 ชั้น เช่นเดียวกับใช้วิธีใช้เหล็กกระทุ้ง แต่วิธีนี้ภาชนะควรถูกนำมาวางบนพื้นที่แข็ง เช่น พื้นคอนกรีต เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเมื่อเทมวลรวมแต่ละชั้นแล้วให้เอียงภาชนะ เพื่อให้ด้านตรงข้ามสูงขึ้นจากพื้นประมาณ 50 มม. และปล่อยให้ตกลงกระแทกพื้น เป็นจำนวน 25 ครั้ง เสร็จแล้วเอียงกลับมาอีกด้านที่ติดพื้นตอนแรกนั้นยกลอยขึ้นมา 50 มม. บ้าง และปล่อยให้ตกกระทบพื้นอีก 25 ครั้งเช่นเดียวกัน ทำเช่นนี้ทั้ง 3 ชั้น จึงปาดผิวหน้ามวลให้เรียบไม่ให้ปูดหรือบุ๋มแล้วนำไปชั่ง

2.2.2 เมื่อได้น้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมแล้ว คูณด้วยแฟคเตอร์ที่หาได้ในข้อ 3 ของข้อ ก) ก็จะได้หน่วยน้ำหนักของมวลรวมเมื่ออัดตัวแน่นชนิดเดียวกัน

3. การหาค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวม

3.1 แฟคเตอร์หรือความจุภาชนะ หาได้จากสมการ

$$V = \frac{W_w}{R_w} \qquad \text{(ผ.ข.11)}$$

โดยที่

V = ความจุของภาชนะ , ลบ.ม.

W_w = น้ำหนักของน้ำในภาชนะ , กก.

R_w = หน่วยน้ำหนักของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน , กก/ ลบ.ม.

3.2 หน่วยน้ำหนักของมวล หาได้จากสมการ

$$R_A = \frac{W_A}{V_A} \qquad \text{(ผ.ข.12)}$$

โดยที่

R_A = หน่วยน้ำหนักของมวลรวม , กก./ลบ.ม.

W_A = น้ำหนักของมวลรวม , กก.

V_A = ปริมาตรของมวลรวม , ลบ.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.6

การทดสอบหาปริมาณความชื้นในมวลรวม

(Test for Total Moisture Content of Aggregate by Drying)

A S T M : C 566-67

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อทดสอบหาอัตราของความชื้นทั้งหมดที่มีอยู่ในมวลรวม โดยการทำให้มวลรวมแห้งด้วยการเผา ซึ่งจะทำให้ได้น้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมสำหรับชั่งผสม

<u>วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง</u>

1. มวลรวม ใช้ปริมาณ 4-6 กก. สำหรับมวลรวมหยาบ และประมาณ 0.5 กก. สำหรับมวลรวมละเอียด
2. ตาชั่ง ที่วัดละเอียดถึง 0.1%
3. เตาเผา
4. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง เช่น ปี๊บ
5. แท่งเหล็กสำหรับคนมวลรวม

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. ชั่งน้ำหนักที่แท้จริงของมวลรวมชื้นที่จะนำมาทดสอบ แล้วเทลงในภาชนะบรรจุนำไปใส่ หรือวางบนเตาเผาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้สม่ำเสมอ ใช้แท่งเหล็กคนมวลรวมเป็นระยะๆเพื่อให้มวลรวมทุกก้อนได้รับความร้อนทั่วถึงกัน
2. เมื่อมวลรวมแห้งสนิทดีแล้ว นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง
3. ปริมาณความชื้นที่อยู่ในมวลรวมจะหาได้จากสูตร

$$P = \frac{100(W - D)}{D} \qquad \text{(ผ.ข.13)}$$

โดยที่

P = ปริมาณความชื้น , %

W = น้ำหนักมวลรวมก่อนเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D = น้ำหนักมวลรวมแห้งหลังเผา

ส่วนปริมาณความชื้นที่ผิวของมวลรวม จะหาได้จากค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณความชื้นรวม กับอัตราการดูดซึมของมวลรวมนั่นเอง

ตารางที่ ผ.ข. 4 แสดงค่าใกล้เคียงของปริมาณความชื้นที่ผิวของมวลรวม

สภาพของมวลรวม	ปริมาณความชื้น, %
กรวดหรือหินอ่อนชื้น	1.5 - 2
ทรายเปียกมาก	5 - 8
ทรายเปียกธรรมดา	2 – 4
ทรายชื้น	0.5 - 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.7

การทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด

(Test for Slump of Fresh Concrete)

A S T M : C 143-78

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตนั้น หากมากไปหรือน้อยเกินไป ก็จะเป็นเหตุให้คอนกรีตเสียกำลังเมื่อแข็งตัวเต็มที่ คอนกรีตที่มีปริมาตรน้ำผสมมากก็มีการยุบตัวค่อนข้างสูง วิธีนี้สามารถทดสอบได้ทั้งห้องปฏิบัติการและในสนาม

<u>วัสดุและอุปกรณ์การทดสอบ</u>

1. คอนกรีต ที่ผสมเสร็จใหม่ๆด้วยอัตราซีเมนต์ : ทราย : หิน ต่างๆกันตามต้องการ
2. แบบทดสอบมาตราฐานที่ทำด้วยโลหะ ซึ่งซีเมนต์ไม่ยึดเกาะผิว ลักษณะเป็นแบบรูปกรวยกลมปลายเปิกทั้งสองด้าน โดยปลายส่วนที่เป็นฐานสำหรับงานสำผัสพื้น จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 203 มม. (8”) และรูปกรวยจะสอบเล็กลงจนเหลือเส้นผ่าศูนย์กลางที่แบบดังกล่าว ต้องมีความสูง 305 มม. (12”) แผ่นโลหะที่นำมาทำเป็นแบบดังกล่าว ต้องมีความหนาไม่น้อนกว่า 1.61 มม. (0.06”) และมีที่สำหรับเท้าเหยียบและมือจับอยู่ตรงข้ามกันทั้งสองด้าน
3. เหล็กกระทุ้ง เป็นแท่งเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มม. (5/8”) และมีความยาวประมาณ 600 มม. ปลายด้านกระทุ้งจะเป็นมนโค้งครึ่งวงกลม
4. เกรียงเหล็ก
5. ไม้บรรทัดเหล็ก

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. เตรียมพื้นสำหรับวางกรวยควรเป็นพื้นที่แข็ง ราบเรียบและไม่ดูดซึมน้ำเมื่อวางกรวยเรียบร้อยแล้ว ใช้เท้าทั้งสองข้างเหยียบกดลงบนที่สำหรับเท้าเหยียบให้แน่น
2. นำคอนกรีตที่ผสมเสร็จใหม่ๆเทใส่ในกรวย โดยเทแบ่งเป็น 3 ชั้น แต่ละชั้นมีปริมาตรเฉลี่ยเท่าๆกัน และแต่ละชั้นให้ใช้เหล็กกระทุ้งด้วยการตั้งท่อนเหล็กให้ตรง ขณะกระทุ้งบริเวณรอบศูนย์กลางกรวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเอียงเหล็กตามขอบกรวยเมื่อกระทุ้งแถวขอบกรวย การกระทุ้งชั้นบนสุด ให้พยายามเติมคอนกรีตให้เต็มแบบตลอดเวลาที่กระทุ้ง เสร็จแล้วปากผิวให้เรียบ

3. ค่อยๆยกกรวยขึ้นในแนวดิ่งด้วยความเร็วสม่ำเสมอ อย่าให้กรวยเอียงหรือก่อให้เกิดการบิดใดๆในคอนกรีตเป็นอันขาด ยกกรวยให้พ้นภายใน 5 – 10 วินาที และเวลาตั้งแต่เริ่มเทคอนกรีตลงในกรวยถึงขั้นสุดท้ายนี้ไม่ควรเกิน $2\frac{1}{2}$ วินาที
4. ให้วัดระยะการยุบตัวของคอนกรีตทันที โดยนำกรวยที่ยกออกแล้วมาวางข้างๆเอาเหล็กกระทุ้งวางพาดบนขอบกรวย ให้ปลายเหล็กยื่นเข้ามาเหนือตัวอย่างคอนกรีตที่ยุบตัว แล้วใช้ไม้บรรทัดเหล็กวัดระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.8

การทดสอบการดูดซึมของโฟม

(Test for Absorbtion of foam)

<u>วัตถุประสงค์</u>

เพื่อทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของโฟม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการทดลอง

<u>วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง</u>

1. โฟม ใช้ปริมาณ 25 กรัม
2. ตาชั่ง ที่วัดละเอียดถึง 0.1%
3. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง เช่น ถัง
4. น้ำ

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. ชั่งน้ำหนักที่แท้จริงของโฟมแห้งที่จะนำมาทดสอบ
2. ชั่งน้ำหนักพร้อมถังโดยใส่น้ำประมาณ ½ ถัง
3. นำโฟมที่เตรียมไว้ใส่ลงในถัง นำตะแกรงลวดกดโฟมให้จมลงในน้ำทั้งหมด ทิ้งไว้ 1 ชม.
4. นำโฟมออกแล้วชั่งน้ำหนักถังและน้ำที่เหลือ
5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของโฟมที่ได้จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึม} = \frac{\text{น้ำหนักถังและน้ำในตอนแรก} - \text{น้ำหนักถังและน้ำที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักโฟม}} \qquad \text{(ผ.ข.14)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้