สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนน้ำประปา
THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCTION FROM WATER SUPPLY PROCESS SLUDGE

โดย

นายบุญรอด อินทะวงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72028
วัน,เดือน,ปี - 7 มิ.ย. 2550

b 11362111
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCTION FROM WATER SUPPLY PROCESS SLUDGE

MR.BOONRAWD INTARVONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานวิจัย	การผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนน้ำประปา
คณะวิจัย	นายบุญรอด อินทะวงศ์ รหัสประจำตัว 47015811
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. อุมา สีบุญเรือง

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัย	ลายมือชื่อ
ผศ. สุวัฒน์ ธิรเศรษฐ์	
รศ. ศรีกริช หิรัญมาศ	
อาจารย์เกษม อมันตกุล	
อาจารย์ณอม ศรีวรษา	
ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ.2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนน้ำประปา THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCTION FROM WATER SUPPLY PROCESS SLUDGE
นักศึกษา	นายบุญรอด อินทะวงศ์ รหัสประจำตัว 47015811
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.อุมา สีบุญเรือง
สาขาวิชาที่ทำการวิจัย	CONSTRUCTION MATERIAL
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาวิธีการใช้ตะกอนประปาเพื่อนำมาเป็นส่วนผสมแปรรูปให้เป็นคอนกรีตมวลเบา โดยได้มีการศึกษาข้อมูลของตะกอนประปา แล้วจึงทำการทดสอบคุณสมบัติของตะกอนประปา โดยนำไปออกแบบหาเปลี่ยนแปลงส่วนผสมที่จะใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา โดยให้ตะกอนประปาเข้าไปเป็นส่วนผสมด้วย โดยได้ทำการออกแบบไว้ 5 แบบ คือแต่ละแบบจะมีตะกอนประปาผสมอยู่ในเปอร์เซ็นต์ที่มากน้อยแตกต่างกัน หลังจากนั้นทำการผสมและขึ้นรูปคอนกรีตมวลเบา และนำไปทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม ซึ่งได้แก่ การทดสอบกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่นแห้ง การทดสอบการดูดกลืนน้ำ จากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ และสรุปผลหาปริมาณตะกอนประปาที่พอเหมาะที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCTION FROM WATER SUPPLY PROCESS SLUDGE
Name	:	MR.BOONRAWD INTARVONG ID. 47015811
Advisor	:	ASST.PROF. SAKCHAI SKANUPONG
Advisor	:	DR.UMA SEEBOONRUANG
Field	:	CONSTRUCTION MATERIAL
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING

ABSTRACT

The objective of this project is to find process the optimum of water supply process sludge for producing lightweight concrete. The processes involves studying previon reports of water supply process sludge testing for water supply process sludge properties, designing lightweight concrete's component ratio, mixing and casting. The lightweight concrete , and testing for mechanical properties such as The 5 mixture formulars are obtained from reducing the amounts of cement and sand , while incressing the amount of water supply process sludge. Finally, the resultant mechanical properties are analyzed against the water supply process sludge quantities and the optimal water supply process sludge is obtained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ไม่มีคำกล่าวใดที่สามารถใช้บ่งบอกถึงความกรุณา และความอนุเคราะห์ของอาจารย์ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ และอาจารย์ อุมา สีบุญเรือง อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงงานพิเศษนี้ได้ ตลอดระยะเวลาของงานศึกษานี้ท่านได้ให้คำแนะนำ รับฟังปัญหาทุกเรื่องที่เกิดขึ้น ทั้งยังได้สั่งสอนสิ่งที่มีค่ามากมายนอกเหนือจากขอบข่ายทางวิศวกรรม ท่านได้เน้นให้ประพฤติตนโดยอุทิศให้กับงานและการปรับปรุงเกี่ยวกับภาษาและการนำเสนองาน ซึ่งถือเป็นสิ่งอันมีค่า ที่ผู้ประพันธ์ได้จากการศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกเหนือจากปริญญาอันสูงส่ง ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งและนับถือแด่ ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ และ ดร.อุมา สีบุญเรือง

ถือเป็นเกียรติอย่างสูงส่งแก่ผู้ประพันธ์ ที่ได้รับจาก ผศ.ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ อาจารย์เกษม อมันตกุล และ ผศ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ ในฐานะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ ด้วยคำแนะนำและข้อคิดเห็นที่กระจ่างชัดของท่านถือเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับความสำเร็จในงานนี้ และขอกล่าวขอบพระคุณอย่างยิ่งแด่อาจารย์ถนอม ศรีวรษา สำหรับความเข้าใจ ข้อคิดเห็น และคำชี้แนะที่ท่านมอบให้สำหรับโครงงานนี้ในฐานะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

ขอขอบคุณ อาจารย์ชลิดา อู่ตะเภา สำหรับเบอร์โทรศัพท์ของบริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) ที่เป็นก้าวแรกของความสำเร็จในครั้งนี้ ขอขอบคุณ พี่โยธิน อึ่งกูล และคุณพิชัย นามประกาย (ผู้อำนวยการโรงงานฯ)จากบริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) สิงห์บุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์และกรุณาเป็นอย่างสูงที่อนุญาตให้เข้าไปทำการทดลองในห้องทดลองของทางบริษัทฯ จนการทดลองสำเร็จลุล่วงลงได้ ขอขอบคุณพี่ วันวิสาห์ เจดีย์ภัทรนาท ที่ให้ความดูแลในทุกเรื่อง ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบส่วนผสมและยังเข้ามาช่วยทำการทดลอง อีกทั้งยังให้คำแนะนำและยังคอยตอบคำถามทุกเรื่องที่ต้องการทราบ ขอขอบคุณ นางสาวนัฏยา ประดับการ ที่ช่วยประดับประคองและเป็นกำลังใจในยามที่ท้อแท้และช่วยให้โครงงานพิเศษนี้ยังมีอยู่ได้จนสำเร็จลุล่วงในทุกขั้นตอน และขอขอบคุณ นายชานุ สุริยวิจิตรเศรณี นางสาวอาภาพรรณ จันทร์มีเทศ นายนิติพล อัมพันศิริรัตน์ นายทศพล มีพจน์เพราะ นางสาววิริยาภรณ์ เดชพิทักษ์ นายวิเศษพล ทรัพย์มณี และนางสาววรวรรณ วิโรจน์ชัยชัณค์ รุ่นน้องวิศวกรรมโยธาปีที่4 คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือผู้ประพันธ์ในยามที่ต้องการความช่วยเหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายนี้ผู้ประพันธ์ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่องทำให้สามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายบุญรอด อินทะวงศ์
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญรูป	ฐ
1	**บทนำ**	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ความเป็นมาและที่มาของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
	1.4. ขอบเขตของโครงงานวิจัย	2
	1.5. วิธีการศึกษา	2
	1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	
	2.1. กล่าวนำ	4
	2.2. ชนิดของคอนกรีตมวลเบา	5
	2.2.1. คอนกรีตไร้มวลละเอียด (No-Fines Aggregate Concrete)	5
	2.2.2. คอนกรีตมวลหยาบน้ำหนักเบา (Light Weight Aggregate Concrete)	6
	2.2.3. คอนกรีตพรุน (Aerated Concrete)	6
	2.3. วิธีการผลิตคอนกรีตพรุน	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.4. คุณสมบัติเด่นของคอนกรีตพรุน	8
	2.5. การนำเอาคอนกรีตพรุนมาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ	9
	2.6. ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปา	9
	2.6.1. ตะกอนประปา	9
	2.6.2. การคำนวณหาปริมาณดินตะกอนที่ได้จากระบบผลิตน้ำประปา	10
	2.6.3. คุณสมบัติทั่วไปของตะกอน	10
	2.7. การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา	11
3.	แผนการดำเนินงาน	
	3.1. แผนการดำเนินงานทั้งหมด	15
	3.2. แผนที่ได้ดำเนินการแล้วในภาคเรียนที่ 1	15
	3.3. แผนที่ได้ดำเนินการแล้วในภาคเรียนที่ 2	15
4.	ขั้นตอนการดำเนินการ	
	4.1. การทดสอบคุณสมบัติตะกอนดิน	19
	4.1.1. การทดสอบคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะ	19
	4.1.2. การหาพิกัดอัตตะเบิร์ก	21
	4.1.3. การจำแนกประเภทของดินตามคุณสมบัติความเหนียวของดิน	24
	4.2. การออกแบบส่วนผสม	25
	4.3. การผสมและขึ้นรูป	37
	4.4. การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม	41
	4.4.1. การทดสอบกำลังรับแรงอัด	41
	4.4.2. การทดสอบการดูดกลืนน้ำ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
5.	**ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ**	
	5.1. กล่าวนำ	43
	5.2.ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ	43
	5.2.1. ผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติดินตะกอน	44
	5.2.2. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม	55
6.	**สรุปผลการศึกษา**	
	- สรุปผลการศึกษา	65
	บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1.	แสดงแผนการดำเนินการทั้งหมด	16
3.2.	แสดงแผนการดำเนินการในภาคเรียนที่ 1	17
3.3.	แสดงแผนการดำเนินการในภาคเรียนที่ 2	18
4.1.	แสดงอัตราส่วนผสมที่พอเหมาะ	26
4.2.	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน	27
4.3.	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน	28
4.4.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 1	34
4.5.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 2	35
4.6.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 3	35
4.7.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 4	36
4.8.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 5	36
5.1.	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะ	42
5.2.	แสดงผลการทดสอบ plastic limit	45
5.3.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 1)	45
5.4.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 2)	46
5.5.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)	46
5.6.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 4)	46
5.7.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 5)	47
5.8.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 6)	47
5.9.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 7)	47
5.10.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 8)	48
5.11.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 9)	48
5.12.	แสดงค่าดัชนีความเหนียว(Plastic index,P.I.)	54
5.13.	แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 1	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
5.14.	แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 2	56
5.15.	แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 3	56
5.16.	แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 4	57
5.17.	แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 5	57
5.18.	แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบาของการออกแบบส่วนผสมที่ 1	60
5.19.	แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบาของการออกแบบส่วนผสมที่ 2	60
5.20.	แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบาของการออกแบบส่วนผสมที่ 3	61
5.21.	แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบาของการออกแบบส่วนผสมที่ 4	61
5.22.	แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบาของการออกแบบส่วนผสมที่ 5	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.1.	แสดงการทดลองการหาค่าความถ่วงจำเพาะ	20
4.2.	แสดงการปั้นตะกอนในเครื่องปั้นดิน	21
4.3.	แสดงอุปกรณ์การทดสอบอัตตะเบิร์ก(เครื่องเคาะดิน)	22
4.4.	แสดงอุปกรณ์การทดสอบอัตตะเบิร์ก(มีดปาดร่องดิน,ขามกระเบื้องเคลือบ)	22
4.5.	แสดงอุปกรณ์การทดสอบ Plastic limit (เพลาโลหะขนาด 3.2 mm)	23
4.6.	แสดงการจำแนกประเภทของดินตามคุณสมบัติความเหนียวของดิน	25
4.7.	แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ปูนขาว)	29
4.8.	แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1)	29
4.9.	แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ทรายละเอียด)	30
4.10.	แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ดินตะกอน)	30
4.11.	แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่)	31
4.12.	แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(แร่แอนไฮไดรต์)	31
4.13.	แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ผงอะลูมิเนียม)	32
4.14.	แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(น้ำ)	32
4.15.	แสดงการผสมส่วนผสมต่างๆ	38
4.16.	แสดงการเทส่วนผสมผสมเสร็จแล้วลงในแบบหล่อ	38
4.17.	แสดงการพองตัวของคอนกรีตมวลเบา	39
4.18.	แสดงการถอดแบบคอนกรีตมวลเบา	39
4.19.	แสดงการนำคอนกรีตมวลเบาเข้าเตาอบ	40
4.20.	แสดงคอนกรีตมวลเบาที่ผ่านการอบเรียบร้อยแล้ว	40
4.21.	แสดงตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกำลังรับแรงอัด	41
4.22.	แสดงตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการดูดกลืนน้ำ	42
5.1.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 1	49
5.2.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 2	49
5.3.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 3	50
5.4.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 4	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
5.5.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 5	51
5.6.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 6	51
5.7.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 7	52
5.8.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 8	52
5.9.	แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 9	53
5.10.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณตะกอน	58
5.11.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณตะกอน	59
5.12.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการดูดกลืนน้ำ	63
5.13.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับค่าการดูดกลืนน้ำ	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

การผลิตน้ำประปาเมื่อจบกระบวนการผลิตแล้วนั้นจะมีตะกอนเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นปัญหาด้านมลภาวะที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อพิจารณาถึงปัญหาดังกล่าวแล้วจึงทำการศึกษาวิธีการใช้ตะกอนมาเป็นส่วนผสมเพื่อแปรรูปให้เป็นคอนกรีตมวลเบาซึ่งจะทำให้ตะกอนเป็นทรัพยากรที่มีราคาขึ้นสำหรับการนำตะกอนมาเป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบานั้นจำเป็นที่จะต้องศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมเช่น การรับกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ หน่วยน้ำหนักแห้ง เป็นต้น และทำการออกแบบหาส่วนผสมที่พอเหมาะที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาได้จริงโดยมีตะกอนประปาเป็น ส่วนผสม

สำหรับตะกอนประปาที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการวิจัยครั้งนี้นำมาจากการประปานครหลวง ส่วนการออกแบบและการผลิตคอนกรีตมวลเบานั้นได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน)

1.2. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในการผลิตน้ำประปานั้นจะต้องใช้น้ำดิบที่มาจากแหล่งน้ำต่างๆ เช่น แม่น้ำ หรืออ่างเก็บน้ำซึ่งในการนำน้ำดิบมาผลิตน้ำประปานั้น จะมีกระบวนการต่างๆ ที่ทำให้น้ำดิบจากแหล่งน้ำต่างๆ ตกตะกอน หรือแยกสารอินทรีย์หรือสิ่งเจือปนที่มากับน้ำดิบออกจากน้ำก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการอื่นต่อไป ซึ่งทำให้มีวัสดุที่เหลือจากระบบผลิตน้ำประปาคือตะกอนประปาและในปัจจุบันตะกอนจากระบบการผลิตน้ำประปาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่ผลิต และ ความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นหลังจากจบขบวนการผลิตน้ำประปาแล้วตะกอนจะถูกลำเลียงมาเก็บไว้ที่ Sludge lagoon เพื่อรอเวลาที่จะทำการขุดลอกไปทิ้งต่อไป ซึ่งจะเป็น ปัญหาด้านมลภาวะที่จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

ในปัจจุบัน การประปาต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอนเหล่านี้วันละหลายล้านบาท เมื่อพิจารณาถึงปัญหาดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษาหาวิธีในการใช้ตะกอนจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบผลิตน้ำประปาให้เกิดประโยชน์ ซึ่งหนึ่งในทางเลือกนั้นคือการนำตะกอนประปามาเป็นส่วนผสมกับดินเหนียวและเถ้าแกลบในการทำคอนกรีตมวลเบา เพื่อลดปริมาณตะกอนที่จะมีการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆและแปรรูปตะกอนให้เป็นทรัพยากรที่มีราคาขึ้นมาได้

1.3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐมวลเบา ที่ได้จากการทำโครงงานวิจัย เช่น การรับกำลังอัด การดูดซึม หน่วยน้ำหนัก และความคลาดเคลื่อนของขนาดของอิฐมวลเบา เป็นต้น
2. เพื่อทำการทดลองหาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมของการทำคอนกรีตมวลเบา เมื่อใช้ตะกอนดินน้ำประปา
3. เปรียบเทียบคุณสมบัติและข้อดีข้อเสียของอิฐมวลเบาผสม

1.4. ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. การทดลองและการศึกษาในโครงการนี้ใช้ตะกอนประปาจากการประปานครหลวง

1.5. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

1.ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล
- ศึกษาตะกอนประปา
- ศึกษาทฤษฎีของคอนกรีตมวลเบา
- ศึกษางานวิจัยการทำคอนกรีตมวลเบา
- ศึกษาการทดสอบด้านคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตมวลเบา

2. ทดสอบด้านคุณสมบัติต่างๆของส่วนประกอบในคอนกรีตมวลเบา
3. ออกแบบการทดลอง
4. ผสมและทำการขึ้นรูป
5. ผลิตคอนกรีตมวลเบา
6. ทดสอบด้านคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตมวลเบา
7. สรุปผลและทำรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากโครงการการนำตะกอนประปาที่ได้จากระบบประปามาทำเป็นคอนกรีตมวลเบามีจุดมุ่งหมายที่จะได้ประโยชน์ดังนี้

1. สามารถนำตะกอนดินจากการผลิตน้ำประปามาทำคอนกรีตมวลเบาได้
2. สามารถหาสัดส่วนของการผลิตคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสม
3. เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขุดตะกอนทิ้ง
4. เพื่อนำวัสดุที่ไร้ค่ากลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

คอนกรีตมวลเบา คือคอนกรีตที่มีความหนาแน่น หรือหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตโดยทั่วไปโดยหากจำแนกคอนกรีตมวลเบา ตามหน่วยน้ำหนักสามารถแบ่ง ออกได้ 3 ประเภทคือ

1. คอนกรีตมวลเบาสำหรับงานโครงสร้าง (Structural light weight concrete) มีน้ำหนักระหว่าง 1,400 ถึง 1,800 kg/m^3 มีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่อ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 ksc
2. คอนกรีตชนิดกึ่งเบา (semi-light weight concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 1,800 ถึง 2,050 kg/m^{3}นำมาทำพวกคอนกรีตบล็อก สำหรับกำแพงรั้วและใช้เป็นวัสดุทนไฟ และมีกำลังต้านทาน แรงอัดเมื่อ อายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 120 ksc
3. คอนกรีตสำหรับงานฉนวนกันความร้อน (Insulating light weight concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 315 ถึง 1,100 kg/m^3 มีกำลังต้านทานแรงอัดระหว่าง 7 ถึง 70 ksc

ในปัจจุบันการก่อสร้างโดยทั่วไปในประเทศ มีส่วนประกอบทำด้วยวัสดุจำพวกคอนกรีตเป็นวัสดุหลัก การใช้คอนกรีตมีความสะดวกและความเหมาะสมกว่าวัสดุอื่นๆ เพราะสามารถขึ้นรูปร่างลักษณะ ตามขนาดที่ต้องการได้ง่าย แต่โดยปกติแล้ว คอนกรีตมีน้ำหนักมาก ทำให้โครงสร้างต่างๆ ที่รองรับมีขนาดใหญ่ขึ้น นั่นก็หมายความว่าฐานรากก็ย่อมมีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองวัสดุในการก่อสร้าง

ดังนั้นถ้าสามารถทำให้ส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารมีขนาดเบาลง จะทำให้ประหยัดวัสดุในการก่อสร้าง ขนาดของโครงสร้างหลักจะลดขนาดลงได้บ้างจากแนวความคิดดังกล่าว จึงมีการค้นคิดที่จะทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาลงกว่าคอนกรีตธรรมดา ซึ่งจะทำให้ราคาก่อสร้างประหยัดลงได้มาก ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้มีการนำเอาคอนกรีตมวลเบามาใช้งานมากขึ้น โดยปกติคอนกรีตมวลเบามีน้ำหนัก 400-1,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รับกำลังอัดได้ 10-140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีจุดเด่นในด้านที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน (Insulating Materials) แต่คอนกรีตมวลเบาก็มีข้อจำกัดในด้านการผลิต และมีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำสูง (Absorption) จึงทำให้การใช้คอนกรีตเบามีขอบเขตไม่กว้างขวางเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามได้มีการประยุกต์ใช้วัสดุชนิดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่วมกับคอนกรีตเบา เช่น ใช้วัสดุเคลือบผิวหน้าคอนกรีต เพื่อลดการดูดซึมของน้ำ ทำให้การใช้ประโยชน์ของคอนกรีตมวลเบาเป็นไปได้อย่างเต็มที่

2.2. ชนิดของคอนกรีตมวลเบา

2.2.1. คอนกรีตไร้มวลละเอียด (No-Fines Aggregate Concrete)

เป็นคอนกรีตมวลเบา ชนิดหนึ่งซึ่งมีส่วนประกอบหลัก คือ ซีเมนต์ น้ำและมวลหยาบเท่านั้น โดยที่ไม่ได้ใช้มวลละเอียด ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างระหว่างมวลหยาบ จึงทำให้มีน้ำหนักเบาลง วัสดุมวลหยาบที่ใช้ ได้แก่

- กรวดไม่ หรือหินไม่
- ตะกรันเม็ดหยาบ
- ขี้เถ้าเชื้อเพลิงผงเผา
- ดินเหนียวพองตัว
- หินเซลพองตัว
- หินกระดานชนวนพองตัว
- ตะกรันเตาเผา

คอนกรีตมวลละเอียดเหล่านี้ เป็นลักษณะที่อนุภาคของมวลหยาบยึดเกาะเข้าด้วยกันโดยที่ขอบของอนุภาคจะถูกเคลือบด้วยซีเมนต์เพสต์บางๆ จึงเกิดช่องระหว่างอนุภาคมวลรวมหยาบขนาดใหญ่ขึ้นในเนื้อคอนกรีต และทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดต่ำลง แต่เนื่องจากกรณีมีน้ำหนักลงนี้ ทำให้สามารถที่จะนำคอนกรีตไร้มวลละเอียดนี้มาสร้างอาคารสูงๆ ได้ โดยปกติจะใช้สร้างอาคารสูงได้ประมาณ 20 ชั้น ซึ่งถ้าสร้างให้สูงกว่านี้แล้วจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวเนื่องจาก การขนส่งน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ของคอนกรีตไร้มวลละเอียด ขึ้นอยู่กับชนิดของมวลหยาบที่ใช้มวลหยาบที่ใช้ควรมีขนาดเท่าๆ กัน ขนาดที่จะใช้อยู่ในช่วง 9.50-19 มิลลิเมตร (1/2 - 3/1 นิ้ว) และยอมให้มีมวลหยาบที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ ประมาณ 5% และมีมวลหยาบที่มีขนาดเล็กแต่ไม่ควรเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร (3/16 นิ้ว) ประมาณ 10% โดยทั่วไปคอนกรีตไร้มวลละเอียด จะมีความหนาแน่นประมาณ 1,600-2,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รับกำลังแรงอัดได้ 60-140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2. คอนกรีตมวลหยาบน้ำหนักเบา (Light Weight Aggregate Concrete)

เป็นคอนกรีตเบาชนิดหนึ่ง ใช้วัสดุมวลรวมหยาบ ที่มีน้ำหนักเบามาแทนหิน ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ คือมีความพรุน ทำให้มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำลงวัสดุมวลหยาบที่ใช้มีดังนี้

- ตะกรันเม็ด
- ตะกรันเตาผง
- ดินเหนียวพองตัว
- หินเชลพองตัว
- หินตะกอนชนวนพองตัว
- ขี้เถ้าเชื้อเพลิงผงเผา
- เวอร์มิคูไลท์พองตัว
- เปอร์ไลท์พองตัว
- พัมมิช
- มวลรวมสารอินทรีย์

2.2.3. คอนกรีตพรุน (Aerated Concrete)

เป็นคอนกรีตเบาอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งทำให้น้ำหนักเบาด้วยวิธีทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต ซึ่งทำได้โดยการให้ฟองอากาศกระจายในส่วนผสมของซีเมนต์ และทรายละเอียดที่ยังอยู่ในสภาพ Plastic จากนั้น ก็ปล่อยให้แข็งตัวเนื่องจากคอนกรีตพรุนมีรูพรุนจากฟองอากาศ และมีมวลแตกต่างจากคอนกรีตธรรมดา คือ ไม่ใช้มวลหยาบในการผลิต ดังนั้น บางครั้งจึงเรียกว่า Aerated Mortar ซึ่งเป็นการเรียกตามลักษณะของเนื้อคอนกรีต ใช้กันในอังกฤษและอเมริกาแต่ในประเทศในทวีปยุโรปจะเรียกตามกรรมวิธีการผลิต โดยจะเรียกว่า Form Concrete โดยทั่วไปองค์ประกอบของคอนกรีตพรุนนี้ผลิตโดยใช้ Autoclave Aerated Concrete จะมีดังนี้

Quartz 60-80% โดยน้ำหนัก ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 5-20% โดยน้ำหนัก ปูนขาว 10-20% โดยน้ำหนัก และผงอลูมิเนียม 0.5-1% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. วิธีการผลิตคอนกรีตพรุน แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

1. วิธีทางเคมี (Chemical Method) สำหรับวิธีทางเคมีสามารถทำได้ 2 วิธีด้วยกันคือ

- Hydrogen Peroxide and bleaching powder method วิธีนี้เป็นวิธีการทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนในเนื้อคอนกรีต ดังสมการเคมีดังกล่าวนี้

$CaCl(OCl)$	+	H_2O_2	→	$CaCl_2$	+ O_2 +	H_2O	(2.1.)
Bleaching power		Hydrogen Peroxide		Calcium Chloride	Oxygen	Water	

จากรูปแบบสมการเคมีข้างต้น จะเห็นว่าวิธีเป็นการใช้สารฟอกสี (Bleaching-powder) ทำปฏิกิริยากับ Hydrogen Peroxide มีผลทำให้เกิดน้ำ และก๊าซออกซิเจนในเนื้อคอนกรีต กรรมวิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน และจะไม่กล่าวถึงวิทยานิพนธ์เล่มนี้

- Aluminum Powder Method เป็นวิธีที่ใส่สารเคมี ให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีในเนื้อคอนกรีต ทำให้เกิดฟองอากาศจำนวนมาก ในเนื้อคอนกรีต ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นไปดังสมการเคมีข้างล่าง

$$2Al + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O \rightarrow 3CaO\,Al_2O_3\,6H_2O \qquad (2.2.)$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่า ผงอลูมิเนียม ซึ่งทำปฏิกิริยากับ $Ca(OH)_2$ ที่มีผลก่อให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจน วิธีนี้เปรียบเสมือนการใส่ผงฟูลงในขนมเค้ก ทำให้ขนมเค้กฟูขึ้นมามีเนื้อโปรง วิธีนี้จะควบคุมปริมาตรของคอนกรีตลำบากมาก แต่ความพรุนที่ได้ในเนื้อคอนกรีตจะมีคุณภาพสม่ำเสมอ ส่วนของวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงเรื่องนี้เป็นหลัก

2. วิธีทางกล (Mechanical Method) เป็นวิธีที่ทำง่ายๆ และควบคุมได้ดีกว่าทางเคมีและประหยัดกว่า แต่ความพรุนที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับการผสมคอนกรีตในงานก่อสร้างทั่วๆไป หรือใช้ในทางการค้าก็ได้ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

- Excess Water Method เป็นการผสมโดยใช้ปริมาณน้ำมากเกินพอที่ซีเมนต์จะทำปฏิกิริยาสมบูรณ์ ทำโดยผสมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ให้ใช้น้ำหนักมากๆ และทำการผสมหลายครั้ง ซึ่งจะทำให้จำนวนน้ำมีปริมาณมาก เมื่อนำไปบ่มด้วยไอน้ำความดันสูงให้แห้ง ดังนั้นจะเกิดช่องว่างอากาศแทนที่น้ำส่วนเกินที่ระเหยออกไป คอนกรีตที่ได้จะมีความหนาแน่นต่ำ และเรียกว่า "Light Lime Concrete" เพราะว่าใช้ปูนขาวเป็นตัวเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Air Entraining Agent เป็นวิธีโม่ส่วนเหลวๆ กับสารกักกระจายฟองอากาศ จะทำให้เกิดฟองอากาศในลักษณะเดียวกับการตีไข่ดาว บางครั้งการผสมจะใช้เครื่องโม่ผสมที่ใบพัดหมุนในแนวราบ (Horizontal Propeller – Type Mixes) และภายในเครื่องยังประกอบไปด้วยลวดยาว ¾ นิ้ว หมุนด้วยความเร็ว 55-60 รอบต่อนาที
- Performed Foam Method ฟองอากาศที่ได้จากวิธีนี้ โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับสารกระตุ้นพวกโปรตีนซึ่งไม่มีพวกแป้ง และน้ำตาลผสมอยู่ หรือสารเคมีอื่นๆ

2.4. คุณสมบัติเด่นของคอนกรีตพรุน

1. น้ำหนักเบา ความหนาแน่นประมาณ 500-1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (20-30 % ของคอนกรีตปกติ)
2. ความแข็งแรงต่ำ คอนกรีตเบาจะมีความสามารถรับแรงอัดได้เพียง 25-100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเท่ากับประมาณ 15-50% ของคอนกรีตปกติเท่านั้น ฉะนั้นจึงมักใช้คอนกรีตเบาเป็นผนังเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็สามารถใช้ทำพื้นบ้านพักอาศัย และทำหลังคาบ้านได้ด้วย (ซึ่งหลังคาบ้านของประเทศในเขตหนาวมีหิมะตกจะต้องรับน้ำหนักของหิมะได้ด้วย)
3. กันความร้อนได้ดีมาก เนื่องจากมีฟองอากาศเล็กๆ จำนวนมากในเนื้อคอนกรีตที่ทำให้มีการนำความร้อนทะลุผ่านได้น้อยมาก จึงเป็นที่นิยมใช้ก่อสร้างผนังบ้านประเทศในยุโรป เพราะสามารถการสูญเสียความร้อนจากเครื่องฮีเตอร์ในบ้านออกไปข้างนอก ซึ่งจะทำให้ประหยัดเงินค่าแก๊สลงมาก
4. กันเสียงได้ดี มีการทดสอบเรื่องการกันเสียงมากมาย พบว่าผนังที่ทำจากคอนกรีตพรุนสามารถกันเสียงได้ดี
5. ก่อสร้างง่าย เพราะสามารถใช้เลื่อยชนิดฟันห่างๆ เลื่อยตัดแต่งได้ตามต้องการง่ายกว่าไม้เสียอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การนำเอาคอนกรีตพรุนมาประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ

คอนพรุนนี้มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีน้ำหนักเบา ป้องกันความร้อน รวมทั้งยังป้องกันเสียงสะท้อนได้ดีอีกด้วย ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตามเราสามารถประยุกต์การใช้งานได้ดังนี้

- ใช้ทำวัสดุสำเร็จรูป เช่น คอนกรีตบล็อก (Masonry Block) กำแพงสำเร็จรูปใช้สำหรับกำแพงประเภทที่รับน้ำหนัก (I egad-bearing or Nonload – bearing Walls) แต่คอนกรีตพรุนที่ใช้ทำกำแพงรับน้ำหนักควรหนาไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว กำแพงที่สร้างด้วยคอนกรีตพรุนนี้เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เนื่องจากเป็นฉนวนความร้อนที่ดี และมีน้ำหนักเบาจนสามารถลดขนาดของคานและเสาได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีความสม่ำเสมอในด้านขนาดและคุณสมบัติทางกายภาพ

2.6. ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปา

2.6.1. ตะกอนประปา

ตะกอนประปาคือ อนุภาคคอลลอยด์ ที่รวมตัวกันเป็นฟล้อค (Floc) มีส่วนประกอบของสาร อนินทรีย์เป็นของเสีย จากกระบวนการทำความสะอาดน้ำ โดยการกำจัดสารแขวนลอย และสารละลายที่มากับน้ำดิบ โดยกระบวนการตกตะกอน (Sedementation) และกระบวนการกรองน้ำ (Filtration) มีขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนการกวนเร็ว (Rapid Mixing) ในขั้นตอนนี้จะมีการเติมสารเคมีที่เรียกว่า Coagulantสารเคมีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ สารส้ม (Aluminium Sulfate) ขั้นตอนการกวนเร็วทำหน้าที่กระจายสารเคมีไปให้น้ำเพื่อทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของ คอลลอยด์ (Colloid)
- ขั้นตอนการกวนช้า (Slow Mixing หรือ Flocculation Tank) การกวนช้ารับน้ำต่อเนื่องมาจากขั้นตอนการกวนเร็ว ทำหน้าที่สร้างสัมผัสให้กับ อนุภาคคอลลอยด์ ให้รวมตัวกันเป็น ฟล้อค (Floc)
- ขั้นตอนการตกตะกอน ขั้นตอนการตกตะกอน เมื่อ ฟล้อค มีขนาดใหญ่ขึ้น จะทำให้มีน้ำหนักมากขึ้น ทำให้เกิดการตกตะกอนในถังตกตะกอน (Sedimertation Tank) โดยในส่วนนี้ทำหน้าที่กรองตะกอน80-90%
- ขั้นตอนการกรอง การกรองผ่าน Filter เช่นทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การระบายตะกอน (Sludge) การระบายตะกอนควรทำบ่อยครั้งแต่ทำเป็นระยะเวลาสั้นๆ การระบายตะกอนแต่ละครั้งไม่ควรต่ำกว่า 4 ชั่วโมงต่อครั้ง และการระบายไม่ควรเกิน 15 นาที การทำความสะอาดสารกรอง (Filter) โดยวิธีการล้างกลับ (Back Washing) เมื่อสิ้นสุดการล้างกลับ และการระบายตะกอน ตะกอนจะระบายมาตามท่อ มาเก็บไว้ที่ Sludge lagoon

2.6.2 การคำนวณหาปริมาณดินตะกอนที่ได้จากระบบผลิตน้ำประปา

การผลิตน้ำประปาใน 1 ลูกบาศก์เมตร มีน้ำ 1,000 ลิตร มีน้ำหนัก 1,000 กิโลกรัม ในทางวิทยาศาสตร์พบว่า น้ำดิบที่มีความขุ่น 30 - 40 หน่วยเอ็นทียู จะมีปริมาณดินตะกอนประมาณ 25 - 35 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือในการผลิตประปา 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีปริมาณตะกอน 25,000-35,000 มิลลิกรัม หรือ0.025-0.035 กิโลกรัม ยกตัวอย่างการผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขนใน 1 วัน (ประมาณ 3 ล้าน ลูกบาศก์เมตร) จะมีปริมาณดินตะกอน 75,000-105,00 กิโลกรัม. หรือ ประมาณวันละ 100 ตันต่อวัน

2.6.3. คุณสมบัติทั่วไปของตะกอน

- อุดมด้วยสารอนินทรีย์
- ขาดสารอินทรีย์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช
- ขาดสารกลุ่ม Fiber
- มีปริมาณสารอลูมิเนียมสูงกว่าดินทั่วไป สารอลูมิเนียมดังกล่าวได้มาจากการใช้สารส้มเป็นตัวตกตะกอน
- ปริมาณมวลสารที่มีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน
- มีปริมาณมวลสารตะกอนดินปริมาณมากเพียงพอที่จะเป็นวัตถุดิบในเชิงอุตสาหกรรม
- ตะกอนดินมีคุณสมบัติเป็นเนื้อดินเบา อุ้มน้ำ จะพองตัวเมื่อได้ชุ่มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7. การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

บทวิเคราะห์ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมต่อรายงานการศึกษาวิจัยที่ได้รับจากการประปานครหลวง (เรียงลำดับปี พ.ศ.)

- การศึกษาคุณภาพตะกอนดินจากการแยกน้ำดิบของการประปานครหลวง เพื่อพัฒนาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม (ม.เกษตรฯ 2544)

ในแง่การเกษตรใช้ปลูกพืชได้ แต่ต้องใส่ปุ๋ย ในแง่อุตสาหกรรม พบว่าตะกอนสามารถใช้ทำอิฐได้ โดยผสมแกลบเผา 10% เพื่อไม่ให้อิฐแตกร้าว (อันเนื่องมาจากการหดตัวของเนื้อดิน)

ความเห็น

รายงานนี้ยังไม่ได้เจาะประเด็นการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างจริงจัง ศึกษาแค่เพียงอุตสาหกรรมดินเผา ซึ่งไม่มีมูลค่าจูงใจ การศึกษาไม่มีข้อมูลเทคนิคเกี่ยวกับเซรามิกส์

- การศึกษาประโยชน์จากดินตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำประปา เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรา-มิกส์ (ม.รามคำแหง 2545)

ประเด็นศึกษาใช้ดินตะกอนผสมกับดินขาวลำปาง ดินขาวระนอง หินฟันม้า ควอร์ทซ์ และทราย พบว่าสามารถใช้ตะกอนดินได้ 45 - 90% (ขึ้นอยู่กับสัดส่วนผสมอื่น) รายงานนี้ได้ให้สูตรผสมที่ใช้ได้ 16 สูตร

ความเห็น

เป็นรายงานที่วางแผนการทดลองดี มีข้อมูลมาก ได้ทั้งสูตร วิธีการผลิต และสีของเซรามิกส์ รายงานนี้จะเป็นจุดเริ่มที่ดีในการศึกษาเพื่อขยายผล ให้มีการใช้กากตะกอนในปริมาณที่มาก และมีมูลค่าจูงใจการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติทางเคมีของเถ้าตะกอนสลัดจ์ที่ได้จากโรงประปาในการนำมาใช้งานเป็นวัสดุปอซโซลาน (ม.ธรรมศาสตร์ 2546)

งานนี้เอาตะกอนบดละเอียดแล้วเผาที่ 500 และ 1000 C เพื่อเอามาทดแทนซีเมนต์ 20 % ผลการทดลองพบว่าให้กำลังอัดลดลง การนำมาใช้มีต้นทุน ทำให้ต้นทุนโดยรวมลดลงแค่เพียง 0.3% ในตอนท้ายแนะนำให้ใช้ในอุตสาหกรรมดินเผาดีกว่า

ความเห็น

คงยากที่จะเอาตะกอนไปเผามาผสมซีเมนต์หากจะใช้จริงควรผสมเข้าไปในวัตถุดิบที่เผาทำปูนเม็ด แทนที่จะแยกกันทำ แต่หากการเอาไปใช้เป็นวัตถุดิบที่เผารวมทำปูนเม็ดไม่ได้ลดต้นทุนมาก และต้องเพิ่มงาน logistics ก็ไม่น่าสนใจที่จะใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์

- การศึกษาประโยชน์ของดินตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำประปาเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ม.รามคำแหง 2546)

งานนี้ทำต่อจากรายการที่ 2 โดยเอาตะกอนดินมาทำน้ำเคลือบ (glaze) ได้น้ำเคลือบ 10 สูตร สีต่างๆที่มีตะกอนดินผสม 25 – 40 %

ความเห็น

การทดลองนี้มีตัวอย่างจำนวนมาก 10 สูตรที่นักวิจัยเสนอนั้นมีเงื่อนไขบางอย่าง เช่น หลอมดี มัน วาว ไม่แตกราน แต่งานศิลปะบางก็ต้องการ texture ที่ต่างออกไป นั่นก็หมายความว่ามีอีกหลายสูตรให้เลือกใช้ รายงานนี้เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่เป็นงานศิลปะ

- การใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตน้ำประปาในอุตสาหกรรมก่อสร้างและการหมักปุ๋ย (ม. เกษตรศาสตร์ 2547)

ในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้นแนะนำให้ทำอิฐโดยผสมทราย 20% เพื่อลดการหดตัวและการแตกหัก แต่ต้นทุนการเอาไปทำอิฐยังแพงกว่าการจ้างเหมาขนทิ้งขณะนี้ การทำปุ๋ยหมัก โดยผสมตะกอน 10 – 20 % ได้ปุ๋ยคุณภาพต่ำลงกว่าการหมักจากอินทรีย์สารล้วนๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเห็น

โดยรวมแล้วงานวิจัยนี้ไม่ต่างจากรายการที่ 1 ที่ทำในปี 2544 เลย เป็นการสรุปว่าแนวโน้มการใช้ประโยชน์โดยการเผาอิฐและการเกษตรไม่ดีนัก ในความเป็นจริงผู้รับเหมากำจัดสามารถเอาไปให้โรงอิฐโดยไม่คิดมูลค่าก็ได้ แต่เข้าใจว่าต้นทุนการขนส่งคงแพงขึ้น เพราะโรงอิฐอยู่ยากระจัดกระจาย ทำเป็นฤดูกาล และใช้ไม่มาก

- การประยุกต์ใช้ตะกอนดินจากน้ำประปา (ก.อุตสาหกรรม 2547)

โครงการนี้ทดสอบสมบัติทางเคมี และ กายภาพของตะกอนดิน และ นำเสนอการเอาไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ รายงานได้เปรียบเทียบกับดินที่ใช้ทางภาคเหนือพบว่า ใกล้เคียงกับดินที่มาจาก อ.แม่ริม และ อ.ไชยปราการ หลังจากนั้นเอาตะกอนดินไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่โรงงานศิลาดล (กาญจนบุรี) ซึ่งขึ้นรูปแบบหล่อ พบว่ายังได้ผลไม่สมบูรณ์ แต่ใช้กับงานดินเผาที่เกาะเกร็ดได้โดยผสมกับทราย

ความเห็น

เป็นการยืนยันการศึกษาเดิมว่าใช้ในอุตสาหกรรมดินเผาได้ โดยต้องมีสารเติมแต่ง ดังนั้นการนำไปใช้จึงขึ้นกับต้นทุนการขนส่งที่ต้องแข่งขันได้กับที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งเท่าที่ทราบนั้นเกาะเกร็ดใช้ดินท้องน้ำขนส่งทางเรือ ค่าใช้จ่ายจึงถูกมาก

สรุป

จากรายงานทั้งหมดที่ได้รับจากการประปานครหลวง (บางเขน) ได้ข้อสรุปว่าการใช้ประโยชน์จากตะกอนดิน ควรมุ่งสู่ผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงกว่าการทำอิฐ หรือดินเผาธรรมดา (เช่น กระถางต้นไม้)

เป็นที่สังเกตว่าการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดนั้นเน้นที่อุตสาหกรรมดินเผาคาดว่าน่าจะมีอุตสาหกรรมอื่นอีกที่ต้องการตะกอนดินละเอียด เช่น เป็น filler ในบางผลิตภัณฑ์ หรือบางกระบวนการ หรือต้องเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องห้องน้ำ เป็นต้น จึงจะมีมูลค่าและปริมาณการใช้สูง รวมทั้งลดปัญหาการจัดส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รณชัย รักวงศ์, วัชระ มณีวงศ์ และ ศิริพงศ์ พรหมศาสตร์ , อิทธิพลของผงอลูมิเนียมที่มีต่อคุณสมบัติคอนกรีตเบา, ปริญญานิพนธ์ สถาบันบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2548

ได้ทำการวิจัย อิทธิพลของผงอลูมิเนียมที่มีต่อ คุณสมบัติคอนกรีตเบา คอนกรีตเบาที่ทำขึ้นจากวัสดุผสมต่างๆกัน จะมีน้ำหนักต่างกันมาก ซึ่งอาจมีหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 300 – 1850 ksc และมีกำลังต้านทานแรงอัดตั้งแต่ 3 – 400 ksc กำลังต้านทานแรงอัดมีค่าขึ้นอยู่กับหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ถ้าหน่วยน้ำหนักสูง กำลังต้านทานแรงอัดก็สูงด้วย ปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ก็ก็มีส่วนต่อกำลังความแข็งแรงของคอนกรีตเช่นกัน คอนกรีตเบาที่ผลิตโดยวิธีผงอะลูเนียมจะรับกำลังได้น้อยและความหนาแน่นจะน้อยลงตามปริมาณผงอลูมิเนียมที่ใส่ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แผนการดำเนินงาน

3.1. แผนการดำเนินงานทั้งหมด แสดงในตารางที่ 3.1.

3.2. แผนที่ได้ดำเนินการแล้วในภาคเรียนที่ 1 แสดงในตารางที่ 3.2.

ซึ่งมีขั้นตอนที่ได้ดำเนินการตามแผนไปแล้วดังนี้

- ศึกษาข้อมูล
- ทดสอบวัสดุผสม

สำหรับในภาคเรียนที่ 1 ได้มีการเปลี่ยนแผนการดำเนินการคือมีขั้นตอนการดำเนินการดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ส่วนภาคเรียนที่ 2 จะเป็นขั้นตอนการออกแบบส่วนผสม ผลิตคอนกรีตมวลเบา และทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมทั้งสิ้น

3.3. แผนที่ได้ดำเนินการแล้วในภาคเรียนที่ 2 แสดงในตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1. แสดงแผนการดำเนินการทั้งหมด

หัวข้อการทำงาน	ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาข้อมูล																																
ทดสอบคุณสมบัติวัสดุผสม																																
ออกแบบการทดลอง																																
ผสมและทำการขึ้นรูป																																
ทดสอบคุณสมบัติต่างของอิฐมวลเบา																																
สรุปผล																																

ตารางที่ 3.2. แสดงแผนการดำเนินการในภาคเรียนที่ 1

หัวข้อการทำงาน	ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาข้อมูล																																
ทดสอบคุณสมบัติวัสดุผสม																																

72028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3. แสดงแผนการดำเนินการในภาคเรียนที่ 2

หัวข้อการทำงาน	ก.ค.				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ออกแบบการทดลอง																																
ผสมและทำการขึ้นรูป																																
ทดสอบคุณสมบัติต่างของอิฐมวลเบา																																
สรุปผล																																

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ทุกกรณี

บทที่ 4
ขั้นตอนการดำเนินการ

4.1. การทดสอบคุณสมบัติดะกอนดิน

4.1.1. การทดสอบคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะ

อุปกรณ์

1. pycnometer
2. เตาบุนเส็น
3. Thermometer
4. เครื่องชั่ง
5. น้ำกลั่น
6. ภาชนะ
7. เครื่องกวนดิน
8. ตู้อบ
9. อ่างแก้วดูดความชื้น

วิธีการทดลอง

Calibration of pycnometer จุดประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักขวด pycnometer ซึ่งมีน้ำเต็มถึงขีดที่กำหนดที่ อุณหภูมิต่างๆ ระหว่าง 20°c -40°c

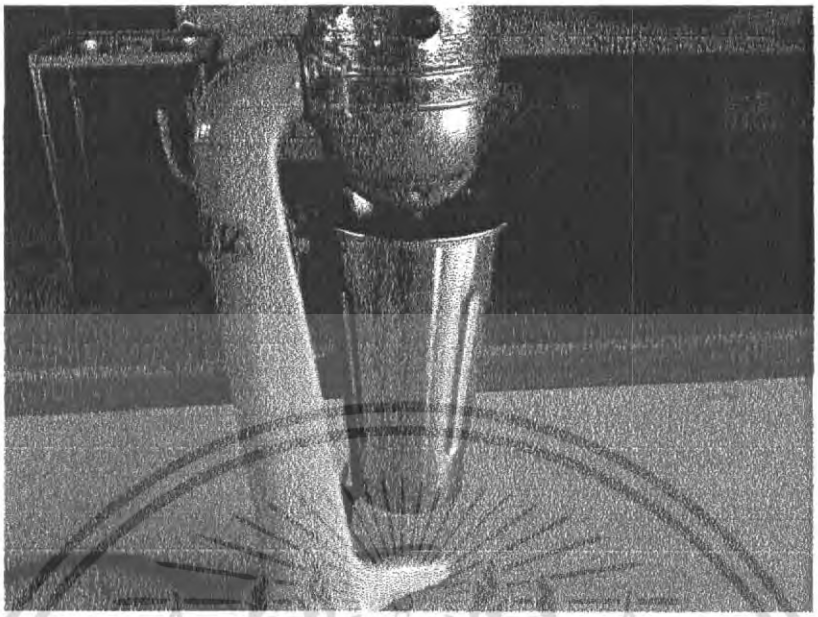
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1. แสดงการทดลองการหาค่าความถ่วงจำเพาะ

ขั้นตอนการหาค่าถ.พ.(ความถ่วงจำเพาะ)ของดิน

1. นำตัวอย่างดิน 50 g ไปใส่น้ำกลั่นแล้วนำไปปั่น 10 นาที
2. เทส่วนผสมของดินและน้ำลงในขวดโดยใช้กรวยและใช้กระบอกฉีดน้ำกลั่นล้างดินที่ติดอยู่ออกให้หมด
3. ไล่ฟองอากาศ แล้วนำเอาไปต้มประมาณ 10นาทีแล้วนำขวดออกมาปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นถึง อุณหภูมิห้องทดลอง
4. หลังจากนั้นปรับระดับน้ำให้เท่ากับขีดบอกปริมาตร 250-500 ลบ.ซม.วัดอุณหภูมิของน้ำภายในขวดและทำการชั่งน้ำหนักต่อไป
5. เทดินที่อยู่ในขวดออกแล้วนำไปอบใช้เวลา ประมาณ 30-48 ชม.แล้วชั่งน้ำหนักดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



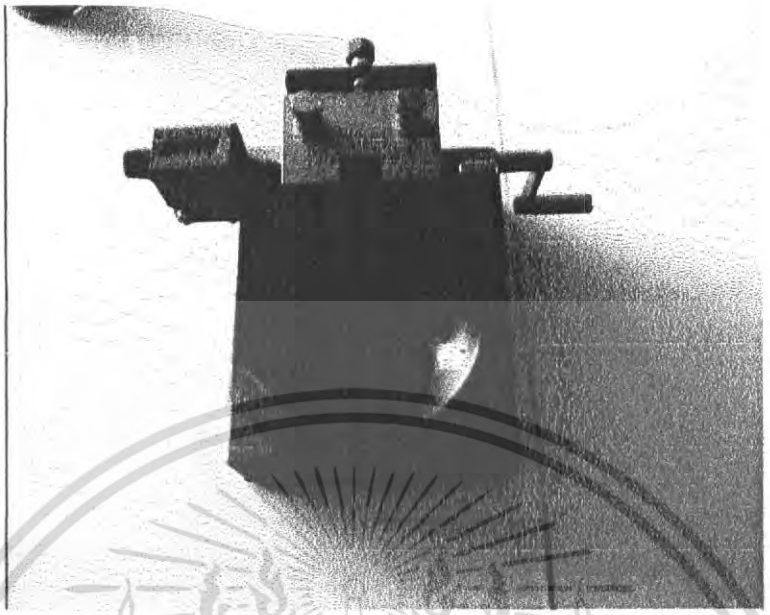
รูปที่ 4.2. แสดงการปั้นตะกอนในเครื่องปั้นดิน

4.1.2. การหาพิกัดของอัตตะเบิร์ก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ liquid limit

1. เครื่องเคาะดิน
2. มีดปาดร่องดิน
3. มีดปาดดิน
4. ชามกระเบื้องเคลือบ
5. ขวดฉีดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



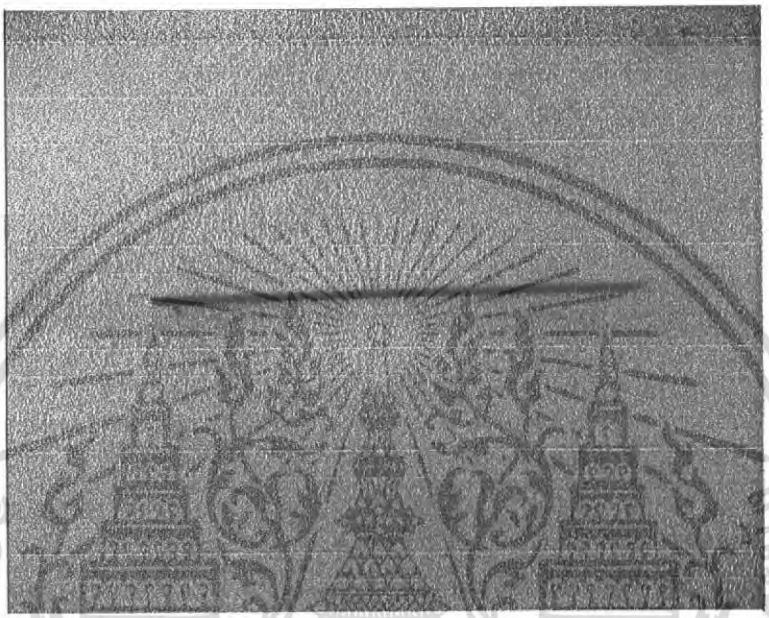
รูปที่ 4.3. แสดงอุปกรณ์การทดสอบอัตตะเบิร์ก(เครื่องเคาะดิน)

รูปที่ 4.4. แสดงอุปกรณ์การทดสอบอัตตะเบิร์ก(มีดปาดร่องดิน,ขามกระเบื้องเคลือบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ Plastic limit

1. แผ่นกระจกรองสำหรับปั้นดิน
2. เพลาโลหะขนาด 3.2 mm.
3. ขวดฉีดน้ำ



รูปที่ 4.5. แสดงอุปกรณ์การทดสอบ Plastic limit (เพลาโลหะขนาด 3.2 mm)

วิธีการทดลอง

วิธีหา Liquid Limit ของดิน

1. นำตัวอย่างดินที่แห้งมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ประมาณ 200 กรัม แต่ถ้าเป็นตัวอย่างดินเปียกที่มั่นใจว่าขนาดเม็ดเล็กกว่าเบอร์ 40 ก็นำมาทดสอบได้เลย
2. นำตัวอย่างดินผสมน้ำให้เข้ากันในถ้วยกระเบื้อง โดยเติมน้ำจากกระบอกฉีดน้ำเพียงเล็กน้อย คลุกดินให้เท่ากัน แล้วใช้มีดปาด
3. ทำการเคาะถ้วยทองเหลืองด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 2 ครั้ง/วินาที จนดินเคลื่อนเข้าบรรจบกันได้ระยะ 1.3 ซม.
4. ปาดแต่งดินเดิมแล้วทำการบากด้วย Grooving Tool อีกครั้ง
5. เติมน้ำในตัวอย่างดินเล็กน้อย แล้วทำตามข้อ 2-4 โดยที่จำนวนการเคาะที่ได้ควรน้อยลงประมาณ 10 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำข้อมูลจำนวนการเคาะ และปริมาณความชื้นไปเขียนกราฟ
7. จากจำนวนการเคาะ 25 ครั้ง ให้ลากเส้นตรงในแนวดิ่งตัดกราฟที่ได้ แล้วลากเส้นขนานแนวราบไปตัดแกน y

วิธีหา Plastic Limit ของดิน

1. ทำการปั้นตัวอย่างดินที่จะทดสอบบนแผ่นกระจกด้วยฝ่ามือ โดยปั้นเป็นก้อนกลมให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม.
2. ค่อยๆคลึงบนฝ่ามือไปมาประมาณ 80-90 ครั้ง/นาที
3. คลึงดินให้เป็นเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.2 มม. ภายในระยะเวลาไม่เกินประมาณ 2 นาที
4. ปั้นดินเดิมให้เป็นก้อนอีกครั้ง แล้วคลึงจนกระทั่งเมื่อเส้นดินมีขนาดใกล้เคียง 3.2 มม.
5. นำเศษดินที่ปั้นไว้ใส่กระป๋องเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาความชื้น
6. แยกดินออกมาจากกองที่เตรียมไว้ ทำการทดลองข้อ 2-5 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

4.1.3. การจำแนกประเภทของดินตามคุณสมบัติความเหนียวของดิน

ในการจำแนกประเภทตามลักษณะนี้ จะต้องหาค่าดรรชนีความเหนียว (Plasticity-Index,P.I) และ Liquid Limit (L.L) แล้วนำไปเขียนจุดลงในแผนภูมิความเหนียว (Plasticity-Chart) ดังรูปที่ 4.6.

ดินพวกเม็ดละเอียด จะถูกแบ่งตามสภาพความเหนียวดังนี้

ความเหนียวน้อย มีค่า L.L น้อยกว่า 35%

ความเหนียวปานกลาง มีค่า L.L น้อยกว่า 35% - 50%

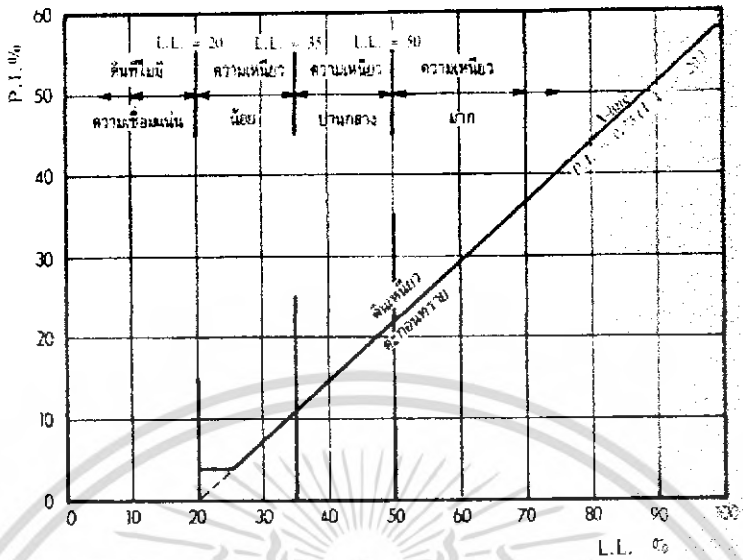
ความเหนียวมาก มีค่า L.L มากกว่า 50%

ส่วนการแบ่งระหว่างดินเหนียวและตะกอนทรายนั้น อาศัยสมการที่ (4.1.)

$$P.I = (L.L - P.L.) \qquad (4.1.)$$

ซึ่งเป็นเส้นตรง A – line (ดังรูปที่ 4.7.) โดยปกติดินเหนียวจะอยู่เหนือเส้น "A" และตะกอนทรายจะอยู่ใต้เส้น "A"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6. แสดงการจำแนกประเภทของดินตามคุณสมบัติความเหนียวของดิน

4.2. การออกแบบส่วนผสม

นักศึกษาได้ใช้อัตราส่วนผสมของทางบริษัทซุปเปอร์บล็อก ซึ่งอัตราส่วนผสมนี้ เป็นอัตราส่วนผสมที่พอเหมาะ และลงตัวที่ทางบริษัทฯ ได้ใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา ประเภท G4 ซึ่งเป็นคอนกรีตมวลเบาที่มีคุณภาพสูงที่สุดของประเทศไทย

อัตราส่วนผสมที่พอเหมาะสำหรับใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาประเภท G4 มีดังในตารางที่ 4.1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1แสดงอัตราส่วนผสมที่พอเหมาะ

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์
ปูนขาว	15%
ปูนซีเมนต์	16%
ทรายละเอียด	53%
ละกอน	0%ถึง70%
วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่	14%
แร่แอนไฮไดรต์	1.84%
อะลูมิเนียม	0.07%

ในการเติมน้ำเข้าไปในส่วนผสมนั้นจะใช้น้ำในปริมาณเท่ากับ 2160 กรัมในทุกๆการออกแบบเพราะเป็นปริมาณน้ำที่พอเหมาะ และมีค่า water solid ratio เท่ากับ 0.54โดยส่วนผสมทั้งหมดจะมีความละเอียดมากกว่า 90 ไมครอน จากนั้น เราจะนำเอาละกอนมาเป็นอีกหนึ่งส่วนผสมโดยละกอนจะเข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์ (ประเภทที่ 1) และทราย ที่ 10%, 30%, 50% และ 70% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด

สำหรับส่วนผสมแต่ละอย่างมีความสำคัญแตกต่างกันไป ดังนี้

- ปูนขาว เป็นส่วนผสมที่สำคัญมาก คือเป็นส่วนผสมที่ทำให้มีการเกิดฟองอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการผลิตคอนกรีตมวลเบา ซึ่งเป็นสาเหตุที่ไม่นำดินละกอนเข้าไปแทนที่ปูนขาว
- ปูนซีเมนต์ (ประเภทที่ 1) เป็นส่วนผสมทั่วไปที่ใช้ในการผลิตทุกชนิดอยู่แล้ว
- ทรายละเอียด ที่ใช้ทรายละเอียด เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันได้อย่างดีขึ้น
- วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ นำมาใช้เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่ง วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ ก็คือคอนกรีตมวลเบาที่ขึ้นรูปแล้วแต่ยังไม่ผ่านการอบไอน้ำฯ เนื่องจากในกระบวนการขึ้นรูปที่เกิดความเสียหายขึ้น
- แร่แอนไฮไดรต์ เป็นสารผสมเพิ่มที่ใช้หน่วงปฏิกิริยา ให้คอนกรีตมวลเบาแข็งตัวช้าลง
- อะลูมิเนียม ใช้ควบคู่กับปูนขาว เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดฟองอากาศ
- น้ำ เป็นส่วนผสมที่เติมเข้าไปแล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น ที่จะทำให้เกิดฟองอากาศ และเป็นผลึกสร้างความแข็งแรง เป็นไปดังสมการเคมีต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$CaO + SiO_2 \xrightarrow{H_2O} CaSiO_3 + H_2O$$

สมการเคมีข้างบน คือการทำปฏิกิริยาแล้วก่อให้เกิดผลึกที่สร้างความแข็งแรง

$$CaO + Al(OH)_3 \rightarrow CaAl_2O_3 + 3H_2$$

สมการเคมีข้างบน คือการทำปฏิกิริยาแล้วก่อให้เกิดฟองอากาศ

เหตุที่นำตะกอนไปแทนที่ของปูนซีเมนต์และทรายนั้น เนื่องจากองค์ประกอบเคมีของตะกอนส่วนใหญ่เป็น ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) (57%) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) (24.80%) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของทั้งปูนซีเมนต์และทราย ทราบได้จากการนำดินตะกอนไปทดสอบที่คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบ XRF (X-RAY FLUORESCENCE) และจากข้อมูลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขน ดังแสดงในตารางที่ 4.2. และ 4.3

ตารางที่ 4.2. แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2)	55.66
อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	29.5
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	6.99
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.48
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.02
ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2)	1.02
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	0.307
คลอไรด์ (Cl)	0.103

ที่มา : ผลการทดสอบที่คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

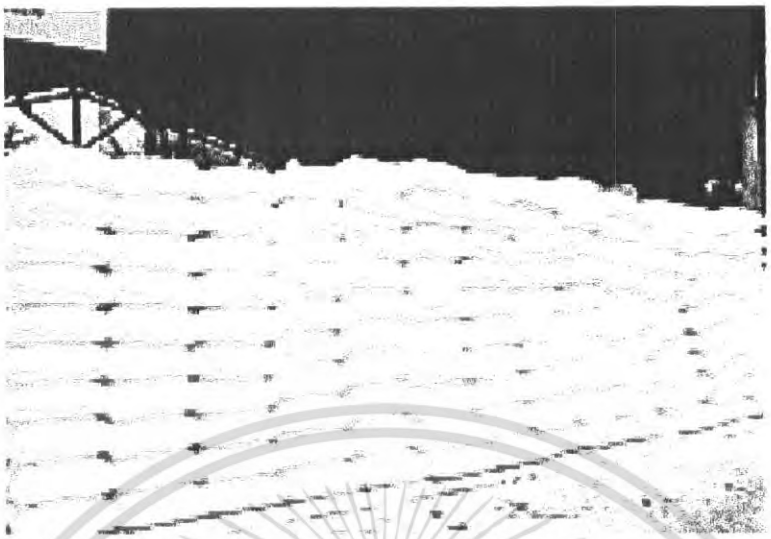
ตารางที่ 4.3. แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละ
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2)	57.00
อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	24.80
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	8.55
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	2.01
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.27
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_3O)	1.97
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.07
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	0.19
ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2)	0.83

ที่มา : ข้อมูลดะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขน

ในการออกแบบหาส่วนผสมนั้น เราจะหาอัตราส่วนผสมแต่ละตัวได้โดยเทียบจากน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดที่เรากำหนดไว้คือ 4,000 กรัม ซึ่งน้ำหนัก 4,000 กรัมนั้น เป็นน้ำหนักที่พอเหมาะสำหรับในการเทลงในแบบหล่อในแต่ละครั้งของการผสมได้พอดี สาเหตุที่กำหนดน้ำหนักนี้เนื่องจากแบบหล่อ ของทางบริษัทมีจำนวนจำกัดด้วย โดยรูปที่ 4.7. ถึง4.17. แสดงส่วนผสมทุกชนิดที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา

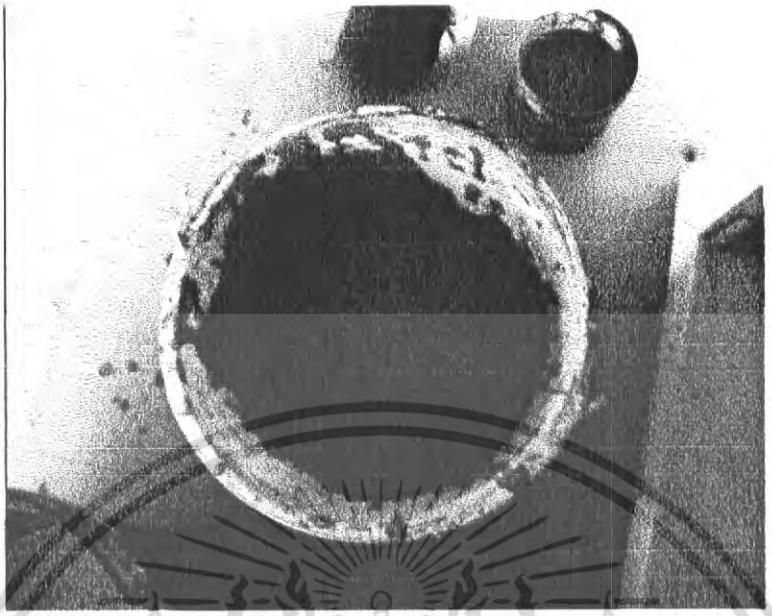
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7. แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ปูนขาว)

รูปที่ 4.8. แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1)

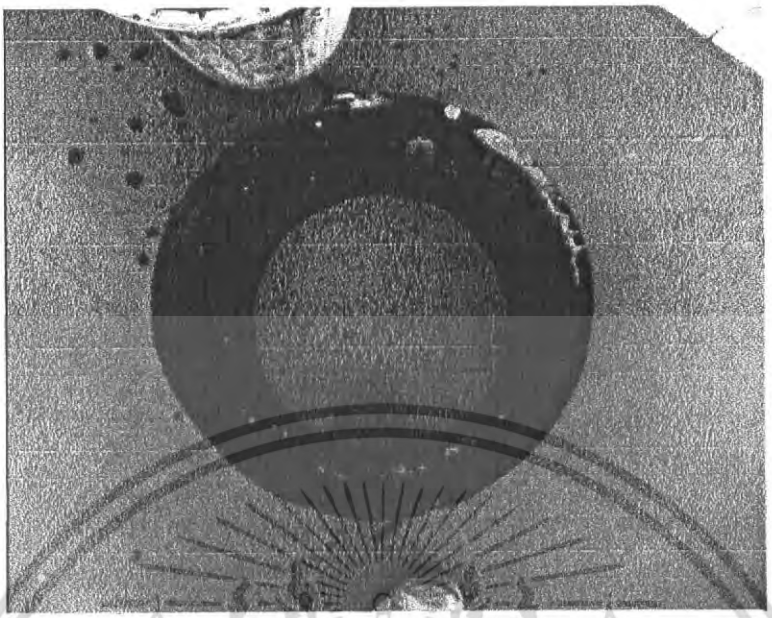
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



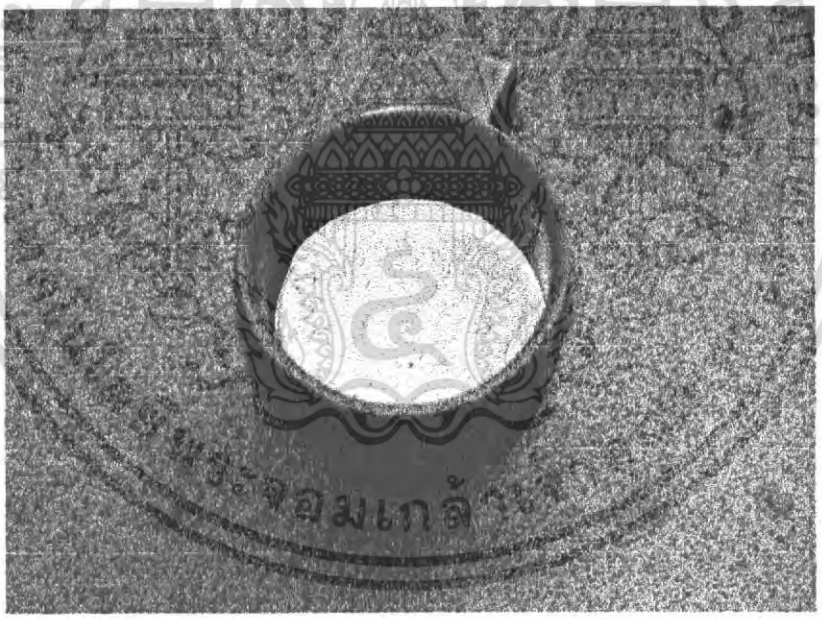
รูปที่ 4.9. แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ทรายละเอียด)

รูปที่ 4.10. แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ดินตะกอน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

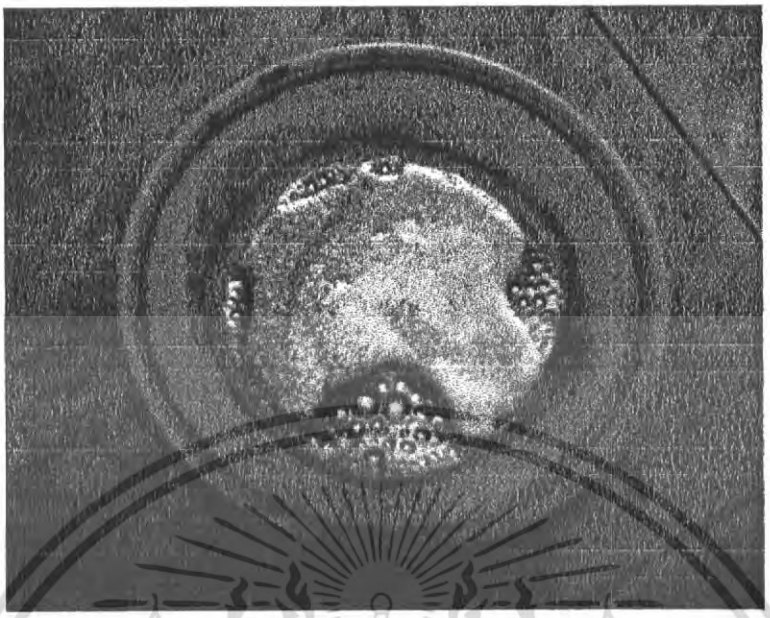


รูปที่ 4.11. แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่)

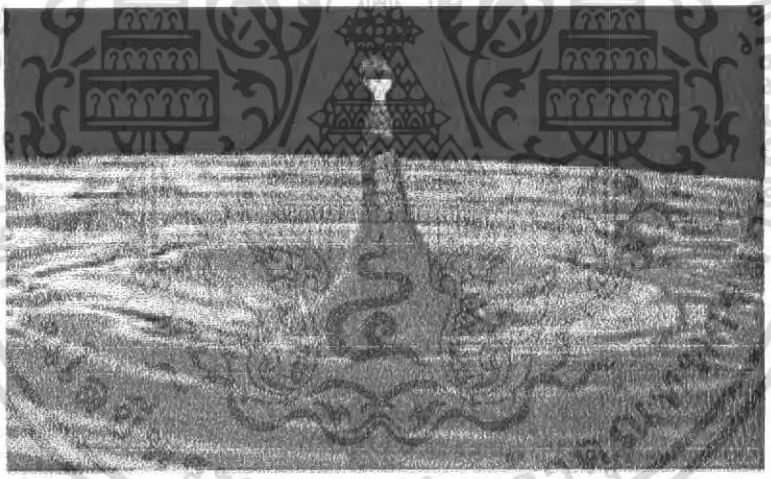


รูปที่ 4.12. แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(แร่แอนไฮไดรต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13. แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(ผงอะลูมิเนียม)



รูปที่ 4.14. แสดงวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตมวลเบา(น้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำตะกอนประปาเข้ามาแทนที่ส่วนผสมต่างๆนั้นจะทำการแทนที่เฉพาะปูนซีเมนต์และทรายละเอียด เนื่องจากส่วนผสมทั้ง 2 ชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีหลักที่เหมือนกันกับตะกอนประปาซึ่งได้เคยกล่าวไว้ในข้างต้น ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่นำตะกอนประปาไปแทนที่เฉพาะส่วนผสม 2 ชนิดนี้ ในการแทนที่ของตะกอนประปานั้นได้ทำการแทนที่ในทุกๆ10%, 30%, 50% และ 70%และรวมถึงไม่มีการแทนที่ของตะกอนประปาเลย คือจะมีการออกแบบอยู่ 1 การออกแบบที่ออกแบบให้ส่วนผสมไม่ถูกแทนที่ด้วยตะกอนประปา แล้วเปอร์เซ็นต์ที่เข้าไปแทนที่ของตะกอนนั้นจะเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เทียบกับน้ำหนักของปูนซีเมนต์และทรายละเอียดเท่านั้นคือเมื่อต้องการนำตะกอนประปาเข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์และทรายละเอียดที่ 10% ก็ต้องทำการลดน้ำหนักของปูนซีเมนต์และทรายละเอียดลง 10% จึงเหลือน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียดเพียง 90%

ดังตัวอย่างการคำนวณหาส่วนผสมในการออกแบบถ้ามีการแทนที่ของตะกอนประปาที่ 10% ดังนี้ น้ำหนักปูนซีเมนต์เดิม เท่ากับ 640 กรัม

จะถือว่าน้ำหนักปูนซีเมนต์ 640 กรัมคือ น้ำหนักที่ 100% ของปูนซีเมนต์เมื่อมีตะกอนประปาเข้ามาแทนที่ 10% น้ำหนักปูนซีเมนต์จะเหลือเพียง 90 %จะได้น้ำหนักใหม่เท่ากับ

น้ำหนักปูนซีเมนต์ใหม่เท่ากับ $0.9\times640 = 576$ กรัม

แล้วตะกอนก็เข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์ 10 % ซึ่งจะทำให้ทรวบน้ำหนักตะกอนจาก

$0.1\times640 = 64$ กรัม

จากนั้นนำทรายละเอียดมาคิดคำนวณ โดยคำนวณเหมือนกับปูนซีเมนต์จะได้ดังนี้

น้ำหนักทรายละเอียดใหม่เท่ากับ $0.9\times2124 = 1912$ กรัม

น้ำหนักตะกอนที่เข้าไปแทนที่ 10% เท่ากับ $0.1\times2124= 212$ กรัม

ดังนั้นจะได้น้ำหนักของตะกอนโดยการเข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์และทรายละเอียด 10% ดังนี้

$64+212 = 276$ กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนการเติมน้ำให้เติมในปริมาณ 2160 กรัมในทุกๆ การผสมซึ่งในการออกแบบนั้นใช้อัตราส่วน water solid ratio เท่ากับ 0.54 ซึ่งหาอัตราส่วน water solid ratio ได้ดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักน้ำทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักส่วนผสมแห้งทั้งหมด}} = \frac{2160}{4000} = 0.54$$

ออกแบบส่วนผสมที่ 1 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 0% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่ 4.4.

ตารางที่ 4.4. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 1

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์	น้ำหนัก
ปูนขาว	15%	600 g
ปูนซีเมนต์	16%	640 g
ทรายละเอียด	53.1%	2124 g
ตะกอน	0%	0 g
วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่	14.1%	1008 g
แร่แอนไฮไดรต์	1.84%	74 g
ผงอลูมิเนียม	0.07%	2.8 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนผสมที่ 2 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 10% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่ 4.5.

ตารางที่ 4.5. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 2

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์	น้ำหนัก
ปูนขาว	15%	600 g
ปูนซีเมนต์	14.4%	576 g
ทรายละเอียด	47.79%	1912 g
ตะกอน	6.9%	276.4 g
วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่	14.1%	1008 g
แร่แอนไฮไดรต์	1.84%	74 g
ผงอลูมิเนียม	0.07%	2.8 g

การออกแบบส่วนผสมที่ 3 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 30% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่ 4.6.

ตารางที่ 4.6. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 3

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์	น้ำหนัก
ปูนขาว	15%	600 g
ปูนซีเมนต์	11.2%	448 g
ทรายละเอียด	37.17%	1486.8 g
ตะกอน	20.73%	829.2 g
วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่	14.1%	1008 g
แร่แอนไฮไดรต์	1.84%	74 g
ผงอลูมิเนียม	0.07%	2.8 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนผสมที่ 4 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 50% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่ 4.7.

ตารางที่ 4.7. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 4

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์	น้ำหนัก
ปูนขาว	15%	600 g
ปูนซีเมนต์	8%	320 g
ทรายละเอียด	26.55%	1062 g
ตะกอน	34.55%	1382 g
วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่	14.1%	1008 g
แร่แอนไฮไดรต์	1.84%	74 g
ผงอลูมิเนียม	0.07%	2.8 g

การออกแบบส่วน ผสมที่5 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 70% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 4.8.

ตารางที่ 4.8. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 5

ส่วนผสม	เปอร์เซ็นต์	น้ำหนัก
ปูนขาว	15%	600 g
ปูนซีเมนต์	4.8%	192 g
ทรายละเอียด	15.93%	637.2 g
ตะกอน	48.37%	1934.8 g
วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่	14.1%	1008 g
แร่แอนไฮไดรต์	1.84%	74 g
ผงอลูมิเนียม	0.07%	2.8 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

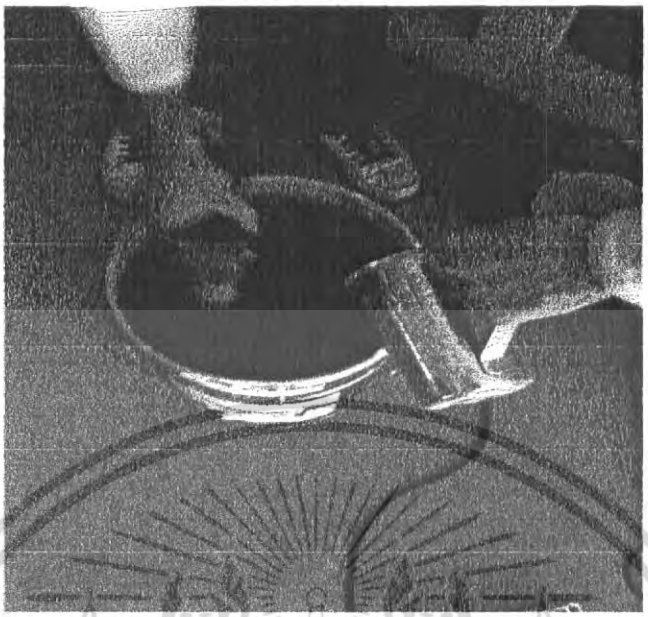
4.3. การผสมและขึ้นรูป

จะทำการผสมส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนผสมเป็นจำนวน 5 ตัวอย่าง โดยการผสมมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

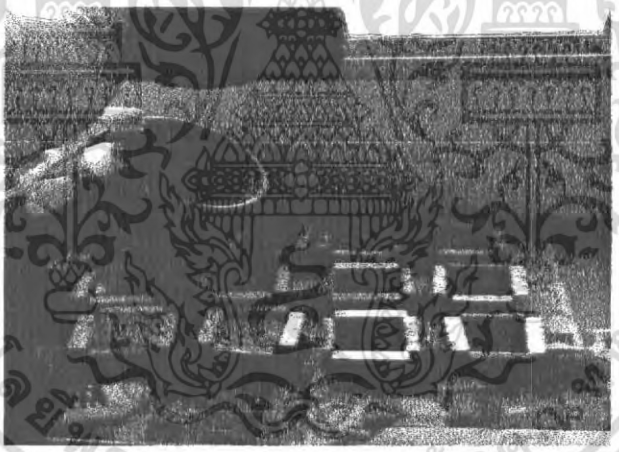
เมื่อเตรียมอัตราส่วนผสม เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะทำการผสม ดังนี้ ตามลำดับ

1. เททรายละเอียด (ผสมกับน้ำ) วัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ และตะกอน (ถ้าในการผสมนั้นมีอัตราส่วนของตะกอนด้วย) ลงในเครื่องผสม และทำการปั่นอย่างสม่ำเสมอ
2. เทปูนซีเมนต์ และแร่แอนไฮไดรต์ ลงไปในระหว่างนั้น ยังมีการปั่น ส่วนผสมตลอดเวลา
3. เทปูนขาวลงไปแล้วจับเวลา 1 นาที หลังจากเทปูนขาวลง แล้วโดยไม่หยุดการปั่นเมื่อครบเวลา 1 นาที ให้เทผงอลูมิเนียมลงไปทันทีแล้วจับเวลาอีก 30 วินาที
4. ในระหว่างการผสมนั้นจะมีการเติมน้ำ อยู่ตลอดเวลา ตามที่ได้ออกแบบส่วนผสมไว้
5. นำส่วนผสมไปเทลงในแบบที่มีขนาด (10x10x10) cm^3
6. ทิ้งแบบไว้เป็นเวลา 3-4 ช.ม. จึงทำการแกะแบบ
7. แล้วจากนั้น นำตัวอย่าง ทดสอบไปอบที่ตู้อบไอน้ำความดันสูง เป็นเวลา 24 ช.ม. ที่อุณหภูมิ 108°C
8. หลังจากนั้นมาอบอีกครั้งคือที่ 75°C และ 108°C
9. ตัดก้อน ตัวอย่างทดสอบ ให้มีขนาด (7.5x 7.5x7.5) cm^3 เมื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบคอนกรีตมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

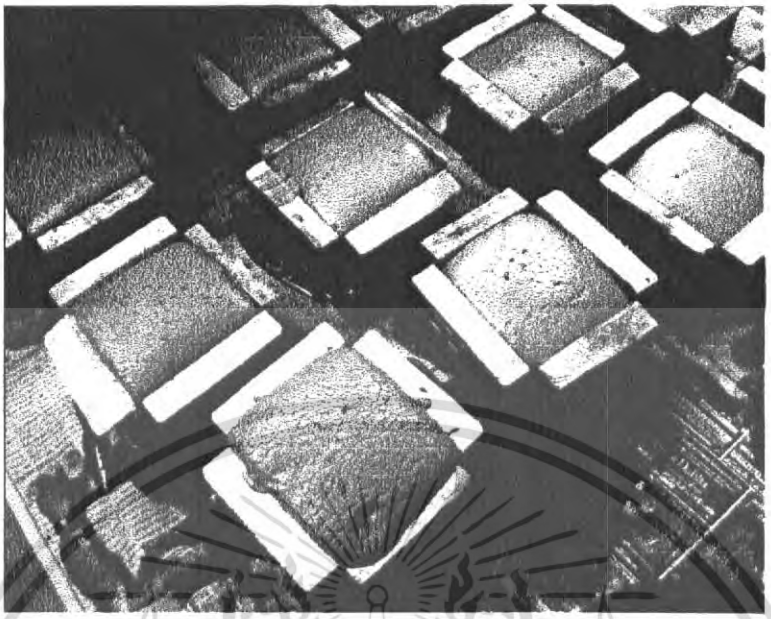


รูปที่ 4.15.แสดงการผสมส่วนผสมต่างๆ



รูปที่ 4.16. แสดงการเทส่วนผสมผสมเสร็จแล้วลงในแบบหล่อ

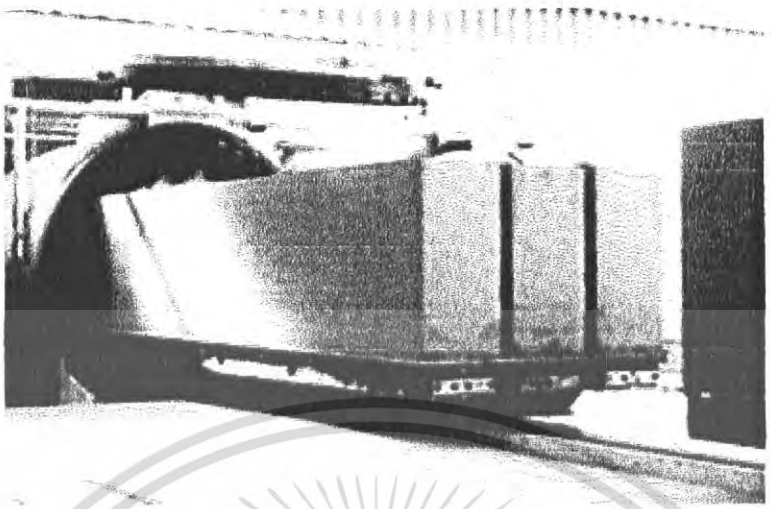
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17. แสดงการพองตัวของคอนกรีตมวลเบา

รูปที่ 4.18. แสดงการถอดแบบคอนกรีตมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19. แสดงการนำคอนกรีตมวลเบาเข้าเตาอบ

รูปที่ 4.20. แสดงคอนกรีตมวลเบาที่ผ่านการอบเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

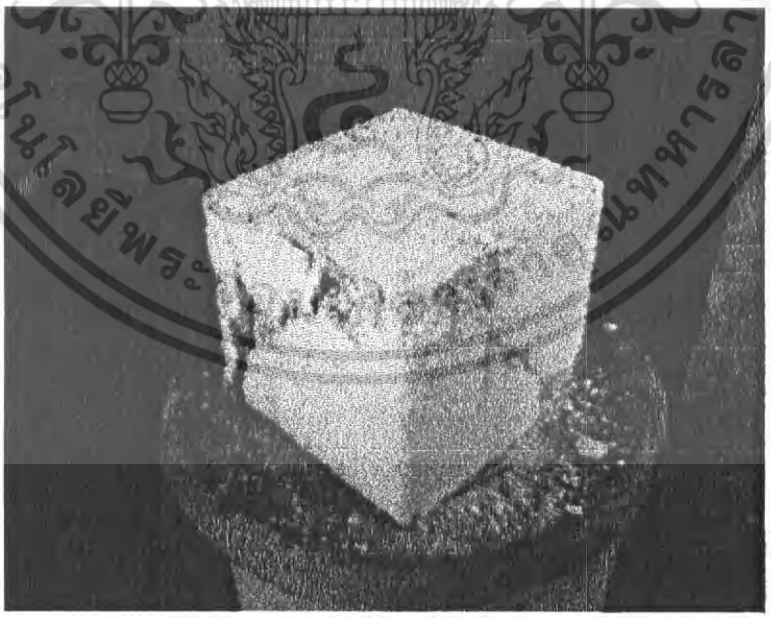
4.4. การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม

4.4.1. การทดสอบกำลังรับแรงอัด

การทดสอบกำลังอัดทำได้โดยการเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำฯ ที่อุณหภูมิ 108°C เป็นเวลา 24 ช.ม. จากนั้นนำไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 24 ช.ม. เมื่อตัวอย่างทดสอบ ผ่านกระบวนการแล้ว สามารถนำมาทดสอบได้เลย(ชั้นคุณภาพ G4) หรืออายุวันหลังอบไอน้ำฯไม่ควรเกิน 7วัน เพราะอาจจะมีตัวแปรในหลายด้านที่ส่งผลกระทบต่อการรับแรง เช่น ความชื้น จากนั้นทำการวัดขนาด พื้นที่หน้าตัดและปริมาตร ตัวอย่างทดสอบ ซึ่งในการทดสอบได้ใช้ตัวอย่าง จำนวน 5 ชิ้น จากนั้นนำตัวอย่างทดสอบ ไปทดสอบด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) แล้วทำการกดตัวอย่างทดสอบบันทึกค่าแรงอัดประลัย เพื่อนำไปคำนวณหากำลังต้านทานแรงอัด จากสมการ ต่อไปนี้

$$\text{กำลังรับแรงอัด} = \frac{\text{แรงอัดประลัย}}{\text{พื้นที่หน้าตัดรับแรงอัด}} \qquad (4.1.)$$

$$\text{ความหนาแน่นแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักอบแห้ง}}{\text{ปริมาตรอบแห้ง}} \qquad (4.2.)$$



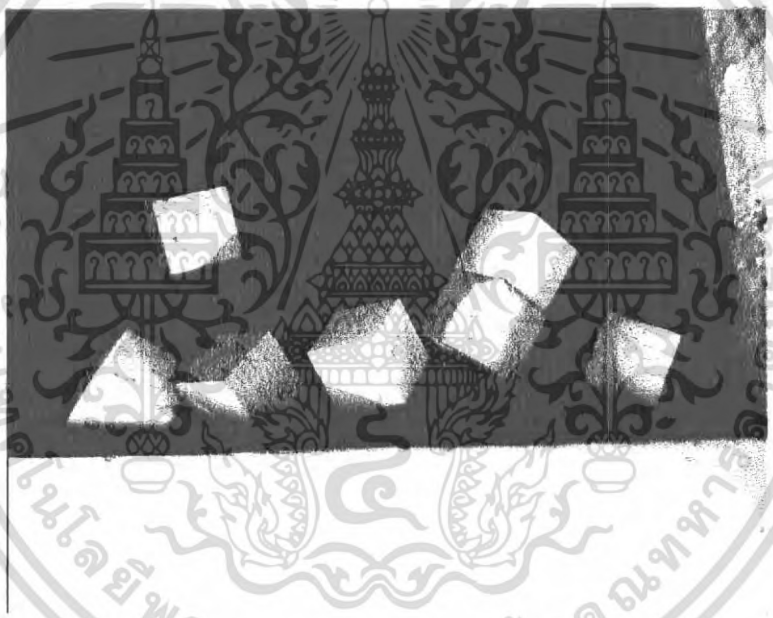
รูปที่ 4.21. แสดงตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกำลังรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2. การทดสอบการดูดกลืนน้ำ

การทดสอบอัตราการดูดกลืนน้ำ ของคอนกรีตมวลเบา แบบ (Autoclaved Aerated Concrete) โดยมีวิธีการโดยย่อดังนี้ อบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ $105^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$ ไม่น้อยกว่า 24 ช.ม. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 4 ช.ม. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง แต่ละก้อนนำตัวอย่างแช่น้ำสะอาดจนท่วมเป็นเวลา 24 ช.ม. หลังจากนั้นก็ยกออกจากน้ำ ใช้ผ้าเปียกซับน้ำที่ผิว และชั่งน้ำหนัก ให้เสร็จภายใน 3 นาที รายงาน ค่าเฉลี่ยการดูดกลืน น้ำเป็นสัดส่วนโดยใช้สมการดังนี้

$$\text{ค่าการดูดกลืนน้ำ} = \left[\frac{\text{น้ำหนักก้อนตัวอย่างที่แช่น้ำ 24 ช.ม.} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง}}\right] \times 100 \qquad (4.3.)$$



รูปที่ 4.22. แสดงตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการดูดกลืนน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1. กล่าวนำ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดสอบคุณสมบัติของดินตะกอน กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่นแห้ง และค่าการดูดกลืนน้ำ ซึ่งแสดงในรูปของตาราง และ กราฟ เพื่อจะหาอัตราส่วนที่ทำให้คอนกรีตมวลเบา มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ดีที่สุด

5.2.ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

สำหรับผลการทดสอบได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 5.1. ถึง 5.28 ซึ่งมีผลการทดสอบดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1. ผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติดินตะกอน

- ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะ

ตารางที่ 5.1. แสดงค่าความถ่วงจำเพาะ

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TEMPERATURE (C˚)	30	30	30	30	30	30	30	30	30
FLASK +WATER (g)	656.48	654.42	656.95	655.88	673.42	652.29	655.18	655.75	675.66
FLASK + WATER + SOIL (g)	682.23	682.36	684.84	687.46	705.43	681.35	685.64	688.04	708.27
CONTAINER NO.	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9
DRY SOIL + CONTAINER (g)	157.85	171.69	182.3	184.71	187.8	173.18	186.9	179	189.56
WT. OF CONTAINER (g)	115.83	128.31	140.06	135.41	138.6	127.48	137.18	129.85	139.75
DRY SOIL (g)	42.02	43.38	42.24	49.3	49.2	45.7	49.72	49.15	49.81
GT	0.9957	0.9957	0.9957	0.9957	0.9957	0.9957	0.9957	0.9957	0.9957
G.S.	2.57	2.79	2.93	2.77	2.85	2.73	2.57	2.90	2.88
AVERAGE G.S.	2.78								

วิเคราะห์ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะ

จากการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะนั้น ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยที่ได้ มีค่าเท่ากับ 2.78 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ(ประมาณ 1) จะเห็นได้ว่า มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ(เมื่อนำไปลอยน้ำแล้วจมน้ำ) ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะนี้ จะมีค่าใกล้เคียงกับความถ่วงจำเพาะของทรายแป้ง(ตะกอนทราย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการทดสอบอัตตะเบิร์ก

ผลการทดสอบ plastic limitแสดงได้ดังตารางที่ 5.2.

ตารางที่ 5.2. แสดงผลการทดสอบ plastic limit

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CAN NO.	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
WET SOIL + CAN g	11.39	7.9	7.74	8.5	7.6	10.45	11.38	10.12	10.85
DRY SOIL + CAN (g)	11.21	7.5	7.36	8.11	7.3	10.25	11.22	9.7	10.23
WT. OF CAN (g)	10.78	6.5	6.41	7.11	6.5	9.78	10.78	8.59	8.58
WT. OF WATER(g)	0.18	0.4	0.38	0.39	0.3	0.2	0.16	0.42	0.62
WT. OF DRY SOIL (g)	0.43	1	0.95	1.01	0.8	0.47	0.44	1.11	1.65
% WATER CONTENT	41.86	40.00	40.00	38.61	37.50	42.55	36.36	37.83	37.57
AVERAGE	39.14								

ผลการทดสอบ liquid limit แสดงได้ดังตารางที่ 5.3. ถึง 5.11.

ตารางที่ 5.3. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 1)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	50	37	30	21	16
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	15.83	11.78	11.95	15.94	15.94
DRY SOIL + CAN (g)	13.82	9.66	9.69	13.14	13.14
WT. OF CAN (g)	10.61	6.49	6.43	9.26	9.58
WT. OF WATER (g)	2.01	2.12	2.26	2.8	2.8
WT. OF DRY SOIL (g)	3.21	3.17	3.26	3.88	3.56
% WATER CONTENT	62.62	66.88	69.33	72.16	78.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 2)

จำนวนครั้งที่เคาะ.	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	47	41	28	22	14
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	12.24	14.41	13.06	13.66	13.83
DRY SOIL + CAN (g)	9.89	11.08	10.3	10.57	10.63
WT. OF CAN(g)	6.53	6.55	6.67	6.59	6.62
WT. OF WATER(g)	2.35	3.33	2.76	3.09	3.2
WT. OF DRY SOIL(g)	3.36	4.53	3.63	3.98	4.01
% WATER CONTENT	69.94	73.51	76.03	77.64	79.80

ตารางที่ 5.5. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)

จำนวนครั้งที่เคาะ.	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	47	37	28	19	14
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	15.38	18.48	19.32	19.46	17.66
DRY SOIL + CAN(g)	13.4	14.5	14.9	14.89	12.46
WT. OF CAN (g)	9.4	9.4	9.46	9.46	6.63
WT. OF WATER (g)	1.98	3.96	4.42	4.57	5.2
WT. OF DRY SOIL(g)	4	5.1	5.44	5.43	5.83
% WATERCONTENT	49.50	77.65	81.25	84.16	89.20

ตารางที่ 5.6. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 4)

จำนวนครั้งที่เคาะ.	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS(N)	49	39	27	20	15
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN(g)	15.59	15.67	15.59	17.11	16.51
DRY SOIL + CAN(g)	11.94	11.86	11.75	12.48	12.15
WT. OF CAN (g)	6.44	6.46	6.46	6.54	6.5
WT. OF WATER (g)	3.65	3.81	3.81	4.63	4.36
WT. OF DRY SOIL(g)	5.5	5.4	5.29	5.94	5.65
% WATER CONTENT	66.36	70.50	72.02	77.95	78.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 5)

จำนวนครั้งที่เคาะ.	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS(N)	50	40	35	23	18
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN(g)	17.7	19.86	15.97	15.93	18.96
DRY SOIL + CAN(g)	14.84	15.93	11.85	11.71	14.58
WT. OF CAN (g)	10.5	10.54	6.51	6.46	9.28
WT. OF WATER (g)	2.86	3.93	4.12	4.22	4.38
WT. OF DRY SOIL(g)	4.34	5.39	5.34	5.25	5.3
% WATER CONTENT	65.89	72.91	77.15	80.38	82.64

ตารางที่ 5.8. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 6)

จำนวนครั้งที่เคาะ.	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS(N)	49	39	29	21	14
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN(g)	16.9	16.7	15.59	15.67	19.86
DRY SOIL + CAN(g)	13	12.7	11.94	11.86	15.93
WT. OF CAN (g)	6.5	6.5	6.44	6.46	10.54
WT. OF WATER (g)	3.9	4	3.65	3.81	3.93
WT. OF DRY SOIL(g)	6.5	6.2	5.5	5.4	5.39
% WATER CONTENT	60.00	64.52	66.36	70.50	72.91

ตารางที่ 5.9. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 7)

จำนวนครั้งที่เคาะ.	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS(N)	48	40	31	20	15
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN(g)	16.9	17.1	15.66	15.6	16.52
DRY SOIL + CAN(g)	13	12.9	11.87	11.74	12.14
WT. OF CAN (g)	6.5	6.5	6.45	6.46	6.5
WT. OF WATER (g)	3.9	4.2	3.79	3.86	4.38
WT. OF DRY SOIL(g)	6.5	6.4	5.42	5.28	5.64
% WATER CONTENT	60.00	65.63	69.92	73.10	77.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

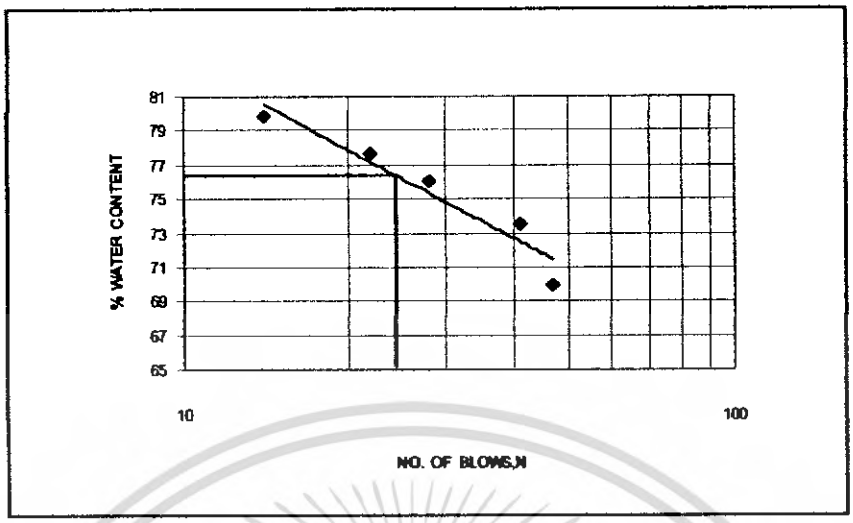
ตารางที่ 5.10. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 8)

จำนวนครั้งที่เคาะ.	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS(N)	48	40	31	20	15
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN(g)	16.9	17.1	15.66	15.6	16.52
DRY SOIL + CAN(g)	13	12.9	11.87	11.74	12.14
WT. OF CAN (g)	6.5	6.5	6.45	6.46	6.5
WT. OF WATER (g)	3.9	4.2	3.79	3.86	4.38
WT. OF DRY SOIL(g)	6.5	6.4	5.42	5.28	5.64
% WATER CONTENT	60.00	65.63	69.92	73.10	77.65

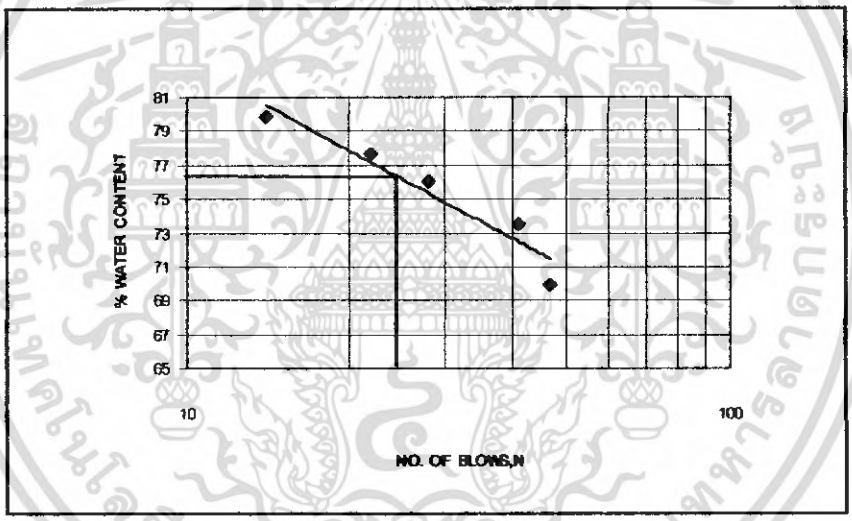
ตารางที่ 5.11. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 9)

จำนวนครั้งที่เคาะ.	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS(N)	48	42	30	22	14
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN(g)	16.8	16.5	17.2	15.93	15.93
DRY SOIL + CAN(g)	13.1	12.5	12.8	13.13	13.14
WT. OF CAN (g)	6.5	6.5	6.5	9.29	9.59
WT. OF WATER (g)	3.7	4	4.4	2.8	2.79
WT. OF DRY SOIL(g)	6.6	6	6.3	3.86	3.55
%WATER CONTENT	56.06	66.67	69.84	72.53	78.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

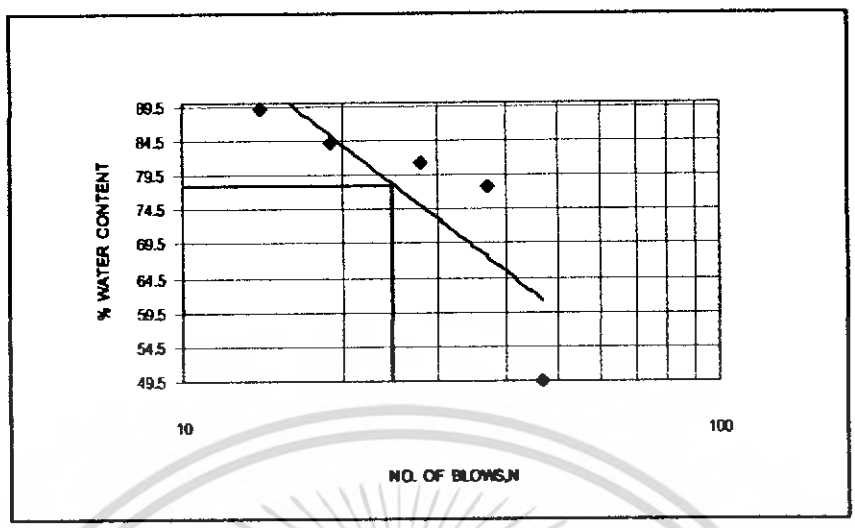


รูปที่ 5.1. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 1

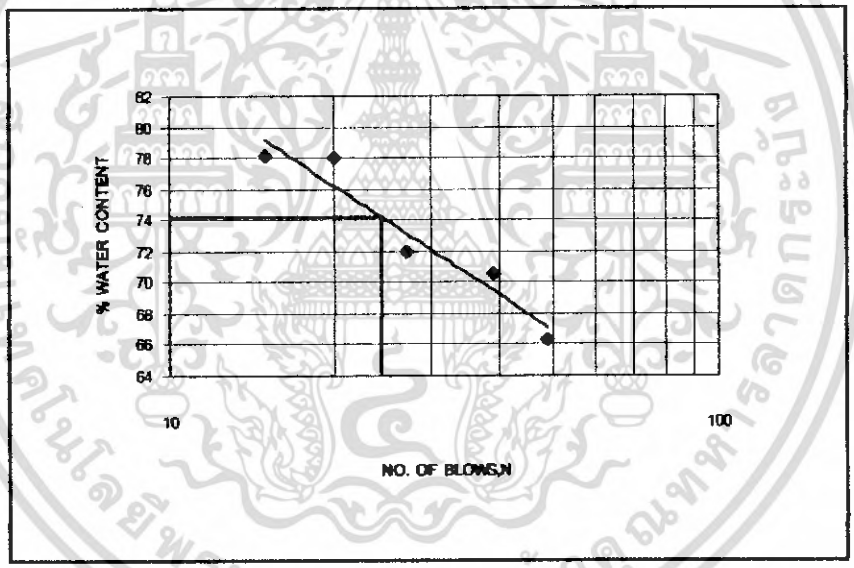


รูปที่ 5.2. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

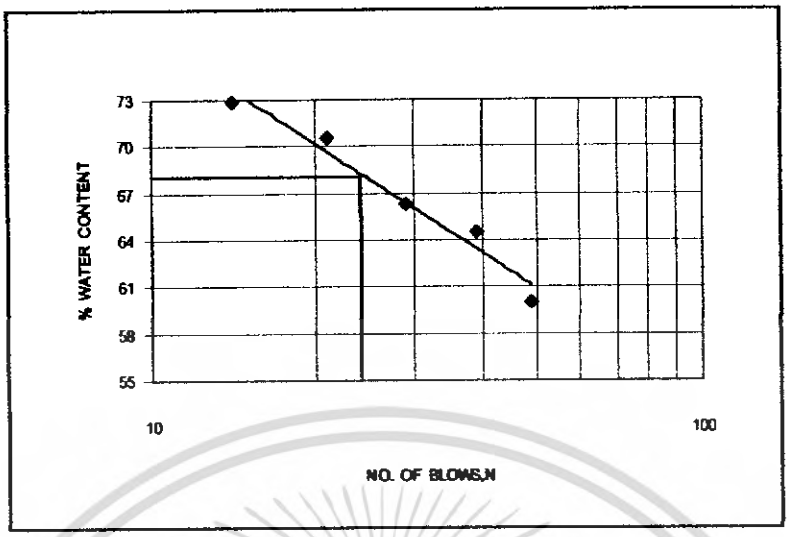


รูปที่ 5.3. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 3

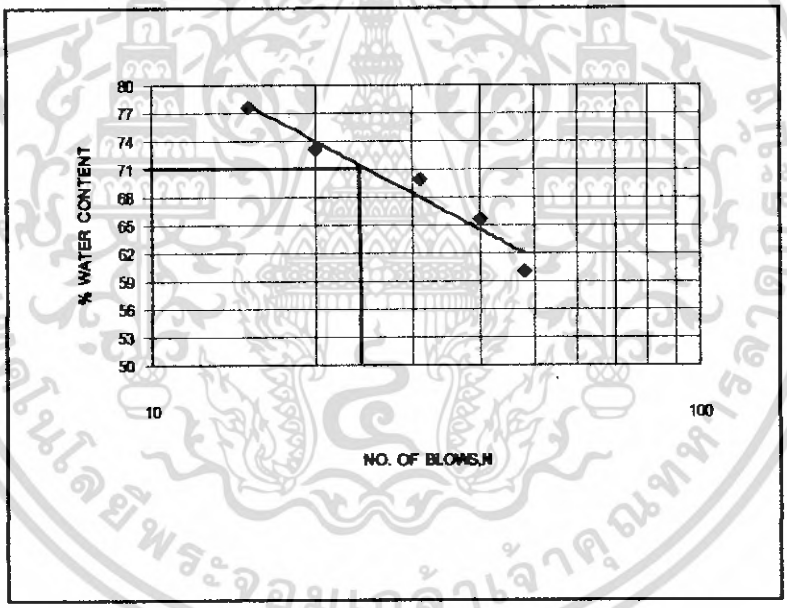


รูปที่ 5.4. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

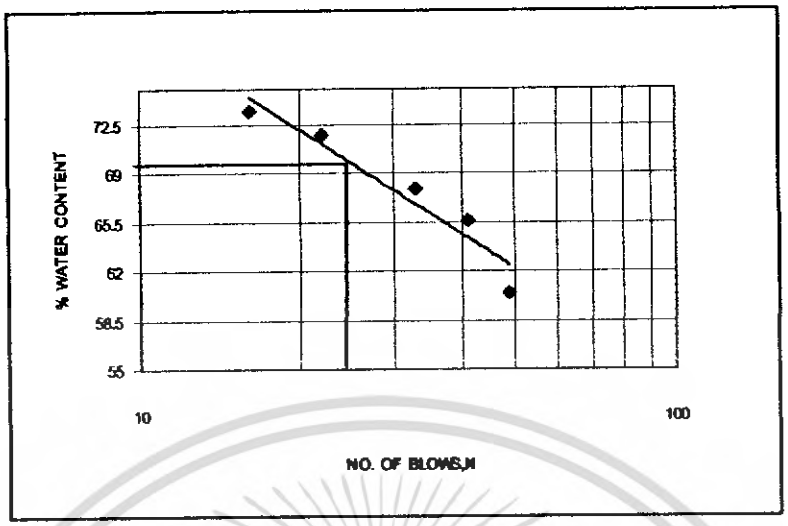


รูปที่ 5.5. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 5

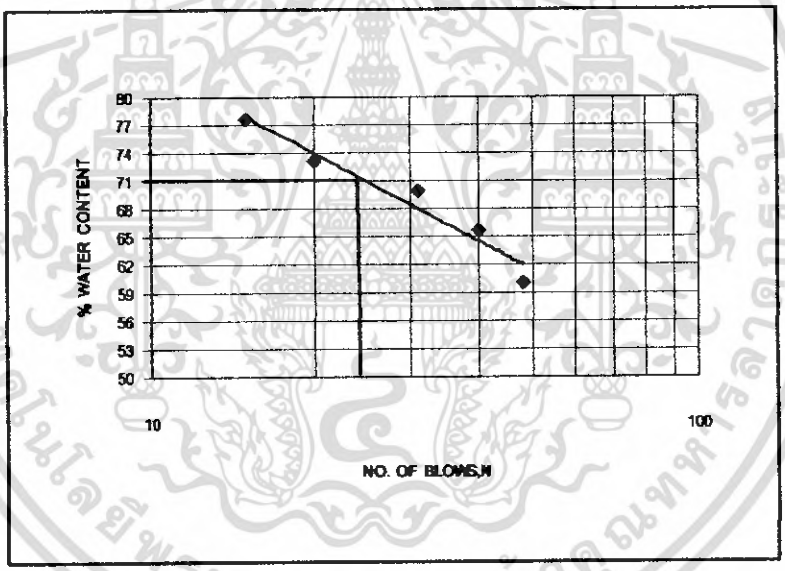


รูปที่ 5.6. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

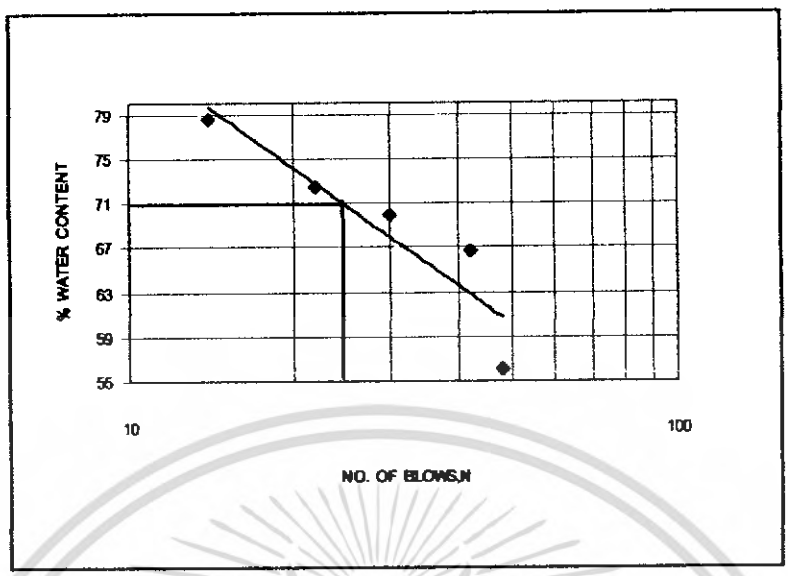


รูปที่ 5.7. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 7



รูปที่ 5.8. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9. แสดงค่า liquid limit ในตัวอย่างที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าดัชนีความเหนียว(Plastic index,P.I.) แสดงได้ดังตารางที่ 5.12.

ตารางที่ 5.12. แสดงค่าดัชนีความเหนียว(Plastic index,P.I.)

ตัวอย่างที่	LL	PL	PI
1	76.50	41.86	34.64
2	76.50	40.00	36.50
3	78.00	40.00	38.00
4	74.20	38.61	35.59
5	68.10	37.50	30.60
6	71.00	42.55	28.45
7	69.80	36.36	33.44
8	71.00	37.83	33.17
9	71.00	37.57	33.43
ค่าเฉลี่ย	72.90	39.14	33.76

วิเคราะห์ผลการทดสอบอัตะเบิร์ก

จากตารางที่ 5.12. นั้นได้ค่าดัชนีความเหนียว(Plastic index,P.I.) ของตัวอย่างทดสอบ 9 ตัวอย่างซึ่งหาค่า P.I.ได้จากสมการ(4.1.) (สุพจน์ และคณะ,2544)จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าL.L. กับ P.I.ได้เท่ากับ 72.90 และ 33.76 ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.6. เมื่อนำค่า P.I. กับ L.L. มาพล็อตลงในรูป ทำให้ทราบว่าดินตะกอนที่นำมาทดสอบนั้นอยู่ในช่วงของ ตะกอนทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม

- กำลังรับแรงอัด

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลเป็นไปดังตารางและกราฟต่างๆ ต่อไปนี้

ตารางที่ 5.13. แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 1

ชิ้นที่	น้ำหนัก (g)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักประลัย (kg)	ความหนาแน่นแห้ง (กก./ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)
1	250.57	56.85	429.22	2452.4	583.78	43.14
2	266.35	56.55	429.21	2699.6	620.56	47.74
3	268.75	56.62	429.12	2780.5	626.28	49.11
4	270.12	57.15	428.64	2789.5	630.18	48.81
5	262.15	56.62	424.69	2656.7	617.27	46.92
				ค่าเฉลี่ย	615.61	47.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.14. แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 2

ชิ้นที่	น้ำหนัก (g)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักประลัย (kg)	ความหนาแน่นแห้ง (กก./ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)
1	251.43	57.22	429.79	1994.5	585.01	34.86
2	254.33	57.15	433.79	2212.3	586.30	38.71
3	252.31	56.7	425.81	2175.4	592.54	38.37
4	251.75	56.4	424.69	2116.2	592.79	37.52
5	256.12	56.47	424.692	2215.7	603.07	39.24
				ค่าเฉลี่ย	591.94	37.74

ตารางที่ 5.15. แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 3

ชิ้นที่	น้ำหนัก (g)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักประลัย (kg)	ความหนาแน่นแห้ง (กก./ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)
1	223.3	56.17	418.5	1455.6	533.57	25.91
2	227.21	56.25	421.87	1747.9	538.58	31.07
3	225.74	56.17	422.43	1425.4	534.38	25.38
4	230.2	56.62	426.95	1956.4	539.17	34.55
5	229.81	56.62	425.82	1879.2	539.69	33.19
				ค่าเฉลี่ย	537.08	30.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

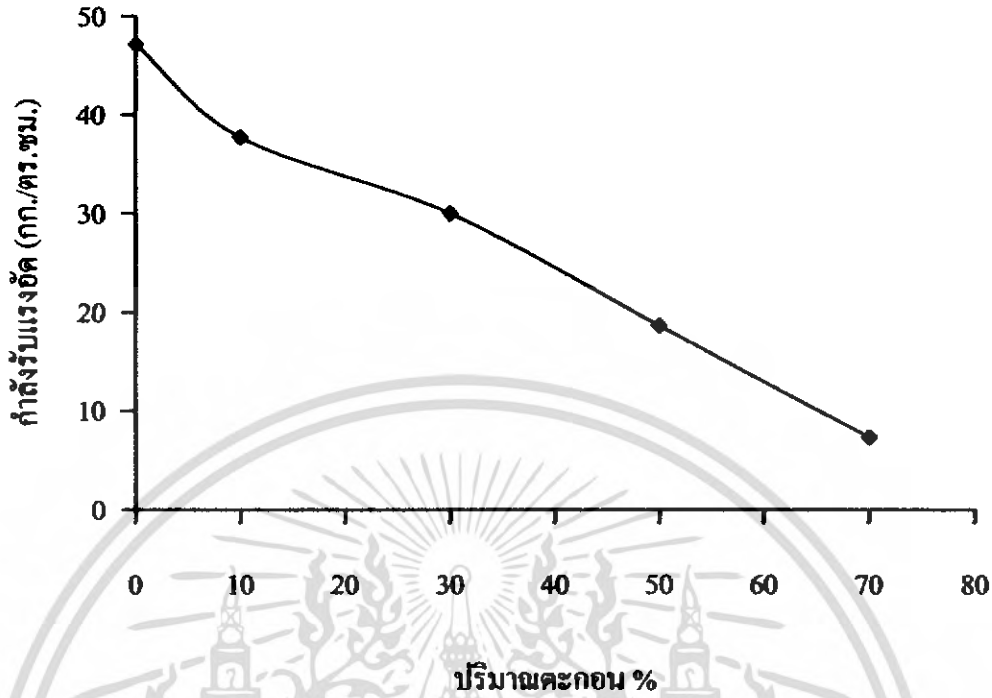
ตารางที่ 5.16. แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 4

ชิ้นที่	น้ำหนัก (g)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักประลัย (kg)	ความหนาแน่นแห้ง (กก./ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)
1	190.43	56.39	422.9	884.8	450.30	15.69
2	190.27	56.32	420.16	909	452.85	16.14
3	232.77	57	429.79	1038.3	541.59	18.22
4	199.72	56.17	421.27	1189.5	474.09	21.18
5	205.53	56.39	422.92	1237.8	485.98	21.95
				ค่าเฉลี่ย	480.96	18.63

ตารางที่ 5.17. แสดงกำลังรับแรงอัดของการออกแบบส่วนผสมที่ 5

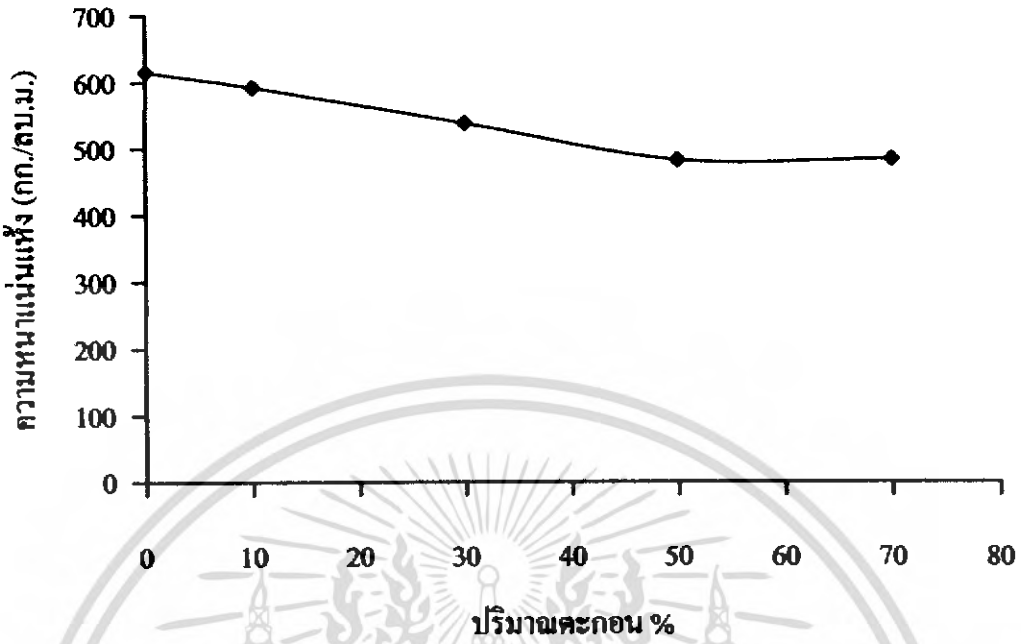
ชิ้นที่	น้ำหนัก (g)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักประลัย (kg)	ความหนาแน่นแห้ง (กก./ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)
1	210.58	56.47	421.29	263.3	499.85	4.66
2	205.92	56.4	423.56	455.7	486.16	8.08
3	213.95	56.47	423.52	270.85	505.17	4.80
4	197.23	56.62	424.65	452.2	464.45	7.99
5	194.85	56.85	427.51	625.7	455.78	11.01
				ค่าเฉลี่ย	482.28	7.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้งกับปริมาณตะกอน

วิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

จากกราฟที่ 5.10.และ 5.11. จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นแห้งจะลดลงซึ่งปริมาณตะกอนจะแปรผกผันกับกำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นแห้ง นั่นหมายความว่าปริมาณตะกอนที่นำไปแทนที่ของส่วนผสม ปูนซีเมนต์ และ ทราย นั้นจะสามารถแทนที่ได้ในเปอร์เซ็นต์ๆหนึ่ง ซึ่งปริมาณตะกอนที่สามารถนำไปแทนที่ได้นั้นจะอยู่ที่ 5% ถึง 10%(จากกราฟที่ 5.10) เท่านั้นที่จะทำให้ไม่สูญเสียกำลังรับแรงอัดและมีความหนาแน่นแห้งที่ยอมรับได้เนื่องจากเมื่อเพิ่มดินตะกอนเป็นส่วนผสมแล้วไม่ได้ทำให้กำลังรับแรงอัดลดลงไปมาก เมื่อเทียบกับ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 ซึ่งจะมีค่าประมาณ 40 ถึง 50 กก./ตร.ซม.และความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 จะมีค่าประมาณและ 600 ถึง 700 กก./ลบ.ม.(บริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การดูดกลืนน้ำ

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลเป็นไปดังตารางและกราฟต่างๆ ต่อไปนี้

ตารางที่ 5.18. แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา ของการออกแบบส่วนผสมที่ 1

ชิ้นที่	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)	น้ำหนักน้ำ (g)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (กก./ลบ.ม.)
1	429.22	250.57	387.44	136.87	318.88
2	429.21	266.35	406.58	140.23	326.72
3	429.12	268.75	404.47	135.72	316.28
4	428.64	270.12	412.92	142.8	333.15
5	424.69	262.15	399.95	137.8	324.47
				ค่าเฉลี่ย	323.90

ตารางที่ 5.19. แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา ของการออกแบบส่วนผสมที่ 2

ชิ้นที่	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)	น้ำหนักน้ำ (g)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (กก./ลบ.ม.)
1	429.79	251.43	417.64	166.21	386.72
2	433.79	254.33	424.86	170.53	393.12
3	425.81	252.31	413.16	160.85	377.75
4	424.69	251.75	415.19	163.44	384.85
5	424.692	256.12	413.44	157.32	370.43
				ค่าเฉลี่ย	382.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.20. แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา ของการออกแบบส่วนผสมที่ 3

ชิ้นที่	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)	น้ำหนักน้ำ (g)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (กก./ลบ.ม.)
1	418.5	223.3	413.54	190.24	454.58
2	421.87	227.21	423.03	195.82	464.17
3	422.43	225.74	411.49	185.75	439.72
4	426.95	230.2	419.65	189.45	443.73
5	425.82	229.81	426.53	196.72	461.98
				ค่าเฉลี่ย	452.83

ตารางที่ 5.21. แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา ของการออกแบบส่วนผสมที่ 4

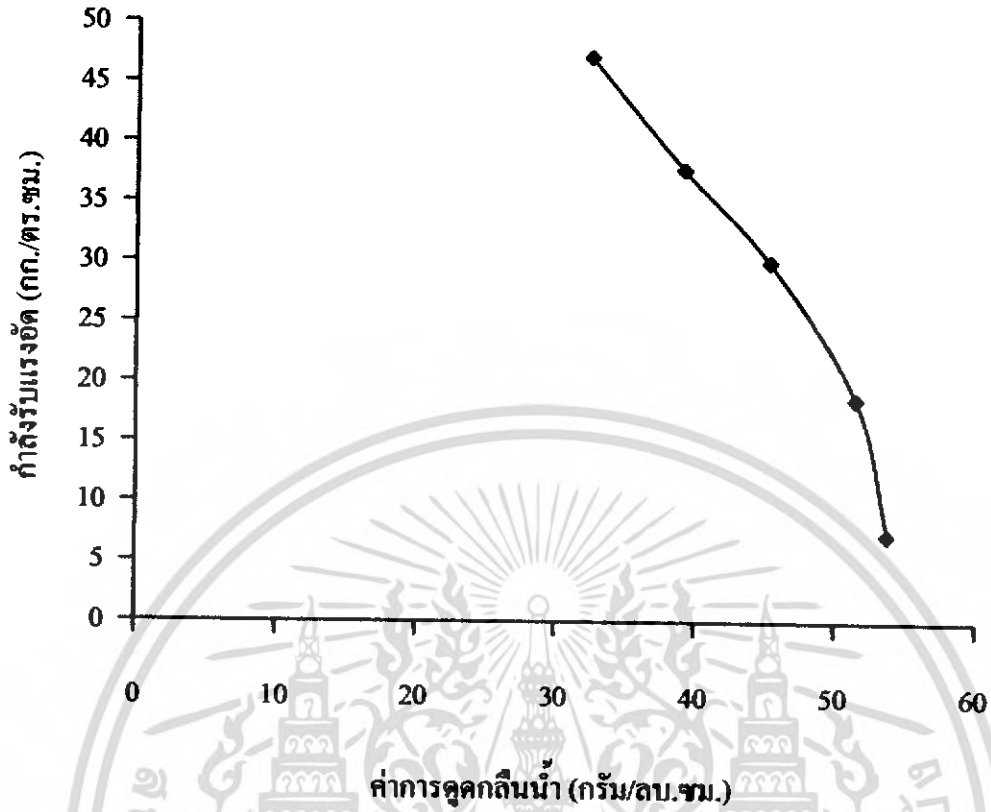
ชิ้นที่	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)	น้ำหนักน้ำ (g)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (กก./ลบ.ม.)
1	422.9	190.43	646.71	456.28	1078.93
2	420.16	190.27	405.89	215.62	513.19
3	429.79	232.77	455.15	222.38	517.42
4	421.27	199.72	417.5	217.78	516.96
5	422.92	205.53	416.05	210.52	497.78
				ค่าเฉลี่ย	511.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.22. แสดงค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา ของการออกแบบส่วนผสมที่ 5

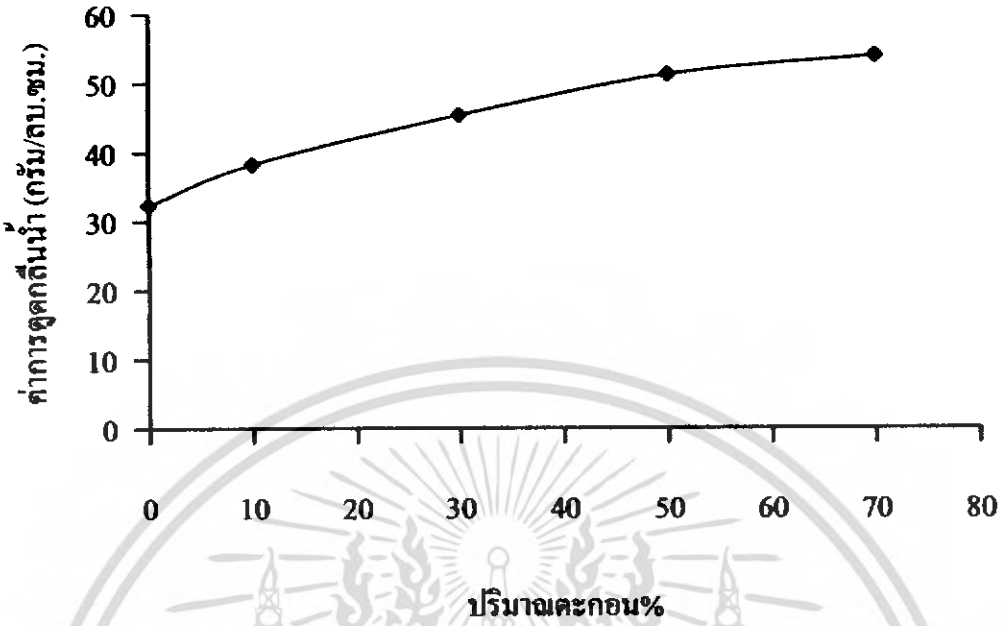
ชิ้นที่	ปริมาตร (ลบ.ซม)	น้ำหนักก่อนแช่ (g)	น้ำหนักหลังแช่ (g)	น้ำหนักน้ำ (g)	ค่าการดูดกลืนน้ำ (กก./ลบ.ม.)
1	421.29	210.58	436.36	225.78	535.93
2	423.56	205.92	436.63	230.71	544.69
3	423.52	213.95	449.6	235.65	556.41
4	424.65	197.23	427.93	230.7	543.27
5	427.51	194.85	412.65	217.8	509.46
				ค่าเฉลี่ย	537.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการดูดกลืนน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับค่าการดูดกลืนน้ำ

วิเคราะห์ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

จากรูปที่ 5.12. เมื่อค่าการดูดกลืนน้ำมากขึ้นกำลังรับแรงอัดจะลดลง ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผกผันกับค่าการดูดกลืนน้ำเมื่อได้สังเกตรูปที่ 5.13. นั้นจะเห็นว่ายิ่งปริมาณตะกอนมากขึ้นเท่าไรค่าการดูดกลืนน้ำก็จะมากขึ้นตามเท่านั้นเมื่อนำรูปที่ 5.10. และ 5.13. มาพิจารณาร่วมกันจะได้ว่าปริมาณตะกอนที่พอเหมาะในการเป็นส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาในการทดสอบครั้งนี้จะอยู่ที่ 5% ถึง 10%(เหตุผลได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น)

สำหรับค่าการดูดกลืนน้ำของตัวอย่างทดสอบที่มีปริมาณตะกอน 10 % จะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนน้ำที่สูงกว่า (ประมาณ 39%) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบที่ไม่มีส่วนผสมของดินตะกอนอยู่เลย (มีค่าประมาณ 32%) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา ชั้นคุณภาพ G4 (บริษัท ซุปเปอร์บล็อกฯ) ซึ่งมีค่าประมาณ 31% อาจกล่าวได้ว่า ที่ปริมาณตะกอน 5 ถึง 10% นั้น ค่าการดูดกลืนน้ำยังคงมีค่าที่สูงอยู่ แต่ไม่ได้ห่างจากของบริษัทมากนัก ส่วนค่าการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมอื่นๆถือว่าให้ค่าที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการศึกษา

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ฯในบทที่ผ่านมานั้น เมื่อพิจารณาโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างดินตะกอนและค่าต่างๆได้แก่ ค่ากำลังรับแรงอัด ค่าความหนาแน่นแห้ง และค่าการดูดกลืนน้ำนั้น ได้ว่า

1. เมื่อมีปริมาณดินตะกอนเข้าไปแทนที่ในส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาในสัดส่วนที่พอเหมาะ (ประมาณ5% ถึง 10 %ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายในตารางที่ 4.1.)กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างทดสอบ(มีค่าประมาณ 37.74 กก./ตร.ซม.)จะมีค่าใกล้เคียงกับกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาคุณภาพชั้น G4 (มีค่าประมาณ 40 ถึง 50 กก./ตร.ซม.)
2. สำหรับค่าความหนาแน่นแห้ง มีแนวโน้มเดียวกันกับกำลังรับแรงอัด คือค่าความหนาแน่นแห้งของตัวอย่างทดสอบที่มีดินตะกอนเป็นส่วนผสม(มีค่าประมาณ 591.94 กก./ลบ.ม.)จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตมวลเบาคุณภาพชั้น G4 (มีค่าประมาณ 600 ถึง 700 กก./ลบ.ม.) เมื่อดินตะกอนเข้าไปแทนที่ในส่วนผสมประมาณ5% ถึง 10 %ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายในตารางที่ 4.1
3. ค่าการดูดกลืนน้ำ ก็เช่นกัน คือค่าการดูดกลืนน้ำของตัวอย่างทดสอบจะมีค่ามากขึ้นเมื่อมีปริมาณของดินตะกอนมากขึ้นซึ่งค่าการดูดกลืนน้ำของตัวอย่างทดสอบ(มีค่าประมาณ 39%) ที่มีค่าใกล้เคียงกับ ค่าการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตมวลเบา ชั้นคุณภาพ G4(มีค่าประมาณ 31%)เมื่อดินตะกอนเข้าไปแทนที่ในส่วนผสมประมาณ5% ถึง 10 %ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายในตารางที่ 4.1

ซึ่งในการทดสอบนั้น ดินตะกอนไม่มีผลในการไปหน่วงขั้นตอนการทำปฏิริยากันของส่วนผสมต่างๆ เพราะว่าตัวอย่างทดสอบมีระยะเซตตัวที่ใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 คือ ประมาณ 3 ถึง 4 ช.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

เมื่อมองในด้านการลงทุนผลิตคอนกรีตมวลเบานั้นอาจจะเป็นผลดีในการลดต้นทุนการผลิตลง เพราะดินตะกอนเป็นทรัพยากรเหลือใช้แล้วสามารถนำไปทดแทนปูนซีเมนต์และทรายซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีค่าและราคาค่อนข้างแพงได้ แต่ข้อเสียอาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งส่วนผสมนี้ถ้าหากว่าแหล่งผลิตอยู่ห่างจากแหล่งวัตถุดิบ ซึ่งต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าของการลงทุนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- เจริญฤทธิ์ วรรณะพาหุฒ, จิระพันธ์ บางท่าไม้, สมบัติ ฐาปนาชีวะ และ ประสิทธ์ ปัณฑรมงคล, " คอนกรีตพรุนบ่มด้วยไอน้ำความดันสูง" ,(ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2533)
- ศิริวัฒน์ ไชยชนะ, 2542. ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี. 1000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เอส.เอส.บุ๊คส์เฮ้าส์ จำกัด
- สุพจน์ ศรีนิล, 2544. คู่มือปฏิบัติการทดลองปรพีกลศาสตร์. 500 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์
- อุดม วิทย์ กาญจนวรงค์,2543. ปฏิบัติงานทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ :สกายบุ๊กส์.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "มอก. 15 เล่ม 1 : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์"
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "มอก. 1505-2541 : ชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ-อบไอน้ำ" ,2541
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "มอก. 319-2541 : ปูนไลม์อุตสาหกรรม ", 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้