สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนประปา (ปรับปรุง)

THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCTION FROM WATER SUPPLY PROCESS SLUDGE

โดย

นายณะลือชา หล้าหลัน

นางสาวศุธัญญกานต์ รัตนพงศ์

วพ.
ส162597ก
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82938
วัน,เดือน,ปี 29 ก.ค. 2551

b 11957530
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCTION FROM WATER SUPPLY PROCESS SLUDGE

MS.NALEACHA LHALHAN

MISS.SUTHANYAKARN RATTANAPONG

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

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนประปา (ปรับปรุง)

นักศึกษา นายณะลือชา หล้าหลัน รหัส 47015804
นางสาวศุธัญญกานต์ รัตนพงศ์ รหัส 47015819

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. อุมา สีบุญเรือง

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์	
รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์	
อ.ศิลป์ชัย จานสุวรรณ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.อำนวย พานิชกุลพงศ์)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ เดือน พ.ศ. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนประปา (ปรับปรุง)
THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCTION FROM WATER SUPPLY PROCESS SLUDGE

นักศึกษา นายณะลือชา หล้าหลัน รหัส 47015804
นางสาวศุธัญญกานติ์ รัตนพงศ์ รหัส 47015819
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. อุมา สีบุญเรือง
ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาวิธีการใช้ตะกอนประปา เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมในการแปรรูปให้เป็นคอนกรีตมวลเบา โดยทำการศึกษาข้อมูลของตะกอนประปา แล้วจึงทำการทดสอบคุณสมบัติของตะกอนประปา โดยนำไปหาสัดส่วนในการผสมที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนประปาเป็นส่วนผสม ได้ทำการออกแบบสัดส่วนการผสมไว้ 10 แบบการผสม ในแต่ละแบบการผสมจะมีสัดส่วนของตะกอนประปามากน้อยตามแบบการผสม เมื่อทำการผสมและขึ้นรูปคอนกรีตมวลเบา ได้นำไปทำการทดสอบคุณสมบัติในด้านกำลังรับแรงอัด อัตราการซึมน้ำ นำผลการทดสอบมาสรุปผลและทำการวิเคราะห์ผลเพื่อสรุปผลการทดสอบหาปริมาณสัดส่วนในการผสมที่พอเหมาะในการผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนประปาเป็นส่วนผสมได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title : THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PRODUCTION FROM WATER SUPPLY PROCESS SLUDGE

Name : MR. NALEACHA LHALHAN
MISS.SUTHANYAKARN RATTANAPONG

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : ASST.PROF. SAKCHAI SKANUPONG

Advisor : DR. UMA SEEBOONRUANG

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 proving 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 10 mixture formulas are obtained from reducing the amounts of cement and sand, while increasing 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

ไม่มีคำกล่าวใดที่จะใช้บ่งบอกถึงความกรุณา ของอาจารย์ ผศ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์ และอาจารย์ ดร. อุมา สืบุญเรือง ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ได้ ตลอดระยะเวลาของงานศึกษานี้ ท่านได้ให้คำแนะนำและสั่งสอนที่มีค่ามากมาย ท่านได้สอนให้อุทิศตนให้กับงานและปรับปรุงเกี่ยวกับการนำเสนองาน ซึ่งถือเป็นสิ่งที่มีคุณค่าที่ผู้ประพันธ์ได้จากการศึกษา ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นอกเหนือจากปริญญาอันสูงส่ง ขอกล่าวคำขอบคุณอย่างซาบซึ้งและนับถือแด่อาจารย์ ถือเป็นเกียรติอย่างยิ่งแก่ผู้ประพันธ์ ที่ได้รับคำแนะนำและข้อคิดเห็นอันกระจ่างชัดจาก รศ. อำนวย พานิชกุลพงศ์ และอาจารย์ณอม ศรีวรษา ในฐานะอาจารย์สอบโครงงานพิเศษ ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับความสำเร็จในงานนี้ ผู้ประพันธ์ได้เรียนรู้สิ่งต่างๆมากมายจากท่าน

ขอขอบคุณบริษัท ซุปเปอร์บล็อก จำกัด (มหาชน) จ.สิงห์บุรี พี่โยธิน อึ่งกูล และคุณพิชัย นามประกาย (ผู้อำนวยการโรงงาน) ที่อนุเคราะห์และกรุณาอย่างสูงที่อนุญาตให้เข้าไปทำการทดลองในห้องทดลองของทางบริษัทฯ จนการทดลองสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ขอขอบคุณการประประปานครหลวงและการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 จังหวัดสระบุรี ที่ได้ให้อนุญาตในการใช้ตะกอนประปามาทำการทดลองในครั้งนี้

ท้ายที่สุดขอขอบคุณสมาชิกของครอบครัวทุกคน ที่มอบความรักความห่วงใย และการช่วยเหลือด้านต่างๆโดยเฉพาะการเงิน ขอขอบคุณแหล่งข้อมูลต่างๆอันทรงคุณค่าสำหรับการศึกษานี้

นายณะลือชา หล้าหลัน
นางสาวศุธัญญกานต์ รัตนพงศ์
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1.	แสดงอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตมวลเบา	27
3.2.	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน	28
3.3.	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน	29
3.4.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 1	34
3.5.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 2	34
3.6.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 3	35
3.7.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 4	35
3.8.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 5	36
3.9.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 6	36
3.10.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 7	37
3.11.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 8	37
3.12.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 9	38
3.13.	แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 10	38
4.1.	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะดินตะกอนประปานครหลวง	46
4.2.	แสดงผลการทดสอบ plastic limit	47
4.3.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 1)	48
4.4.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 2)	49
4.5.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)	50
4.6.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 4)	51
4.7.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 5)	52
4.8.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 6)	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.9.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 7)	54
4.10.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 8)	55
4.11.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 9)	56
4.12.	แสดงดัชนีความเหนียว (Plastic index, P.I.)	57
4.13.	แสดงค่าความถ่วงจำเพาะดินตะกอนประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี	58
4.14.	แสดงผลการทดสอบ plastic limit	59
4.15.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 1)	60
4.16.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 2)	61
4.17.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)	62
4.18.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 4)	63
4.19.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 5)	64
4.20.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 6)	65
4.21.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 7)	66
4.22.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 8)	67
4.23.	แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 9)	68
4.24.	แสดงดัชนีความเหนียว (Plastic index, P.I.)	69
4.25.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 1	70
4.26.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 2	70
4.27.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 3	71
4.28.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 4	71
4.29.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 5	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.30.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 6	72
4.31.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 7	73
4.32.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 8	73
4.33.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 9	74
4.34.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 10	74
4.35.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 1	76
4.36.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 2	76
4.37.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 3	77
4.38.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 4	77
4.39.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 5	78
4.40.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 6	78
4.41.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 7	79
4.42.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 8	79
4.43.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 9	80
4.44.	ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 10	80
4.45.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 1	82
4.46.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 2	82
4.47.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 3	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.48.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 4	83
4.49.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 5	84
4.50.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 6	84
4.51.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 7	85
4.52.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 8	85
4.53.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 9	86
4.54.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 10	86
4.55.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 1	89
4.56.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 2	89
4.57.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 3	90
4.58.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 4	90
4.59.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 5	91
4.60.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 6	91
4.61.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 7	92
4.62.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 8	92
4.63.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 9	93
4.64.	ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 10	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.1	ขวดหาถ่วงจำเพาะมีปริมาตร 250cc	15
3.2	ตาชั่งที่ชั่งได้ละเอียด 0.1 กรัม	15
3.3.	แสดงอุปกรณ์การทดลองหาถ่วงจำเพาะ (ปรอท 0 –100°c)	16
3.4.	แสดงการวัดอุณหภูมิในขณะทำการทดลอง	17
3.5.	แสดงตัวอย่างตะกอนประปา	18
3.6.	แสดงการกวนให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่น	18
3.7.	แสดงเทส่วนผสมน้ำดินลงในขวดหา ถ.พ.	18
3.8.	แสดงอุปกรณ์การทำ Liquid Limit พร้อมที่ตัดดิน	22
3.9.	แสดงอุปกรณ์การทำ Liquid Limit (กระป๋องอบดิน)	22
3.10.	แสดงอุปกรณ์การทำ Plastic Limit (แผ่นกระจกสำหรับทำ Plastic Limit)	23
3.11.	แสดงอุปกรณ์ชามกระเบื้องเคลือบ	23
3.12.	แสดงอุปกรณ์มีดปาดดิน	23
3.13.	แสดงอุปกรณ์กระบอกฉีดน้ำ	23
3.14.	แสดงอุปกรณ์เครื่องชั่งละเอียด 0.01 g.	24
3.15.	แสดงอุปกรณ์เครื่องชั่งละเอียด 0.01 g.	24
3.16.	แสดงอุปกรณ์เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิคงที่ได้ที่ 110 $\pm$ 5 °c	25
3.17.	แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (ปูนซีเมนต์ปอร์แลนด์ ประเภทที่ 1)	29
3.18.	แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (ทรายละเอียด)	30
3.19.	แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (ปูนขาว)	30
3.20.	แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (Anhydrite)	31
3.22.	แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (Aluminum)	31
3.23.	แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (ตะกอนประปา)	32
3.24.	แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (แบบหล่อ)	32
3.25.	แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (แบบหล่อ)	33
3.26.	การผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน	39
3.27.	การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.28.	การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ	40
3.29.	แสดงการพองตัวของคอนกรีตมวลเบา	41
3.30.	แสดงการวัดขนาดของคอนกรีตมวลเบา	41
3.31.	แสดงการวัดขนาดของคอนกรีตมวลเบา	42
3.32.	แสดงการทดสอบแรงอัด	42
3.33.	แสดงตัวอย่างหลังการทดสอบแรงอัด	43
3.34.	แสดงตัวอย่างหลังการทดสอบแรงอัด	43
3.35.	แสดงตัวอย่างการทดสอบการดูดซึมน้ำ	44
3.36.	วัดขนาดตัวอย่าง	45
4.1.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 1)	48
4.2.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 2)	49
4.3.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)	50
4.4.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 4)	51
4.5.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 5)	52
4.6.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 6)	53
4.7.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 7)	54
4.8.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 8)	55
4.9.	แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 9)	56
4.19.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณตะกอน	75
4.21.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณตะกอน	81
4.21.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปานครหลวง	87
4.22.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับค่าการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปานครหลวง	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.23.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี	94
4.24.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับค่าการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

ในระบบการผลิตน้ำประปา เมื่อจบกระบวนการผลิตแล้ว นั้นจะมีตะกอนเหลืออยู่เป็นจำนวนมากซึ่งเป็นมลภาวะที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการศึกษาวิธีการใช้ตะกอนประปาเพื่อเป็นส่วนผสมในการแปรรูปผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบา ซึ่งจะทำให้ตะกอนประปาเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่า มีราคา สำหรับการนำตะกอนประปามาเป็นส่วนผสมในการแปรรูปผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบานั้นจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรม เช่น การรับกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ ความหนาแน่นแห้ง เป็นต้น และทำการออกแบบส่วนผสมที่พอเหมาะ ที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบาได้จริง โดยมีตะกอนประปาเป็นส่วนผสม

1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการผลิตน้ำประปานั้น จะต้องใช้น้ำดิบที่มาจากแหล่งน้ำต่างๆ เช่น แม่น้ำ หรือ อ่างเก็บน้ำซึ่งในการนำน้ำดิบมาผลิตน้ำประปา นั้นจะมีกระบวนการต่างๆ ที่ทำให้น้ำดิบจากแหล่งน้ำต่างๆ ตกตะกอนหรือแยกสารอินทรีย์หรือสิ่งเจือปน ที่มากับน้ำดิบออกจากน้ำก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการอื่นต่อไป ซึ่งทำให้มีวัสดุที่เหลือจากระบบผลิตน้ำประปาคือตะกอนประปา และในปัจจุบันตะกอนจากระบบการผลิตน้ำประปาจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่ผลิตและความขุ่นของน้ำที่เพิ่มขึ้นหลังจบบวนการผลิตน้ำประปาแล้ว ตะกอนจะถูกลำเลียงมาเก็บไว้ที่ Sludge lagoon เพื่อรอเวลาที่จะทำการขุดลอกไปทิ้งต่อไป ซึ่งจะเป็นปัญหาด้านมลภาวะที่จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต

ในปัจจุบันการประปาต้องเสียค่าใช้จ่าย ในการขนย้ายและกำจัดตะกอนประปา เมื่อพิจารณาถึงปัญหาดังกล่าว จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการศึกษาหาวิธีในการใช้ตะกอน จากระบบผลิตน้ำประปาให้เกิดประโยชน์เพื่อลดปริมาณตะกอนที่จะมีการเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆและแปรรูปตะกอนและเพิ่มค่าตะกอนดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของคอนกรีตมวลเบา ที่ได้จากการทำโครงงานวิจัย เช่น การรับกำลังอัด การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่นแห้ง และความคลาดเคลื่อนของขนาดคอนกรีตมวลเบา เป็นต้น การศึกษาต่างจากของปีที่แล้วคือ จะใช้ตะกอนประปา 2 แห่ง คือ การประปานครหลวง และการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและสูตรการทดลองที่แตกต่างกัน
2. เพื่อทำการทดลองหาสัดส่วนการผสมที่พอเหมาะของการทำคอนกรีตมวลเบา เมื่อใช้ตะกอนประปาเป็นส่วนผสม
3. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและข้อดีข้อเสียของคอนกรีตมวลเบา เมื่อใช้ตะกอนประปาเป็นส่วนผสม

1.4. ขอบเขตของการศึกษา

1. การทดลองและการศึกษาในโครงการนี้ใช้จะใช้ตะกอนประปา 2 แห่ง คือการประปานครหลวง และการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี
2. ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

1.5. วิธีการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล
   - ศึกษาตะกอนประปาจากการประปานครหลวง และการประปาส่วนภูมิภาค
   - ศึกษาทฤษฎีของคอนกรีตมวลเบา
   - ศึกษางานวิจัยการทำคอนกรีตมวลเบา
   - ศึกษาการทดสอบด้านคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตมวลเบา
2. ขั้นตอนการทดสอบด้านคุณสมบัติต่างๆของส่วนประกอบในคอนกรีตมวลเบา
3. ขั้นตอนการออกแบบทดลอง
4. ขั้นตอนการผสมและทำการขึ้นรูป
5. ขั้นตอนการผลิตคอนกรีตมวลเบา
6. ขั้นตอนทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา
   - อัตราการดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำลังรับแรงอัด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากโครงการการนำตะกอนประปาที่ได้จากระบบประปามาผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบา มีจุดมุ่งหมายที่จะได้รับประโยชน์ ดังนี้

1. สามารถที่จะนำตะกอนประปาจากการผลิตน้ำประปามาทำเป็นคอนกรีตมวลเบา
2. สามารถหาสัดส่วนของการผลิตคอนกรีตมวลเบาที่เหมาะสมได้
3. สามารถที่จะลดค่าใช้จ่ายในการขุดตะกอนประปาทิ้ง
4. สามารถที่จะนำวัสดุที่ไร้ค่ากลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

คอนกรีตมวลเบา คือ คอนกรีตที่มีความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักน้อยกว่าคอนกรีตทั่วไป โดยหากจำแนกคอนกรีตเบาตามหน่วยน้ำหนักสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. คอนกรีตเบาสำหรับงานโครงสร้าง (Structural Lightweight Concrete)มีน้ำหนักระหว่าง 1,400 -1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2. คอนกรีตชนิดกึ่งเบา (Semi - Lightweight Concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 1,800 - 2,050 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นำมาทำพวกคอนกรีตบล็อก สำหรับกำแพงรั้วและใช้เป็นวัสดุทนไฟ และมีกำลังต้านทานแรงอัดเมื่ออายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 120 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3. คอนกรีตสำหรับงานฉนวนกันความร้อน (Insulating Lightweight Concrete) มีน้ำหนักตั้งแต่ 315 - 1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีกำลังต้านทานแรงอัดระหว่าง 7 - 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ในปัจจุบันการก่อสร้างโดยทั่วไปในประเทศ มีส่วนประกอบทำด้วยวัสดุจำพวกคอนกรีตเป็นวัสดุหลัก การใช้คอนกรีตมีความสะดวกและความเหมาะสมกว่าวัสดุอื่น ๆ เพราะสามารถขึ้นรูปร่างลักษณะ ตามขนาดที่ต้องการได้ง่าย แต่โดยปกติแล้วคอนกรีตมีน้ำหนักมากทำให้โครงสร้างต่าง ๆ ที่รองรับมีขนาดใหญ่ขึ้น นั่นก็หมายความว่ารากฐานก็ย่อมมีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองวัสดุในการก่อสร้าง

ดังนั้นถ้าสามารถทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาคารมีขนาดเบาลง จะทำให้ประหยัดวัสดุในการก่อสร้าง ขนาดของโครงสร้างหลักจะลดขนาดลงได้บ้างจากแนวคิดดังกล่าว จึงมีการค้นคิดที่จะทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาลงกว่าคอนกรีตธรรมดา ซึ่งจะทำให้ราคาก่อสร้างประหยัดลงได้มาก ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้มีการนำเอาคอนกรัตมวลเบามาใช้งานมากขึ้น โดยปกติคอนกรีตมวลเบามีน้ำหนัก 400-1,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รับกำลังอัดได้ 10-140 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและมีจุดเด่นในด้านที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Insulating Materials) แต่คอนกรีตมวลเบาก็มีข้อจำกัดด้านการผลิต และมีคุสมบัติในด้านการดูดซึมสูง (Absorption) จึงทำให้การใช้คอนกรีตเบามีขอบเขตไม่กว้างเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามได้มีการประยุกต์ใช้วัสดุอื่นร่วมกับคอนกรีตเบา เช่น ใช้วัสดุผิวหน้าคอนกรีต เพื่อลดการดูดซึมของน้ำ ทำให้การใช้ประโยชน์ของคอนกรีตมวลเบาเป็นไปได้อย่างเต็มที่

2.2. ชนิดของคอนกรีตมวลเบา

2.2.1. คอนกรีตไร้มวลละเอียด (No- Fines Aggregate Concrete)

เป็นคอนกรีตมวลเบาชนิดหนึ่งซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือซีเมนต์ น้ำและมวลหยาบเท่านั้น โดยที่ไม่ได้ใช้มวลละเอียด ซึ่งทำให้เกิดช่องว่างระหว่างมวลหยาบ จึงทำให้มีน้ำหนักเบาลง วัสดุมวลหยาบที่ใช้ได้แก่

- กรวดโม่หรือหินโม่
- ตะกรันเม็ดหยาบ
- ขี้เถ้าเชื้อเพลิงผงเผา
- ดินเหนียวพองตัว
- หินเชลพองตัว
- หินกระดานชนวนพองตัว
- ตะกรันเตาเผา

คอนกรีตมวลละเอียดเหล่านี้ เป็นลักษณะที่อนุภาคของมวลหยาบยึดเกาะเข้าด้วยกัน โดยที่ขอบของอนุภาคจะถูกเคลือบด้วยซีเมนต์เพสต์บาง ๆ จึงเกิดช่องระหว่างอนุภาคมวลรวมหยาบขนาดใหญ่ขึ้นในเนื้อคอนกรีต และทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดต่ำลง แต่เนื่องจากกรณีมีน้ำหนักลงนี้ ทำให้สามารถที่จะนำคอนกรีตไร้มวลละเอียดนี้มาสร้างอาคารสูง ๆ ได้ โดยปกติจะใช้สร้างอาคารสูงได้ประมาณ 20 ชั้น ซึ่งถ้าสร้างให้สูงกว่านี้แล้วจะทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวเนื่องจาก การขนส่งน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ของคอนกรีตไร้มวลละเอียด ขึ้นอยู่กับชนิดของมวลหยาบที่ใช้ มวลหยาบที่ใช้ควรมีขนาดเท่า ๆ กัน ขนาดที่ใช้อยู่ในช่วง 9.50-19 มิลลิเมตร(1/2-3/1 นิ้ว) และยอมให้มีมวลหยาบที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ ประมาณ 5% และมีมวลหยาบที่มีขนาดเล็กแต่ไม่ควรเล็กกว่า 4.76 มิลลิเมตร (3/16นิ้ว) 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)

เป็นคอนกรีตมวลเบาชนิดหนึ่ง ใช้วัสดุมวลรวมหยาบ ที่มีน้ำหนักมาแทนหิน ซึ่งมีลักษณะที่สำคัญ คือมีความพรุน ทำให้มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำลง วัสดุมวลหยาบที่ใช้มีดังนี้

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

2.2.3. คอนกรีตพรุน (Aerated Concrete)

เป็นคอนกรีตเบาอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งทำให้น้ำหนักเบาด้วยวิธีทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต ซึ่งทำได้โดยการให้ฟองอากาศกระจายในส่วนผสมของซีเมนต์และทรายละเอียดที่ยังอยู่ในสภาพ Plastic จากนั้น ก็ปล่อยให้แข็งตัวเนื่องจากคอนกรีตพรุนมีรูพรุนจากฟองอากาศ และมีมวลแตกต่างจากคอนกรีตธรรมดา คือ ไม่ใช้มวลหยาบในการผลิต ดังนั้น บางครั้งจึงเรียกว่า Aerated Mortar ซึ่งเป็นการเรียกตามลักษณะของเนื้อคอนกรีต ใช้กันในอังกฤษและอเมริกาแต่ในประเทศในทวีปยุโรปจะเรียกตามกรรมวิธีการผลิตโดยจะเรียกว่า 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 วิธีคือ

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 powder		Hydrogen Peroxide		Calcium Chloride		Oxygen		Water	

จากรูปแบบสมการเคมีข้างต้นจะเห็นว่าวิธีนี้เป็นการใช้สารฟอกสี(Bleaching powder) ทำปฏิกิริยากับ Hydrogen Peroxide มีผลทำให้เกิดน้ำและก๊าซออกซิเจนในเนื้อคอนกรีต กรรมวิธีนี้ที่ไม่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน และจะไม่กล่าวถึงวิทยานิพนธ์เล่มนี้

- Aluminm Powder Method เป็นวิธีที่ใส่สารเคมี ให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีในเนื้อคอนกรีต ทำให้เกิดฟองอากาศเป็นจำนวนมากในเนื้อคอนกรีต ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นไปดังสมการเคมีข้างล่าง

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

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าผงอลูมิเนียม ซึ่งทำปฏิกิริยากับ $Ca(OH)_2$ ที่มีผลทำให้เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจน วิธีนี้เปรียบเสมือนการใส่ผงฟูลงในขนมเค้ก ทำให้ขนมเค้กฟูขึ้นมามีเนื้อโปร่ง วิธีนี้จะควบคุมปริมาตรของคอนกรีตลำบากมาก แต่ความพรุนที่ได้ในเนื้อคอนกรีตจะมีคุณภาพสม่ำเสมอ ส่วนของวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงเรื่องนี้เป็นหลัก

2.วิธีทางกล (Mechanical Method) เป็นวิธีที่ทำง่าย ๆ และควบคุมได้ดีกว่าทางเคมีและประหยัดกว่าแต่ความพรุนที่ได้ไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับการผสมคอนกรีตในงานก่อสร้างทั่วๆไป หรือใช้ในทางการค้าก็ได้ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

- Excess Water Method เป็นการผสมโดยใช้ปริมาณน้ำมากเกินพอที่ซีเมนต์จะทำปฏิกิริยาสมบูรณ์ทำโดยผสมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ให้ใช้น้ำหนักมาก ๆ และทำการผสมหลาครั้ง ซึ่งจะทำให้จำนวนน้ำมีปริมาณมาก เมื่อนำไปบ่มด้วยไอน้ำความดันสูงให้แห้ง ดังนั้นจะเกิดช่องว่างอากาศแทนที่น้ำส่วนเกินที่ระเหยออกไป คอนกรีตที่ได้จะมีความหนาแน่นต่ำ และเรียกว่า "Light Lime Concrete " เพราะว่าใช้ปูนขาวเป็นตัวเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-Air Entraining Agent เป็นวิธีโม่ส่วนเหลว ๆ กับสารกักกระจายฟองอากาศ จะทำให้เกิดฟองอากาศในลักษณะสารตีไข่ดาว บางครั้งการผสมจะใช้เครื่องโม่ผสมที่ใบพัดหมุนในแนวราบ (Horizontal Propeller – Type Mixes) และภายในเครื่องยังประกอบด้วยลวดยาว 3/4 นิ้ว หมุนด้วยความเร็ว 55-60 รอบต่อนาที

- Performed Foam Method ฟองอากาศที่ได้จากวิธีนี้ โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับสารกระตุ้นพวกโปรตีนซึ่งไม่มีพวกแป้ง และน้ำตาลผสมอยู่หรือสารเคมีอื่น ๆ

2.4. คุณสมบัติเด่นของคอนกรีตพรุน

1. น้ำหนักเบาความหนาแน่นประมาณ 500-1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (20-30% ของคอนกรีตปกติ)
2. ความแข็งแรงต่ำ คอนกรีตเบาจะมีความสามารถรับแรงอัดได้เพียง 25-100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเท่ากับประมาณ 15-50% ของคอนกรีตปกตินั้น ฉะนั้นจึงมักใช้คอนกรีตเบาเป็นผนังส่วนใหญ่ แต่ก็สามารถใช้ทำพื้นบ้านพักอาศัย และทำหลังคาบ้านได้ด้วย (ซึ่งหลังคาบ้านของประเทศในเขตหนาวมีหิมะตกจะต้องรับน้ำหนักของหิมะได้ด้วย)
3. กันความร้อนได้ดีมากเนื่องจากมีฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมากในเนื้อคอนกรีตที่ทำให้มีการนำความร้อนทะลุผ่านได้น้อยมาก จึงเป็นที่นิยมใช้ก่อสร้างผนังบ้านในประเทศยุโรป เพราะสามารถป้องกันการสูญเสียความร้อนจากเครื่องฮีเตอร์ในบ้านออกไปข้างนอก ซึ่งจะทำให้ประหยัดเงินค่าแก๊สลงมาก
4. กันเสียงได้ดีมีการทดสอบเรื่องการกันเสียงมากมาย พบว่าผนังที่ทำจากคอนกรีตพรุยสามารถกันเสียงได้ดี
5. ก่อสร้างได้ง่าย เพราะสามารถใช้เลื่อยชนิดฟันห่าง ๆ เลื่อยตัดแต่งได้ตามต้องการง่ายกว่าไม้เสียอีก

2.5. การนำคอนกรีตพรุนมาประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ

คอนกรีตพรุนนี้มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น มีน้ำหนักเบา ป้องกันความร้อน รวมทั้งยังป้องกันเสียงสะท้อนได้ดีอีกด้วยดังกล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตามเราสามารถประยุกต์การใช้งานได้ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6. ตะกอนจากระบบน้ำประปา

2.6.1. ตะกอนประปา

ตะกอนประปาคือ อนุภาคคอลลอยด์ ที่รวมตัวกันเป็นฟล้อค (Floc) มีส่วนประกอบของสาร อนินทรีย์เป็นของเสีย จากกระบวนการทำความสะอาดน้ำ โดยการกำจัดสสารแขวนลอยและสารละลายที่มากับน้ำมันดิบโดยกระบวนการตกตะกอน (Sedementation) และกระบวนการกรองน้ำ (Filtration) มีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนการกวนเร็ว (Rapid Mixing) ในขั้นตอนนี้จะมีการเติมสารเคมีที่เรียกว่า Coagulant สารเคมีที่นิยมใช้มากที่สุดคือ สารส้ม (Aluminum Sulfate) ขั้นตอนการกวนเร็วทำหน้าที่กระจายสารเคมีไปให้น้ำเพื่อทำงายเสถียรภาพ (Destabilization) ของคอลลอยด์ (Colloid)
- ขั้นตอนการกวนช้า (Slow Mixing หรือ Flocculation Tank) การกวนช้า รับน้ำต่อเนื่องมาจากขั้นตอนการกวนเร็ว ทำหน้าที่สร้างสัมผัสให้กับ อนุภาคคอลลอยด์ ให้รวมตัวกันเป็นฟล้อค (Floc)
- ขั้นตอนการตกตะกอนเมื่อฟล้อคมีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้มีน้ำหนักมากขึ้นทำให้เกิดการตกตะกอนในถังตะกอน (Sedimertation Tank)โดยในส่วนนี้ทำหน้าที่กรองตะกอน80-90 %
- ขั้นตอนการกรองการกรองผ่าน Filter เช่นทราย
- การระบายตะกอน (Sludge) การระบายตะกอนควรทำบ่อยครั้งแต่ละครั้งไม่ควรต่ำกว่า 4 ชั่วโมงต่อครั้ง และการระบายไม่ควรเกิน 15 นาที การทำความสะอาดสารกรอง (Filter) โดยวิธีการล้างกลับ (Back Washing) เมื่อสิ้นสุดการล้างกลับและการระบายตะกอนตะกอนจะระบายมาตามท่อ มาเก็บไว้ที่ Sludge lagoon

2.6.2. การคำนวณหาปริมาณดินตะกอนที่ได้จากระบบผลิตน้ำประปา

การผลิตน้ำประปาใน 1 ลูกบาศก์เมตร มีน้ำ 1,000 ลิตร มีน้ำหนัก 1,000 กิโลกรัม ในทางวิทยาศาสตร์พบว่า น้ำดินที่มีความขุ่น 30- 40 หน่วยเอ็นทียู จะมีปริมาณดินตะกอนประมาณ 25 - 35 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือในการผลิตประปา 1 ลูกบาศก์เมตรจะมีปริมาณตะกอน 25,000 — 35,000 มิลลิกรัม หรือ 0.025 — 0.035 กิโลกรัม ยกตัวอย่างการผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขนใน 1 วัน (ประมาณ 3 ล้าน ลูกบาศก์เมตร) จะมีปริมาณดินตะกอน 75,000 — 105,000 กิโลกรัม หรือ ประมาณวันละ 100 ตันต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 คุณสมบัติทั่วไปของตะกอน

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

2.7. การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา

บทวิเคราะห์ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมต่อรายงานการศึกษาวิจัยที่ได้รับจากการประปานครหลวง (เรียงลำดับปี พ.ศ.)

- การศึกษาคุณภาพตะกอนดินจากการแยกน้ำมันดิบของการประปานครหลวง เพื่อพัฒนาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม (ม. เกษตรฯ 2544)

ในแง่การเกษตรใช้ปลูกพืชได้ แต่ต้องใส่ปุ๋ย ในแง่อุตสาหกรรม พบว่าตะกอนสามารถทำอิฐได้ โดยผสมแกลบเผา 10 % เพื่อไม่ให้อิฐแตกร้าว (อันเนื่องมาจากการหดตัวของเนื้อดิน)

ความเห็น

รายงานนี้ยังไม่ได้เจาะประเด็นการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างจริงจัง ศึกษาแต่เพียงอุตสาหกรรมดินเผา ซึ่งไม่มีมูลค่าจูงใจ การศึกษาไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับเซรามิกส์

- การศึกษาประโยชน์จากดินตะกอนจากกระบวนการการผลิตน้ำประปา เพื่อใช้ในการผลิตเซรามิกส์ (ม.รามคำแหง 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเด็นการศึกษาใช้ดินตะกอนผสมกับดินขาวลำปาง ดินขาวระนอง หินฟันม้า ควอร์ทซ์และทราย พบว่าสามารถใช้ตะกอนดินได้ 45 – 90 % (ขึ้นอยู่กับสัดส่วนผสมอื่น) รายงานนี้ได้ให้สูตรผสมที่ใช้ได้ 16 สูตร

ความเห็น

เป็นรายงานที่วางแผนการทดลองดี มีข้อมูลมาก ได้ทั้งสูตร วิธีการผลิตและสีของเซรามิกส์ รายงานนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการศึกษาเพื่อขยายผล ให้มีการใช้กากตะกอนในปริมาณที่มากและมีมูลค่าจูงใจในการลงทุน

- คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนสลัดจ์ที่ได้จากโรงประปาในการนำมาใช้งานเป็นวัสดุปอซโซลาน (ม.ธรรมศาสตร์ 2546)

งานนี้เอาตะกอนบดละเอียดแล้วเผาที่ 500 และ1000c เพื่อเอามาทดแทนซีเมนต์ 20% ผลการทดลองพบว่าให้กำลังอัดลดลง การนำมาใช้มีต้นทุน ทำให้ต้นทุนโดยรวมลดลงแค่เพียง 0.3 % ในตอนท้ายแนะนำให้ใช้ในอุตสาหกรรมดินเผาดีกว่า

ความเห็น

คงยากที่จะเอาตะกอนไปเผาผสมซีเมนต์หากจะใช้จริงควรผสมเข้าไปในวัตถุดิบที่เผาทำปูนเม็ดแทนที่จะแยกกันทำแต่หากการเอาไปใช้เป็นวัตถุดิบที่เผารวมทำปูนเม็ดไม่ได้ลดต้นทุนมากและต้องเพิ่มงาน logistics ก็ไม่น่าสนใจที่จะใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์

- การศึกษาประโยชน์ของดินตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำประปาเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ม.รามคำแหงฯ 2546)

งานนี้ทำต่อจากรายการที่ 2 โดยเอาดินตะกอนมาทำน้ำเคลือบ (glaze) ได้น้ำเคลือบ 10 สูตร สีต่าง ๆที่มีดินตะกอนผสม 25 – 40 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเห็น

การทดลองนี้มีตัวอย่างจำนวนมาก 10 สูตรที่นักวิจัยเสนอนั้นมีเงื่อนไขบางอย่างเช่น หลอมดี มันวาว ไม่แตกร้าว แต่งานศิลปะบางอย่างก็ต้องการ texture ที่ต่างออกไป นั่นก็หมายความว่ามีอีกหลายสูตรให้เลือกใช้รายงานนี้เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่เป็นงานศิลปะ

- การใช้ประโยชน์ตะกอนจากระบบผลิตประปาในอุตสาหกรรมก่อสร้างและการหมักปุ๋ย (ม. เกษตรศาสตร์ 2547)

ในอุตสาหกรรมก่อสร้างนั้นแนะนำให้ทำอิฐโดยผสมทราย 20 % เพื่อลดการหดตัวและการแตกหัก แต่ต้นทุนการไปทำอิฐยังแพงกว่าการจ้างเหมาขนทิ้งขณะนี้ การทำปุ๋ยหมัก โดยผสมตะกอน 10-20 % ได้ปุ๋ยคุณภาพต่ำกว่าการหมักจากอินทรีย์สารล้วน ๆ

ความเห็น

โดยรวมแล้วงานวิจัยนี้ไม่ต่างจากรายการที่ 1 ที่ทำในปี 2544 เลย เป็นการสรุปว่าแนวโน้มการใช้ประโยชน์โดยการเผาอิฐและการเกษตรไม่ดีนัก ในความเป็นจริงผู้รับเหมาสามารถเอาไปให้โรงอิฐโดยไม่คิดมูลค่าก็ได้ แต่เข้าใจว่าต้นทุนการขนส่งคงแพงขึ้น เพราะโรงอิฐอยุธยากระจัดกระจาย ทำเป็นฤดูกาลและใช้ไม่มาก

- การประยุกต์ใช้ตะกอนดินจากน้ำประปา (ก.อุตสาหกรรม 2547)

โครงการนี้ทดสอบสมบัติทางเคมี และกายภาพของตะกอนดินและนำเสนอการเอาไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ รายงานได้เปรียบเทียบกับดินที่ใช้ทางภาคเหนือพบว่า ใกล้เคียงกับดินที่เอามาจาก อ. แม่ริม และ อ. ไชยปราการ หลังจากนั้นเอาตะกอนดินไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ที่โรงงานศิลาดล (กาญจนบุรี) ซึ่งขึ้นรูปแบบหล่อ พบว่ายังได้ผลไม่สมบูรณ์ แต่ใช้กับงานดินเผาที่เกาะเกร็ดได้โดยผสมกับทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเห็น

เป็นการยืนยันการศึกษาเดิมว่าใช้ในอุตสาหกรรมดินเผาได้โดยต้องมีสารเติมแต่ง ดังนั้นการนำไปใช้จึงขึ้นกับต้นทุนการขนส่งที่ต้องแข่งขันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งเท่าที่ทราบนั้นเกาะเกร็ดใช้ดินท้องน้ำขนส่งทางเรือ ค่าใช้จ่ายจึงถูกมาก

สรุป

จากรายงานทั้งหมดที่ได้รับจากการประปานครหลวง (บางเขน) ได้ข้อสรุปว่าการใช้ประโยชน์จากตะกอนดินควรมุ่งสู่ผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงกว่าการทำอิฐ หรือดินเผาธรรมดา (เช่น กระถางต้นไม้)

เป็นที่สังเกตว่าการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดนั้นเน้นที่อุตสาหกรรมดินเผาคาดว่าน่าจะมีอุตสาหกรรมอื่นอีกที่ต้องการตะกอนดินละเอียด เช่น เป็น filler ในบางผลิตภัณฑ์หรือบางกระบวนการหรือต้องเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องห้องน้ำ เป็นต้น จึงจะมีมูลค่าและปริมาณการใช้สูง รวมทั้งลดปัญหาการจัดส่ง

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

ได้ทำการวิจัย อิทธิพลของผงอลูมิเนียมที่มีต่อคุณสมบัติคอนกรีตเบา คอนกรีตเบาที่ทำขึ้นจากวัสดุผสมต่าง ๆ จะมีน้ำหนักต่างกันมาก ซึ่งอาจมีหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 3- 400 ksc กำลังต้านทานแรงอัดมีค่าขึ้นอยู่กับหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต ถ้าหน่วยน้ำหนักสูง กำลังต้านทานแรงอัดก็สูงด้วย ปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้ก็มีส่วนต่อความแข็งแรงของคอนกรีตเช่นกัน คอนกรีตเบาที่ผลิตโดยวิธีผงอลูมิเนียมจะรับกำลังได้น้อยและความหนาแน่นจะน้อยลงผสมปริมาณผงอลูมิเนียมที่ใส่ลงไป

- บุญรอด อินทะวงศ์, การผลิตคอนกรีตมวลเบาโดยใช้ตะกอนน้ำประปา, ปริญญานิพนธ์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2549

ได้ทำการศึกษาวิธีการใช้ตะกอนประปา เพื่อนำมาเป็นส่วนผสมในการแปรรูปให้เป็นคอนกรีตมวลเบา โดยศึกษาข้อมูล แล้วจึงการทดสอบคุณสมบัติ โดยนำไปหาสัดส่วนในการผสมที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา โดยใช้ตะกอนประปาเป็นส่วนผสม ได้ทำการออกแบบสัดส่วนการผสมไว้ 5 แบบการผสม ในแต่ละแบบการผสมจะมีสัดส่วนของตะกอนประปามากน้อยตามแบบการผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1. การทดสอบคุณสมบัติตะกอนประปา

3.1.1. การการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของตะกอนประปา

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทราบถึงค่าถ่วงจำเพาะของวัตถุเม็ดละเอียด

ทฤษฎี

การหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดตะกอนประปา (ต่อไปจะเรียกว่า ถ.พ.) ทำได้โดยใช้ขวดหา ถ.พ. (Pycnometer) ซึ่งมี 2 ขนาด คือ ขวดตวงปากเหล็ก (Volumetric Flask) ขนาด 100- 500 ล.บ.ซ.ม. ซึ่งเหมาะสำหรับดินที่มีขนาดเม็ดใหญ่ และขวดจุกแก้วขนาด 25 – 100 ล.บ.ซ.ม. สำหรับดินเม็ดละเอียด แต่วิธีการทดลองส่วนใหญ่เหมือนกัน จึงขอกล่าวเฉพาะการใช้ขวดแบบแรกเท่านั้น

จากคำนิยาม ถ.พ. ของเม็ดดิน (G) $= \dfrac{\gamma\,(\text{ดิน})}{\gamma_w\,(\text{น้ำ ที่ } 4\,^{\circ}\text{C})}$ (3.1)

หรือ $= \dfrac{W_s / V}{W_w / V \text{ ที่ } 4\,^{\circ}\text{C}}$

เมื่อ γ = ความหนาแน่นเฉพาะเนื้อตะกอนประปา หรือน้ำ (ไม่รวมช่องว่าง)

W_s = น้ำหนักเนื้อตะกอนประปา

W_w = น้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่าเนื้อตะกอนประปา ที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$ เซลเซียส

น้ำหนักเนื้อตะกอนประปานั้นเราสามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักดินอบแห้ง แต่น้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่าเนื้อตะกอนประปา ทำได้โดยการนำมวลตะกอนประปา ไปแทนที่น้ำ แต่จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่จะต้องแก้ไขคือ มักจะเกิดฟองอากาศเล็ก ๆ ปนกับน้ำผสมตะกอนประปา และน้ำหนักของน้ำในขวด ถ.พ. ที่ระดับขีดปากขวดจะเปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิ จึงต้องมีเทคนิคการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ

1. กำจัดฟองอากาศโดยใช้ปั๊มดูดสูญญากาศ (Vacuum Pump) หรือต้มไล่ฟองอากาศ และในขณะเดียวกันก็ใช้น้ำกลั่นที่ดูดฟองอากาศไว้ล่วงหน้าแล้ว (De – aired)
2. ชั่งน้ำหนักขวดมีน้ำเต็มที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกับการใช้งาน แล้วเขียนเป็นกราฟสำหรับปรับแก้ เรียกว่า "Calibration of Volumetric Flask"

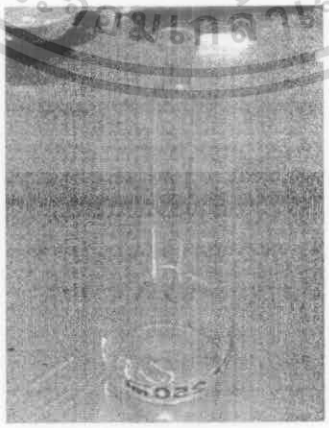
ผลของการทดสอบหา ถ.พ. ของตะกอนประปาจึงมักขึ้นอยู่กับความละเอียด พิถีพิถันของผู้ทดลองเป็นอย่างมาก จึงขอแสดงค่า ถ.พ. ของบางชนิดไว้พอเป็นแนวทาง ในการพิจารณาเปรียบเทียบกับผลที่ได้ดังในตารางข้างล่าง

แสดง ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

ดินกรุงเทพฯ	2.60 – 2.72
ดินบางเขน	2.60 – 2.69
ดิน Iowa Loess	2.70
ทราย	2.65 – 2.67
ดินลูกรัง	2.70 – 3.00
ดินปนสารอินทรีย์	อาจต่ำกว่า 2.00

อุปกรณ์การทดลอง

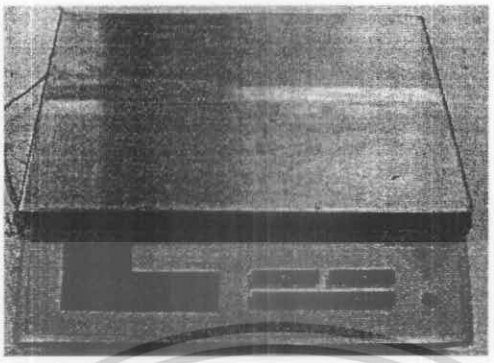
1. ขวดหาถ่วงจำเพาะมีปริมาตร 250cc



รูปที่ 3.1. แสดงอุปกรณ์การทดลองหาถ่วงจำเพาะ (ขวดหาถ่วงจำเพาะมีปริมาตร 250cc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตาชั่งที่ชั่งได้ละเอียด 0.1 กรัม



รูปที่ 3.2. แสดงอุปกรณ์การทดลองหาถ่วงจำเพาะ (ตาชั่งที่ชั่งได้ละเอียด 0.1 กรัม)

3. ปรอท 0 –100°c

รูปที่ 3.3. แสดงอุปกรณ์การทดลองหาถ่วงจำเพาะ (ปรอท 0 –100°c)

4. น้ำกลั่น
5. เตาบุนเส็น
6. เครื่องกวนดิน
7. ตู้อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วิธีการทดลอง

ก. การหากราฟสำหรับหาน้ำหนักน้ำและขวดที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เมื่อนำขวดหา ถ.พ. ใหม่มาใช้ หรือ เมื่อใช้ไปนานพอสมควร ควรจะต้อง ทำการหากราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักขวดมีน้ำเต็ม และอุณหภูมิ โดยทำได้ดังนี้

1. ล้างขวด ถ.พ. ให้สะอาด เติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีดที่คอขวด (อ่านที่ระดับท้องน้ำ)
2. ไล่ฟองอากาศดูดโดยปั๊มสูญญากาศ ประมาณ 10 นาที จนฟองอากาศหมด
3. เติมน้ำปรับระดับน้ำจนเสมอ ระดับที่คอขวดพอดี เช็ดภายนอกขวดให้แห้งแล้วนำไปชั่ง
4. วัดอุณหภูมิของน้ำภายในขวดให้ละเอียด โดยวัดที่หลายระดับ ถ้าอุณหภูมิต่างกันมาก ให้ตะแคงขวดแล้วกลิ้งไปมาเพื่อให้ผสมเข้ากันดี ทำให้อุณหภูมิสม่ำเสมอแล้วจึงบันทึกอุณหภูมิที่ถูกต้อง

รูปที่ 3.4. แสดงการวัดอุณหภูมิในขณะทำการทดลอง

5. ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 และ 4 โดยให้ความร้อนหรือทำให้เย็นลงในช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน (20-40 $^{\circ}$C) ประมาณ 4 – 5 จุด เช่นที่ 20, 25, 30, 35 และ 40 $^{\circ}$C
6. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักขวดที่มีน้ำเต็มและอุณหภูมิ

ข. การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของตะกอนประปา

1. นำตะกอนประปาตัวอย่างที่แห้งประมาณ 50 กรัม (ถ้าเป็นตะกอนประปาชื้นต้องเผื่อน้ำหนักความชื้น) ผสมน้ำกลั่นแล้วกวนให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่น (Mixer Machine)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
82933
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5. แสดงตัวอย่างตะกอนประปา

รูปที่ 3.6. แสดงการกวนให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่น

2. เทส่วนผสมน้ำตะกอนประปาลงในขวดหา ถ.พ. ขนาด 250 ล.บ.ซ.ม. แล้วใช้น้ำกลั่นล้างตะกอนประปาที่ติดในภาชนะผสมลงในขวด ถ.พ.ให้หมด ระวังอย่าให้ระดับน้ำเกินขีดวัดปริมาตรที่คอขวด

รูปที่ 3.7. แสดงเทส่วนผสมน้ำดินลงในขวดหา ถ.พ.

3. ไล่ฟองอากาศโดยการต้มหรือดูดโดยปั๊มสูญญากาศ ประมาณ 10 นาที จนฟองอากาศหมด แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงระดับขีดที่คอขวด แล้วปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องทดลอง
4. ถ้าระดับน้ำลดลงอีกให้เติมให้เต็มถึงขีด แล้วนำไปชั่งให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำดินในขวด
5. เทแล้วล้างส่วนผสมในขวด ถ.พ. ลงในถาดนำไปอบให้แห้งเพื่อชั่งน้ำหนักดิน ที่แน่นอนอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2. การหาพิกัดของอัตตะเบิร์ก

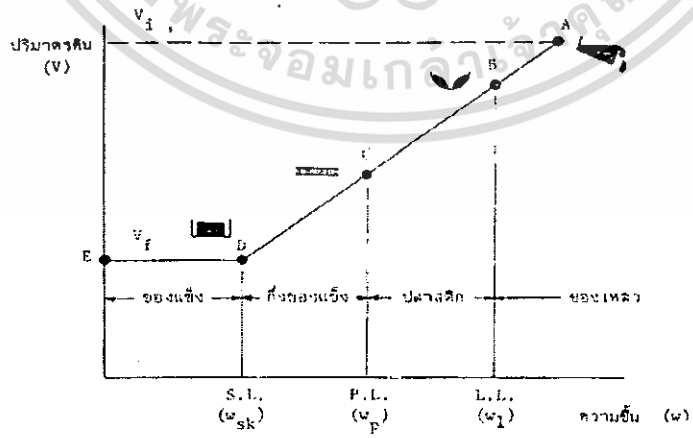
วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทราบวิธีการหาค่าขีดการไหลตัวและขีดความอ่อนตัวของดิน

ทฤษฎี

ขีดการไหลตัวและขีดความอ่อนตัวของดิน เป็นขีดจำนวน 2 ใน 5 ขีดจำกัดตามที่นักวิทยาศาสตร์การเกษตรชาวสวีเดน ชื่อนาย A. Aterberg กำหนดไว้แต่ละขีดจำกัดได้แก่

1. Cohesion Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่ดินเริ่มเกาะตัวติดกัน
2. Sticky Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่มีความพอดีในมีดที่ใช้ปาดดิน (Spatula blade) ซึ่งขีดจำกัดนี้มีความสำคัญมากในงานทางวิศวกรรมการเกษตร เนื่องจากว่าที่ขีดจำกัดนี้ดินจะเริ่มติดกับผานรถไถ ซึ่งทำด้วยโลหะ
3. Shrinkage Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้ดินเปลี่ยนปริมาตร เมื่อดินแห้ง วิธีการทดสอบหาขีดการหดตัวของดิน
4. Plastic Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่เป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับสถานะ Semi – Solid ของดิน อธิบายได้ว่าดินใด ๆ ก็ตามถ้ามีปริมาณน้ำเท่ากับ Plastic Limit ดินนั้นจะอยู่ระหว่างสถานะ Plastic กับ Semi – Solid ถ้ามีปริมาณน้ำมากกว่าขีดจำกัดนี้ ดินก็จะอยู่ในสถานะเป็น Plastic ถ้าปริมาณน้ำน้อยกว่านี้ดินก็จะอยู่ในสถานะเป็น Semi – Solid



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Liquid Limit คือ ปริมาณน้ำในดินที่เป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับ Liquid ของดิน หรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า เป็นปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ทำให้ดินอยู่ในสภาวะไหลตัวได้

ค่า Plastic Limit และ Liquid Limit นำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานทางวิศวกรรม ใช้เป็นค่ากำหนดคุณสมบัติของการจำแนกดิน นำไปประมาณหาค่า Optimum Moisture Content ของดินในการทดสอบการบดอัดดินได้อีกด้วย ส่วนค่า Shrinkage Limit มีประโยชน์ในพื้นที่บางแห่งที่ดินมีการหดตัวและขยายตัวตามฤดูกาล ค่า Cohesion Limit และ Sticky Limit นิยมใช้กันน้อยมาก เป็นค่าที่เพียงแต่บอกว่า Atterberg ได้กำหนดค่าขีดจำกัดของดินไว้ 5 ขีดจำกัด ไม่ใช่ 3 ขีดจำกัด

ดินที่จะนำทดสอบ ต้องร่อนผ่านตะแกรง No. 40 โดยปกติดินตัวอย่างที่เก็บมาจากสนามมักจะชื้นจับตัวเป็นก้อนทำให้ไม่สามารถนำมาร่อนผ่านตะแกรง No. 40 ได้ ดังนั้นตัวอย่างที่นำมาทดลองต้องเป็นตัวอย่างที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ (Air Dry) ส่วนตัวอย่างที่แห้งโดยการอบ (Oven Dry Sample) มักจะให้ค่า Liquid Limit และ Plastic Limit ต่ำกว่าตัวอย่างที่ได้จากการผึ่งแห้งโดยอากาศ จากผลการวิจัยของ Josept E. Bowles ก็แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้จะเป็นดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศ ค่า Liquid Limit ที่ได้ก็ยังต่ำอยู่ประมาณ 2 – 6 % เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาข้อนี้ บางทีอาจใช้ตัวอย่างที่เก็บจากสนามร่อนผ่านตะแกรง No. 40 มาทำเลยก็ได้จากผลการวิจัยยังแสดงให้ทราบว่าดินที่ผึ่งให้แห้งโดยอากาศจะยังคงรักษาค่าขีดจำกัดที่แท้จริงได้ ถ้าหากนำมาผสมกับน้ำแล้วบ่มทิ้งไว้ 24 – 48 ชั่วโมง

จากที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ค่า Liquid Limit ของดินอยู่ที่ค่าปริมาณน้ำในดินที่การเคาะ 25 ครั้ง แล้วทำให้ดินไหลมาชนกันได้ระยะทางเท่ากับ 1.27 ซม. แต่เป็นการยากมากที่จะผสมดินกับน้ำแล้วทำให้ดินไหลมาชนกันได้ระยะทางตามที่กำหนดในการเคาะ 25 ครั้ง ดังนั้นจึงใช้วิธีการหาค่า Liquid Limit จาก Graph semi – log โดยให้ค่าจำนวนครั้งของการเคาะอยู่ในแกน x ซึ่งเป็น Scale Log และค่าปริมาณน้ำในดินอยู่ในแกน y ซึ่งเป็น Scale ธรรมดา แล้วทำการทดลองให้ได้ค่าปริมาณน้ำในดิน 3 – 6 ค่า และบันทึกจำนวนครั้งควรให้ต่างกันดังนี้

No. of Blows = 30 – 40 ครั้ง
No. of Blows = 25 – 35 ครั้ง
No. of Blows = 20 – 30 ครั้ง
No. of Blows = 15 – 25 ครั้ง

ค่า No. of Blows ที่ต่ำกว่า 15 และมากกว่า 40 ไม่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำปริมาณน้ำในดินและจำนวนครั้งของการเคาะที่สอดคล้องกัน Plot ลงในกราฟ Semi – log แล้วให้ลากเส้นตรงผ่านจุดทั้งสี่ ถ้าผลการทดลองไม่ผิดพลาด เส้นที่ลากผ่านจะตัดกับจุดทั้งสี่และเรียกเส้นตรงนี้ว่า เส้น Flow Curve

จากนั้นก็หาค่า Liquid Limit โดยการลากเส้นตรงจากตำแหน่งที่ No. of Blows เท่ากับ 25 ไปตัดกัน Flow Curve และจาก Flow Curve ไปตัดแกน y อ่านค่า Water Content ที่แกน y ค่าที่อ่านได้คือ ค่า Liquid Limit ของดิน เสร็จแล้วแล้วให้คำนวณหาค่า Flow Index (F.I)

$$F.I=\omega \text{ at no. of blow} = \frac{10 - \omega \text{ at no. blow} = 100}{\log 100 - \log 10} \qquad (3.2)$$

หรือ $$F.I = \frac{\Delta\omega}{\log N_2 - \log N_1}$$

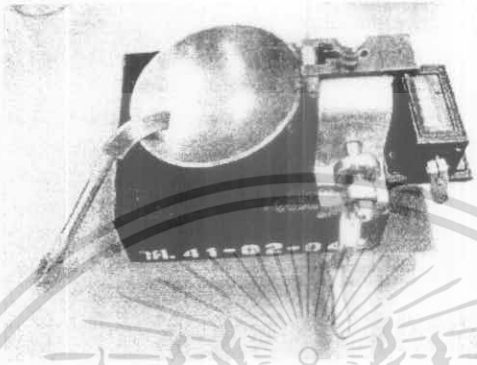
ω = Water Content
N = Number of Blow At Water Content = ω

ค่า Liquid Limit ของดินเป็นค่าที่ใช้วัดความต้านทานแรงเฉือนของดิน โดยประมาณได้จากการค้นคว้าของ Casagrand (1932) ได้พบว่าแต่และครั้งของการเคาะ เมื่อทำการหาค่า Liquid Limit นั้น ทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนเท่ากับ 1 กรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร เพราะฉะนั้นก็พอจะประมาณได้ว่าดินทุกชนิดจะมีค่าความต้านทานแรงเฉือนเท่ากับ 20 – 25 กรัม ต่อตารางเซนติเมตรเมื่อดินชนิดนั้น ๆ มีปริมาณของดินอยู่ในสภาวะเท่ากับ Liquid Limit และมีข้อสังเกตุอีกว่าค่า Liquid Limit ของดินจะเพิ่มขึ้น ถ้าหากดินชนิดนั้นมีปริมาณของดินเม็ดละเอียดปนมาก และด้วยเหตุที่ว่าค่า Liquid Limit ขึ้นอยู่กับปริมาณของดินเม็ดละเอียดและการเตรียมตัวอย่างทดสอบของห้องทดลองจะใช้กับตัวอย่างที่ผึ่งให้แห้งลม (Airdry) หรือการเตรียมตัวอย่างแบบ B ซึ่งทำให้ดินเม็ดละเอียดส่วนหนึ่งติดอยู่กับดินเม็ดหยาบไม่สามารถร่อนผ่านตะแกรง No.40 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การทดลอง

1.อุปกรณ์การทำ Liquid Limit พร้อมที่ตัดดิน



รูปที่ 3.8. แสดงอุปกรณ์การทำ Liquid Limit พร้อมที่ตัดดิน

2. กระป๋องอบดิน

รูปที่ 3.9. แสดงอุปกรณ์การทำ Liquid Limit (กระป๋องอบดิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

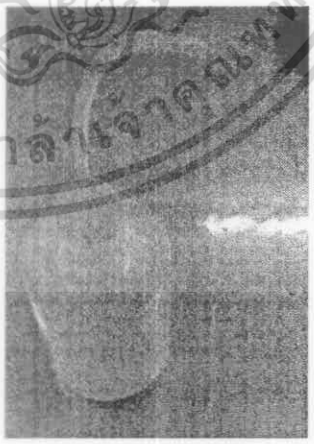
3. แผ่นกระจกสำหรับทำ Plastic Limit

รูปที่ 3.10. แสดงอุปกรณ์การทำ Plastic Limit (แผ่นกระจกสำหรับทำ Plastic Limit)

4. อุปกรณ์ผสมดิน

รูปที่ 3.11. แสดงอุปกรณ์ช่วยกระเบื้องเคลือบ

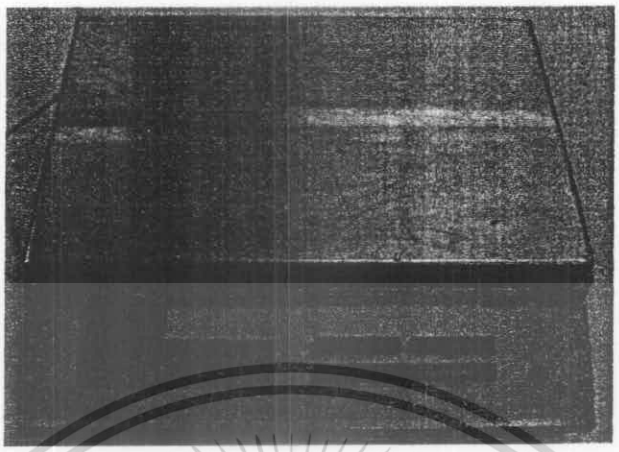
รูปที่ 3.12. แสดงอุปกรณ์มีดปาดดิน



รูปที่ 3.13. แสดงอุปกรณ์กระบอกฉีดน้ำ

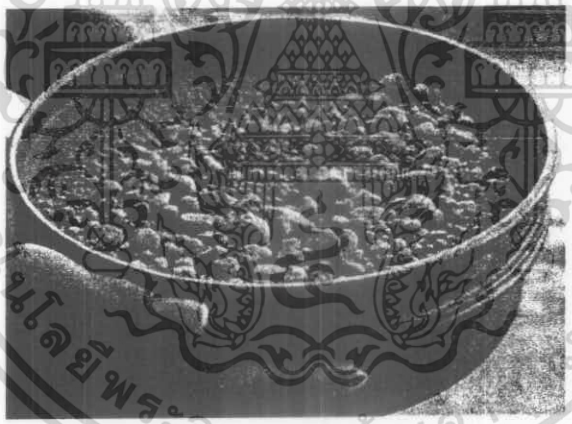
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องชั่งละเอียด 0.01 g.



รูปที่ 3.14. แสดงอุปกรณ์เครื่องชั่งละเอียด 0.01 g.

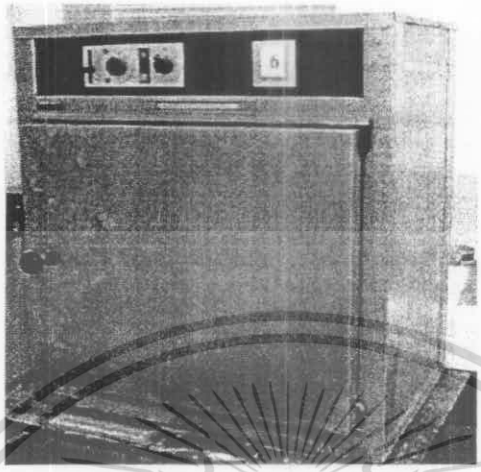
6. ตะแกรง เบอร์ 40



รูปที่ 3.15. แสดงอุปกรณ์เครื่องชั่งละเอียด 0.01 g.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิคงที่ได้ที่ 110 ± 5 °c



รูปที่ 3.16. แสดงอุปกรณ์เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิคงที่ได้ที่ 110 ± 5 °c

วิธีการทดลอง

การทดลองหาขีดการไหลตัวของตะกอนประปา (Liquid Limit)

1. ร่อนตัวอย่างตะกอนประปา ผ่านตะแกรง เบอร์ 40
2. นำตัวอย่างตะกอนประปา มาผสมน้ำให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ข้นเหลวขนาดปูนฉาบ (โดยกะไว้อย่าให้เหลว เกินไปเพราะต้องเพิ่มน้ำอีก เพื่อให้สัมพันธ์กับจำนวนการเคาะ)
3. ใช้มีดปาดลงถ้วยทองเหลือง ให้ความหนา ตรงกลางประมาณ 1 cm แล้วบากด้วยเครื่องมือบาก (Grooving tool) ให้เป็นรอยตรงกลาง
4. ทำการเคาะถ้วยทองเหลือง ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 2 ครั้ง/ 1 วินาที จนกระทั่งรอยตอนล่างเคลื่อน บรรจบกันประมาณ 1 cm จดค่าจำนวนการเคาะ พร้อมตักดินใส่กระป๋องอบดินนำดินตัวอย่าง ชั่งและเข้าเตาอบ
5. ทำการผสมน้ำเพิ่มในดิน และทำตามขั้นข้อ 3-4 โดยกะผสมน้ำให้จำนวนการเคาะลดลง 10 ครั้ง ทำเช่นนี้ 4 ค่า โดยการเคาะครั้งแรกประมาณ 40 –50 ครั้ง และครั้ง สุดท้ายประมาณ 5-10 ครั้ง
6. เมื่อได้ข้อมูลจำนวนการเคาะและความชื้น นำไปเขียนลงในกราฟ ควรได้จุดที่อยู่ในแนวเส้นตรง ลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น

จากจำนวนครั้งของการเคาะ 25 ครั้ง ในแกนราบลากเส้นต้องกราฟในข้อ 6 จากจุดตัดลากเส้นขนานแนวแกนราบตัดค่าความชื้น (W) ค่าความชื้นนั้นคือ “LIQUID LIMIT” (L.L.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองหาขีดความอ่อนตัวของตะกอนประปา (Plastic Limit)

1. นำตะกอนประปา ที่แบ่งไว้จากการทดลอง LIQUID LIMIT มาปั้นคลึงเป็นแท่งยาว ขนาดประมาณ 1 ซม. แล้ว ค่อย ๆ คลึงให้เล็กลงจนกระทั่งผิวดินเริ่มแตกปริโดยรอบ
2. ถ้าขนาดของแท่งดินขณะแตกใหญ่กว่า 1 หุน แสดงว่าแห้งไปให้เติมน้ำอีกแล้วปั้นใหม่ ถ้าเล็กกว่า 1 หุน ยังไม่แตก แสดงว่าดินเปียกให้ผึ่งให้แห้งอีก
3. นำดินตัวอย่างที่คลึงเสร็จแล้วใส่กระป๋องอบดิน เพื่อหาค่า WATER CONTENT
4. ทำตามข้อ 1 – 3 อีก 3 – 4 ค่าเพื่อจะได้นำเอาปริมาณน้ำในดินแต่ละครั้งมาเปรียบเทียบ แล้วเอาค่าใกล้เคียงเป็นค่า PLASTIC LIMIT

3.1.3. การจำแนกประเภทของดินตามคุณสมบัติความเหนียวของดิน

ในการจำแนกตามประเภทนี้ จะต้องหาค่าดรรชนีความเหนียว (Plasticity Index) และ Liquid Limit แล้วนำไปเขียนจุดลงในแผนภูมิความเหนียว Plasticity Chart ดังรูป

ดินพวกเม็ดละเอียด จะถูกแบ่งตามสภาพความเหนียวดังนี้

ความเหนียวน้อย มีค่า L.L น้อยกว่า 35%

ความเหนียวปานกลาง มีค่า L.L น้อยกว่า 35% - 50%

ความเหนียวมาก มีค่า L.L มากกว่า 50%

ส่วนการแบ่งระหว่างดินเหนียวและตะกอนทรายนั้น อาศัยสมการที่

$$P.I = (L.L - P.L) \qquad (3.3)$$

ซึ่งเป็นเส้นตรง A – lint โดยปกติดินเหนียวจะอยู่เหนือเส้น “A” และตะกอนทรายจะอยู่ใต้เส้น “A”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. การออกแบบส่วนผสม

นักศึกษาได้ใช้อัตราส่วนผสมของทางบริษัทซุปเปอร์บล็อก ซึ่งอัตราส่วนผสมนี้เป็นอัตราส่วนผสมที่พอเหมาะ และลงตัวที่ทางบริษัทซุปเปอร์บล็อกได้ใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา ประเภท G4 ซึ่งเป็นคอนกรีตมวลเบาที่มีคุณภาพสูง

อัตราส่วนผสมที่พอเหมาะสำหรับใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา ประเภท G4 มีแสดงดังตารางที่ 3.1.

ตารางที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตมวลเบา

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	890	18.92
Sand	2875	61.11
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
Total	4705	100

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองนี้จะใช้น้ำในปริมาณเท่ากับ 2775.95 กรัม ในทุกๆการออกแบบเพราะเป็นปริมาณน้ำที่พอเหมาะ และมีค่า water solid ratio เท่ากับ 0.59 โดยส่วนผสมทั้งหมดจะมีความละเอียดมากกว่า 90 ไมครอน จากนั้นจะนำเอาตะกอนมาเป็นส่วนผสมโดยเข้าไปแทนที่ Cement และ Sand ที่ 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%, 50%,70% และแทนที่ทราย 100 % ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด

ส่วนผสมคอนกรีตมวลเบา

- ปูนขาว เป็นส่วนผสมที่ทำให้มีการเกิดฟองอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการผลิตคอนกรีตมวลเบา และเป็นสาเหตุที่ไม่นำดินตะกอนเข้าไปแทนที่ปูนขาว
- ปูนซีเมนต์ประเภทที่1
- ทรายละเอียด เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดียิ่งขึ้น
- Anhydrite เป็นสารผสมเพิ่มที่ใช้หน่วงปฏิกิริยา ให้คอนกรีตมวลเบาเซตตัวช้าลง
- Aluminum ใช้ควบคู่กับปูนขาว เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดฟองอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น้ำ เป็นส่วนผสมที่เติมเข้าไปแล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้น ที่จะทำให้เกิดฟองอากาศ และเป็นผลึกสร้างความแข็งแรง เป็นไปตามสมการเคมี

$$H_2O$$

$$CaO+SiO_2 \rightarrow CaSiO_3+H_2O$$

สมการเคมีข้างบน คือการทำปฏิกิริยาแล้วก่อให้เกิดผลึกที่สร้างความแข็งแรง

$$CaO+Al(OH)_3 \rightarrow CaAl_2O_3+{}_3H_2$$

สมการเคมีข้างบน คือการทำปฏิกิริยาแล้วก่อให้เกิดฟองอากาศ

เหตุผลที่นำตะกอนไปแทนที่ของ Cement และ Sand เนื่องจากองค์ประกอบของเคมีของตะกอนส่วนใหญ่เป็น ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของทั้ง Cement และ Sand ทราบได้จากการเอาตะกอนไปทดสอบที่คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทดสอบด้วยเครื่องมือ XRF (X-RAY FLUORESCENCE) และจากข้อมูลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอนของโรงงานผลิตน้ำบางเขน ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 3.2. แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน

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

แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน

ที่มา : คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

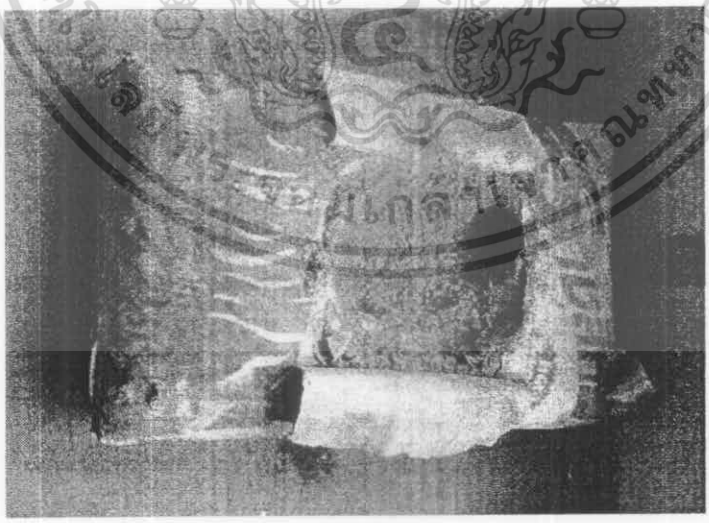
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3. 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 (MaO)	1.27
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_3O)	1.97
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.07
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	0.19
ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2)	0.83

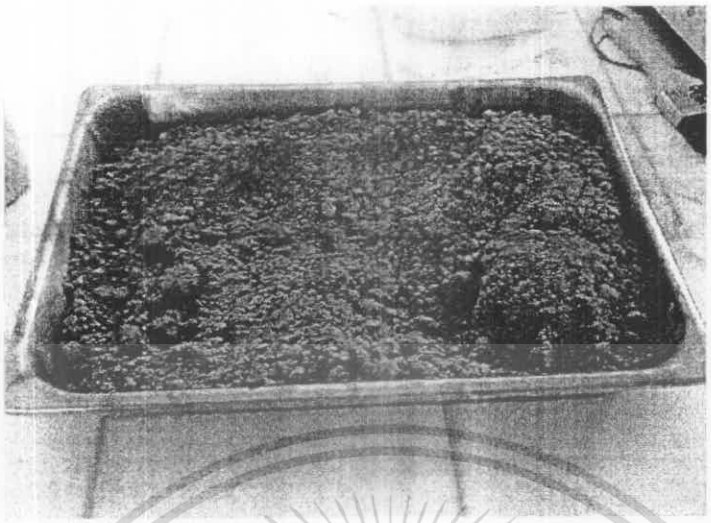
แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดินตะกอน
ที่มา : โรงงานผลิตน้ำบางเขน

ในการออกแบบหาอัตราส่วนผสมนั้น จะหาอัตราส่วนผสมแต่ละแบบได้โดยเทียบจากน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดที่กำหนดไว้คือ 4,705 กรัม



รูปที่ 3.17. แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (ปูนซีเมนต์ปอร์แลนด์ ประเภทที่ 1)

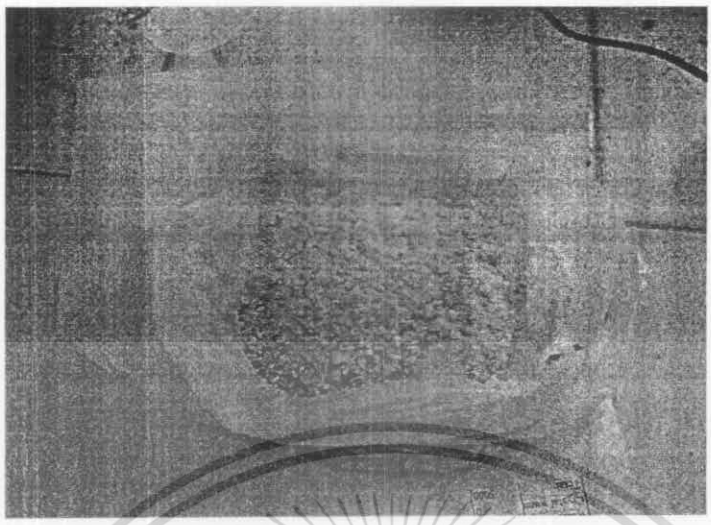
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



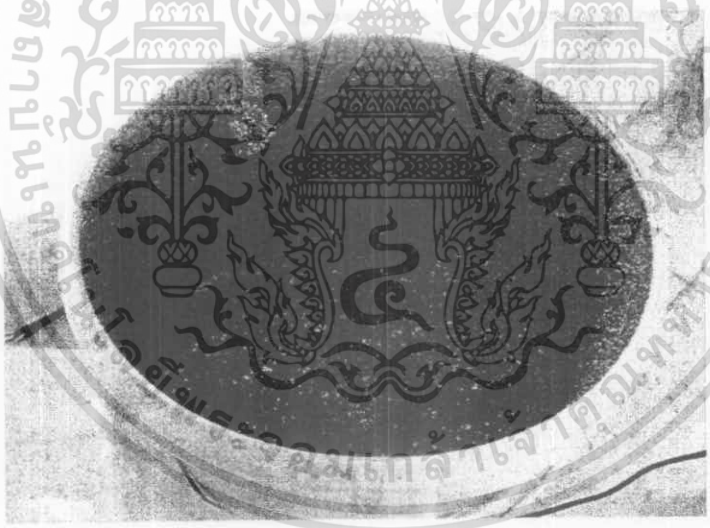
รูปที่ 3.18. แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (ทรายละเอียด)

รูปที่ 3.19. แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (ปูนขาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

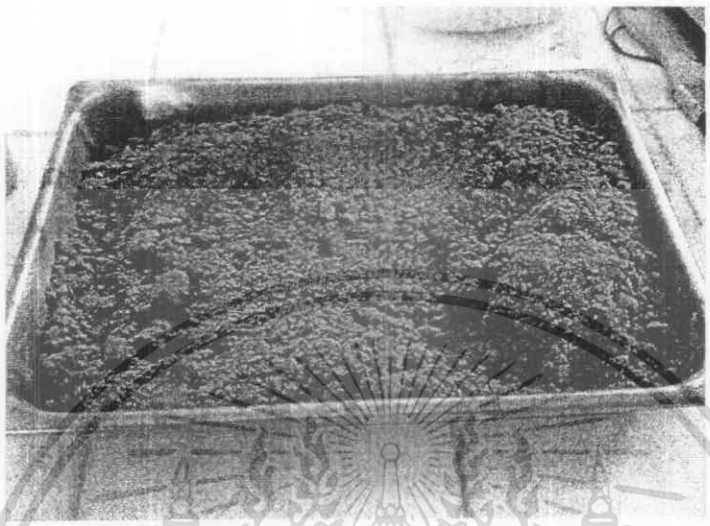


รูปที่ 3.20. แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (Anhydrite)



รูปที่ 3.22. แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (Aluminum)

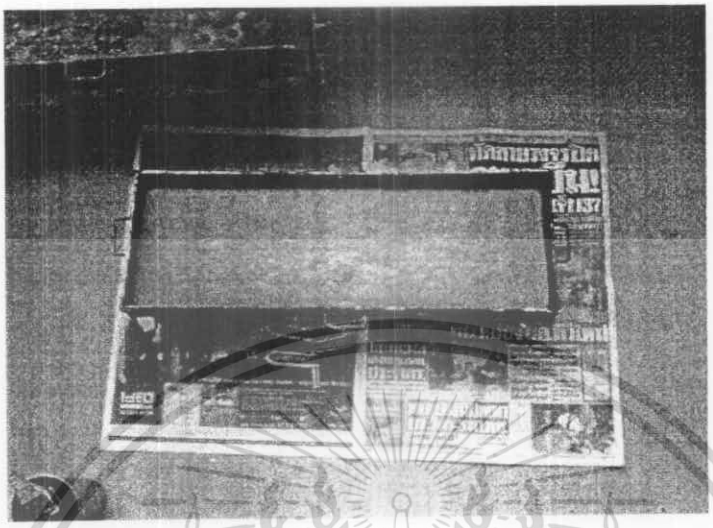
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23. แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (ตะกอนประปา)

รูปที่ 3.24. แสดงรูปวัสดุในการผลิตคอนกรีตมวลเบา (แบบหล่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25. แสดงรูปวัสดุในการผลิตตอนกรีดมวลเบา (แบบหล่อ)

การคำนวณหาส่วนผสมในการออกแบบถ้ามีการแทนที่ของประปาที่ 5 % ดังนี้

น้ำหนักเดิมของปูนซีเมนต์ เท่ากับ 890 กรัม

น้ำหนักของปูนซีเมนต์ 890 กรัม คือน้ำหนักที่ 100 % เมื่อมีตะกอนประปาเข้ามาแทนที่ 5 % น้ำหนักของปูนซีเมนต์จะเหลือเพียง 95% จะได้น้ำหนักใหม่เท่ากับ

น้ำหนักของปูนซีเมนต์ที่ 5 % = 0.95 x 890

= 845.5 กรัม

น้ำหนักของทรายละเอียด 5 % = 0.95 x 2875

= 2731.25 กรัม

ตะกอนที่ 5 % = (0.05 x 890) + (0.05 x 2875)

= 188.25 กรัม

ส่วนการเติมน้ำให้เติมในปริมาณ 2775.95 กรัม ในทุกๆการผสม ซึ่งในการออกแบบนั้นใช้อัตราส่วน water solid ratio เท่ากับ 0.59 ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\text{น้ำหนักน้ำทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักส่วนผสมแห้งทั้งหมด}} = \frac{2775.95}{4705} = 0.59$$

การออกแบบส่วนที่ 1 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 0%ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	890	18.92
Sand	2875	61.11
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
Total	4705	100

ตารางที่ 3.4. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 1

การออกแบบส่วนที่ 2 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 5% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	845.5	17.97
Sand	2731.25	58.05
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	188.25	4
Total	4705	100

ตารางที่ 3.5. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนที่ 3 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 10%ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	801	17.02
Sand	2587.5	54.99
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	376.5	8
Total	4705	100

ตารางที่ 3.6. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 3

การออกแบบส่วนที่ 4 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 20% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	712	15.13
Sand	2300	48.88
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	753	16
Total	4705	100

ตารางที่ 3.7. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนที่ 5 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 30% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	623	13.24
Sand	2012.5	42.77
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	1129.5	24.01
Total	4705	100

ตารางที่ 3.8. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 5

การออกแบบส่วนที่ 6 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 40%ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	534	11.13
Sand	1275	36.66
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	1506	32.01
Total	4705	100

ตารางที่ 3.9. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนที่ 7 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 50%ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	445	9.46
Sand	1437.5	30.55
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	1882.5	40.01
Total	4705	100

ตารางที่ 3.10. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 7

การออกแบบส่วนที่ 8 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 70%ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	267	5.67
Sand	862.5	18.33
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	2635.5	56
Total	4705	100

ตารางที่ 3.11. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบส่วนที่ 9 โดยการเข้าไปแทนที่ของตะกอนประปา 80%ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทรายละเอียด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	178	3.78
Sand	575	12.22
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	3012	64.02
Total	4705	100

ตารางที่ 3.12. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 9

การออกแบบส่วนที่ 10 โดยการใช้ตะกอนประปาเข้าไปแทนที่ทรายทั้งหมด แสดงได้ดังตารางที่

Component	Mass (g)	%
Lime1-2	840	17.85
Cement	890	18.92
Anhydrite	97	2.06
Aluminum	3	0.064
ตะกอนประปา	2875	61.11
Total	4705	100

ตารางที่ 3.13. แสดงการออกแบบส่วนผสมที่ 10

3.3. การผสมและการขึ้นรูป

เมื่อเตรียมส่วนผสมเรียบร้อยแล้ว ทำการผสมดังดังนี้

1. เททรายละเอียดลงในเครื่องผสม ใส่น้ำ ตะกอนประปา (ถ้าในส่วนผสมนั้นมีอัตราส่วนของตะกอนประปา) ทำการปั่นด้วยความเร็วอย่างสม่ำเสมอ
2. เทปูนซีเมนต์และแร่ Anhydrite ทำการปั่นด้วยความเร็วอย่างสม่ำเสมอ
3. เทปูนขาวลงไป ทำการปั่นอย่างเร็วประมาณ 1 — 2 นาที
4. เท Aluminum ใช้เวลาปั่นส่วนผสมประมาณ 30 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เทส่วนผสมทั้งหมดลงในแบบหล่อ
6. ทิ้งแบบหล่อไว้ประมาณ 4 — 5 ช.ม. จึงทำการแกะแบบหล่อ
7. นำตัวอย่างเข้าตู้อบไอน้ำความดันสูง เป็นเวลาประมาณ 24 ช.ม.
8. นำมาอบอีกครั้งสำหรับตัวอย่างที่จะทดสอบการดูดกลืนน้ำ อบที่อุณหภูมิ 108°c และตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแรงอัดและแรงดัด อบที่อุณหภูมิ 75°c เป็นเวลาประมาณ 24 ช.ม.
9. เมื่อครบ 24 ช.ม.นำตัวอย่างออกมาทำการทดสอบวัดขนาดใช้เครื่องทดสอบสำหรับ ตัวอย่างทดสอบ แรงอัดและแรงดัด สำหรับตัวอย่างที่จะทดสอบการดูดกลืนน้ำ วัดนาด ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ช.ม. จึงนำขึ้นมาทำการชั่งน้ำหนัก

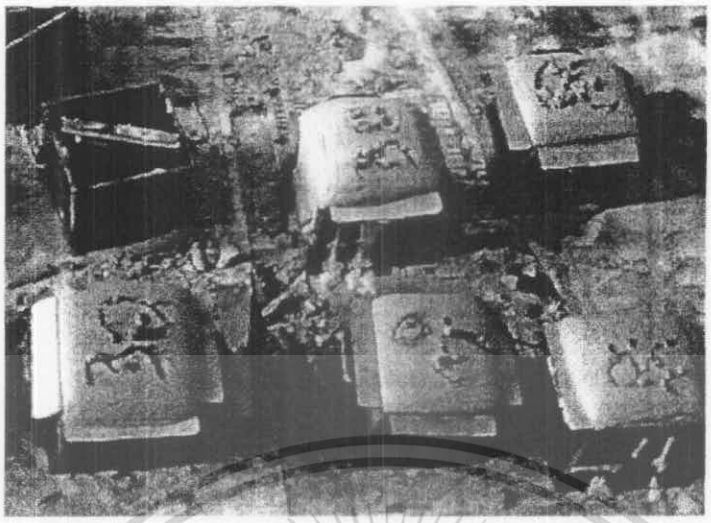
รูปที่ 3.26. การผสมส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

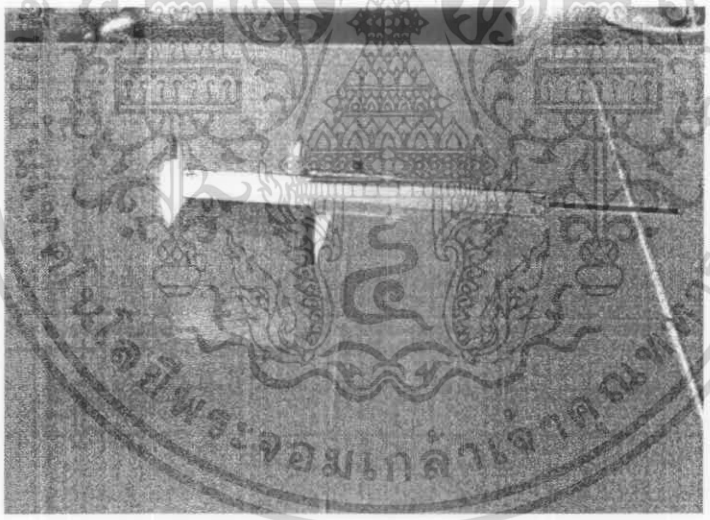
รูปที่ 3.27. การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ

รูปที่ 3.28. การเทส่วนผสมลงในแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

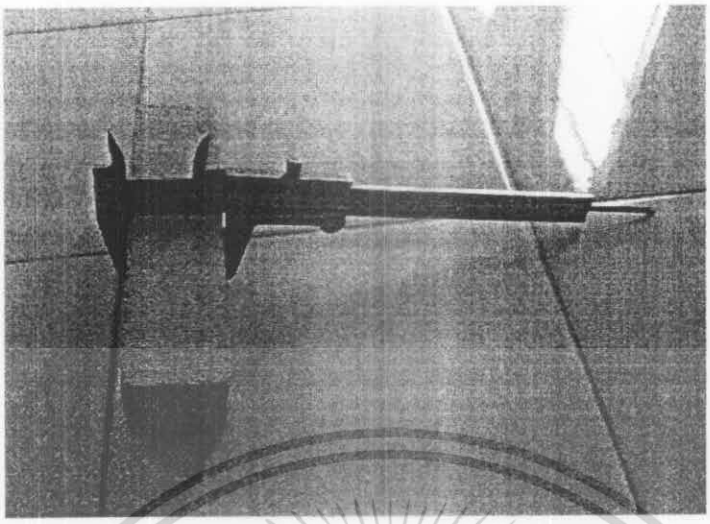


รูปที่ 3.29. แสดงการพองตัวของคอนกรีตมวลเบา

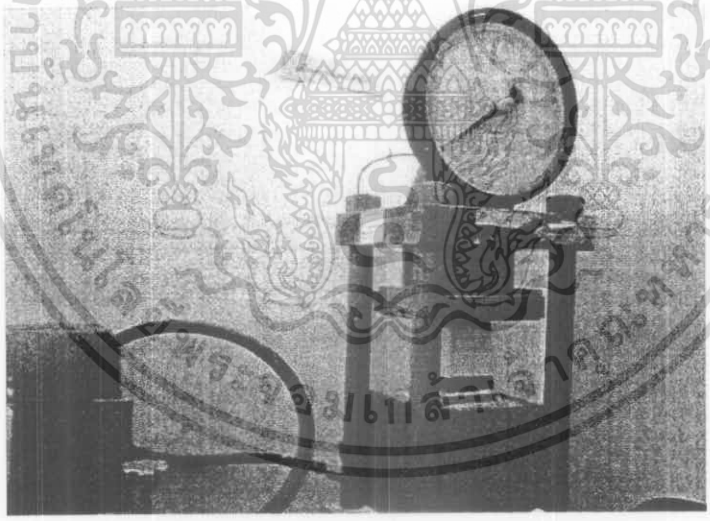


รูปที่ 3.30. แสดงการวัดขนาดของคอนกรีตมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

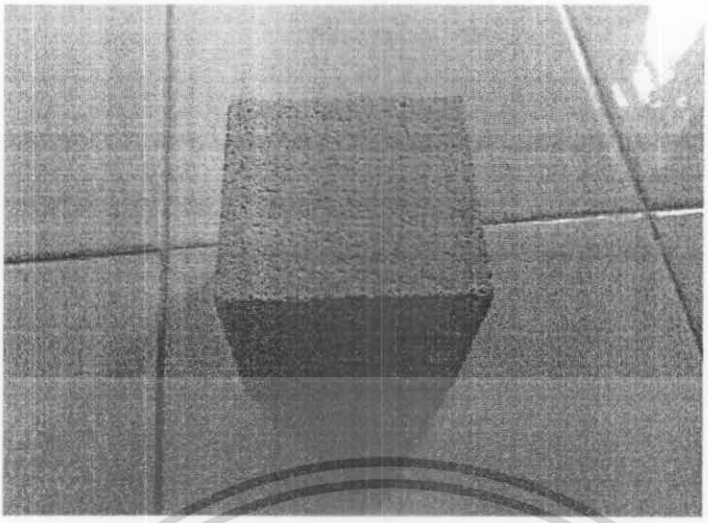


รูปที่ 3.31. แสดงการวัดขนาดของคอนกรีตมวลเบา

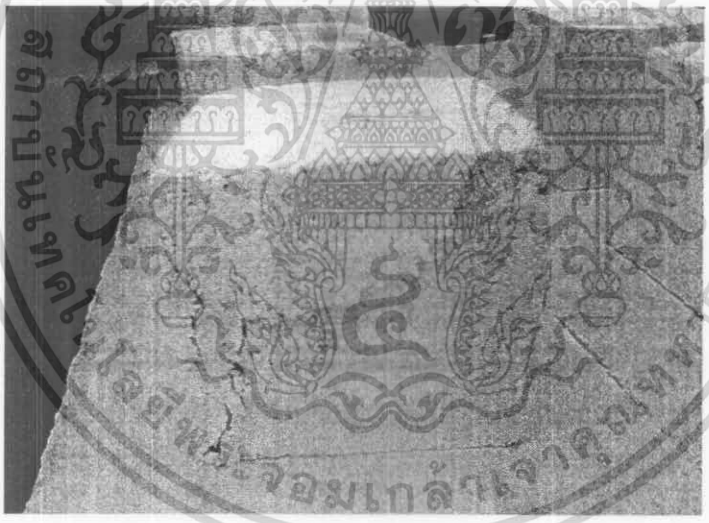


รูปที่ 3.32. แสดงการทดสอบแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

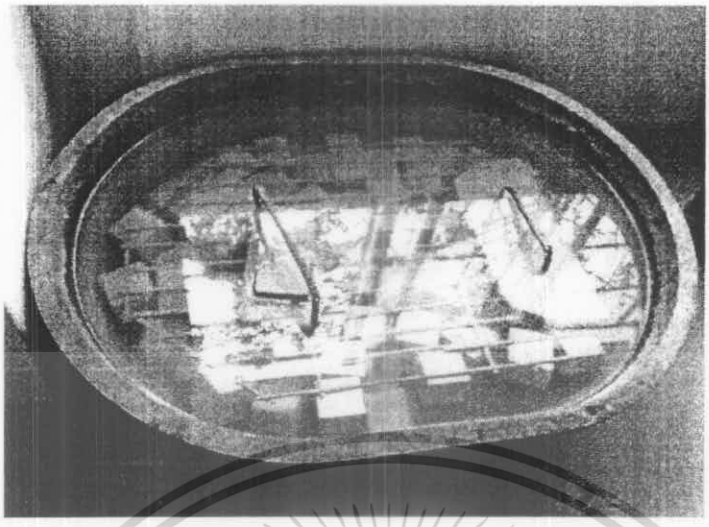


รูปที่ 3.33. แสดงตัวอย่างการทดสอบแรงอัด



รูปที่ 3.34. แสดงตัวอย่างหลังการทดสอบแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35. แสดงตัวอย่างการทดสอบการดูดซึมน้ำ

3.4. การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม

3.4.1. การหากำลังรับแรงอัด (ASTM C39-72)

นำชิ้นตัวอย่างไปวัดขนาดความกว้างและความยาวด้วยเวอร์เนีย ดังแสดงในรูปที่ 3.31. เพื่อคำนวนหาพื้นที่หน้าตัด จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปวางบนศูนย์กลางของแท่นรองรับบนเครื่องกดทดสอบ แล้วให้น้ำหนักกดบนชิ้นตัวอย่างด้วยอัตราเร็วคงที่ จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างพัง บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดไว้ แล้วคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัด ดังสมการ (3.3.)

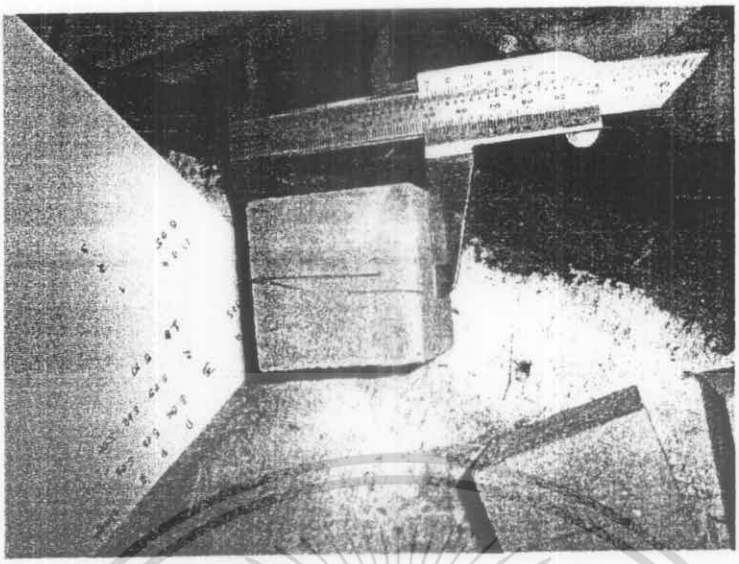
$$F = \frac{P}{A} \qquad (3.3.)$$

โดย F คือ กำลังรับแรงอัด strength (ksc)

P คือ แรงกระทำสูงสุด (kg.)

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่รับแรงกด (cm^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36. วัดขนาดตัวอย่าง

3.4.2. การหาอัตราการดูดซึมน้ำ (ASTM C642-90)

นำชิ้นตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 100-110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า นำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในน้ำสะอาดอีก 48 ชั่งโมง จากนั้นนำขึ้นจากน้ำแล้วทำการซับน้ำที่ผิวออก ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า คำนวณหาอัตราการดูดซึมได้จากสมการ (3.4.)

$$\text{อัตราการดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักหลังอบ})}{\text{น้ำหนักหลังอบ}} \times 100 \qquad (3.4.)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1. การทดสอบหาคุณสมบัติ

การทดสอบคุณสมบัติของดินตะกอน จากการประปานครหลวงและการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี ซึ่งแสดงในรูปของตาราง และกราฟได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 5.1 ถึง 5.28 ซึ่งมีผลการทดสอบดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

4.1.1. ผลการทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติดินตะกอน

- ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะของดินตะกอนจากการประปานครหลวง

ตารางที่ 4.1. 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 NO.	682.2	682.4	684.8	687.5	705.4	681.4	685.6	688.0	708.3
CONTAINER NO.	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9
DRY SOIL + CONTAINER (g)	158.9	171.7	182.3	184.7	187.8	173.2	186.9	179	189.6
WT.OF CONTAINER(g)	115.9	128.3	140.1	135.4	138.6	127.5	137.2	129.9	139.8
DRY SOIL (g)	42.02	43.38	42.24	49.3	49.2	45.7	49.72	49.15	49.81
GT	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995
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								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะของดินตะกอนจากการประปานครหลวง

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

- **ผลการทดสอบอัตตะเบิร์กของดินตะกอนจากการประปานครหลวง**

ผลการทดสอบ plastic limit แสดงได้ดังตารางที่ 4.2.

ตารางที่ 4.2. 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

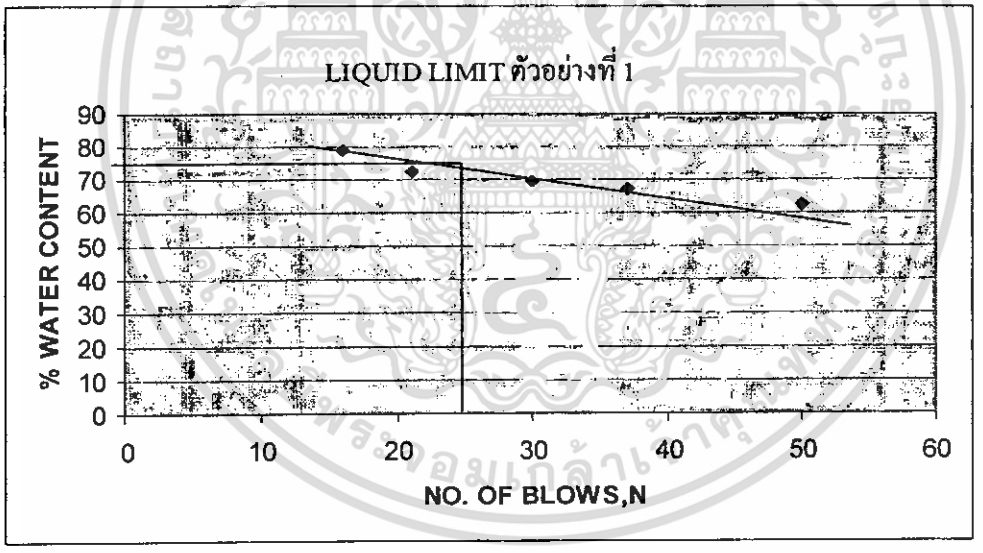
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ liquidlimit แสดงได้ดังตารางที่ 4.3. ถึง 4.11.

ตารางที่ 4.3. 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

กราฟที่ 4.1. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 1)

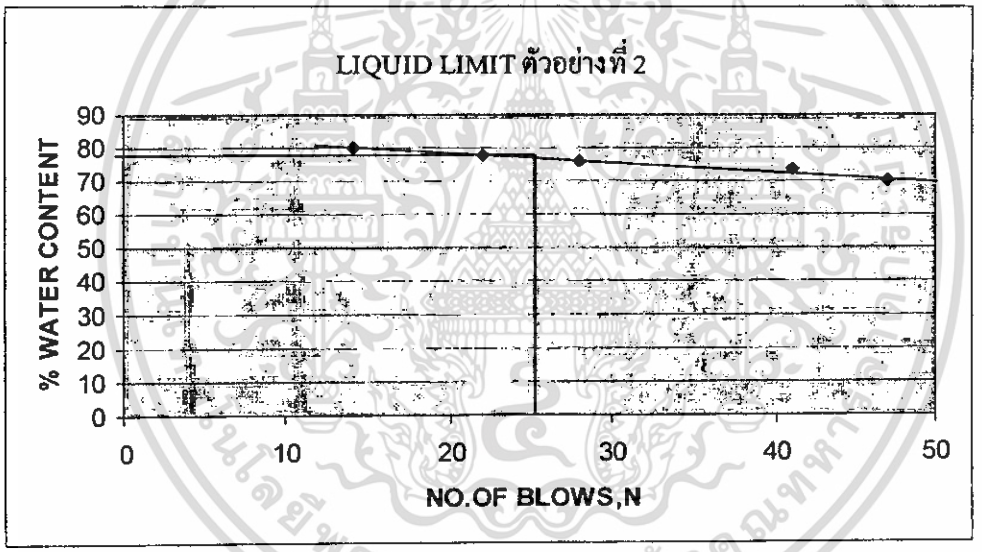


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4. 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

กราฟที่ 4.2. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 2)

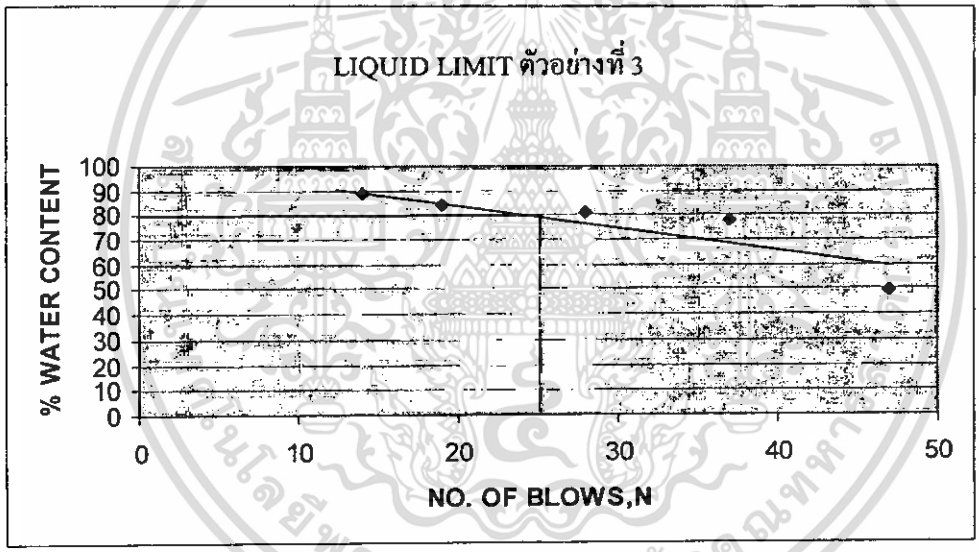


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5. 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
%WATER CONTENT	49.50	77.65	81.25	84.16	89.20

กราฟที่ 4.3. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)

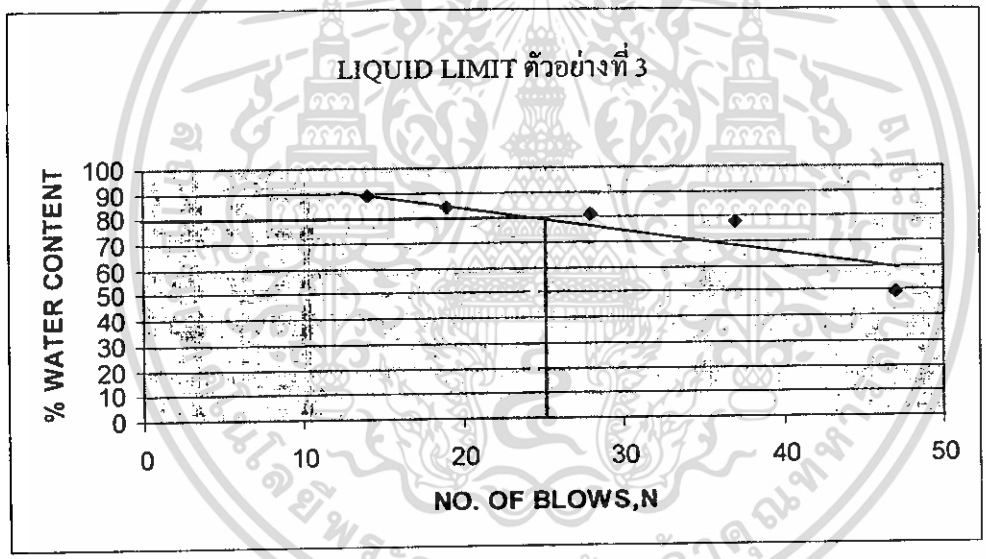


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5. 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
%WATER CONTENT	49.50	77.65	81.25	84.16	89.20

กราฟที่ 4.3. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)

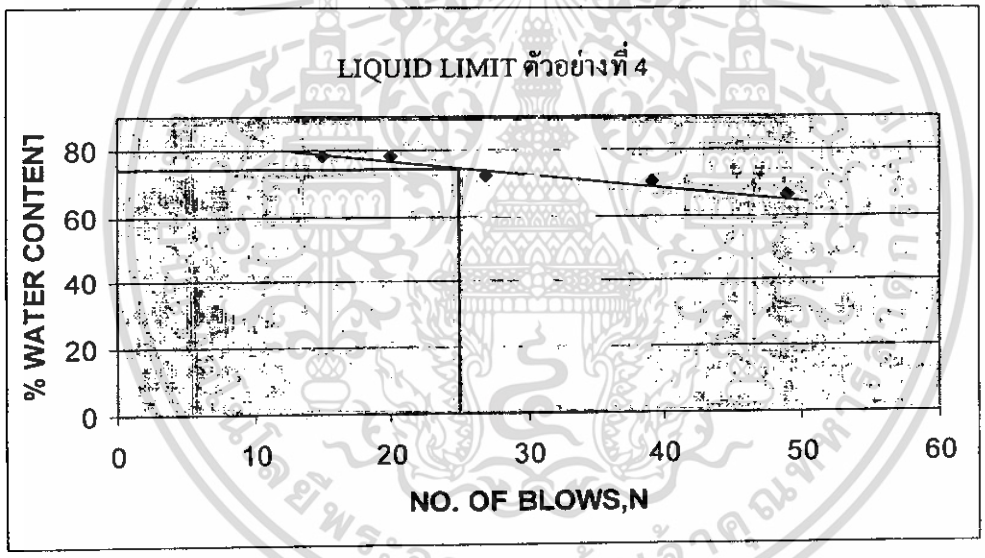


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6. 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

กราฟที่ 4.4. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 4)

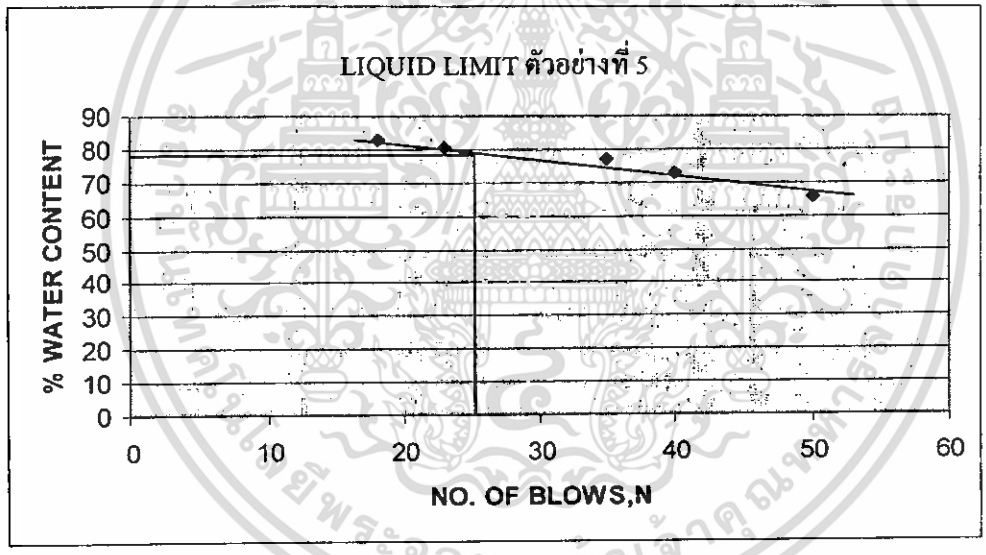


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7. 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	3.25	5.3
%WATER CONTENT	65.89	72.91	77.15	80.38	82.64

กราฟที่ 4.5. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 5)

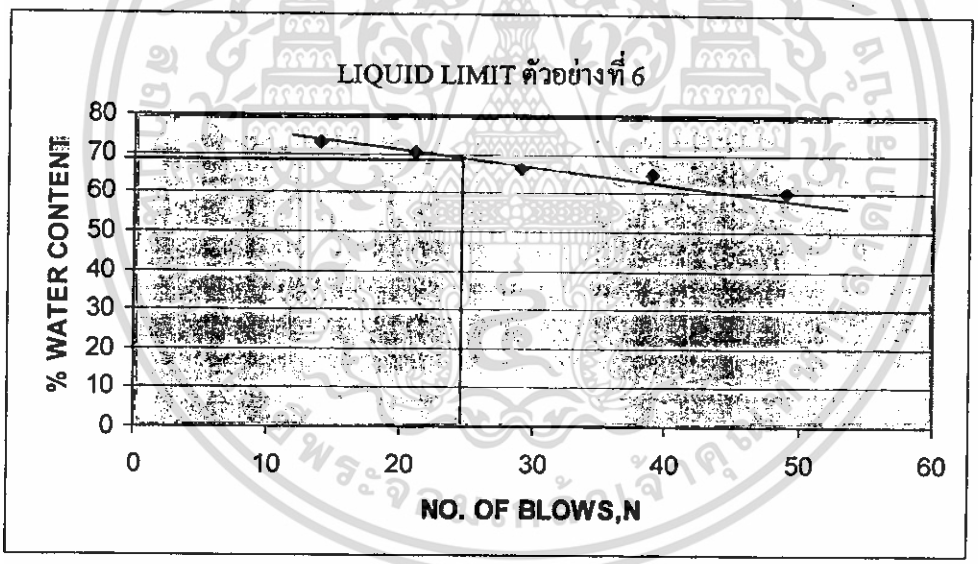


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8. 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

กราฟที่ 4.6. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 6)

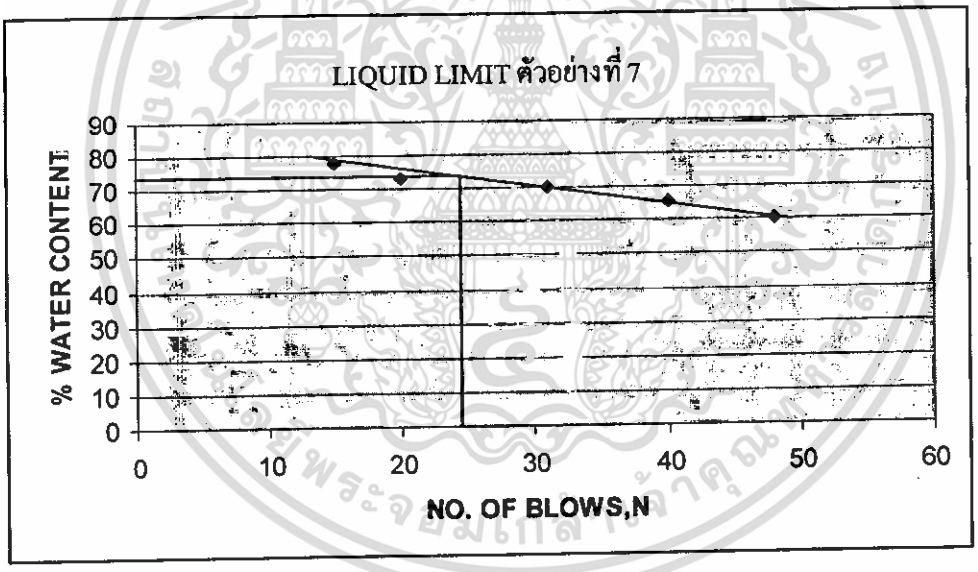


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9. 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

กราฟที่ 4.7. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 7)

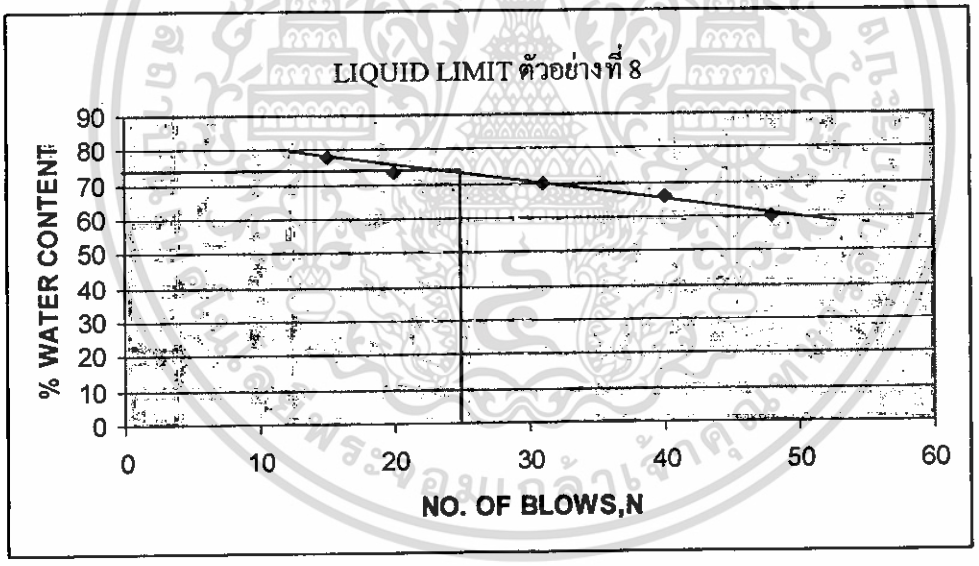


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10. 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

กราฟที่ 4.8. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 8)

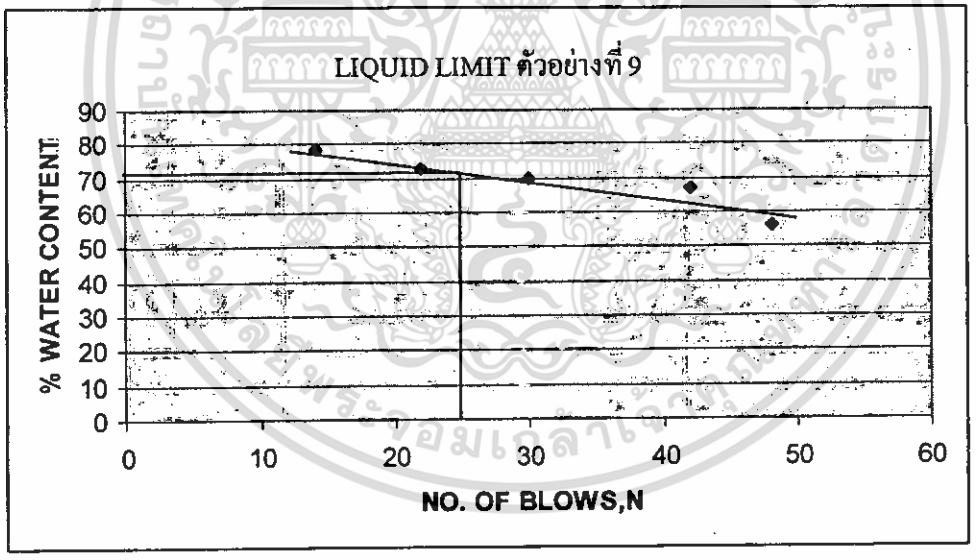


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11. 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

กราฟที่ 4.9. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 9)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าดัชนีความเหนียว (Plastic index,P.I.) แสดงได้ดังตารางที่ 4.12.

ตารางที่ 4.12. แสดงดัชนีความเหนียว (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

วิเคราะห์ผลการทดสอบอัตตะเบิร์กของดินตะกอนจากการประปานครหลวง

จากตารางที่ 4.12. นั้นได้ค่าดัชนีความเหนียว (Plastic index, P.I.) ของตัวอย่างทดสอบ 9 ตัวอย่างซึ่งหาค่า P.I. ได้จากสมการ (4.1.) (สุพจน์ และคณะ, 2544) จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่า L.L. กับ P.I. ได้เท่ากับ 72.90 และ 33.76 ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.6. เมื่อนำค่า P.L. กับ L.L. มาพล็อตลงในรูป ทำให้ทราบว่าดินตะกอนที่นำมาทดสอบนั้นอยู่ในช่วงของ ตะกอนทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะของดินตะกอนจากการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี

ตารางที่ 4.13. 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)	655.88	654.42	656.48	656.95	673.42	652.29	675.6	655.75	655.2
FLASK + WATER+SOIL NO.	687.5	682.4	682.2	684.8	705.4	681.4	708.3	688.0	689
CONTAINER NO.	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9
DRY SOIL + CONTAINER (g)	184.7	171.7	158.9	182.3	187.8	173.2	189.6	179	178.6
WT.OF CONTAINER (g)	135.4	128.3	115.9	140.1	138.6	127.5	139.8	129.9	127.5
DRY SOIL (g)	49.3	43.38	42.02	42.24	49.2	45.7	49.81	49.15	51.1
GT	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995
G.S.	2.75	2.80	2.60	2.93	2.90	2.73	2.90	2.90	2.91
AVERAGE G.S.	2.82								

วิเคราะห์ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะของดินตะกอนจากการประปานครหลวง

จากการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะนั้น ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยที่ได้ มีค่าเท่ากับ 2.82 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำ (ประมาณ 1) จะเห็นได้ว่า มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ (เมื่อนำไปลอยน้ำแล้วจมน้ำ) ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะนี้ จะมีค่าใกล้เคียงกับความถ่วงจำเพาะของทรายแป้ง (ตะกอนทราย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ผลการทดสอบอัตตะเบิร์กของดินตะกอนจากการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี**

ผลการทดสอบ plastic limit แสดงได้ดังตารางที่ 4.14.

ตารางที่ 4.14. 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)	11.4	7.91	7.74	8.5	7.6	10.5	11.4	10.12	10.9
DRY SOIL + CAN (g)	11.21	7.5	7.4	8.11	7.3	10.25	11.22	9.7	10.23
WT. OF CAN (g)	10.9	6.5	6.41	7.11	6.5	9.80	10.80	8.60	8.60
WT. OF WATER (g)	0.18	0.4	0.40	0.40	0.3	0.2	0.20	0.42	0.62
WT.OF DRY SOIL (g)	0.43	1	0.95	1.01	0.8	0.50	0.44	1.11	1.65
% WATER CONTENT	41.90	40.00	40.00	38.6	37.50	42.6	36.4	37.83	37.60

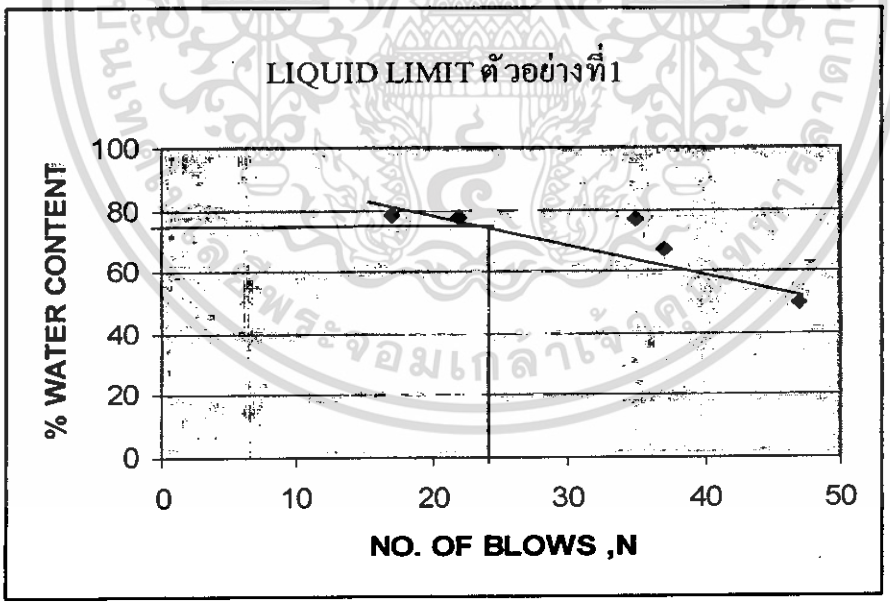
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ liquidlimit แสดงได้ดังตารางที่ 4.15. ถึง 4.24.

ตารางที่ 4.15. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 1)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	47	37	35	22	17
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	15.38	11.78	15.97	13.66	15.94
DRY SOIL + CAN (g)	13.4	9.66	11.85	10.57	13.14
WT. OF CAN (g)	9.4	6.49	6.51	6.59	9.58
WT. OF WATER (g)	1.98	2.12	4.12	3.09	2.8
WT. OF DRY SOIL (g)	4	3.17	5.34	3.98	3.56
%WATER CONTENT	49.50	66.88	77.15	77.64	78.65

กราฟที่ 4.10. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 1)

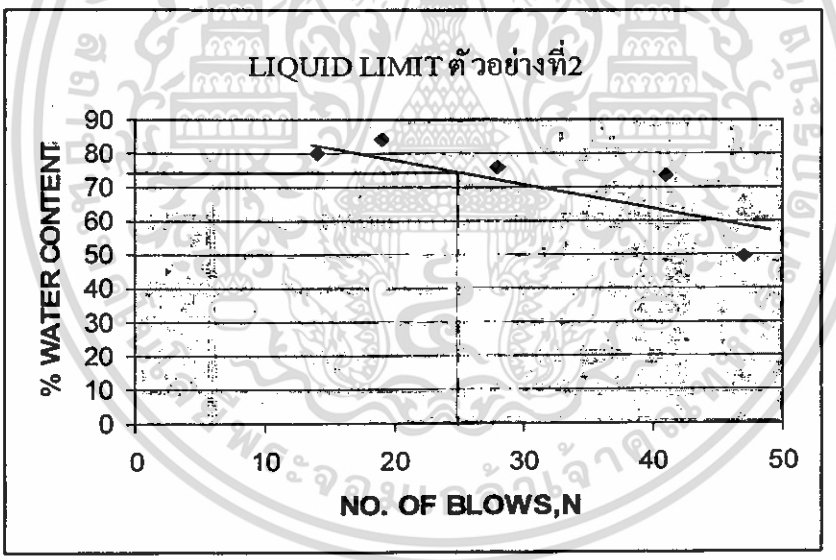


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 2)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	47	41	28	19	14
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	15.38	14.41	13.06	19.46	13.83
DRY SOIL + CAN (g)	13.4	11.08	10.3	14.89	10.63
WT. OF CAN (g)	9.4	6.55	6.67	9.46	6.62
WT. OF WATER (g)	1.98	3.33	2.76	4.57	3.2
WT. OF DRY SOIL (g)	4	4.53	3.63	5.43	4.01
%WATER CONTENT	49.50	73.51	76.03	84.16	79.80

กราฟที่ 4.11. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 2)

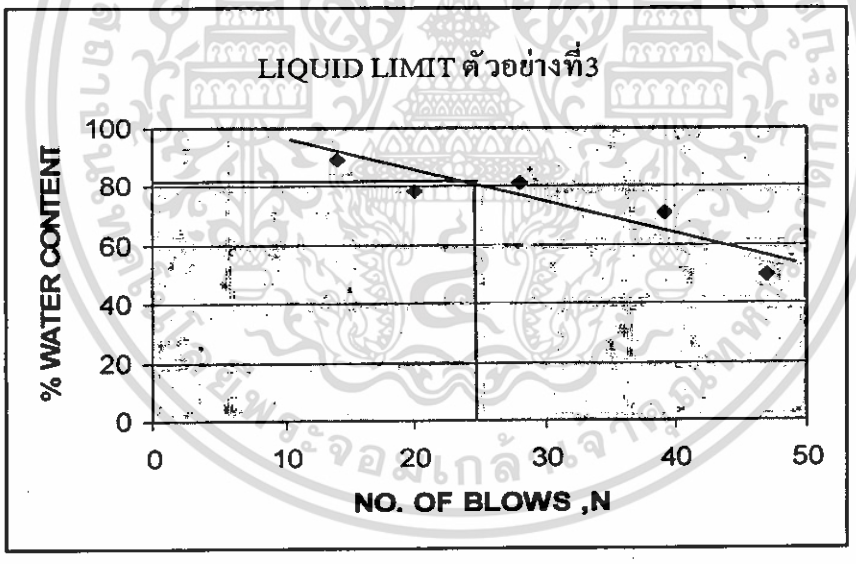


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	47	39	28	20	14
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	15.38	15.67	19.32	17.11	17.66
DRY SOIL + CAN (g)	13.4	11.86	14.9	12.48	12.46
WT. OF CAN (g)	9.4	6.46	9.46	6.54	6.63
WT. OF WATER (g)	1.98	3.81	4.42	4.63	5.2
WT. OF DRY SOIL (g)	4	5.4	5.44	5.94	5.83
%WATER CONTENT	49.50	70.50	81.25	77.95	89.20

กราฟที่ 4.12. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 3)

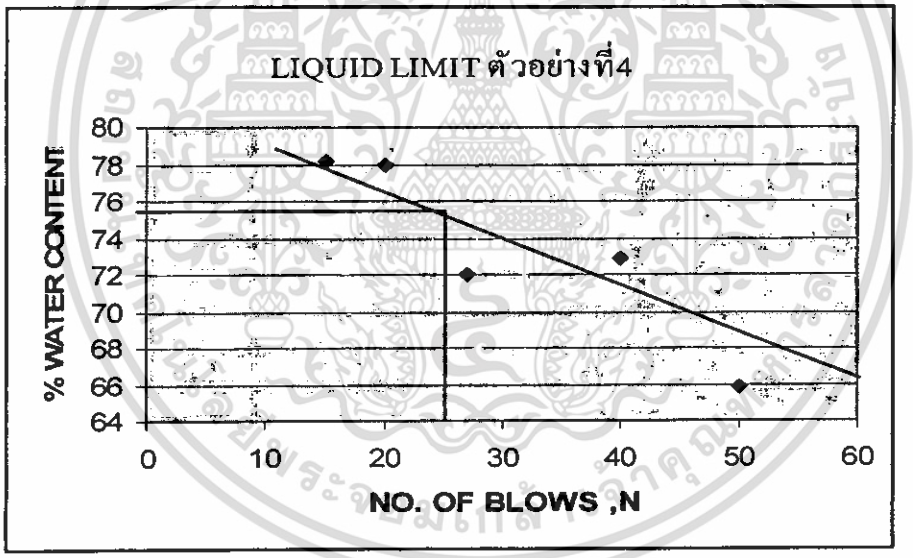


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 4)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	50	40	27	20	15
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	17.7	19.86	15.59	17.11	16.51
DRY SOIL + CAN (g)	14.84	15.93	11.75	12.48	12.15
WT. OF CAN (g)	10.5	10.54	6.46	6.54	6.5
WT. OF WATER (g)	2.86	3.93	3.81	4.63	4.36
WT. OF DRY SOIL (g)	4.34	5.39	5.29	5.94	5.65
%WATER CONTENT	65.89	72.91	72.02	77.95	78.16

กราฟที่ 4.13. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 4)

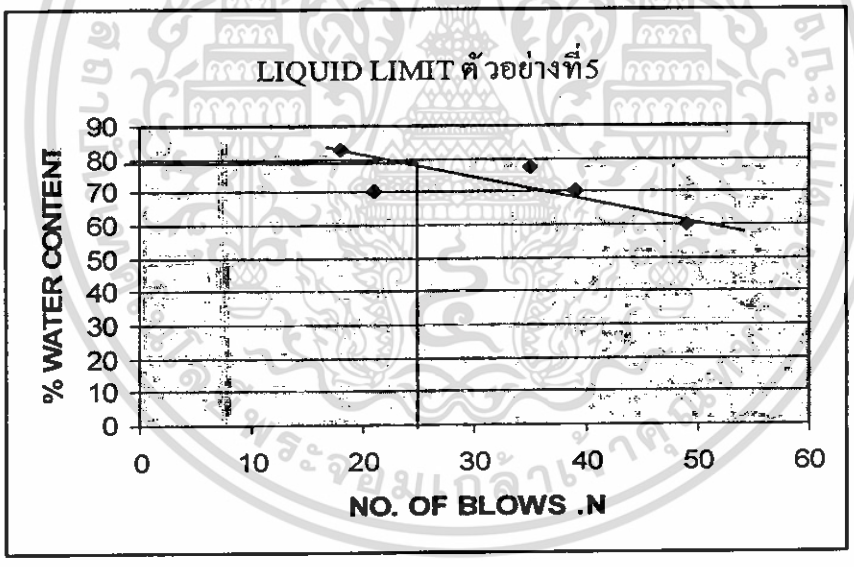


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 5)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	49	39	35	21	18
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	16.9	15.67	15.97	15.67	18.96
DRY SOIL + CAN (g)	13	11.86	11.85	11.86	14.58
WT. OF CAN (g)	6.5	6.46	6.51	6.46	9.28
WT. OF WATER (g)	3.9	3.81	4.12	3.81	4.38
WT. OF DRY SOIL (g)	6.5	5.4	5.34	5.4	5.3
%WATER CONTENT	60.00	70.50	77.15	70.50	82.64

กราฟที่ 4.14. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 5)

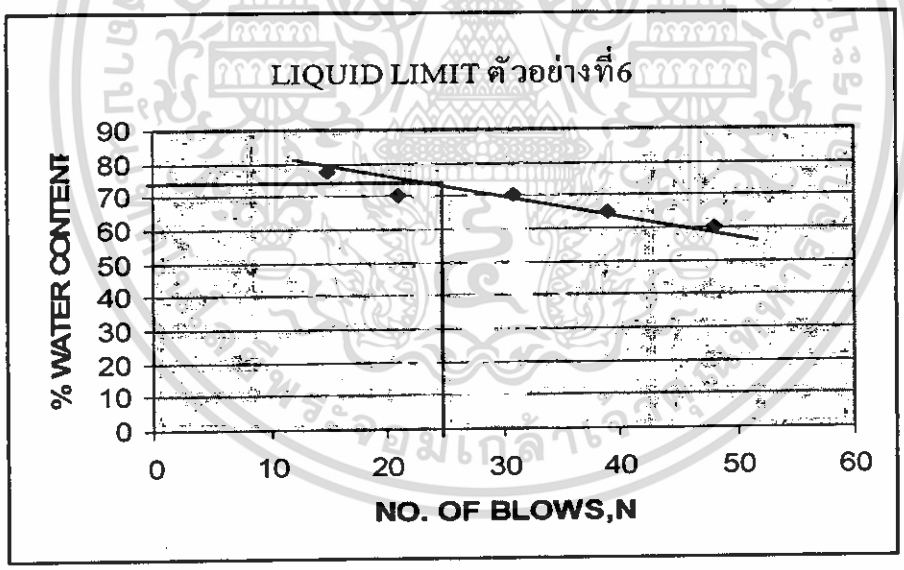


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 6)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	48	39	31	21	15
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	16.9	16.7	15.66	15.67	16.52
DRY SOIL + CAN (g)	13	12.7	11.87	11.86	12.14
WT. OF CAN (g)	6.5	6.5	6.45	6.46	6.5
WT. OF WATER (g)	3.9	4	3.79	3.81	4.38
WT. OF DRY SOIL (g)	6.5	6.2	5.42	5.4	5.64
%WATER CONTENT	60.00	64.52	69.92	70.50	77.65

กราฟที่ 4.15. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 6)

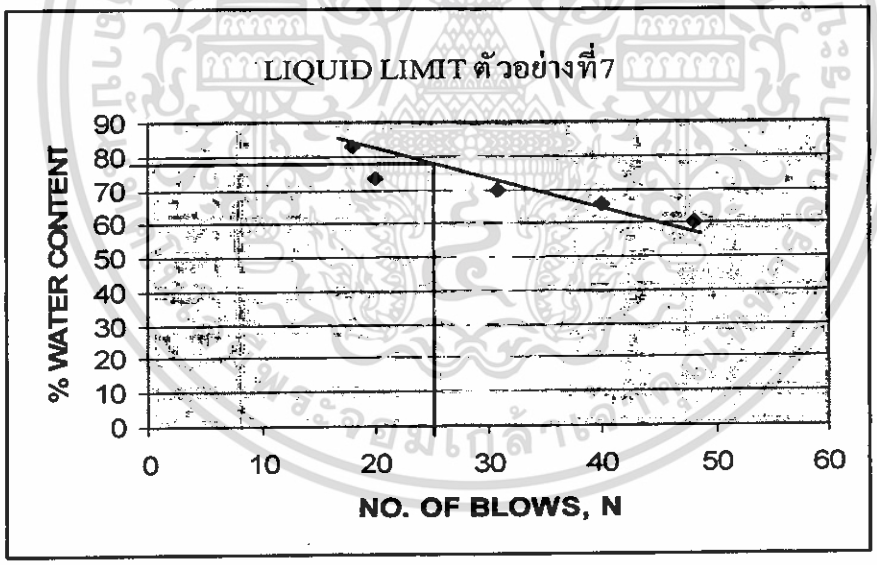


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 7)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	48	40	31	20	18
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	16.9	17.1	15.66	15.6	18.96
DRY SOIL + CAN (g)	13	12.9	11.87	11.74	14.58
WT. OF CAN (g)	6.5	6.5	6.45	6.46	9.28
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	5.3
%WATER CONTENT	60.00	65.63	69.92	73.10	82.64

กราฟที่ 4.16. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 7)

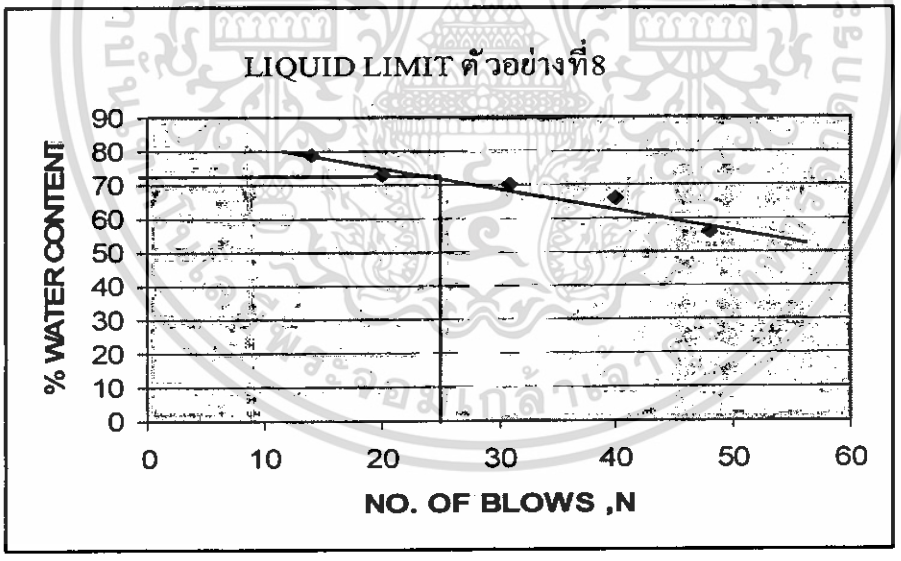


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 8)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	48	40	31	20	14
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	16.8	17.1	15.66	15.6	15.93
DRY SOIL + CAN (g)	13.1	12.9	11.87	11.74	13.14
WT. OF CAN (g)	6.5	6.5	6.45	6.46	9.59
WT. OF WATER (g)	3.7	4.2	3.79	3.86	2.79
WT. OF DRY SOIL (g)	6.6	6.4	5.42	5.28	3.55
%WATER CONTENT	56.06	65.63	69.92	73.10	78.59

กราฟที่ 4.17. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 8)

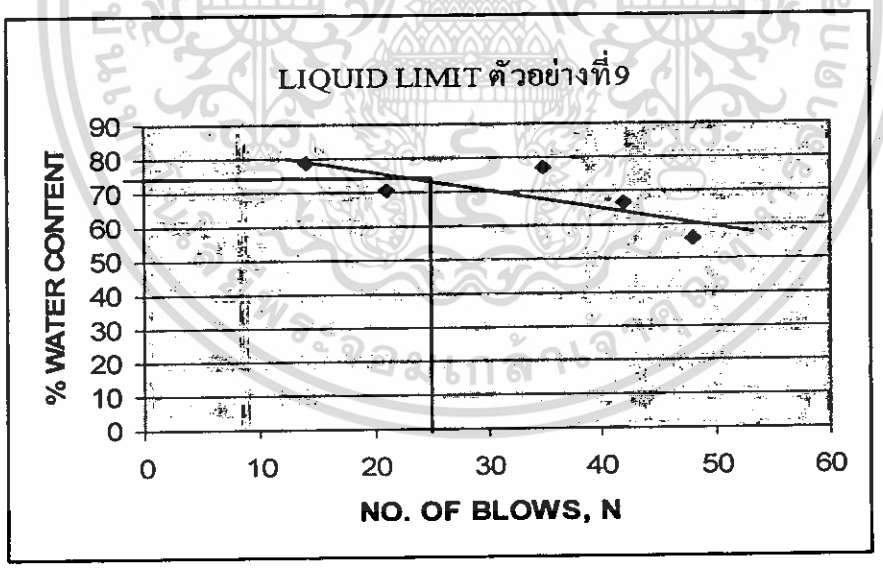


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23. แสดงผลการทดสอบ liquid limit (ตัวอย่างที่ 9)

จำนวนครั้งที่เคาะ	1	2	3	4	5
NO. OF BLOWS (N)	48	42	35	21	14
CAN NO.	B1	B2	B3	B4	B5
WET SOIL + CAN (g)	16.8	16.5	15.97	15.67	15.93
DRY SOIL + CAN (g)	13.1	12.5	11.85	11.86	13.14
WT. OF CAN (g)	6.5	6.5	6.51	6.46	9.59
WT. OF WATER (g)	3.7	4	4.12	3.81	2.79
WT. OF DRY SOIL (g)	6.6	6	5.34	5.4	3.55
%WATER CONTENT	56.06	66.67	77.15	70.50	78.59

กราฟที่ 4.18. แสดงค่า liquid limit (ตัวอย่างที่ 9)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าดัชนีความเหนียว (Plastic index,P.I.) แสดงได้ดังตารางที่ 4.24.

ตารางที่ 4.24. แสดงดัชนีความเหนียว (Plastic index, P.I.)

ตัวอย่างที่	LL	PL	PI
1	75.10	41.90	33.20
2	73.20	40.00	33.20
3	81.12	40.00	41.12
4	75.62	38.60	37.02
5	78.10	37.50	40.60
6	73.10	42.60	30.50
7	77.60	36.40	41.20
8	72.20	37.83	34.37
9	74.50	37.60	36.90
ค่าเฉลี่ย	75.62	39.16	36.46

วิเคราะห์ผลการทดสอบอัตตะเบิร์กของดินตะกอนจากการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 ตระบุรี

จากตารางที่ 4.12. นั้นได้ค่าดัชนีความเหนียว (Plastic index, P.I.) ของตัวอย่างทดสอบ 9 ตัวอย่างซึ่งหาค่า P.I. ได้จากสมการ (4.1.) (สุพจน์ และคณะ, 2544) จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของค่า L.L. กับ P.I. ได้เท่ากับ 75.62 และ 39.16 ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.6. เมื่อนำค่า P.L. กับ L.L. มาพล็อตลงในรูป ทำให้ทราบว่าดินตะกอนที่นำมาทดสอบนั้นอยู่ในช่วงของ ตะกอนทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรม

- กำลังรับแรงอัดดินตะกอนประปาการประปานครหลวง

ตารางที่ 4.25. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 1

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	295.40	54.91	402.46	1900	733.99	34.60
2	304.30	55.56	417.80	2500	728.34	44.99
3	297.35	56.25	424.66	3100	700.02	55.11
4	302.74	55.23	417.25	2700	725.56	48.89
5	302.22	56.15	405.45	2900	745.40	51.65
				ค่าเฉลี่ย	726.662	47.05

ตารางที่ 4.26. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 2

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	323.40	56.02	415.15	2300	778.99	41.06
2	324.14	53.58	392.76	2150	825.28	40.13
3	322.12	54.24	396.50	2110	812.41	38.90
4	319.47	55.25	397.25	2210	804.20	40.00
5	322.82	55.50	395.15	2170	816.95	39.10
				ค่าเฉลี่ย	807.566	39.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 3

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	307.62	54.09	400.84	1950	767.43	36.05
2	306.12	53.58	392.76	2200	779.41	41.06
3	307.45	54.24	396.50	2110	775.41	38.90
4	310.11	53.25	394.72	2150	785.64	40.37
5	308.42	53.50	395.12	2170	780.57	40.56
				ค่าเฉลี่ย	777.692	39.388

ตารางที่ 4.28. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 4

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	315.90	52.93	392.70	1994.5	804.43	37.68
2	331.10	53.59	386.94	1956.4	855.69	36.51
3	316.30	52.85	381.58	2116.2	828.92	40.04
4	317.40	52.12	367.50	2175.2	863.67	41.73
5	316.30	52.34	362.22	1897.4	873.22	36.25
				ค่าเฉลี่ย	845.186	38.442

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 5

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	308.90	52.85	381.74	1879.2	809.18	35.56
2	308.70	53.57	386.36	1965.5	798.99	36.40
3	309.12	52.05	364.40	2005.2	848.30	38.52
4	310.11	52.12	384.11	1995.4	807.34	38.28
5	308.90	53.02	382.50	1655.9	807.58	31.23
				ค่าเฉลี่ย	814.278	35.998

ตารางที่ 4.30. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 6

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	302.12	56.20	393.40	1455.5	767.97	25.89
2	305.25	53.85	376.95	1425.6	809.78	26.47
3	302.11	53.24	372.68	1956.3	826.00	36.74
4	307.80	52.25	365.75	1788.3	841.55	34.22
5	306.60	53.50	374.50	1772.3	818.69	33.13
				ค่าเฉลี่ย	812.798	31.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 7

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	283.10	52.90	382.70	908.56	739.74	17.17
2	279.70	53.05	385.94	1045.3	724.72	19.70
3	239.10	52.52	381.58	885.60	626.61	16.86
4	284.12	54.12	367.50	1337.6	773.11	24.71
5	283.50	52.34	372.22	884.60	761.64	16.90
				ค่าเฉลี่ย	725.164	19.068

ตารางที่ 4.32. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 8

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	283.10	52.82	381.74	725.70	774.76	13.90
2	279.70	53.52	386.36	450.25	768.15	8.45
3	239.10	53.05	364.40	385.59	642.25	7.20
4	284.12	51.12	384.11	728.30	775.79	13.95
5	283.50	52.22	382.50	718.60	757.47	14.06
				ค่าเฉลี่ย	743.684	11.512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

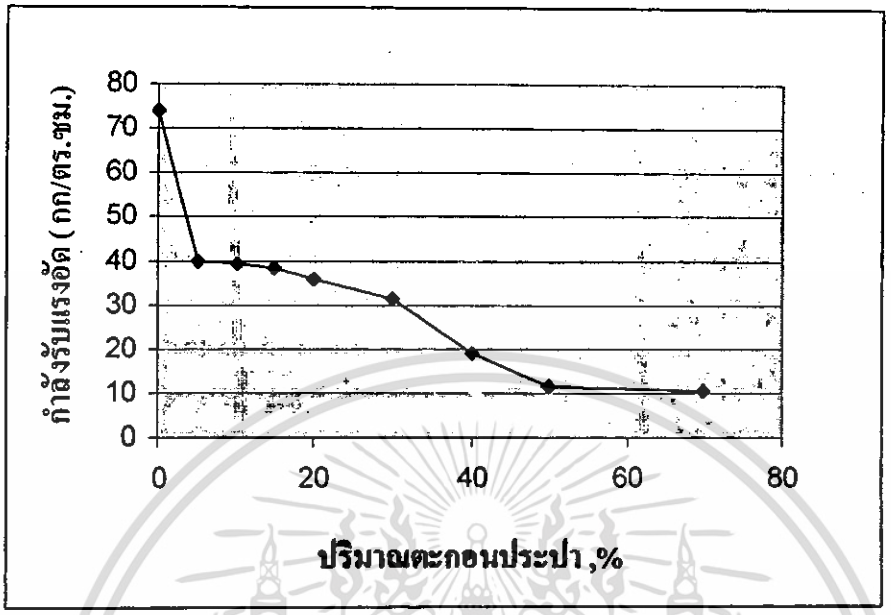
ตารางที่ 4.33. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 9

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	283.10	52.20	365.40	450.23	774.76	8.62
2	279.70	53.23	364.12	750.60	768.15	14.10
3	239.10	53.50	372.12	290.63	642.25	5.43
4	284.12	52.02	366.23	789.50	775.79	15.17
5	283.50	51.11	374.27	425.5	757.47	8.32
				ค่าเฉลี่ย	743.684	10.328

ตารางที่ 4.34. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 10

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง(กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	283.10	52.93	370.51	452.15	764.08	8.54
2	284.30	53.50	374.50	650.75	759.14	12.16
3	288.60	52.58	368.06	290.63	784.11	5.53
4	287.60	52.21	365.47	250.50	786.93	4.79
5	284.30	52.43	367.01	425.55	774.64	8.12
				ค่าเฉลี่ย	773.78	7.828

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.19. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณตะกอน

วิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดดินตะกอนประปาการประปานครหลวง

จากกราฟที่ 4.19. จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณเพิ่มมากขึ้นกำลังรับแรงอัดจะลดกำลังลงซึ่งปริมาณตะกอนจะแปรผันกับกำลังรับแรงอัด ซึ่งหมายความว่าปริมาณตะกอนที่เข้าไปแทนที่ของส่วนผสม ปูนซีเมนต์ และทราย ซึ่งสามารถแทนที่ได้ในปริมาณหนึ่งๆ ซึ่งปริมาณตะกอนที่สามารถเข้าไปแทนที่โดยไม่ทำให้เสียกำลังรับแรงอัดนั้นจะอยู่ที่ 5% ถึง 20% (จากกราฟ) (ประมาณ 38.542 กก/ตร.ซม.) และเมื่อเทียบกับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา) ซึ่งจะมีค่าประมาณ 40 – 50 กก./ตร.ซม. และความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา) ซึ่งจะมีค่าประมาณ 600 -700 กก./ลบ.ม. และจากการแทนที่ทรายด้วยตะกอนดินประปาทั้ง 100 % อยู่ที่ประมาณ 7.828 กก/ตร.ซม. ค่าต่ำกว่าชั้นคุณภาพ G4 มาก ใช้ไม่ได้ (จากการวิเคราะห์ดินตะกอนประปามีความละเอียดมาก ทำให้ไม่มีความสามารถในการยึดเกาะที่ดีเหมือนทราย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำลังรับแรงอัดดินตะกอนประปาการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี

ตารางที่ 4.35. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 1

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	302.21	56.32	402.68	2870	750.49	50.95
2	302.74	55.65	397.90	1975	760.84	35.49
3	297.42	56.25	402.20	3050	739.48	54.22
4	298.55	55.26	400.64	2770	745.18	50.13
5	302.22	56.20	405.45	2950	745.40	52.50
				ค่าเฉลี่ย	748.278	48.658

ตารางที่ 4.36. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 2

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	321.44	55.02	407.15	2445	789.48	44.44
2	323.15	54.58	401.62	2250	804.62	41.45
3	321.12	55.24	408.78	2150	785.55	38.92
4	318.42	54.25	401.45	2110	793.17	38.90
5	321.36	54.55	403.67	1990	796.10	36.48
				ค่าเฉลี่ย	793.784	40.038

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.37. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 3

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	306.62	54.09	400.26	1970	766.05	36.42
2	308.12	53.58	398.63	2155	772.94	40.22
3	307.42	54.24	403.55	2100	761.79	38.72
4	310.15	53.25	396.18	2010	782.85	37.75
5	307.85	52.50	390.90	2150	787.54	40.95
				ค่าเฉลี่ย	774.234	38.812

ตารางที่ 4.38. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 4

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	315.90	54.93	408.68	1985.0	772.97	36.14
2	331.10	53.59	397.64	1956.4	832.66	36.51
3	316.30	54.85	408.08	2106.2	775.10	38.40
4	317.40	53.12	386.67	2185.0	820.85	41.13
5	316.30	53.34	396.85	1997.5	797.03	37.45
				ค่าเฉลี่ย	799.722	37.926

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 5

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	308.90	53.10	395.06	1750.0	781.91	32.96
2	308.70	53.57	398.56	1950.0	774.54	36.40
3	309.12	54.05	402.13	2010.2	768.71	37.20
4	310.11	52.55	390.97	1900.0	793.18	36.16
5	308.90	53.12	395.21	1605.0	781.62	30.21
				ค่าเฉลี่ย	779.992	34.586

ตารางที่ 4.40. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 6

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	301.25	55.12	410.10	1440.2	734.57	26.13
2	306.15	54.56	405.93	1422.2	754.20	26.07
3	302.55	52.52	390.75	1185.5	774.30	22.57
4	306.23	54.22	403.40	1920.0	759.12	35.41
5	306.02	52.12	387.77	1750.0	789.20	33.58
				ค่าเฉลี่ย	762.278	28.752

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 7

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	282.12	54.95	408.28	918.50	690.98	16.72
2	283.22	53.15	394.90	1050.2	717.20	19.76
3	238.95	54.52	405.08	866.20	589.88	15.88
4	288.50	54.52	405.08	1320.2	712.20	24.21
5	298.32	52.45	389.70	845.25	765.51	16.12
				ค่าเฉลี่ย	695.154	18.538

ตารางที่ 4.42. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 8

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	278.85	54.82	407.31	825.50	684.61	15.06
2	277.12	52.52	390.22	550.20	710.16	10.48
3	259.26	54.05	401.60	395.55	645.57	7.53
4	282.52	53.12	394.68	758.45	715.82	14.28
5	278.50	52.95	393.42	758.50	707.90	14.32
				ค่าเฉลี่ย	692.812	12.334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

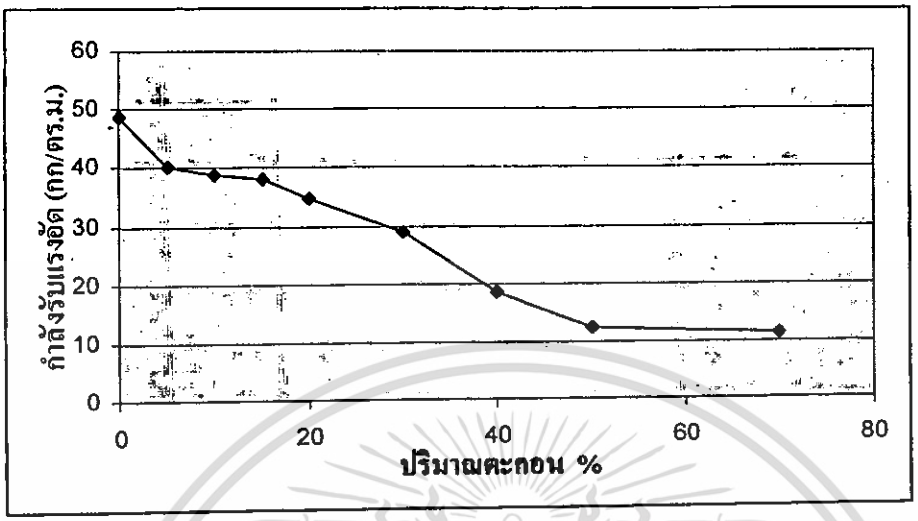
ตารางที่ 4.43. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 9

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	285.42	52.45	389.25	550.30	733.26	10.49
2	283.23	54.20	402.16	850.15	704.27	15.65
3	279.12	54.45	404.02	390.43	690.86	7.17
4	285.10	52.45	389.18	690.69	732.56	12.68
5	284.52	52.23	387.57	525.25	734.11	10.06
				ค่าเฉลี่ย	719.012	11.21

ตารางที่ 4.44. ตารางแสดงกำลังรับแรงอัดของส่วนผสมแบบที่ 10

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซม.)	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	รับแรงอัดประลัย (กิโลกรัม)	ความหนาแน่นแห้ง (กก/ลบ.ม)	กำลังรับแรงอัด (กก/ตร.ซม.)
1	284.25	52.55	389.92	450.25	728.99	8.57
2	282.69	54.12	401.57	750.46	703.96	13.87
3	288.20	52.58	390.14	295.05	739.78	7.42
4	286.62	54.21	402.24	690.69	712.56	12.74
5	283.26	53.40	396.30	390.22	714.77	7.31
				ค่าเฉลี่ย	720.012	9.982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.21. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับปริมาณตะกอน

วิเคราะห์ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดดินตะกอนประปาการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี

จากกราฟที่ 4.19. จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณเพิ่มมากขึ้นกำลังรับแรงอัดจะลดกำลังลงซึ่งปริมาณตะกอนจะแปรผันกับกำลังรับแรงอัด ซึ่งหมายความว่าปริมาณตะกอนที่เข้าไปแทนที่ของส่วนผสม ปูนซีเมนต์ และทราย ซึ่งสามารถแทนที่ได้ในปริมาณหนึ่งๆ ซึ่งปริมาณตะกอนที่สามารถเข้าไปแทนที่โดยไม่ทำให้เสียกำลังรับแรงอัดนั้นจะอยู่ที่ 5% ถึง 20% (จากกราฟ) (ประมาณ 37.84 กก/ตร.ซม.) และเมื่อเทียบกับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา) ซึ่งจะมีค่าประมาณ 40 – 50 กก./ตร.ซม. และความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา) ซึ่งจะมีค่าประมาณ 600 -700 กก./ลบ.ม. และจากการแทนที่ทรายด้วยตะกอนดินประปาทั้ง 100 % อยู่ที่ประมาณ 9.982 กก/ตร.ซม. ค่าต่ำกว่าชั้นคุณภาพ G4 มาก ใช้ไม่ได้ (จากการวิเคราะห์ดินตะกอนประปามีความละเอียดมาก ทำให้ไม่มีความสามารถในการยึดเกาะที่ดีเหมือนทราย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์การดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปานครหลวง

ตารางที่ 4.45. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 1

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	362.22	316.30	315.20	412.20	97.0	30.77
2	367.50	317.40	315.92	413.22	97.3	30.79
3	381.58	316.30	315.40	415.30	99.9	31.67
4	386.94	331.10	330.90	428.90	98.0	29.62
5	392.70	315.90	314.42	416.62	102.2	32.50
					ค่าเฉลี่ย	31.07

ตารางที่ 4.46. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 2

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	381.74	308.70	307.24	409.55	102.31	33.29
2	386.36	308.90	307.21	408.61	101.40	33.01
3	384.11	309.12	308.42	406.84	98.42	31.91
4	364.40	310.11	309.42	406.87	97.45	31.49
5	382.50	308.80	307.11	404.75	97.64	31.79
					ค่าเฉลี่ย	32.298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.47. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 3

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	393.40	302.12	301.42	405.67	104.25	34.58
2	376.95	305.25	304.51	407.21	102.70	33.73
3	372.68	302.11	301.12	401.66	100.54	33.38
4	365.75	307.80	306.42	404.42	98.00	31.98
5	374.50	306.60	305.62	406.86	101.24	33.13
					ค่าเฉลี่ย	33.36

ตารางที่ 4.48. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 4

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	397.06	326.54	323.40	436.20	112.80	34.88
2	396.52	325.24	322.52	435.02	112.50	34.88
3	393.30	322.18	320.38	432.27	111.89	34.92
4	394.54	322.22	321.42	433.98	112.56	35.02
5	393.95	325.46	322.42	435.87	113.45	35.19
					ค่าเฉลี่ย	34.978

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.49. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 5

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	395.98	307.62	306.12	427.94	121.82	39.79
2	394.42	306.44	304.94	427.39	122.45	40.15
3	394.94	308.02	306.52	427.96	121.44	39.62
4	395.69	307.97	306.47	427.02	120.55	39.34
5	396.62	306.12	304.62	427.84	123.22	40.45
					ค่าเฉลี่ย	39.84

ตารางที่ 4.50. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 6

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	382.70	283.10	282.40	406.40	124.00	43.91
2	385.90	279.10	278.10	400.52	122.42	44.02
3	381.80	239.20	237.40	335.40	98.00	41.28
4	367.50	284.12	282.20	400.80	118.60	42.03
5	372.20	283.50	282.60	398.80	116.20	41.12
					ค่าเฉลี่ย	42.472

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.51. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 7

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	381.74	283.10	282.40	407.40	125.00	44.26
2	386.60	284.12	282.50	408.74	126.24	44.68
3	364.40	283.10	280.20	402.35	122.15	43.59
4	364.10	279.70	277.40	409.60	132.20	47.65
5	382.50	239.10	238.70	346.95	108.25	45.34
					ค่าเฉลี่ย	45.104

ตารางที่ 4.52. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 8

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	404.66	297.35	295.50	438.85	143.35	48.51
2	396.25	306.19	304.30	448.88	144.58	47.51
3	392.50	302.74	300.50	439.65	139.15	46.31
4	415.25	301.17	299.15	442.63	143.48	47.96
5	403.56	302.15	301.75	438.87	137.12	45.44
					ค่าเฉลี่ย	47.146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

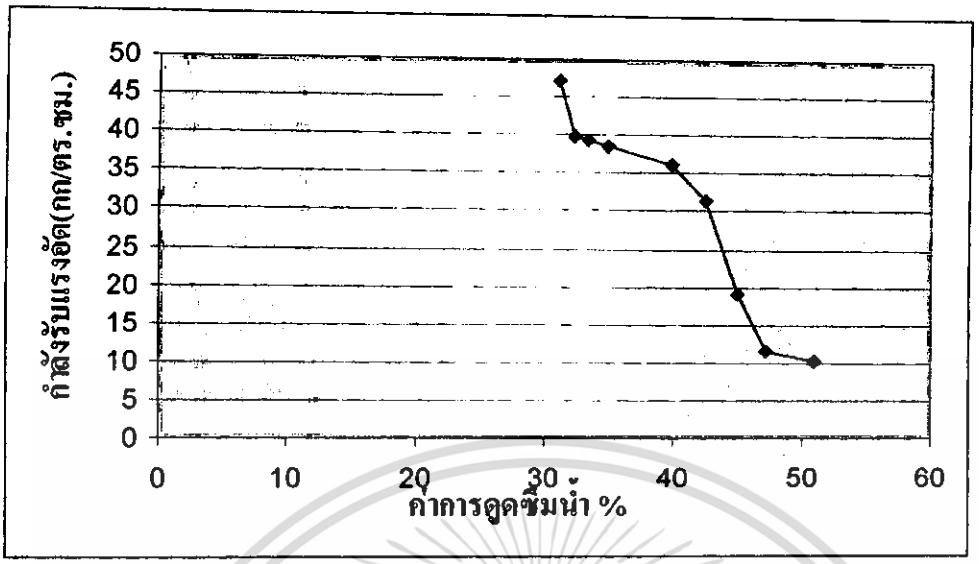
ตารางที่ 4.53. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 9

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	365.40	283.10	281.20	420.40	139.20	49.50
2	364.10	279.20	278.40	418.65	140.25	50.37
3	372.20	283.50	281.40	424.60	143.20	50.88
4	366.30	239.10	237.20	362.20	125.00	52.69
5	374.72	279.20	278.40	420.95	142.55	51.20
					ค่าเฉลี่ย	50.928

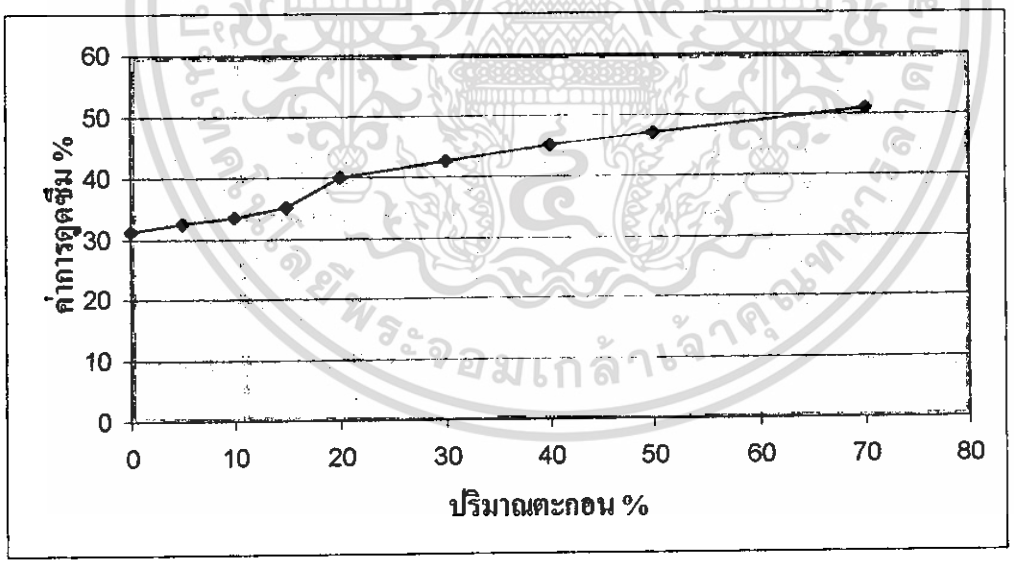
ตารางที่ 4.54. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 10

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	370.50	283.10	281.20	392.20	112.20	39.83
2	374.10	284.30	282.44	389.92	107.48	38.05
3	368.06	288.60	288.02	397.22	109.20	37.91
4	367.01	287.20	286.42	388.67	102.25	35.69
5	368.12	284.30	282.24	387.32	105.08	37.23
					ค่าเฉลี่ย	37.742

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.21.แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปานครหลวง



กราฟที่ 4.22.แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับค่าการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปานครหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปานครหลวง

จากกราฟ 4.21. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อค่าการดูดซึมน้ำมากขึ้นกำลังรับแรงอัดจะแปรผกผันกับค่าการดูดซึมน้ำ จากกราฟที่ 4.22. จะเห็นว่าปริมาณตะกอนมากขึ้นค่าการดูดซึมน้ำก็จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากกราฟจะเห็นได้ว่าปริมาณตะกอนที่พอเหมาะในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา ในการทดสอบครั้งนี้จะอยู่ที่ 5% ถึง 20% (จากกราฟ) และเมื่อเทียบกับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา) ซึ่งจะมีค่าประมาณ 40 – 50 กก./ตร.ซม.

ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างที่ทดสอบที่มีปริมาณตะกอน 5 % จะมีเปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำของตัวอย่างที่ทดสอบที่สูงกว่า (ประมาณ 32.298 %) เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ทดสอบที่ไม่มีส่วนผสมของตะกอนประปา (ประมาณ 31.07 %) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบา ชั้นคุณภาพ G4 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา) ซึ่งมีค่าประมาณ 31% กล่าวได้ว่าค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างยังคงมีค่าที่สูงแต่ไม่ห่างจากชั้นคุณภาพ G4 มาก ส่วนการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมอื่นๆอยู่ในค่าที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์การดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี

ตารางที่ 4.55. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 1

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	382.42	317.20	315.22	412.45	97.23	30.85
2	384.20	317.25	315.92	412.44	96.52	30.55
3	390.20	316.40	315.40	416.22	100.82	31.97
4	384.94	332.10	330.90	427.89	96.99	29.31
5	393.70	315.45	314.50	416.45	101.95	32.42
					ค่าเฉลี่ย	31.02

ตารางที่ 4.56. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 2

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	382.74	308.75	307.45	408.95	101.50	33.01
2	386.45	308.11	307.89	408.61	100.72	32.71
3	384.20	309.52	309.40	406.84	97.44	31.50
4	363.45	310.51	309.40	407.85	98.45	31.82
5	383.55	309.95	308.00	404.70	96.7	31.40
					ค่าเฉลี่ย	32.088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.57. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 3

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	394.22	302.45	301.42	406.69	105.27	34.92
2	377.05	305.05	304.51	407.42	102.91	33.79
3	375.05	303.15	301.12	402.65	101.53	33.72
4	364.75	307.85	306.42	405.45	99.03	32.32
5	372.15	307.65	306.62	406.04	99.42	32.42
					ค่าเฉลี่ย	33.434

ตารางที่ 4.58. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 4

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	398.12	326.45	324.40	435.22	110.82	34.16
2	397.42	326.24	325.52	435.20	109.68	33.69
3	393.31	323.18	321.38	433.20	111.82	34.79
4	393.04	321.22	320.12	434.08	113.96	35.60
5	393.95	325.05	323.42	435.07	111.65	34.52
					ค่าเฉลี่ย	34.552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.59. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 5

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	395.98	308.62	307.02	427.90	120.88	39.37
2	395.42	306.44	305.94	427.42	121.48	39.71
3	395.94	308.22	307.12	427.96	120.84	39.35
4	395.60	307.97	306.47	427.02	120.55	39.34
5	395.62	306.02	305.62	427.04	121.42	39.73
					ค่าเฉลี่ย	39.50

ตารางที่ 4.60. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 6

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	394.22	283.10	282.45	406.45	124.00	43.90
2	377.05	279.10	278.01	402.50	124.49	44.77
3	375.05	239.20	238.40	336.10	97.70	40.98
4	364.75	284.12	282.25	400.10	117.85	41.75
5	372.15	283.50	282.65	399.84	117.19	41.46
					ค่าเฉลี่ย	42.572

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.61. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 7

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	382.74	283.25	282.45	407.45	125.00	44.25
2	386.45	284.02	283.50	408.84	125.34	44.21
3	365.12	284.10	280.20	403.05	122.85	43.84
4	365.10	279.20	278.40	408.10	129.70	46.58
5	382.05	239.11	278.70	407.12	128.42	46.07
					ค่าเฉลี่ย	44.99

ตารางที่ 4.62. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 8

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	405.06	297.35	295.55	437.05	141.50	47.87
2	306.25	306.19	304.30	447.08	142.78	46.92
3	393.50	302.74	300.50	438.45	137.95	45.91
4	405.25	301.17	299.15	443.03	143.88	48.09
5	403.06	302.15	301.75	439.27	137.52	45.57
					ค่าเฉลี่ย	46.872

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

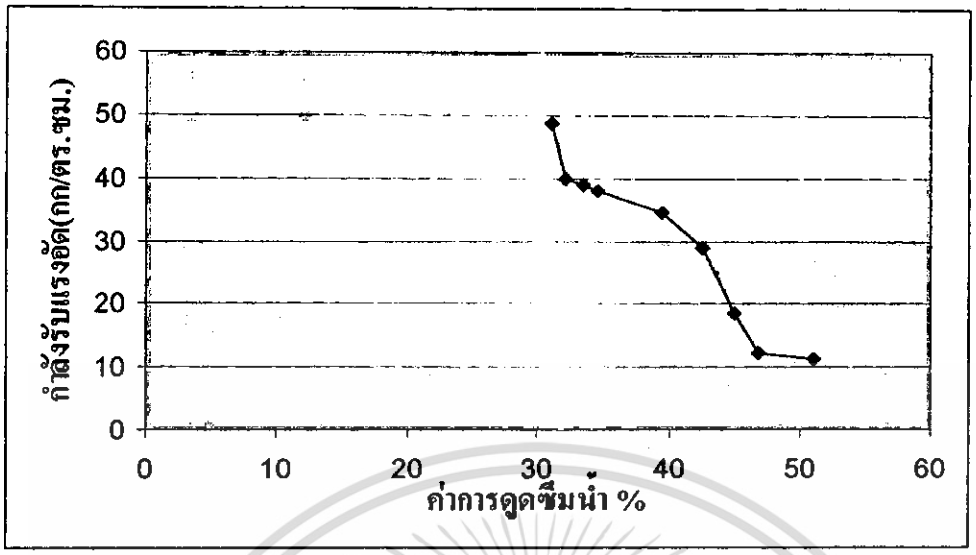
ตารางที่ 4.63. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 9

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	366.45	282.11	281.20	420.40	139.20	49.50
2	364.10	279.20	278.40	418.60	140.20	50.35
3	372.20	284.50	281.41	425.61	144.20	51.24
4	365.10	238.12	237.55	363.21	125.66	52.89
5	375.74	279.25	278.41	420.85	142.44	51.16
					ค่าเฉลี่ย	51.028

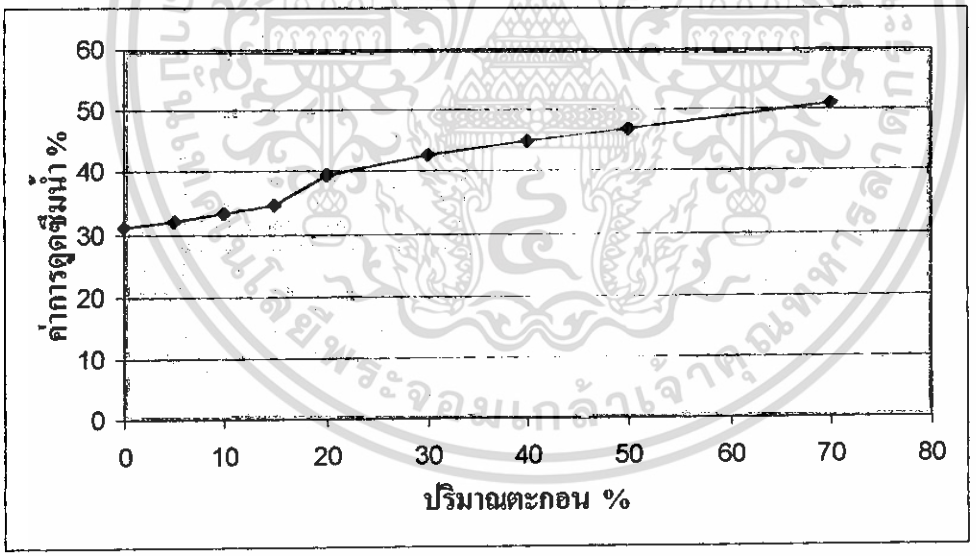
ตารางที่ 4.64. ตารางแสดงค่าการดูดซึมน้ำของส่วนผสมแบบที่ 10

ตัวอย่างที่	ปริมาตร (ลบ.ซม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)	น้ำหนักน้ำ (กรัม)	% การดูดซึมน้ำ
1	371.50	284.10	282.24	392.25	110.01	38.97
2	375.55	284.30	283.44	389.82	106.38	37.53
3	369.26	288.62	287.02	398.22	111.20	38.74
4	367.25	287.28	287.42	389.67	102.25	35.57
5	368.11	284.32	283.25	388.32	105.07	37.09
					ค่าเฉลี่ย	37.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.23.แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี



กราฟที่ 4.24.แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับค่าการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 สระบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำดินตะกอนประปาการประปานครหลวง

จากกราฟ 4.20. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อค่าการดูดซึมน้ำมากขึ้นกำลังรับแรงอัดจะแปรผกผันกับค่าการดูดซึมน้ำ จากกราฟที่ 4.21. จะเห็นว่าปริมาณตะกอนมากขึ้นค่าการดูดซึมน้ำก็จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากกราฟจะเห็นได้ว่าปริมาณตะกอนที่พอเหมาะในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา ในการทดสอบครั้งนี้จะอยู่ที่ 5% ถึง 20% (จากกราฟ) และเมื่อเทียบกับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ G4 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา) ซึ่งจะมีค่าประมาณ 40 – 50 กก./ตร.ซม.

ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างที่ทดสอบที่มีปริมาณตะกอน 5 % จะมีเปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำของตัวอย่างที่ทดสอบที่สูงกว่า (ประมาณ 32.298 %) เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ทดสอบที่ไม่มีส่วนผสมของตะกอนประปา (ประมาณ 31.07 %) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบา ชั้นคุณภาพ G4 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบา) ซึ่งมีค่าประมาณ 31% กล่าวได้ว่าค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างยังคงมีค่าที่สูงแต่ไม่ห่างจากชั้นคุณภาพ G4 มาก ส่วนการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมอื่นๆอยู่ในค่าที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการใช้ตะกอนประปาเป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบา จากการวิเคราะห์ในบทที่ผ่านมานั้น เมื่อพิจารณาโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนและค่าต่างๆ คือ กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่นแห้ง และค่าการดูดซึมสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ค่ากำลังรับแรงอัด เมื่อมีปริมาณตะกอนเข้าไปแทนที่ในส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาในปริมาณสัดส่วนผสมที่พอเหมาะ (ปริมาณ 5%-20% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทราย) จากการทดสอบค่าการรับกำลังแรงอัดของตัวอย่างทดสอบ (มีค่าประมาณ 39.84 กก/ตร.ซม.) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาคุณภาพชั้นG 4 (มีค่าประมาณ 40-50 กก/ตร.ซม.) และจากการแทนที่ทรายด้วยปริมาณตะกอนดินทั้ง 100% พบว่าค่าการรับกำลังแรงอัดของตัวอย่างทดสอบมีค่าประมาณ 26.924 กก/ตร.ซม. มีค่าต่ำกว่าชั้นคุณภาพมาก ถือว่าใช้ไม่ได้
2. ค่าความหนาแน่นแห้ง เมื่อมีปริมาณตะกอนเข้าไปแทนที่ในส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาในปริมาณสัดส่วนผสมที่พอเหมาะ (ปริมาณ 5%-20% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทราย) จากของค่าความหนาแน่นแห้ง ตัวอย่างทดสอบ (มีค่าประมาณ 725.164 กก/ตร.ซม.) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความหนาแน่นแห้ง ของคอนกรีตมวลเบาคุณภาพชั้นG 4 (มีค่าประมาณ 600-700 กก/ลบ.ม.) และจากการแทนที่ทรายด้วยปริมาณตะกอนดินทั้ง 100% พบว่าค่าความหนาแน่นแห้ง ของตัวอย่างทดสอบมีค่าประมาณ 773.78 กก/ตร.ซม. มีค่าใกล้เคียงกับชั้นคุณภาพ
3. ค่าการดูดซึมน้ำ เมื่อมีปริมาณตะกอนเข้าไปแทนที่ในส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาในปริมาณสัดส่วนผสมที่พอเหมาะ (ปริมาณ 5%-20% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทราย) จากของค่าการดูดซึมน้ำตัวอย่างทดสอบ (มีค่าประมาณ 33.36%) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาคุณภาพชั้นG 4 (มีค่าประมาณ 31%)และจากการแทนที่ทรายด้วยปริมาณตะกอนดินทั้ง 100% พบว่าค่าการดูดซึมน้ำ ของตัวอย่างทดสอบมีค่าประมาณ 37.742 มีค่ามากกว่ากับชั้นคุณภาพ ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างทดสอบจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีปริมาณของดินตะกอนประปาที่เพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การผสมปูนขาวช่วยให้กำลังรับแรงอัดสูงขึ้นโดยจะสูงขึ้นอย่างชัดเจนแต่การผสมปูนขาวมากจะทำให้ความหนาแน่นมาก

5.2. ความแตกต่างของผลการทดลองจากปีที่ผ่านมากับปีนี้

ปีที่ผ่านมา

1. ในการทดลองจะเศษคอนกรีตมวลเบา ของบริษัท ซุปเปอร์บล็อกฯ เป็นส่วนผสมในการทดลอง
2. ใช้ตะกอนประปาจากการประปานครหลวง เพียงที่เดียว
3. ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบไม่ได้ผ่านการอบไอน้ำ จากตู้อบไอน้ำ ที่ 24 ช.ม.
4. ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาจากตะกอนประปา ประมาณ 37.94 กก/ตร.ซม. และสัดส่วนที่พอเหมาะอยู่ที่ 5%-10% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทราย

ปีนี้

1. ในการทดลองจะไม่มีเศษคอนกรีตมวลเบา ของบริษัท ซุปเปอร์บล็อกฯ เป็นส่วนผสมในการทดลอง
2. ใช้ตะกอนประปาจาก 2 แหล่ง คือ จากการประปานครหลวง และการประปาส่วนภูมิภาค เขต 2 สระบุรี
3. ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบผ่านการอบไอน้ำ จากตู้อบไอน้ำ ที่ 24 ช.ม.
4. ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาจากตะกอนประปาทั้ง 2 แหล่ง อยู่ที่ประมาณ 39.84 กก/ตร.ซม. และสัดส่วนที่พอเหมาะอยู่ที่ 5%-20% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์และทราย และจากการที่แทนทรายที่ด้วยตะกอนดินจาก 2 แหล่ง ทั้ง 100 % กำลังรับแรงอัดจะอยู่ที่ประมาณ กก/ตร.ซม. มีค่าต่ำกว่าชั้นคุณภาพมากนัก (จากการวิเคราะห์ดินตะกอนประปามีความละเอียดมาก ทำให้ไม่มีความสามารถในการยึดเกาะที่ดีเหมือนทราย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- วินิต ช่อวิเชียร , 2544. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 9.
- ชัชวาล เศรษฐบุตร , 2539 คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8
- ศิริวัฒน์ ไชยชนะ , 2542. ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2
- เกียรตินันท์ เด่นไพศาล , พรชัย เดชะภากร , รุ่งเรือง มังครักษ์ และสมหวัง หาญไพบูลย์สุข ,2528. คอนกรีตพรุน. ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- เจริญฤทธิ์ วรรณะพาหุณ , จิระพันธ์ บางท่าไม้ , สมบัติ ฐาปนาชีวะ และประสิทธิ์ ปณฑรมงคล ,2533. คอนกรีตพรุนบ่มด้วยไอน้ำความดันสูง. ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- วรวิทย์ ขอเจริญ , ปรเมศวร์ เจริญรุ่งโรจน์ และ อิศรา ชินสว่างวัฒนกุล , 2539. บล็อคคอนกรีตผนังเบา. ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- ขจรพันธ์ ตันติพจน์ , ณัฐพงษ์ อภินันท์กูล และ ปรีชา ชีวะเจริญไชย , 2540 การศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตพรุนที่ผลิตโดยวิธีผงอะลูมิเนียม. ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- เยาวรัตน์ ตั้งติวิริยะ และ อุกฤษ ปัจฉิม , 2543. อิฐระบบบล็อกในตัวโดยใช้คอนกรีตผสมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล. ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- อัศวิน เลิศโสภา , โอภาส วิศรุตธรรม และปีใหม่ อาจสาคร ,2543.วัสดุผสมคอนกรีตและเศษโฟม. ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้