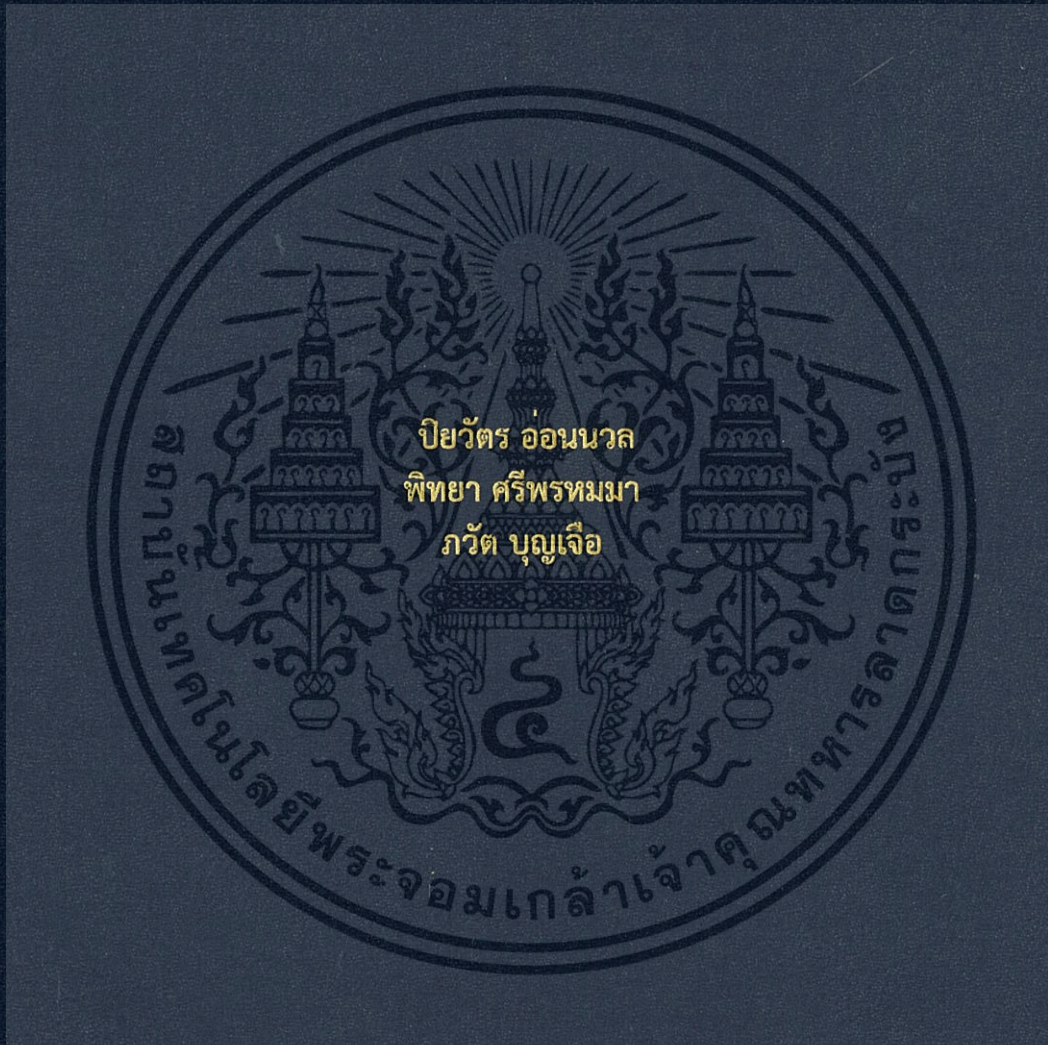


การศึกษาคุณสมบัติการหดตัวของอิฐดินดิบของตัวอย่างดินจาก
อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

Study on Adobe Brick's Shrinkage of Banrai District,
Uthaitanee Province



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การศึกษาคุณสมบัติการหดตัวของอิฐดินดิบของตัวอย่างดินจาก

อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

Study on Adobe Brick's Shrinkage of Banrai District,

Uthaitanee Province



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Adobe Brick's Shrinkage of Banrai District,
Uthaitanee Province



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาคุณสมบัติการหดตัวของอิฐดินดิบของตัวอย่างดินจาก
อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี
A study on shrinkage property of adobe brick in the area of
Banrai district, Uthaitanee province

นักศึกษา นายปิยวัตร อ่อนนวล รหัสนักศึกษา 57010779
นายพิทยา ศรีพรหมมา รหัสนักศึกษา 57010902
นายภาวัต บุญเจือ รหัสนักศึกษา 57010951
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อ. อุบะ ศิริแก้ว

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ
ดร.ศลิษา	ไชยพุทธ	
ผศ.ดร.ธนาทล	คงสมบุญรณ์	
อาจารย์อุบะ	ศิริแก้ว	
ดร.วิรุฬห์	คำชุม	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 4/1/61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณสมบัติการหดตัวของอิฐดินดิบของตัวอย่างดินจาก

อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

นายปิยวัตร อ่อนนวล รหัสนักศึกษา 57010779

นายพิทยา ศรีพรหมมา รหัสนักศึกษา 57010902

นายภวัต บุญเจือ รหัสนักศึกษา 57010951

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. อุบะ ศิริแก้ว

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมในการทำก้อนอิฐดินดิบ ซึ่งเป็นการนำวัสดุ ดินเหนียว ที่อำเภอบ้านไร่ อุทัยธานีนำมาผ่านการบดเป็นผงละเอียด มีคุณสมบัติที่มีความเป็นพลาสติกสูง นำมาผสมกับทรายฉาบหรือทรายถม โดยถ้าใช้ดินดิบอย่างเดียวจะมีโอกาสแตกรอยร้าวสูงจึงทำการทดลอง ทั้งหมด 9 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ 1 เป็นก้อนอิฐดินดิบที่มีดินเพียงอย่างเดียว ส่วนในตัวอย่างที่ 2 ถึง 9 เป็นก้อนอิฐดินดิบที่ใช้ส่วนผสมของทรายฉาบและทรายถมแทนที่ดินในอัตราส่วนร้อยละ 40, 45, 50 และ 55 ตามลำดับ โดยกำหนดใช้อัตราส่วนน้ำต่อดินเหนียวที่เหมาะสมเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว โดยวิธีทดสอบจะใช้คุณสมบัติของก้อนอิฐดินดิบ ได้แก่ รอยแตกร้าว การหดตัวเชิงปริมาตรและการหดตัวเชิงความยาว ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างที่มีทรายเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มความสามารถของก้อนอิฐดินดิบในการลดรอยแตกร้าว ลดการหดตัว และยังสามารถเพิ่มระดับความชื้นของอิฐดินดิบได้ ผลการทดลองที่แสดงว่าอิฐดินดิบที่ผสมทรายฉาบร้อยละ 55 หดตัวน้อยกว่าทรายถม ก้อนตัวทดลองหดตัวทางปริมาตรร้อยละ 12.647 และ การหดตัวทางความยาวที่ทรายฉาบร้อยละ 15.742 เนื่องจากการทดสอบการหดตัวเชิงความยาวยังไม่มีมาตรฐานรองรับประกอบกับผลการทดสอบที่มีการคลาดเคลื่อน ทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะสมกับการตัดสินใจเลือกใช้ และเมื่อนำผลการหดตัวเชิงปริมาตรมาเปรียบเทียบกับราคาทรายแล้วพบว่าที่ทรายฉาบช่วงร้อยละ 40-45 นั้นมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดจึงเลือกใช้ทรายฉาบร้อยละ 42 เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Adobe Brick's Shrinkage of Banrai District, Uthaitanee Province

Mr. Piyawat Onnuan Student ID. 57010779

Mr. Pittaya Sripromma Student ID. 57010902

Mr. Pawat Boonjua Student ID. 57010951

Advisor: Uba Sirikaew

Academic Year 2017

ABSTRACT

The purpose of the project was to study the suitable ingredients for making adobe brick. This is a clay material in Ban Rai district Uthai Thani province that has highly plastic and brought into fine powder, then mix with fine sand or sand fill. If use only original soil, there is a high chance of shrinkage crack. All 9 samples were tested. Sample 1 is an adobe brick with only soil. In samples 2 to 9, adobe bricks used in the sand and putty mixture were 40, 45, 50 and 55 percent respectively. The optimum water content was 30 percent of clay. The test method uses the properties of adobe bricks such as crack, volume shrinkage and linear shrinkage. The study indicated that sand samples are suitable ingredients that can enhance the ability of adobe brick to reduce cracks and shrinkage. The results show that 55%. This makes the sample shrinkage by volume 12.647 percentage and sand length was 15.742%. Due to the linear shrinkage test, there is no standard fit, and the wrong test results make this method unsuitable for decision making. When the volumetric shrinkage was compared with the sand price, it is determined that the sand on 40-45%, it has the least differentiation of shrinkage. Then we choose fine sand 42 percent is the most appropriate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อ.อุษะ ศิริแก้ว และนายธีระเดช ขำวิสัยศักดิ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเราผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยคณาจารย์ท่านต่าง ๆ ได้ถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ต่าง ๆ จนสามารถนำมาใช้ในการทำงานและการดำเนินชีวิตได้อย่างดีเยี่ยม ตลอดจนขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นกรรมการในการทดสอบ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำโครงการ รวมถึงตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้ศึกษาในภาควิชาโยธาจนตลอดมา

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วน

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและกำลังใจในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ปิยวัตร อ่อนนวล

พิทยา ศรีพรหมมา

ภาวัต บุญเจือ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 กล่าวนำ.....	3
2.2 การทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.2.1 Soil Water Content.....	6
2.2.2 Grain Size Analysis.....	6
2.2.3 Atterberg's Limit test.....	8
2.4.4 การหา Fineness Modulus.....	10
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	12
3.1 ขั้นตอนการทำงาน.....	12
3.2 วัสดุและส่วนผสม.....	12
3.3 วิธีการหาค่าการหดตัวของดิน.....	13
3.3.1 วิธีการหาค่าการหดตัวของดินเชิงปริมาตร.....	13
3.3.2 วิธีการหาค่าการหดตัวของดินเชิงความยาว.....	14
3.4 แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล.....	16
4.1 สํารวจคุณสมบัติของตัวอย่างดินและจํานวนการทดสอบ.....	16
4.2 วิเคราะห์ผลการศึกษา Linear Shrinkage.....	16
4.3 วิเคราะห์ผลการศึกษา Volume Shrinkage.....	19
4.4 การวิเคราะห์ราคาทรายและอัตราการผลิต.....	21
4.5 การทำตัวอย่างอิฐดินดิบ.....	21
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	24
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	24
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	24
5.3 เสนอวิธีการก่อสร้าง.....	25
เอกสารอ้างอิง.....	26
ภาคผนวก ก. ผลการทดลอง Atterberg's Limit ของดิน ทรายถม และทรายฉาบ.....	27
ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง Linear Shrinkage ของดินธรรมชาติ และดินผสมทรายถม และทรายฉาบ เปอร์เซ็นต์ทราย 40-55%.....	34
ภาคผนวก ค. ตารางการคำนวณราคา และกราฟความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การหัดตัวเชิง ปริมาตรและราคาวัสดุกับกับเปอร์เซ็นต์ทราย.....	44
ภาคผนวก ง. ตารางการหัดตัวเชิงปริมาตร กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการหัดตัวเชิง ปริมาตรกับเปอร์เซ็นต์ทราย และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการหัดตัวตามยาวกับ เปอร์เซ็นต์ทราย.....	46

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	ขั้นตอนการทำงานและเวลาที่ใช้.....	12
3.2	จำนวนชิ้นตัวอย่างและการทดสอบ.....	13
4.1	คุณสมบัติของตัวอย่างดินก่อนนำมาผสม.....	16
4.2	แสดงผลการทดลอง Linear Shrinkage.....	17
4.3	ผลการทดสอบ Volume Shrinkage.....	20
4.4	ราคาทรายจากร้านขายอุปกรณ์ก่อสร้างทั่วไป.....	21
4.5	คำนวณทรายที่ใส่เพิ่ม.....	21



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างรอยแตกที่เกิดกับผิวของอิฐดินดิบ.....	3
2.2 ตัวอย่างรอยแตกบ้านดินที่เกิดขึ้นในอาคาร.....	4
2.3 ตัวอย่างอิฐดินเปียก.....	5
2.4 ตัวอย่างอิฐดินที่แห้งสนิท.....	6
2.5 ตัวอย่างSieve ขนาดต่างๆ.....	8
2.6 ตัวอย่างกราฟของ Grain Size Analysis	8
4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการหดตัวเชิงความยาวจากทรายทั้งสองชนิด.....	18
4.2 ตัวอย่างกราฟแสดงการหดตัวของตัวอย่างดินเดิมที่มีอัตราส่วนทราย36.....	18
4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการหดตัวเชิงปริมาตรจากทรายทั้งสองชนิด.....	19
4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการหดตัวเชิงปริมาตรจากทรายทั้งสองชนิดและราคา ทรายที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนทราย.....	22
4.5 ตัวอย่างอิฐดินดิบที่อัตราส่วนทรายร้อยละ 50.....	23
4.6 ตัวอย่างอิฐดินดิบที่อัตราส่วนทรายร้อยละ 40.....	23

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนั้นผลกระทบจากสภาวะเรือนกระจกหรือโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ และทุกสิ่งทุกอย่างบนโลก ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นนี้ก็เกิดเนื่องมาจากมนุษย์ได้ใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติ และพลังงานอย่างมาก โดยเฉพาะการก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัย ดังจะเห็นได้จากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เมื่อผลิตปูนซีเมนต์ออกมา 1 ตัน ก็จะมีผลปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 1 ตัน เช่นกัน ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมลพิษตามมา จึงทำให้หลายภาคส่วนหันกลับมาสนใจและพยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีที่หลากหลาย เช่น การปลูกป่าทดแทน การใช้พลังงานที่สะอาด ลดการใช้พลังงานจากปิโตรเลียมและถ่านหิน และการนำของเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมนำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

อิฐที่ยังไม่เข้าสู่กระบวนการเผา หล่อขึ้นรูปด้วยวิธีต่างๆ ให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ทำให้แข็งตัว เป็นก้อนด้วยวิธีตากแห้งพึ่งแดด และเป็นวัสดุก่อสร้างที่เก่าแก่ถูกนำมาใช้งานตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อิฐดินดิบหรืออิฐดินเหนียวจะถูกนำไปใช้อย่างมากในการก่อสร้างที่อยู่อาศัยที่ใช้ต้นทุนในการก่อสร้างต่ำ เช่น การสร้างบ้านดิน เป็นการใช้วัสดุจากธรรมชาติมาสร้างเป็นที่อยู่อาศัย ซึ่งมีปรากฏพบทั้งในประเทศไทยหลากหลายจังหวัดและในต่างประเทศอิฐดินดิบจึงเป็นตัวเลือกที่ดีในการช่วยประหยัดทรัพยากรในการก่อสร้างอีกด้วยจึงเป็นเหตุผลว่าทำไมอัตราส่วนของอิฐดินดิบที่ใช้มีผลกระทบต่อความแข็งแรงและความทนทาน ด้วยเหตุนี้เราจึงศึกษาถึงปัญหาในด้านของการแตกตัวของอิฐดินดิบที่มีผลต่อความทนทานเพื่อนำไปใช้ในการคัดเลือกอัตราส่วนผสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่างดินเม็ดละเอียดกับทรายอิฐดินดิบที่ใช้สร้างบ้านดินที่เหมาะสมและสามารถไปใช้ได้จริง

1.2.2 เพื่อศึกษาหาอัตราการหดตัวของตัวอย่างอิฐดินดิบในส่วนผสมต่างๆเปรียบเทียบกับและหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สามารถใช้ได้จริง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาโครงการวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตของงานวิจัย ประกอบด้วยดังนี้

1.3.1 การศึกษานี้ใช้ตัวอย่างดินจาก อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี

1.3.2 ทรายที่ใช้เป็นทรายก่อและทรายถมในพื้นที่ อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานีและพื้นที่ใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 การศึกษาการหดตัวเชิงปริมาตรเป็นการศึกษาแบบเชิงเส้น

1.3.4 น้ำที่ใช้ผสม ใช้น้ำประปาภายในเขตสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1. ศึกษาหาคุณสมบัติของดินเดิมได้แก่พิกัดเหลว ,พิกัดพลาสติก ,อัตราส่วนทรายของดินเดิม และขนาดเม็ดดิน

1.4.2.ผสมดินในอัตราส่วนทรายต่างๆเพื่อทำตัวอย่างดินแล้วนำมาทดสอบการหดตัวเชิงปริมาตรและการหดตัวโดยความยาว

1.4.3.บันทึกผลการทดลอง เปรียบเทียบแผนภูมิเพื่อหาอัตราส่วนดินต่อทรายที่ดีที่สุดที่สามารถใช้ได้จริง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1.สามารถไปใช้ในงานก่อสร้างบ้านดินได้โดยเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่จะเกิดการหดตัวเนื่องจากเวลาที่ผ่านไปด้วยค่าที่น้อยที่สุด

1.5.2.สามารถนำอัตราส่วนผสมของทรายไปใช้ผสมเพิ่มในดินที่ใช้ทำอิฐดินดิบ

บทที่ 2

ปรัทัศนัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

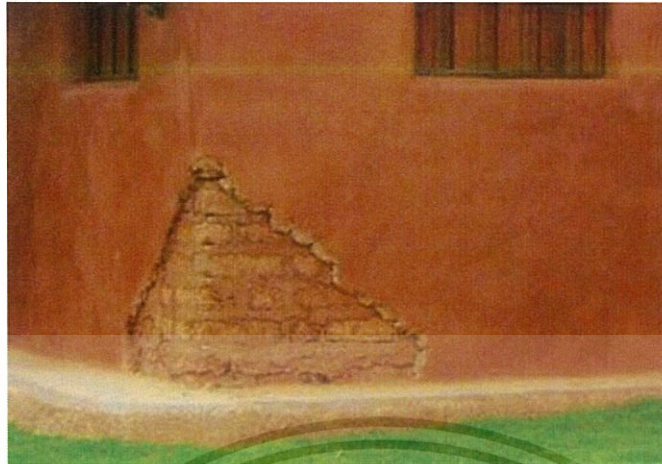
เนื่องจากการจะทำอิฐดินดิบ ในแต่ละพื้นที่ซึ่งดินหรือชนิดของดินที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการนำตัวอย่างดินในพื้นที่นั้นๆ มาทำการทดสอบทางปรัทัศนัศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ และ เพื่อค้นหาสัดส่วนในการผสมที่ดีที่สุดเพื่อลดการหดตัวของอิฐดินดิบดังแสดงในรูปที่ 2.1

2.1.1 ประวัติบ้านดินในประเทศไทย

ดินอยู่คู่กับมนุษยชาติมาเป็นเวลานานหลายพันปี เราใช้ประโยชน์จากดินมากมาย ทั้งบนพื้นดินและใต้พื้นดิน เช่น เป็นแหล่งอาหารของพืช ต้นไม้ต่างๆ เป็นที่ตั้งชุมชน บ้านเรือน เป็นที่อยู่อาศัยของสรรพชีวิตบนโลกใบนี้บ้านธรรมชาติ เป็นเทคโนโลยีแรกๆ ของการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย นับตั้งแต่มนุษย์ขยับตัวออกจากถ้ำ จากใต้ต้นไม้ อาศัยทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น สร้างอย่างง่ายๆเป็นที่พักเพื่อหลบแดด หลบฝนป้องกันภัยจากสัตว์ร้ายต่างๆ บ้านดิน เป็นส่วนหนึ่งของบ้านธรรมชาติ แต่เนื่องจากใช้ดินเป็นส่วนประกอบในการก่อสร้างคนส่วนใหญ่จึงชอบเรียกว่า "บ้านดิน" บ้านดินไม่ใช่เรื่องใหม่ของสังคมไทย มีคนหลายกลุ่มที่อาศัยและเคยอาศัยอยู่ แม้ว่าเวลาจะผ่านไปนับหลายสิบปี บ้านดินยังคงอยู่และมีให้เห็นอยู่ทั่วไป แต่รอยแตกสามารถเกิดได้ในบ้านดิน ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างรอยแตกที่เกิดกับผิวของอิฐดินดิบ



รูปที่2.2 ตัวอย่างรอยแตกบ้านดินที่เกิดขึ้นในอาคาร

อิฐดินดิบ (Adobe Brick) หรือบล็อกดินที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนหรือเผาตนเอง ซึ่งเมื่อนำมาสร้างบ้านหมายถึงว่า อิฐประเภทนี้กลัวน้ำ

ขนาดของอิฐดินดิบที่ผมทำก็คือ กว้าง 8 นิ้ว x ยาว 16 นิ้ว x หนา 4 นิ้ว ครับ ซึ่งเป็นขนาดที่มาตรฐานมาก อาจจะทำให้ใหญ่หรือเล็กกว่านี้ก็ได้ แต่เวลาที่ต้องคำนึงเรื่องน้ำหนักเวลายกด้วย ส่วนประกอบของอิฐดินดิบ

1. ดิน

ดินที่ผมเคยทำบ้านที่ผ่านมา ทำบ้านอยู่บนดอย ใน อ.เวียงแหง จ.เชียงใหม่ ซึ่งดินมีลักษณะสีแดงค่อนข้างเหนียวสากนิดเมื่อถูกน้ำ ดินที่เหมาะสมแก่การทำบล็อกดินคือ ดินที่ลึกลงจากผิวดินลงไปประมาณ 10-20 ซม. และเป็นดินที่ไม่เคยถูกใช้งานมาก่อน

ดินอีกที่ที่ผมเคยทำก้อนดินแล้วมีคุณภาพดีคือ ดินที่บ้านผม (สนม สุรินทร์) เป็นดินจากทุ่งนา อยู่ถัดไปจากชั้นหน้าดิน มีลักษณะสีเหลือง ว่าง่ายๆก็คือ เป็นดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวผสมดินทราย แต่ไม่ใช่ที่มีทรายเยอะกว่าดินเหนียววิธีทดสอบว่าใช้ได้ไม่ได้ก็คือ ขุดเอาดินมาแล้วผสมน้ำ ลองกำแล้วนวดๆดู ถ้ามันเหนียวถือว่าใช้ได้แล้ว

2. เส้นใย

ส่วนประกอบนี้ถ้าให้ผมเปรียบเทียบ มันก็ไม่ต่างกับ เหล็กเส้น หรือ ไม้ไผ่สาน ในงานปูนเพื่อยึดดินไว้ด้วยกัน แต่ว่า เส้นใยในอิฐดินดิบมีคุณสมบัติมากกว่านั้น ในความคิดเห็นของผม รู้สึกว่า เส้นใยจะช่วยทำให้ดินชั้นขึ้นและผสมง่ายขึ้น แถมยังช่วยให้แรงดึงในก้อนดินมีความสมดุลอีกด้วย เส้นใยที่ผมใช้ คือ แกลบ เหตุผลลง่ายๆที่ใช้คือ หาง่าย เวลาทำก็ง่าย แต่ใครจะใช้ของอื่นก็ได้เช่น ฟางสับ หญ้าสับ ขี้เลื่อย เป็นต้น

3. น้ำ

น้ำก็ขอให้เป็นน้ำธรรมชาติก็พอ และอย่าให้มีสารเคมี เพราะเวลาผสมหรือย่ำดินอาจจะซึมเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังหรือทางแผลได้ ตัวอย่างอิฐดินเปียกแสดงในรูปที่ 2.3

วิธีทำอิฐดินดิบ

1. ชุบน้ำโคลนๆไปผสมปูน แต่เอาไว้มอดดิน
2. นำดินที่เตรียมจะทำบล็อกดิน ลงแช่ในบ่อกับน้ำ เพื่อให้น้ำซึมเข้าเนื้อดิน ง่ายต่อการย่ำดินให้เข้ากัน
3. พอดินเข้ากะน้ำพอประมาณก็เติมแกลบ แล้วเหยียบจนกว่าจะรู้สึกเข้ากันทั่วและเหนียวพอเหมาะ
4. เมื่อเข้ากันแล้วก็ตักไปใส่แม่พิมพ์ให้เต็ม แล้วก็ปาดหน้าให้เรียบ (ไม่ต้องเรียบมากยังงี้ก็ต้องเอาก่อนอยู่แล้ว) แล้วก็ยกออก ก็ได้ดินเป็นก้อนแล้ว เราจะรู้ได้ไงว่าดินจะไหม้และ หรือ เหลว ขนาดไหน คู่ แต่ว่าถ้าตักใส่แม่พิมพ์แล้ว มันไม่แฉะออกด้านข้าง ลักษณะอิฐดินเปียกดังแสดงในรูปที่ 2.3
5. หลังจากนั้นตากไว้สัก 2-3 วัน พอดินแข็งตัว แล้วก็พลิกซ้ายขวา ตั้ง ก็ได้ ดินจะได้แห้งเร็วๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.4
6. จากนั้นก็นำไปเก็บให้ดิน

คุณสมบัติของอิฐดินดิบ

1. เป็นมิตรกับธรรมชาติ
2. ไม่หวั่นไหวต่อสภาพฤดูกาล กล่าวคือ ถ้าอยู่ในฤดูหนาวบ้านที่ทำจากบ้านดินก็จะอุ่น และถ้าอยู่ในฤดูร้อน อากาศในบ้านก็จะเย็น



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างอิฐดินเปียก



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างอิฐดินที่แห้งสนิท

2.2 การทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Soil Water Content : เป็นการวัดค่าความชื้น ของดินตัวอย่างที่นำกลับมาแล้ว เพื่อให้ช่วยในการทดสอบ ในข้ออื่นๆ โดยการนำตัวอย่างดินไปเข้าตู้อบ ซึ่งน้ำหนัก ทั้งก่อนและหลัง การอบโดย การคำนวณผลการทดสอบ แสดงในสมการ (2.1)

$$\text{ค่าความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักดินเปียก} - \text{น้ำหนักดินแห้ง}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100 \quad (2.1)$$

โดยมีอุปกรณ์ดังนี้

- 1.) การป้อนใส่ตัวอย่างดิน (Can)
- 2.) ตู้อบ (Drying oven)
- 3.) เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียด 0.01 กรัม

2.2.2 Grain Size Analysis (ASM D422) : เพื่อหาขนาดของเม็ดดินและความคละของ เม็ดดิน Sieve Analysis เป็นการวิเคราะห์ดินเม็ดหยาบโดยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ต่างๆ แต่วิธีนี้เป็น เพียงค่าประมาณเท่านั้น เพราะรูปร่างของเม็ดดินมีความแตกต่างกัน เป็นเหลี่ยมแหลมตามธรรมชาติ การคำนวณผลการทดสอบ แสดงในสมการ (2.2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรง} = \frac{\text{น้ำหนักดินที่ค้างบนแต่ละตะแกรง}}{\text{น้ำหนักดินทั้งหมด}} \times 100\% \quad (2.2)$$

$$\%F = \frac{G_s}{G_s - 1} \frac{R_c}{W_s} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (2.5)$$

C_u = สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ

C_c = สัมประสิทธิ์ความโค้ง

%F = เปอร์เซ็นต์ผ่าน Percent Finer ของเม็ดดิน

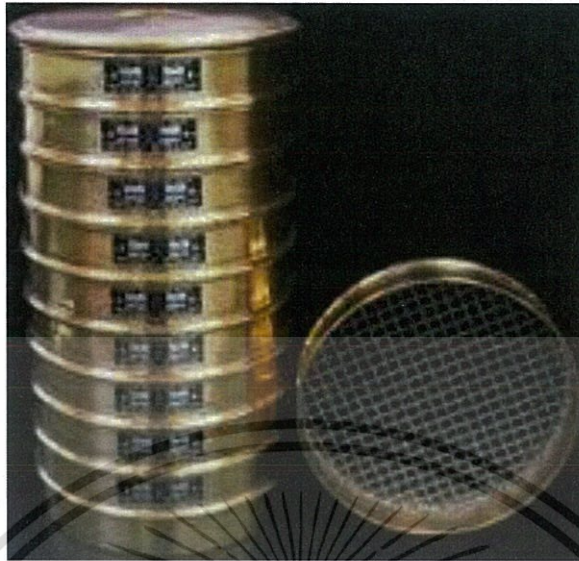
G_s = ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

W_s = น้ำหนักดินแห้ง ,g

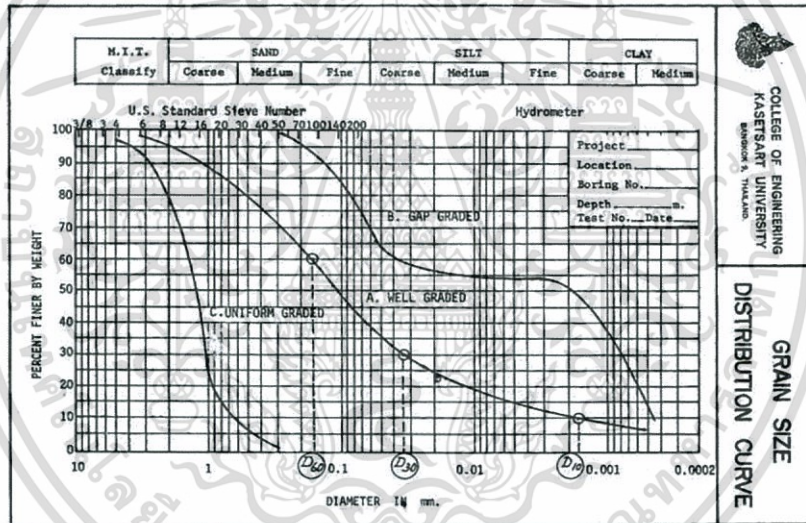
R_c = ค่าที่อ่านจากไฮโดรมิเตอร์ในน้ำโคลนหลังจากปรับแก้แล้ว

โดยมีอุปกรณ์ดังนี้

- 1.) ตะแกรงร่อนเบอร์ 3/8, 4, 8, 16, 30, 50, 100 (Sieves) แสดงในรูปที่ 2.5
- 2.) เครื่องเขย่าตัวอย่างดิน (Sieve Shaker)
- 3.) เครื่องชั่งอ่านละเอียด 0.01 กรัม (Fine Scales)
- 4.) ถาดใส่ตัวอย่างดิน (Mixing Pan)
- 5.) กล่องแบ่งตัวอย่างดิน (Sample Splitter)
- 6.) แปรงทำความสะอาดตะแกรง (Cleaning Brush)
- 7.) ค้อนยาง มือตักดิน (Soil Scoop)
- 8.) ตัวอย่างกราฟของ Grain Size Analysis แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 ตัวอย่าง Sieve ขนาดต่างๆ



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างกราฟของ Grain Size Analysis

2.2.3 Atterberg's Limit test (ASTM D4318), (ASTM D427): เพื่อหาค่าพิกัดเหลว

(Liquid Limit) พิกัดพลาสติก (Plastic Limit) พร้อมหาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับค่าพิกัดเหลว และ พิกัดพลาสติก แสดงในสมการ (2.6), (2.7) และ (2.8)

การคำนวณผลการทดสอบ

$$P.I. = L.L. - P.L. \text{ ดรรชนีความเหนียว (Plasticity Index)} \quad (2.6)$$

$$L.I. = \frac{W_n - P.L.}{P.I.} \text{ ดรรชนีความเหลว (Liquidity Index)} \quad (2.7)$$

$$W_L = W_n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad (2.8)$$

W_L = Liquid Limit

W_N = ค่า % water content ที่จำนวนการเคาะ N ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีอุปกรณ์ดังนี้

Liquid Limit

- 1.) เครื่องเคาะดิน (liquid Limit Device)
- 2.) มีปาดร่องดิน (Grooving Tool)
- 3.) มีดปาดดิน (Spatula)
- 4.) ถ้วยกระเบื้อง (Ceramic Bowl)
- 5.) ขวดฉีดน้ำ (Wash Bottle)

Plastic Limit

- 1.) เพลาลโลหะขนาด 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) ไว้เปรียบเทียบขนาดเส้นดินที่ปั้น
- 2.) แผ่นกระจกทรงสำหรับปั้นดิน (Watch Glass)
- 3.) ขวดฉีดน้ำ (Wash Bottle)

2.2.3.1 การหา shrinkage Limit โดยปริมาตร: เพื่อหาค่าการหดตัวโดยปริมาตร เปรียบเทียบกับอัตราส่วนทรายและแกลบในดินดิบ โดยวิธีการคำนวณแสดงดังสมการที่ (2.9), (2.10), (2.11), (2.12) และ (2.13) ตามลำดับ

การคำนวณผลการทดสอบ

$$\text{Shrinkage Limit} = (W_o - \Delta W)\% \quad (2.9)$$

$$W_o = \frac{(\text{น้ำหนักดินเปียก} + \text{ถ้วย}) - (\text{น้ำหนักดินแห้ง} + \text{ถ้วย})}{(\text{น้ำหนักดินแห้ง} + \text{ถ้วย}) - \text{น้ำหนักถ้วย}} \times 100\% \quad (2.10)$$

$$\Delta W = \frac{\text{ปริมาตรน้ำที่ลดลงของตัวอย่างหลังอบแห้ง} \times \rho_w}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100\% \quad (2.11)$$

$$\Delta V = \frac{\text{น้ำหนักปรอทในถ้วยหาพิกต์หดตัว} - \text{น้ำหนักปรอทที่มีปริมาตรเท่ากับดินแห้ง}}{\rho_m} \quad (2.12)$$

$$W_{SL} = W_o - \frac{(V_o - V_f)\rho_w \times 100}{W_s} \% \quad (2.13)$$

W_o = ความชื้นของตัวอย่างดินเปียก, %

ΔV = ปริมาตรน้ำ, cm^3

ΔW = ความชื้นเทียบเท่าปริมาตรน้ำที่ลดลง

ρ_m = ความหนาแน่นของปรอท = 13.53 g

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ g ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W_{SL} = shrinkage Limit

โดยมีอุปกรณ์ดังนี้

- 1.) กระป๋องเก็บตัวอย่าง (Bowls)
- 2.) ตะแกรงเบอร์40 (Sieve#40)
- 3.)ปรอท (Mercury)
- 4.) ถาดใส่ตัวอย่าง (Mixing Pan)
- 5.) เครื่องชั่งละเอียด (Fine Scales)
- 6.) เตาอบ (Oven)
- 7.) ถ้วยกระเบื้อง (Ceramic Bowl)
- 8.) จาระบี (Grease)
- 9.) ถ้วยหาพิกัดหดตัว (Shrinkage dish)
- 10.)ถ้วยแก้วใส (Glass Cup)
- 11.)แผ่นพลาสติก3ปุ่ม (Glass or plastic plate with three monel metal prongs)

2.2.3.2 การหา shrinkage Limit โดยความยาว:เพื่อหาค่าการหดตัวตามความยาว เปรียบเทียบกันแต่ละอัตราส่วนผสม

โดยอุปกรณ์มีดังนี้

- 1.) แบบหล่อทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- 2.) เครื่องวัดการหดตัว
- 3.) Dial Gauge
- 4.) ถังใส่ดิน
- 5.) ตะแกรงเบอร์ 200
- 6.) จาระบี
- 7.) ถ้วยกระเบื้องใช้ผสมดิน

2.2.4 การหา Fineness Modulus :เพื่อหาขนาดของมวลรวมคละของทราย

ทรายทั่วไปแบ่งเป็นทรายละเอียดมาก ทรายละเอียดและทรายหยาบ แต่ละชนิดมีค่าพิกัดความละเอียดแตกต่างกันดังนี้ การคำนวณหา Fineness Modulus ดังสมการที่ (2.14)

ทรายละเอียดมาก	ค่า F.M. = 0.50 – 1.50
ทรายละเอียด	ค่า F.M. = 1.50 – 2.50
ทรายหยาบ	ค่า F.M. = 2.50 – 3.50

การคำนวณผลการทดสอบ

$$(\text{Sand})F.M. = \frac{\text{Cumulative\%retained}}{100} \quad (2.14)$$

F.M. = Fineness Modulus

โดยอุปกรณ์มีดังนี้

- 1.) ตะแกรงมาตรฐาน(Sieve)
- 2.) เครื่องเขย่าตัวอย่างดิน (Sieve Shaker)
- 3.) ตาชั่งอ่านได้ละเอียด 0.01 กรัม
- 4.) ตู้อบ (Drying oven)



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานแสดงในตารางที่ 3.1 ประกอบด้วย การทบทวนข้อมูล และเขียนงานส่วนวรรณกรรมปริทัศน์ การเตรียมการทดลองในห้องปฏิบัติการ การไปภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่างดิน ณ อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี นำไปทดลอง ค่าต่าง ๆ อาทิ water content test, Atterberg's Limit, Grain Size Analysis, Sand Content, Volume Shrinkage และ Linear Shrinkage ทำการวิเคราะห์ผล เขียนรายงานและเตรียมเสนอผลงานการศึกษา

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานและช่วงเวลา

Progress	YEAR									
	2560					2561				
	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY
1. Review on the documentation of topic	→									
2. Literature Review	→									
3. Get soil sample		→								
4. On Site					→					
5. Preparation Equipment		→								
6. Test in Laboratory		→				→				
7. Analysis Result			→			→				
8. Write the Report			→			→				
9. Preparation the presentation to advisor					→			→		
10. Presentation				→				→		
11. Edit Report					→				→	

3.2 วัสดุและส่วนผสม

จำนวนชิ้นตัวอย่างและการทดสอบ แสดงในตารางที่ตารางที่ 3.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่

- 1.) ดินจาก อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี
- 2.) ทรายก่อ
- 3.) ทรายถม
- 4.) น้ำประปาสำหรับใช้ผสม
- 5.) จำนวนชิ้นตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการหดตัว ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนชิ้นตัวอย่างและการทดสอบ

รายการ	มาตรฐาน	จำนวนตัวอย่าง
Water content test	-	5
Atterberg's Limit	ASTM D4318, ASTM D428	5
Grain Size Analysis	ASTM D422	3
Sand Content	-	3
Volume Shrinkage	-	26
Linear Shrinkage	-	9

3.3. วิธีการหาค่าการหดตัวของดิน

3.3.1 วิธีการหาค่าการหดตัวของดินเชิงปริมาตร

การทดลองหาค่าพิกัดหดตัว (Shrinkage Limit)

- นำตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรง No. 40 ประมาณ 50 – 100 กรัม (เป็นตัวอย่างดินที่แบ่งมาจาก การทดสอบหาค่าพิกัดเหลวและพิกัดพลาสติก) มาผสมกับน้ำและคนให้เข้ากันจนค่าปริมาณความชื้นของดินเกินค่าพิกัดเหลว
- นำวาสลินหรือน้ำมันเครื่องทาบาง ๆ ภายในถ้วยเหล็กสำหรับหาพิกัดหดตัว (Shrinkage dish) เพื่อป้องกันไม่ให้ดินติดกับถ้วยเหล็กหลัง ดินแห้ง แล้ว จากนั้นนำถ้วยเหล็กที่ทาวาสลินหรือน้ำมันเครื่องแล้วไปชั่งน้ำหนัก
- ใส่ดินที่ผสมน้ำจนมีลักษณะเป็นครีมจากข้อ 1 ลงใน Shrinkage dish โดยต้องใส่ดินทีละชั้น (ทั้งหมด 3 ชั้น) เมื่อใส่ดินลงในแต่ละชั้นให้เคาะ Shrinkage dish เบา ๆ กับพื้นเพื่อไล่ฟองอากาศ
ภายในดินออก เมื่อใส่ดินครบ 3 ชั้นจนเต็ม Shrinkage dish แล้ว ให้ใช้มีดปาด (Spatula) ปาดดินส่วนที่เกินออกให้เรียบเสมอกับปากขอบถ้วย จากนั้นนำ Shrinkage dish ไปชั่งพร้อมกับดินเปียกที่อยู่ข้างในถ้วย
- ปล่อยให้ Shrinkage dish ไว้ในดินในถ้วยแห้งตัว (สังเกตได้จากสีของผิว หน้าดินจะซีดจาง) ภายใต้อุณหภูมิห้อง 4 – 6 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้ผิวหน้าดินแตกซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำในดินเร็วเกินไป จากนั้นนำ Shrinkage dish เข้าตู้อบเป็นเวลา 12 – 18 ชั่วโมง
- นำ Shrinkage dish พร้อมก้อนดินแห้งออกจากตู้อบ ไปชั่งน้ำหนัก

6. หาปริมาตรของ Shrinkage dish (ปริมาตรของดินเปียก) โดยนำก้อนดินแห้งออกจากถ้วย จากนั้นนำ Shrinkage dish วางลงบนถาด (เพื่อเก็บปรอทส่วนที่ล้นออกได้ง่าย) ใส่ปรอทลงใน ถ้วย Shrinkage dish จนเต็ม ใช้แผ่นกระจกกลมกดลงบนขอบถ้วย Shrinkage dish เพื่อให้ ปรอทส่วนเกินล้นออกมา นำถ้วย Shrinkage dish ที่มีปรอทอยู่เต็มพอดีไปชั่งน้ำหนัก จากนั้น เทปรอททั้งหมดออกเก็บลงขวดบรรจุ ชั่งน้ำหนัก Shrinkage dish เปล่าอีกครั้งหนึ่ง เพื่อจะได้สามารถหาน้ำหนักปรอทในถ้วย Shrinkage dish และเปลี่ยนน้ำหนักปรอทในถ้วย Shrinkage dish เป็นปริมาตรของถ้วย Shrinkage dish โดยการหารน้ำหนักปรอทด้วย ความหนาแน่นปรอท ($\text{Mercury} = 13.53 \text{ g/cm}^3$)
7. หาปริมาตรของก้อนดินแห้ง โดยการเติมปรอทลงในถ้วยแก้วหาปริมาตร (Volume dish) ที่วางอยู่บนถาด (เพื่อเก็บปรอทส่วนที่ล้นออกได้ง่าย) จากนั้นเอาแผ่นกระจกกลมกดลงบนขอบถ้วยแก้วหาปริมาตรเพื่อให้ปรอทส่วนเกินล้นออกมา นำถ้วยแก้วหาปริมาตรที่มีปรอทอยู่เต็มพอดีไปชั่งน้ำหนักและนำมาวางลงบนถาดดังเดิม ต่อจากนั้นเอาก้อนดินแห้งวางลงบนถ้วยแก้วหาปริมาตรที่มีปรอทเต็มพอดี ใช้แผ่นกระจก 3 ปุ่ม

3.3.2 วิธีการหาค่าการหดตัวเชิงความยาว

1. นำตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ประมาณ 1000 กรัม นำผสมกับน้ำและคนให้เข้ากัน
2. นำน้ำมันหรือจาระบีทาบางๆ ภายในแบบหล่อเพื่อป้องกันไม่ให้ดินติดกับแบบหล่อหลังดินแห้งแล้ว
3. ใส่ดินที่ผสมน้ำที่เราเตรียมไว้จากข้อ 1 ลงในแบบหล่อ โดยจะต้องค่อยๆ ใส่น้ำดินลงไปทีละชั้น เมื่อใส่น้ำดินลงไปในแต่ละชั้นก็ทำการเคาะแบบหล่อเบาๆ กับพื้นเพื่อไล่อากาศภายในดินออก เมื่อใส่น้ำดินจนเต็มแบบให้ใช้มีดปาด (spatula) ปาดดินส่วนที่เกินออกให้เสมอแบบหล่อ หลังจากนั้นวัดความยาวของตัวอย่างดินในแบบหล่อ
4. ปลอ่ยแบบหล่อทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เพื่อให้ดินเกิดการแห้งตัวและแข็งตัว เพื่อจะได้สามารถถอดแบบออกมาได้

5. แกะดินออกจากแบบหล่อและวัดระยะการหดตัวของดินตัวอย่างทั้งแนวกว้างและแนวยาว แล้วนำถุงพลาสติกพันรอบแบบตัวอย่างดิน เพื่อป้องกันการสูญเสียของน้ำในตัวอย่างดิน
6. นำตัวอย่างดินไปใส่เครื่องหาการหดตัว (Fresh mortar concrete) โดยมีเกรซเป็นตัววัดระยะการหดตัว ทำการบันทึกค่าการหดตัวทุกๆ 1 วัน และนำค่าที่ได้มาวาดกราฟระหว่างวันกับระยะ

3.4 แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดสอบนำมาพล็อตกราฟทำให้ทราบแนวโน้มการหดตัวกับปริมาณทรายที่ผสมในดินที่เป็นตัวอย่างของอิฐดินดิบ รวมทั้งแสดงตารางและกราฟเปรียบเทียบราคาวัสดุเมื่อพ.ศ.2560



บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

4.1 สํารวจคุณสมบัติของตัวอย่างดินและจํานวนการทดสอบ

จากการสํารวจสภาพงานก่อสร้างอิฐดินดิบที่อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ทางกลุ่มของพวกเราจึงได้นำตัวอย่างดินจากจังหวัดอุทัยธานีมาทำการทดลองทางปฐพีกลศาสตร์และตรวจสอบคุณสมบัติต่างๆทางวิศวกรรม แล้วจึงนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาส่วนผสมที่เหมาะสมต่อไป

จากการวิเคราะห์หา water content จาก 5 ตัวอย่าง จะได้ค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละ 32.968 ดินเดิม ทรายฉาบ และทรายถม จัดอยู่ในประเภทการกระจายตัวแบบ well grade ทั้งหมด ดินเดิมมีการตรวจสอบปริมาณทรายภายในดิน Sand content เฉลี่ย 36.04 เปอร์เซ็นต์ และดินจัดอยู่ในประเภท SC (Silty clay with sand) แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของตัวอย่างดินก่อนนำมาผสม

Sample	1	2	3	4	5
Water content	29.81	32.94	33.15	32.62	36.32
Liquid limit	29.81-36.32				
Plastic limit	9.73-16.99				
Plasticity Index	19.33				

4.2 วิเคราะห์ผลการศึกษา Linear Shrinkage

การทดลองที่ใช้เป็นการทดลองของการหาการหดตัวของ Fresh mortar concrete นำมาประยุกต์ใช้ แสดงในตารางที่ 4.2

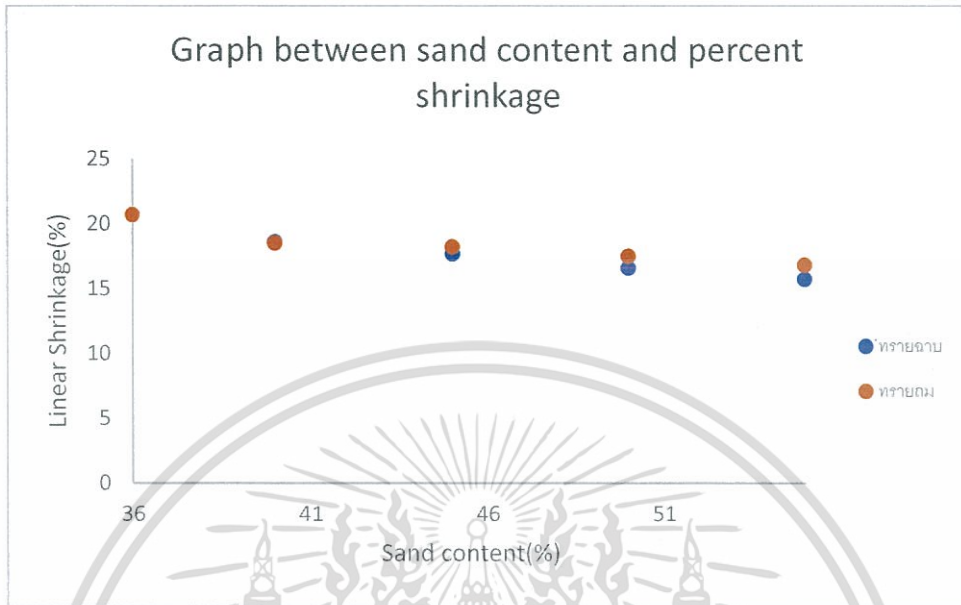
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลอง Linear Shrinkage

Type	Percent sand	Primary Shrinkage (%)	Shrinkage (%)	Total (%)
Original	36	14.12	6.607	20.727
Sand fill	40	13.83	4.715	18.545
	45	13.96	4.294	18.254
	50	13.51	4.015	17.525
	55	13.55	3.297	16.847
Fine sand	40	12.66	5.974	18.634
	45	11.84	5.864	17.704
	50	12.14	4.48	16.62
	55	12.78	2.962	15.742

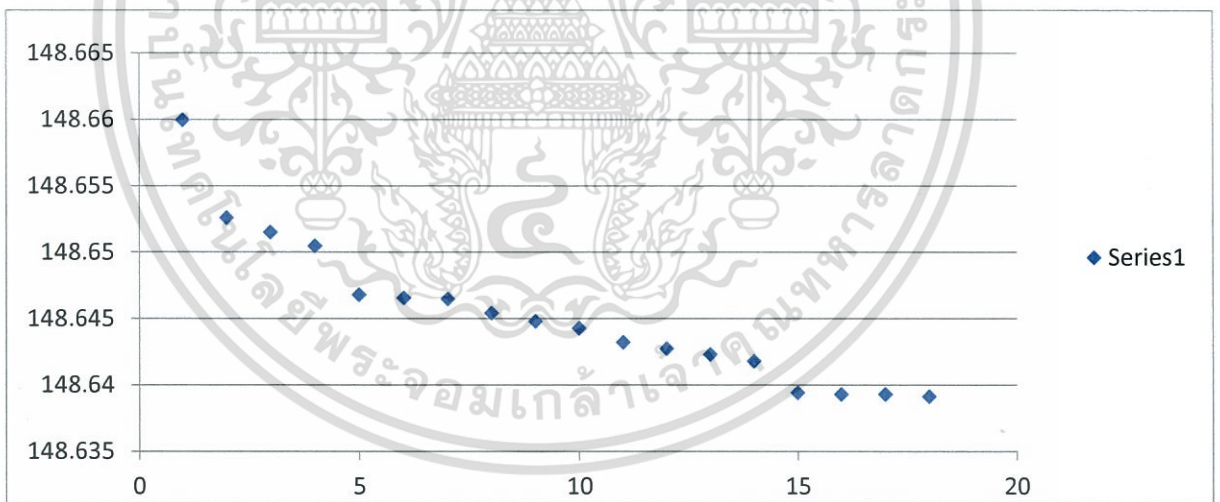
ผลการทดลอง Linear Shrinkage

จากการศึกษาพบว่าการหดตัวของความยาวมีความไม่เสถียรในแนวโน้ม แต่การหดตัวยังเป็นไปตามที่คาดการณ์เอาไว้ เนื่องจาก อัตราการหดตัวที่ลดลง โดยดินเดิมเมื่อนำดินผสมน้ำเข้าแบบแล้วปล่อยให้ 7 วัน เกิดอัตราการหดตัวแรกเริ่มร้อยละ 14.12 และหลังจากทดลองวัดความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปทุกวัน จะได้อัตราการหดตัวร้อยละสะสม 6.607 เมื่อรวมทั้งหมดจะได้การหดตัวร้อยละ 20.727 และเมื่อวิเคราะห์จากตารางพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราส่วนทรายเป็นร้อยละ 40, 45, 50 และ 55 การหดตัวจะยิ่งลดลงดังตาราง และพบว่า ที่ทรายฉาบร้อยละ 55 จะมีการหดตัวที่น้อยที่สุดคือร้อยละ 15.772 ทรายทั้งสองชนิดให้ผลที่ไม่แตกต่างกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 แต่จะเห็นว่าวิธีการทดสอบการหดตัวของความยาวจะมีความคลาดเคลื่อนสูงจึงไม่แนะนำให้ใช้วิธีนี้ในการทดสอบหาอัตราการหดตัว

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวเชิงความยาวกับอัตราส่วนทราย



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการหดตัวเชิงความยาวจากทรายทั้งสองชนิด



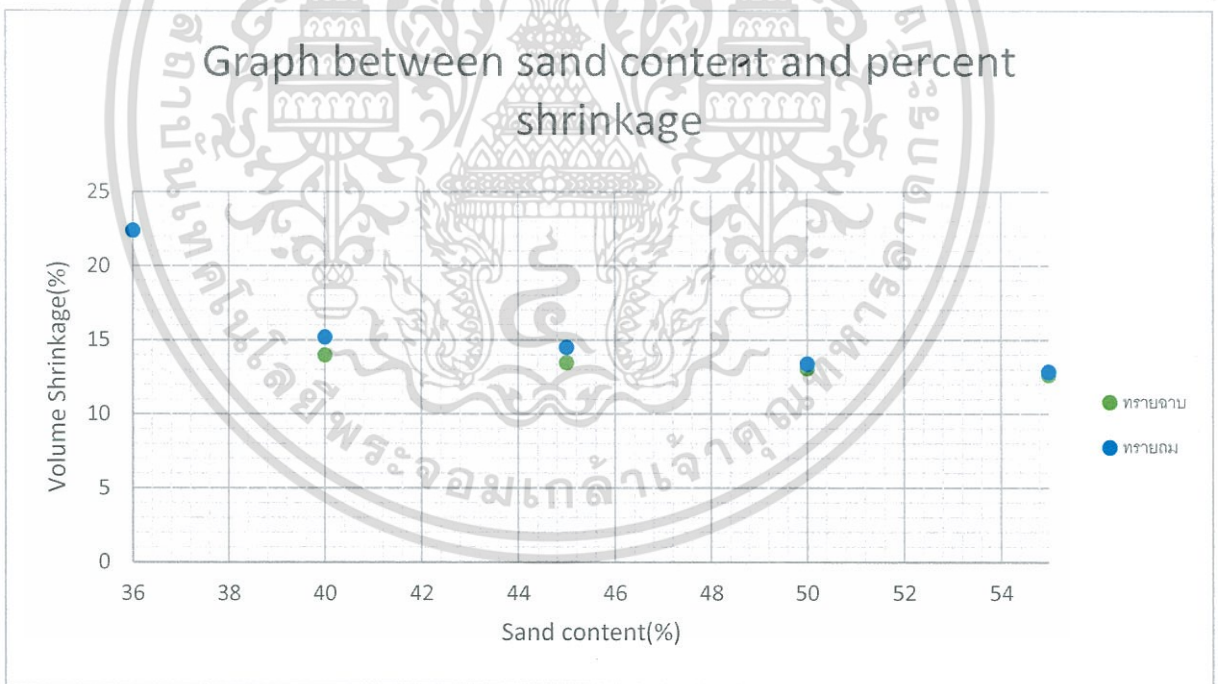
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างกราฟแสดงการหดตัวของตัวอย่างดินเดิมที่มีอัตราส่วนทราย36

4.3 วิเคราะห์ผลจากการศึกษา Volume Shrinkage

ผลการทดลอง Volume Shrinkage

เมื่อทำการศึกษาการหดตัวเชิงปริมาตร การทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้ถ้วยวัดการหดตัว และปรอทจำนวน 2 ตัวอย่าง พบว่าดินเดิมดังกล่าวเกิดการหดตัวเฉลี่ยร้อยละ 22.403 จากนั้นทำการเพิ่มทรายทั้งสองประเภทในอัตราส่วนร้อยละ 40, 45, 50 และ 55 ตามลำดับ ตัวอย่างดินที่ผสมทรายฉาบจะเกิดการหดตัวลดลงเป็นร้อยละ 13.987, 13.472, 13.083 และ 12.647 ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างดินที่ผสมทรายถมจะเกิดการหดตัวลดลงเป็นร้อยละ 15.218, 14.516, 13.405 และ 12.783 ตามลำดับ จากการทดลองนี้จะเห็นว่าเมื่อทำการเพิ่มทรายไปในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ดินเกิดการหดตัวที่ลดลงอย่างชัดเจนและตัวอย่างดินที่ผสมทรายฉาบจะเกิดการหดตัวได้น้อยกว่าตัวอย่างดินที่ผสมทรายถมเพียงเล็กน้อย แสดงในรูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.3

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวเชิงปริมาตรกับอัตราส่วนทราย



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการหดตัวเชิงปริมาตรจากทรายทั้งสองชนิด

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบ Volume Shrinkage

Type	Sand content	Sample	Percent Shrinkage	Average
Original	36	1	21.76	22.403
		2	23.046	
Fine sand	40	1	13.629	13.987
		2	14.796	
		3	13.535	
	45	1	13.143	13.472
		2	13.266	
		3	14.007	
	50	1	13.948	13.083
		2	12.607	
		3	12.695	
	55	1	13.413	12.647
		2	11.907	
		3	12.621	
Sand fill	40	1	15.667	15.218
		2	14.217	
		3	15.771	
	45	1	15.049	14.516
		2	15.628	
		3	12.869	
	50	1	14.675	13.405
		2	13.171	
		3	12.371	
	55	1	12.707	12.873
		2	13.265	
		3	12.571	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์ราคาทรายและอัตราการผลิต

เมื่อคิดราคาทรายที่ใช้ในส่วนประกอบทำอิฐดินดิบขนาด 4''x8''x16'' จำนวน 1ตัน

จากการสำรวจราคาตามท้องตลาดพบว่าราคาทรายฉาบและทรายถมเป็นไปดังตารางที่ 4.4

จากนั้นทำการคำนวณทรายที่เติมเข้าไปเป็นไปดังตารางที่ 4.5

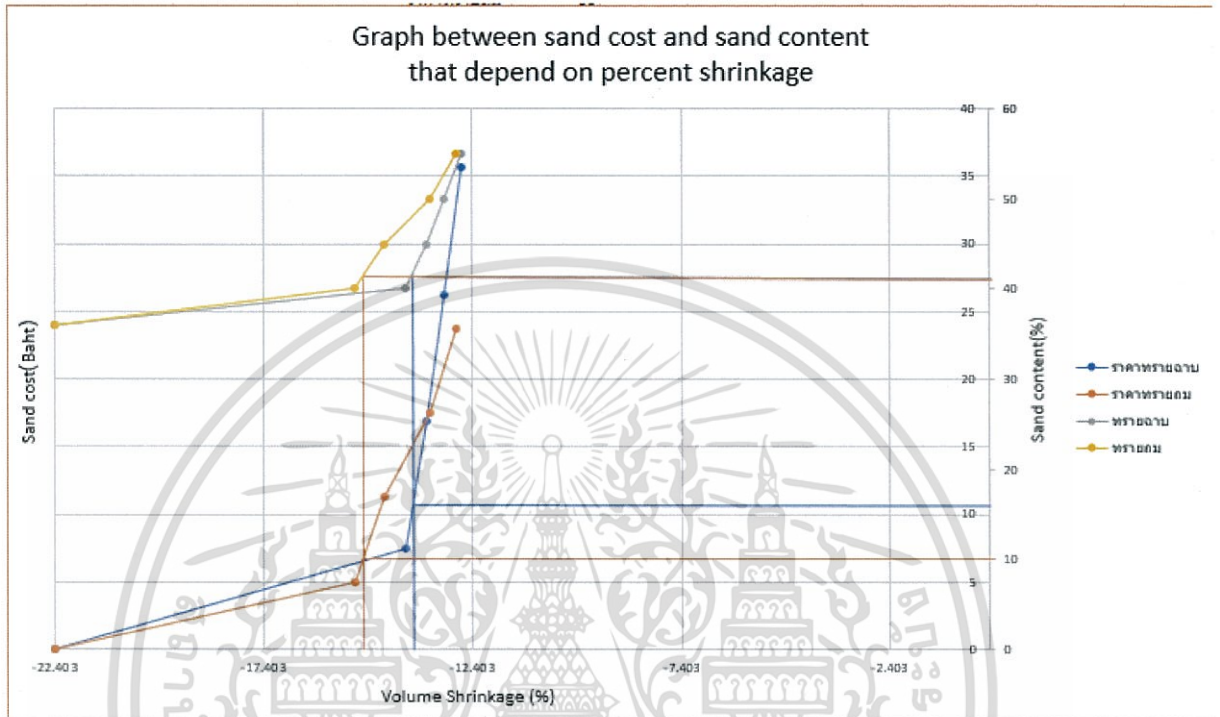
ตารางที่ 4.4 ราคาทรายจากร้านขายอุปกรณ์ก่อสร้างทั่วไป

ราคาทราย ฉาบ/ตัน	120บาท
ราคาทราย ถม/ตัน	80บาท

ตาราง 4.5 คำนวณทรายที่ใส่เพิ่ม

Percent Sand	ดิน (kg)	ทรายฉาบ (kg)	ทรายถม(kg)	ราคาทรายฉาบ (บาท)	ราคาทรายถม (บาท)
36	1000	0	0	0	0
40	937.5	62.5	62.5	7.5	5
45	859.375	140.625	140.625	16.875	11.25
50	781.25	218.75	218.75	26.25	17.5
55	703.125	296.875	296.875	35.625	23.75

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์ร้อยละการหดตัวมาเปรียบเทียบกับราคาทรายเพิ่มเติมจะได้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการหดตัวเชิงปริมาตรจากทรายทั้งสองชนิดและราคาทรายที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนทราย

จะเห็นว่า จากกราฟจะสามารถสรุปได้ว่า กราฟราคาทรายฉาบ กราฟเปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงปริมาตรและกราฟเปอร์เซ็นต์ทราย จากการวิเคราะห์กราฟทั้งสามจะมีค่าความเหมาะสมอยู่ที่เปอร์เซ็นต์ทรายฉาบที่ 42% เพราะว่า ณ.จุดดังกล่าวมีอัตราการเปลี่ยนแปลงการหดตัวที่น้อยที่สุดนั่นคือ อัตราส่วนการหดตัวที่ 15.10% และราคาทรายที่จะต้องซื้อเพิ่ม คือ 11 บาท ดังที่แสดงในรูปที่ 4.4

4.5 การทำตัวอย่างอิฐดินดิบ

เมื่อนำอัตราส่วนแต่ละส่วนไปทำอิฐดินดิบ โดยใช้แบบหล่อขนาด 4'x8'x16' ทำให้เห็นว่ดินดิบที่ผสมแล้วโดยใช้อัตราส่วนน้ำร้อยละ 30 เท่ากันทุกชิ้นจะมีความเหลวต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อเพิ่มทรายเกินร้อยละ 50 ไปแล้ว ดินดิบนั้นจะเหลวมากเกินไปจนไม่สามารถนำไปเข้าแบบหล่อได้ ต้องวางทิ้งไว้ 1 วัน จึงจะนำเข้าแบบหล่อได้ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์เป็นเพราะว่าอนุภาคดินเหนียวที่น้อยกว่า

อนุภาคทรายจะทำให้ไม่เกิดการเชื่อมประสานกันได้ ทำให้ดินดิบที่ออกมาที่มีความเหลวมากเกินไป แต่เมื่ออิฐดินแห้งสนิทแล้วเกิดรอยแตกร้าวน้อยอย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 4.5

จากการนำไปผ่านกระบวนการตากแห้งทำให้อิฐดินดิบนั้นมีลักษณะต่างกันไป บางชิ้นเกิดการแตกร้าวมากจนไม่สามารถใช้ได้ ทั้งนี้เกิดจากกระบวนการตากแห้งที่ปล่อยให้ น้ำในดินระเหยออกไปเร็วเกินไปจนทำให้เกิดรอยแตกร้าว ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างอิฐดินดิบที่อัตราส่วนทรายร้อยละ 50



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างอิฐดินดิบที่อัตราส่วนทรายร้อยละ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาตัวอย่างดินจากอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี พบว่าดินตัวอย่างเป็นดินเหนียวปนปนทราย โดยเมื่อนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาคุณสมบัติเชิงประจุฟิสิกศาสตร์ พบว่าดินดังกล่าวมีอัตราส่วนน้ำร้อยละ 32.968 และมีอัตราส่วนทรายปนอยู่ร้อยละ 36.04

เมื่อทำการศึกษาการหดตัวเชิงปริมาตรและการหดตัวเชิงความยาวแล้วการหดตัวในแต่ละวันนั้นมีการเปลี่ยนแปลงแบบไม่คงที่จึงสรุปได้ว่า การทดสอบโดยความยาวนั้นมีความคลาดเคลื่อนสูงจึงไม่เหมาะกับการนำมาใช้วิเคราะห์การหดตัว ในทางกลับกันการหดตัวเชิงปริมาตรมีผลการทดสอบมีมาตรฐานของเครื่องมืออยู่แล้วประกอบกับผลการทดลองนั้นตรงไปกับทฤษฎีจึงเหมาะสมกับการตัดสินใจเลือกใช้ที่สุด

จากการวิเคราะห์หน่วยราคาและอัตราการหดตัว จะเห็นได้ว่าทรายฉาบมีความเหมาะสมกับการที่จะเอามาทำอิฐดินดิบมากที่สุด เพราะเนื่องจากอัตราการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การหดตัวแตกต่างกันน้อยมาก แต่ราคาต่างกันเพียง 5 บาทต่อ 1 ตัน จึงเลือกใช้ทรายฉาบร้อยละ 42 ในการทำก้อนอิฐดินดิบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ดินนั้นเป็นวัสดุตามธรรมชาติหาได้ง่ายแต่ควบคุมได้ยาก ดังนั้นการกระทำใดๆหากต้องการควบคุมคุณภาพ จึงต้องทำอย่างระมัดระวังอย่างมาก และการผสมดินควรทำอย่างปราณีตเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

5.3 เสนอวิธีการก่อสร้าง

พื้นที่ก่อสร้างควรอยู่ห่างจากแม่น้ำหรือแหล่งน้ำพอสมควรและควรสร้างที่บังฝนเพื่อป้องกันน้ำที่จะซึมเข้าไปในตัวอิฐ ถึงแม้จะมีการฉาบด้วยวัสดุกันน้ำแล้วก็ตาม เพราะว่าหากน้ำซึมเข้าไปมากๆ เมื่อถึงเวลาที่น้ำระเหยจะเกิดการหดตัวและเกิดรอยแตกได้



เอกสารอ้างอิง

จิรัฐิติ บรรจงศิริและจักรี ตียะวงศ์สุวรรณ. (2546). การทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบที่ใช้ก่อสร้างบ้านดิน : เอกสารงานวิจัย. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์. กรุงเทพฯ.

สุรพงษ์ ดาราม. (2558). ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการก่อสร้างบ้านดินด้วยอิฐดินดิบ. รายงานการวิจัย. ภาควิชาการออกแบบและบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปราณบุรี.

สุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์ (Suttisak Soralump)¹ บรรพต กุลสุวรรณ (Bunpoat Kunsuwan)² วรกร ไม้เรียง (Warakorn Mairaing)³ อติชาติ สุรินทร์คำ (Adisat Surinkum)⁴. การพัฒนาฐานข้อมูลดินทางวิศวกรรมเพื่อสนับสนุนการพัฒนาและบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐาน : กรณีศึกษาพื้นที่ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะโครงสร้างชั้นดินเหนียวกรุงเทพ หรือที่ฝรั่งเรียกกันว่า Bangkok Clay : บริษัท ภุมิสยาม ซัพพลาย จำกัด เว็บไซต์ <http://www.bhumisiam.com/bangkok-clay/>


ประวัติบ้านดินในประเทศไทย : บ้านดินในโครงการพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ เว็บไซต์ <http://baandin-nec.blogspot.com/2009/10/blog-post.html?m=1>



ผลการทดลอง Atterberg's Limit ของดิน ทรายถม และทรายฉาบ

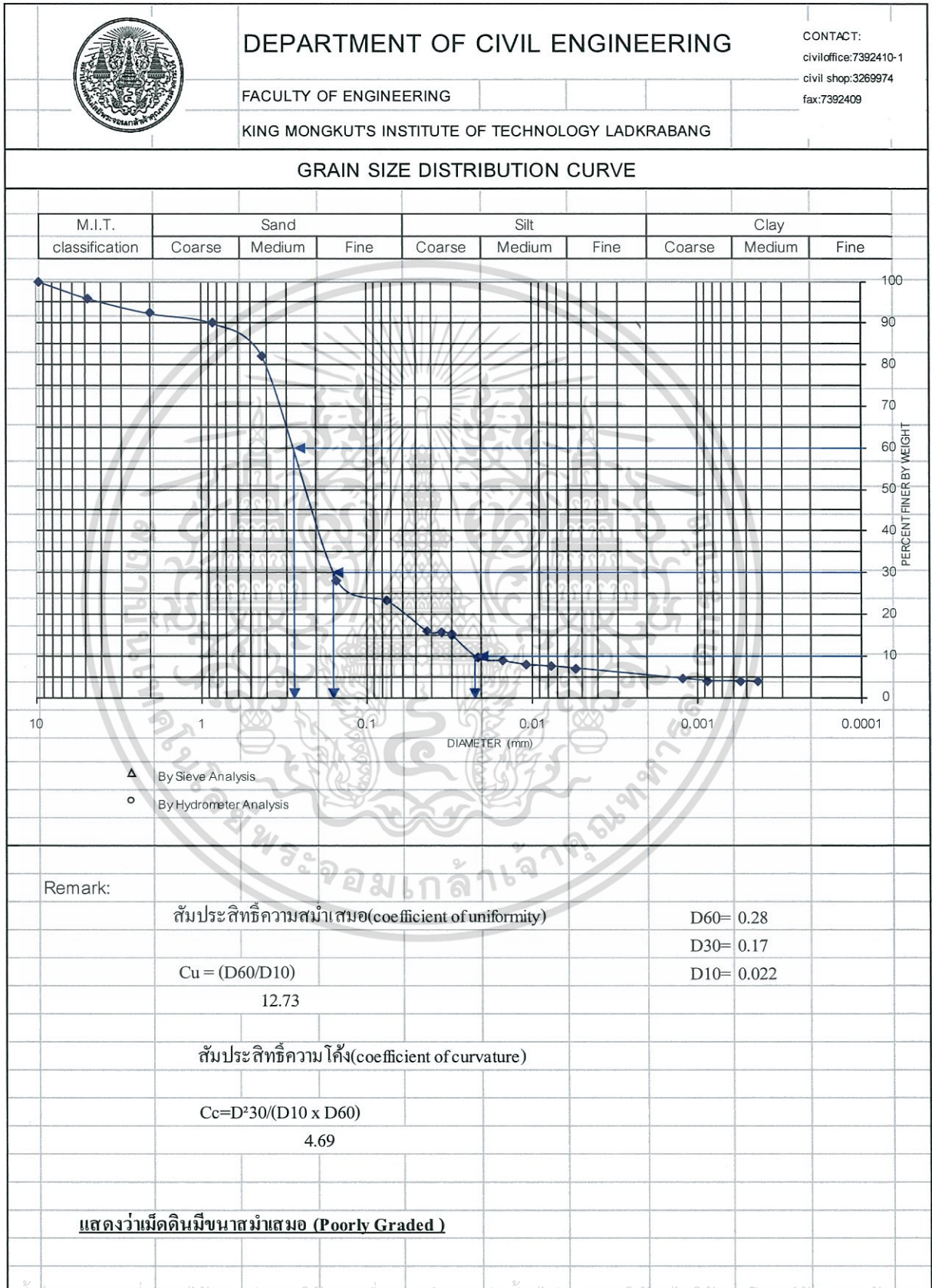
คุณสมบัติของตัวอย่างทรายฉาบ

Atterberg's Limit

		DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING				CONTACT:	
		FACULTY OF ENGINEERING				civiloffice:7392410-1	
		KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG				civil shop:3269974 fax:7392409	
SIEVE ANALYSIS							
PROJECT				OWNER			
LOCATION Uthaitanee				BORING NO			
SOIL DESCRIPTION				SAMPLE DEPTH			
TEST NO				SAMPLE NO			
TEST BY				DATE			
Specific Gravity of Soil,Gs		2.68		REMARK:			
Tray No.		ทรายฉาบ					
Weight of Tray ,g		220					
Weight of Tray + Dry Soil ,g		720					
Weight of Dry Soil ,g		500					
Sieves Standard		ASTM E-11					
Sieve No.	Sieve Opening mm	Weight of Sieve g	Weight of Sieve + Soil ,g	Weight of Soil Retained ,g	Cumulative Retained ,g	Cumulative Retained ,%	Percent Finer ,%
3.8	9.5	792.73	792.86	0.13	0.13	0.03	99.97
4	4.75	745.80	747.67	1.87	2.00	0.40	99.60
8	2.36	546.73	547.87	1.14	3.14	0.63	99.37
16	1.18	457.97	462.40	4.43	7.57	1.52	98.48
30	0.6	594.47	703.93	109.46	117.03	23.42	76.58
50	0.3	574.16	807.09	232.93	349.96	70.04	29.96
100	0.15	525.50	659.19	133.69	483.65	96.80	3.20
200.00	0.08	1225.85	1239.30	13.45	497.10	99.49	0.51
pan	0	319.37	321.92	2.55	499.65	100.00	0.00


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sieve analysis



คุณสมบัติของตัวอย่างทรายถม

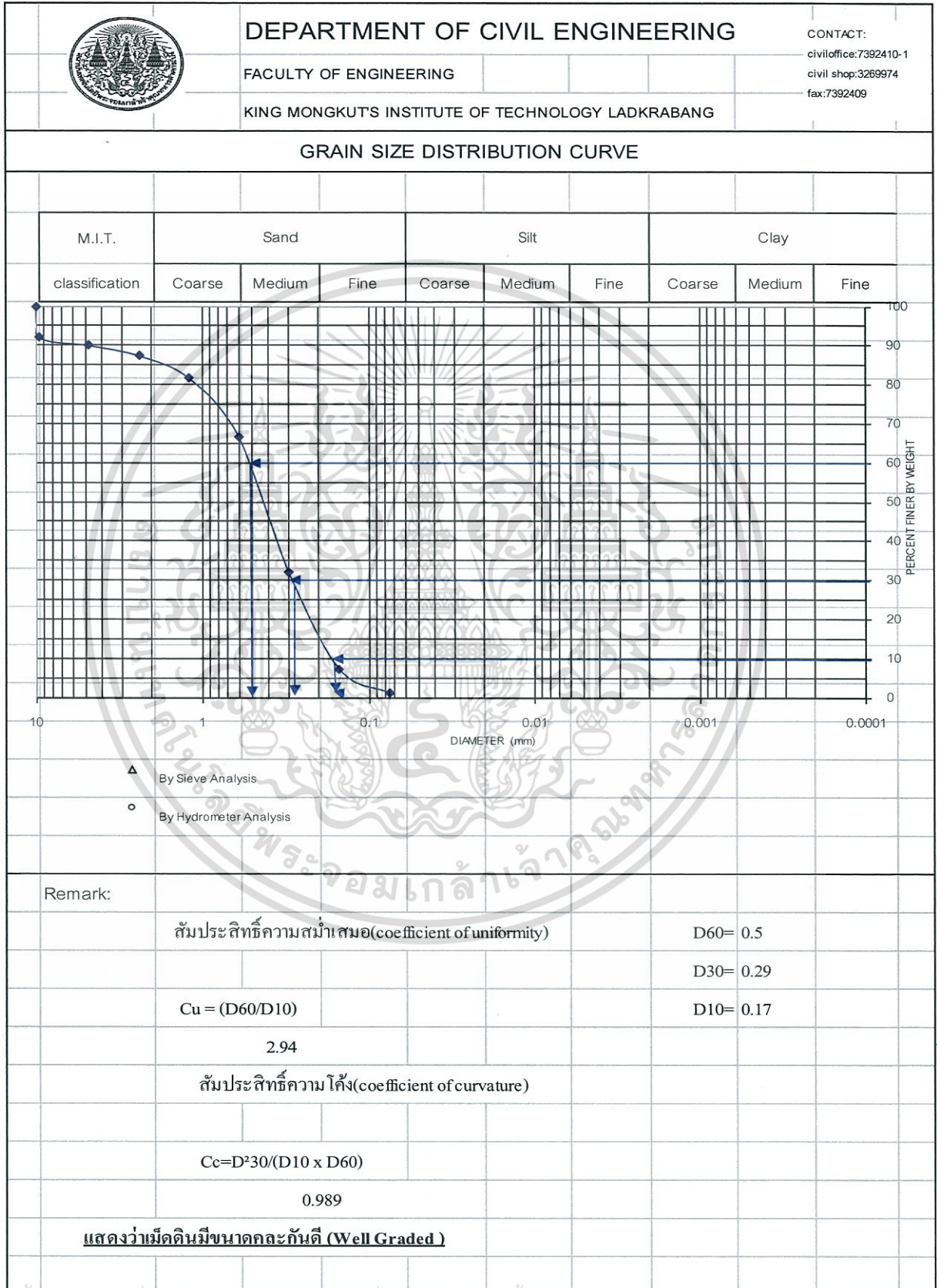
Atterberg's Limit

	DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING						CONTACT:	
	FACULTY OF ENGINEERING						civil office: 7392410-1	
	KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG						civil shop: 3269974 fax: 7392409	
SIEVE ANALYSIS								
PROJECT				OWNER				
LOCATION Uthaitance				BORING NO				
SOIL DESCRIPTION				SAMPLE DEPTH				
TEST NO				SAMPLE NO				
TEST BY				DATE				
Specific Gravity of Soil, Gs		2.68		REMARK:				
Tray No.		ทรายถม						
Weight of Tray .g		220						
Weight of Tray + Dry Soil .g		720						
Weight of Dry Soil .g		500						
Sieves Standard		ASTM E-11						
Sieve No.	Sieve Opening mm	Weight of Sieve g	Weight of Sieve + Soil .g	Weight of Soil Retained .g	Cumulative Retained .g	Cumulative Retained ,%	Percent Finer ,%	
3.8	9.5	792.72	832.55	39.83	39.83	7.96	92.04	
4	4.75	745.31	755.50	10.19	50.02	10.00	90.00	
8	2.36	545.19	558.33	13.14	63.16	12.63	87.37	
16	1.18	455.96	484.92	28.96	92.12	18.42	81.58	
30	0.6	592.95	667.98	75.03	167.15	33.42	66.58	
50	0.3	572.66	746.16	173.50	340.65	68.11	31.89	
100	0.15	524.95	648.61	123.66	464.31	92.83	7.17	
200.00	0.08	1225.85	1255.82	29.97	494.28	98.83	1.17	
pan		319.33	325.2	5.87	500.15	100.00	0.00	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า


ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sieve analysis



คุณสมบัติของตัวอย่างดิน

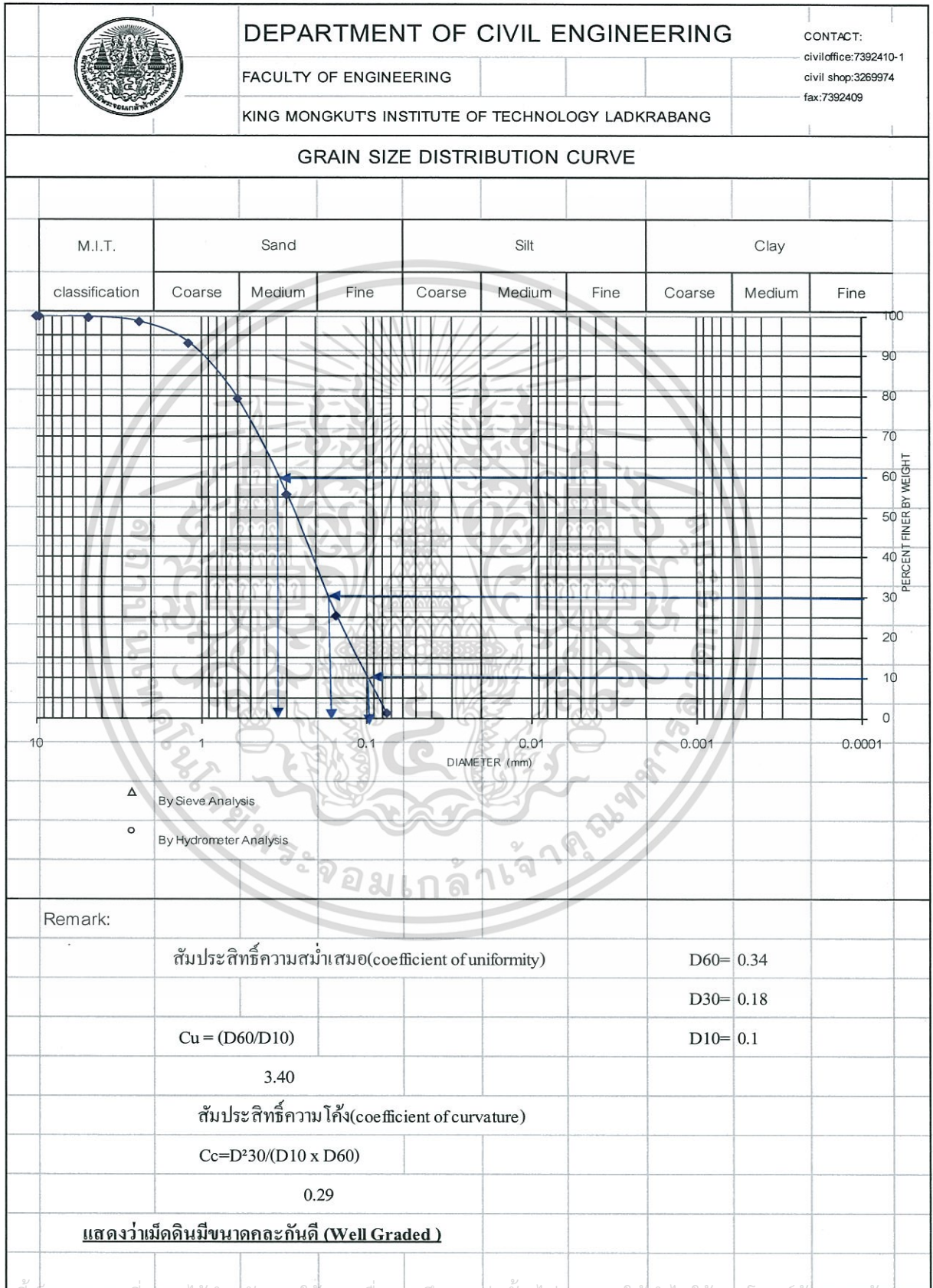
Atterberg's Limit

		DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING				CONTACT:	
		FACULTY OF ENGINEERING				civil office:7392410-1	
		KING MONGKUTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG				civil shop:3269974 fax:7392409	
SIEVE ANALYSIS							
PROJECT			OWNER				
LOCATION			Uthaitanee		BORING NO		
SOIL DESCRIPTION			SAMPLE DEPTH				
TEST NO			SAMPLE NO				
TEST BY			DATE				
Specific Gravity of Soil, G _s		2.68		REMARK:			
Tray No.		คินธรรมชาติ					
Weight of Tray .g		414.6					
Weight of Tray + Dry Soil .g		634.75					
Weight of Dry Soil .g		220.15					
Sieves Standard		ASTM E-11					
Sieve No.	Sieve Opening	Weight of Sieve	Weight of Sieve + Soil	Weight of Soil Retained	Cumulative Retained	Cumulative Retained, %	Percent Finer, %
	mm	g	Soil .g	.g	.g	%	%
3.8	9.5	792.69	792.69	0.00	0	0.00	100.00
4	4.75	745.26	746.00	0.74	0.74	0.34	99.66
8	2.36	544.57	547.22	2.65	3.39	1.54	98.46
16	1.18	636.98	648.54	11.56	14.95	6.80	93.20
30	0.6	592.06	622.34	30.28	45.23	20.57	79.43
50	0.3	572.41	624.70	52.29	97.52	44.35	55.65
100	0.15	524.69	591.28	66.59	164.11	74.63	25.37
200.00	0.08	1226.64	1279.78	53.14	217.25	98.79	1.21
pan		319.52	322.17	2.65	219.9	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sieve analysis



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

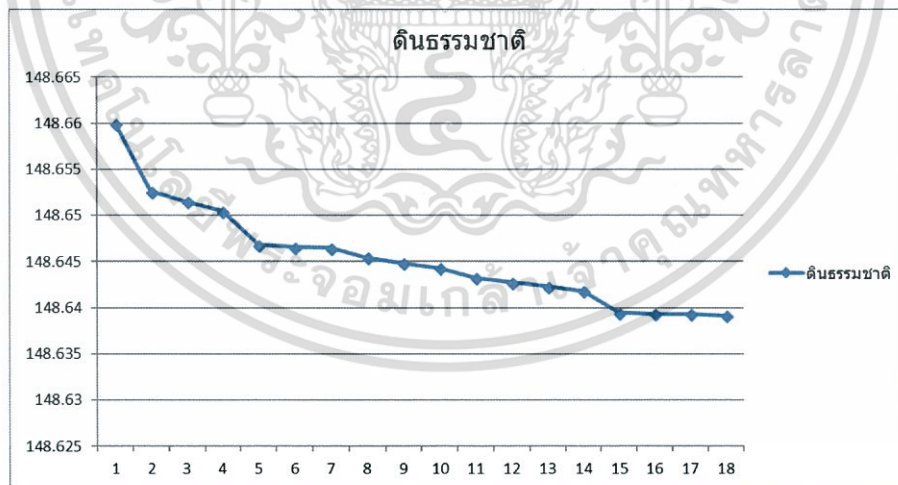
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง Linear Shrinkage ของดินธรรมชาติ และดินผสมทรายถม
และทรายฉาบ เปอร์เซ็นต์ทราย 40-55%

ดินธรรมชาติ

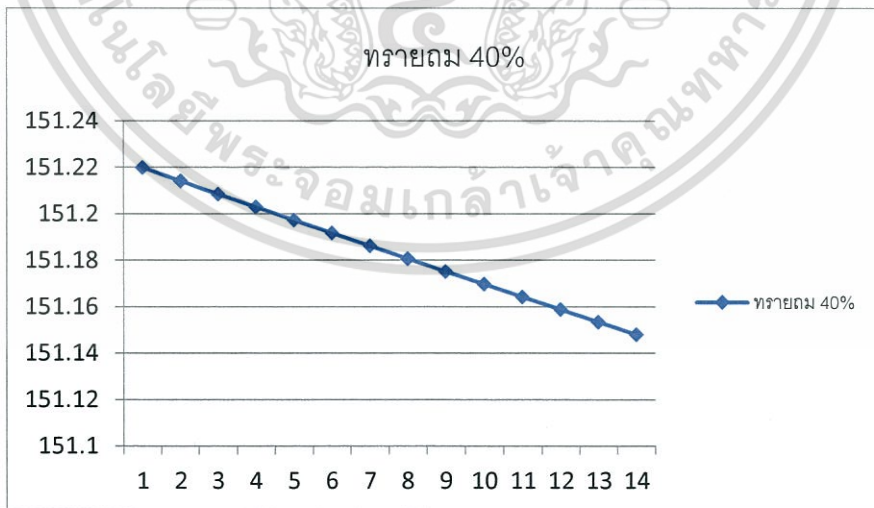
Start date	Percent sand 36		แบบ 158.24mm		135.9mm									
					Start									
		Delta			Average	หกดัว	New				Average	%หกดัว		
1	15/3/2561	0.2801	0.28	0.2797	0.2799	0.279925	0	148.78	148.78	148.9	148.18	148.66	6.054095046	
2	16/3/2561	0.273	0.2725	0.2725	0.2722	0.27255	0.007375	148.7726	148.7726	148.8926	148.1726	148.6526	6.058755688	
3	17/3/2561	0.2715	0.2714	0.2715	0.2714	0.27145	0.0011	148.7715	148.7715	148.8915	148.1715	148.6515	6.059450834	
4	18/3/2561	0.2704	0.2704	0.2706	0.2703	0.270425	0.001025	148.7705	148.7705	148.8905	148.1705	148.6505	6.060098584	
5	19/3/2561	0.2666	0.2669	0.2668	0.2667	0.26675	0.003675	148.7668	148.7668	148.8868	148.1668	148.6468	6.062421006	
6	20/3/2561	0.2665	0.2665	0.2665	0.2665	0.2665	0.00025	148.7666	148.7666	148.8866	148.1666	148.6466	6.062578994	
7	21/3/2561	0.2664	0.2665	0.2665	0.2663	0.266425	7.5E-05	148.7665	148.7665	148.8865	148.1665	148.6465	6.06262639	
8	22/3/2561	0.2653	0.2653	0.2654	0.2655	0.265375	0.00105	148.7655	148.7655	148.8855	148.1655	148.6455	6.063289939	
9	23/3/2561	0.2649	0.2647	0.2647	0.2647	0.26475	0.000625	148.7648	148.7648	148.8848	148.1648	148.6448	6.063684909	
10	24/3/2561	0.2642	0.2642	0.2642	0.2643	0.264225	0.000525	148.7643	148.7643	148.8843	148.1643	148.6443	6.064016684	
11	25/3/2561	0.2631	0.2632	0.2632	0.2632	0.263175	0.00105	148.7633	148.7633	148.8833	148.1633	148.6433	6.064680233	
12	26/3/2561	0.2626	0.2626	0.2628	0.2627	0.262675	0.0005	148.7628	148.7628	148.8828	148.1628	148.6428	6.064996208	
13	27/3/2561	0.2622	0.2622	0.2623	0.2623	0.26225	0.000425	148.7623	148.7623	148.8823	148.1623	148.6423	6.065264788	
14	28/3/2561	0.2618	0.2618	0.2617	0.2617	0.26175	0.0005	148.7618	148.7618	148.8818	148.1618	148.6418	6.065580763	
15	29/3/2561	0.2593	0.2594	0.2594	0.2594	0.259375	0.002375	148.7595	148.7595	148.8795	148.1595	148.6395	6.067081648	
16	30/3/2561	0.2592	0.2593	0.2592	0.2593	0.25925	0.000125	148.7593	148.7593	148.8793	148.1593	148.6393	6.067160642	
17	31/3/2561	0.2592	0.2593	0.2592	0.2593	0.25925	0	148.7593	148.7593	148.8793	148.1593	148.6393	6.067160642	
18	1/4/2561	0.2592	0.2592	0.2589	0.259	0.259075	0.000175	148.7592	148.7592	148.8792	148.1592	148.6392	6.067271234	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายถม 40%

Start date	Percent sand 40				แบบ 158.6 ตะปู 136.7mm										
				Start											
		Delta			Average	หดตัว	New				Average	%หดตัว			
1	22/3/1991	0.2196	0.28	0.2797	0.2799	0.2648	0	150.1	151.5	151.94	151.34	151.22	4.653216		
2	23/3/1991	0.219	0.2725	0.2725	0.2722	0.25905	0.00575	150.0943	151.4943	151.9343	151.3343	151.2143	4.656841		
3	24/3/1991	0.21335	0.26685	0.26685	0.26655	0.2534	0.00565	150.0886	151.4886	151.9286	151.3286	151.2086	4.660404		
4	25/3/1991	0.207725	0.261225	0.261225	0.260925	0.247775	0.005625	150.083	151.483	151.923	151.323	151.203	4.66395		
5	26/3/1991	0.202125	0.255625	0.255625	0.255325	0.242175	0.0056	150.0774	151.4774	151.9174	151.3174	151.1974	4.667481		
6	27/3/1991	0.19655	0.25005	0.25005	0.24975	0.2366	0.005575	150.0718	151.4718	151.9118	151.3118	151.1918	4.670996		
7	28/3/1991	0.191	0.2445	0.2445	0.2442	0.23105	0.00555	150.0663	151.4663	151.9063	151.3063	151.1863	4.674496		
8	29/3/1991	0.185475	0.238975	0.238975	0.238675	0.225525	0.005525	150.0607	151.4607	151.9007	151.3007	151.1807	4.677979		
9	30/3/1991	0.179975	0.233475	0.233475	0.233175	0.220025	0.0055	150.0552	151.4552	151.8952	151.2952	151.1752	4.681447		
10	31/3/1991	0.1745	0.228	0.228	0.2277	0.21455	0.005475	150.0498	151.4498	151.8898	151.2898	151.1698	4.684899		
11	1/4/1991	0.16905	0.22255	0.22255	0.22225	0.2091	0.00545	150.0443	151.4443	151.8843	151.2843	151.1643	4.688335		
12	2/4/1991	0.163625	0.217125	0.217125	0.216825	0.203675	0.005425	150.0389	151.4389	151.8789	151.2789	151.1589	4.691756		
13	3/4/1991	0.158225	0.211725	0.211725	0.211425	0.198275	0.0054	150.0335	151.4335	151.8735	151.2735	151.1535	4.695161		
14	4/4/1991	0.15285	0.20635	0.20635	0.20605	0.1929	0.005375	150.0281	151.4281	151.8681	151.2681	151.1481	4.69855		
15	5/4/1991	0.1475	0.201	0.201	0.2007	0.18755	0.00535	150.0228	151.4228	151.8628	151.2628	151.1428	4.701923		
16	6/4/1991	0.142175	0.195675	0.195675	0.195375	0.182225	0.005325	150.0174	151.4174	151.8574	151.2574	151.1374	4.705281		
17	7/4/1991	0.136875	0.190375	0.190375	0.190075	0.176925	0.0053	150.0121	151.4121	151.8521	151.2521	151.1321	4.708622		
18	8/4/1991	0.1316	0.1851	0.1851	0.1848	0.17165	0.005275	150.0069	151.4069	151.8469	151.2469	151.1269	4.711948		
	9/4/1991	0.12635	0.17985	0.17985	0.17955	0.1664	0.00525	150.0016	151.4016	151.8416	151.2416	151.1216	4.715259		

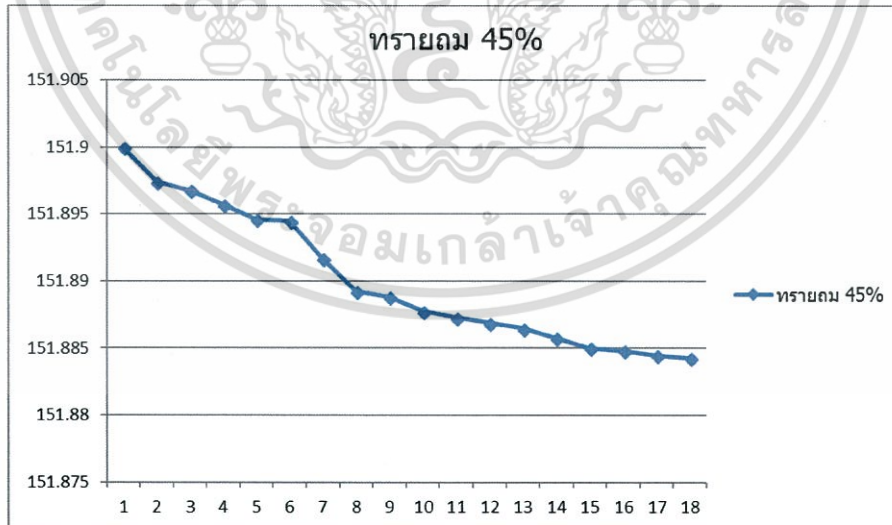


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายถม 45%

Start date 15/3/2561 Percent sand 45 แบบ 158.7 ซม. 136.6 มม

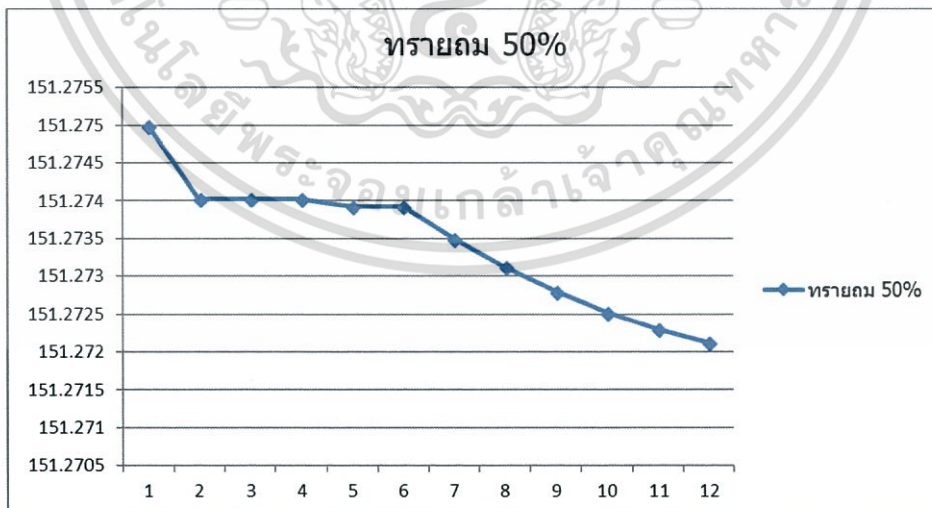
	Start	Deka				Average	หกดัว	New				Average	%หกดัว
1	15/3/2561	0.2698	0.2697	0.27	0.2696	0.269775	0	152.2	152.1	151.7	151.6	151.9	4.284814115
2	16/3/2561	0.2672	0.2672	0.2672	0.2671	0.267175	0.0026	152.1974	152.0974	151.6974	151.5974	151.8974	4.286452426
3	17/3/2561	0.2666	0.2665	0.2665	0.2666	0.26655	0.000625	152.1968	152.0968	151.6968	151.5968	151.8968	4.286846251
4	18/3/2561	0.2655	0.2656	0.2655	0.2654	0.2655	0.00105	152.1957	152.0957	151.6957	151.5957	151.8957	4.287507876
5	19/3/2561	0.2646	0.2643	0.2644	0.2642	0.264375	0.001125	152.1946	152.0946	151.6946	151.5946	151.8946	4.288216761
6	20/3/2561	0.2645	0.2641	0.2642	0.2642	0.26425	0.000125	152.1945	152.0945	151.6945	151.5945	151.8945	4.288295526
7	21/3/2561	0.2615	0.2617	0.2613	0.2613	0.26145	0.0028	152.1917	152.0917	151.6917	151.5917	151.8917	4.290059861
8	22/3/2561	0.2592	0.259	0.259	0.2589	0.259025	0.002425	152.1893	152.0893	151.6893	151.5893	151.8893	4.291587902
9	23/3/2561	0.2585	0.2586	0.2587	0.2586	0.2586	0.000425	152.1888	152.0888	151.6888	151.5888	151.8888	4.291855703
10	24/3/2561	0.2582	0.2574	0.2573	0.2573	0.25755	0.00105	152.1878	152.0878	151.6878	151.5878	151.8878	4.292517328
11	25/3/2561	0.2577	0.2569	0.2568	0.2568	0.25705	0.0005	152.1873	152.0873	151.6873	151.5873	151.8873	4.292832388
12	26/3/2561	0.2573	0.2565	0.2564	0.2564	0.25665	0.0004	152.1869	152.0869	151.6869	151.5869	151.8869	4.293084436
13	27/3/2561	0.2569	0.2561	0.256	0.256	0.25625	0.0004	152.1865	152.0865	151.6865	151.5865	151.8865	4.293336484
14	28/3/2561	0.2561	0.2554	0.2553	0.2553	0.255525	0.000725	152.1858	152.0858	151.6858	151.5858	151.8858	4.293793321
15	29/3/2561	0.2545	0.2547	0.2553	0.2547	0.2548	0.000725	152.185	152.085	151.685	151.585	151.885	4.294250158
16	30/3/2561	0.2543	0.2552	0.2546	0.2543	0.2546	0.0002	152.1848	152.0848	151.6848	151.5848	151.8848	4.294376181
17	31/3/2561	0.2541	0.2541	0.2545	0.2543	0.25425	0.00035	152.1845	152.0845	151.6845	151.5845	151.8845	4.294596723
18	1/4/2561	0.254	0.2541	0.2541	0.254	0.25405	0.0002	152.1843	152.0843	151.6843	151.5843	151.8843	4.294722747



ทรายถม 50%

Start date 22/3/2561 Percent sand 50 แบบ 157.6 คม 136.32mm

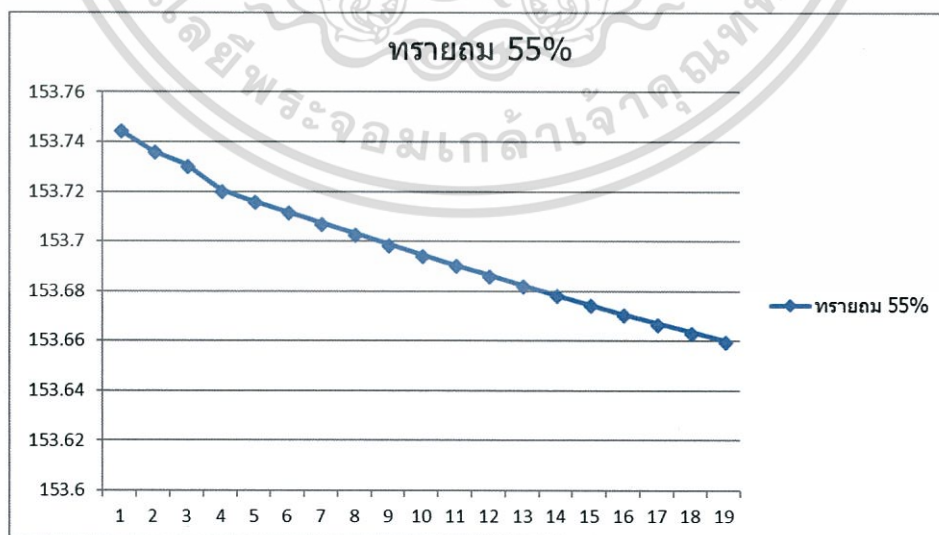
	Start	Deka				Average	หตตัว	New				Average	%หตตัว
1	22/3/2561	0.2118	0.2115	0.2113	0.2114	0.2115	0	150.08	152.1	151.5	151.42	151.275	4.013325
2	23/3/2561	0.2105	0.2106	0.2105	0.2105	0.210525	0.000975	150.079	152.099	151.499	151.419	151.274	4.013944
3	24/3/2561	0.2105	0.2106	0.2105	0.2105	0.210525	0	150.079	152.099	151.499	151.419	151.274	4.013944
4	25/3/2561	0.2105	0.2106	0.2105	0.2105	0.210525	0	150.079	152.099	151.499	151.419	151.274	4.013944
5	26/3/2561	0.2104	0.2105	0.2104	0.2104	0.210425	1E-04	150.0789	152.0989	151.4989	151.4189	151.2739	4.014007
6	27/3/2561	0.2104	0.2105	0.2104	0.2104	0.210425	0	150.0789	152.0989	151.4989	151.4189	151.2739	4.014007
7	28/3/2561	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.000425	150.0785	152.0985	151.4985	151.4185	151.2735	4.014277
8	29/3/2561	0.209625	0.209625	0.209625	0.209625	0.209625	0.000375	150.0781	152.0981	151.4981	151.4181	151.2731	4.014515
9	30/3/2561	0.2093	0.2093	0.2093	0.2093	0.2093	0.000325	150.0778	152.0978	151.4978	151.4178	151.2728	4.014721
10	31/3/2561	0.209025	0.209025	0.209025	0.209025	0.209025	0.000275	150.0775	152.0975	151.4975	151.4175	151.2725	4.014895
11	1/4/2561	0.2088	0.2088	0.2088	0.2088	0.2088	0.000225	150.0773	152.0973	151.4973	151.4173	151.2723	4.015038
12	2/4/2561	0.208625	0.208625	0.208625	0.208625	0.208625	0.000175	150.0771	152.0971	151.4971	151.4171	151.2721	4.015149
13	3/4/2561	0.2085	0.2085	0.2085	0.2085	0.2085	0.000125	150.077	152.097	151.497	151.417	151.272	4.015228
14	4/4/2561	0.2084	0.2084	0.2084	0.2084	0.2084	1E-04	150.0769	152.0969	151.4969	151.4169	151.2719	4.015292
15	5/4/2561	0.208325	0.208325	0.208325	0.208325	0.208325	7.5E-05	150.0768	152.0968	151.4968	151.4168	151.2718	4.015339
16	6/4/2561	0.208275	0.208275	0.208275	0.208275	0.208275	5E-05	150.0768	152.0968	151.4968	151.4168	151.2718	4.015371
17	7/4/2561	0.20824	0.20824	0.20824	0.20824	0.20824	3.5E-05	150.0767	152.0967	151.4967	151.4167	151.2717	4.015393
18	8/4/2561	0.20822	0.20822	0.20822	0.20822	0.20822	2E-05	150.0767	152.0967	151.4967	151.4167	151.2717	4.015406
19	9/4/2561	0.208215	0.208215	0.208215	0.208215	0.208215	5E-06	150.0767	152.0967	151.4967	151.4167	151.2717	4.015409



ทรายถม 55%

Start date 29/3/2561 Percent sand 55 แบบ 158.9 ตะเ่

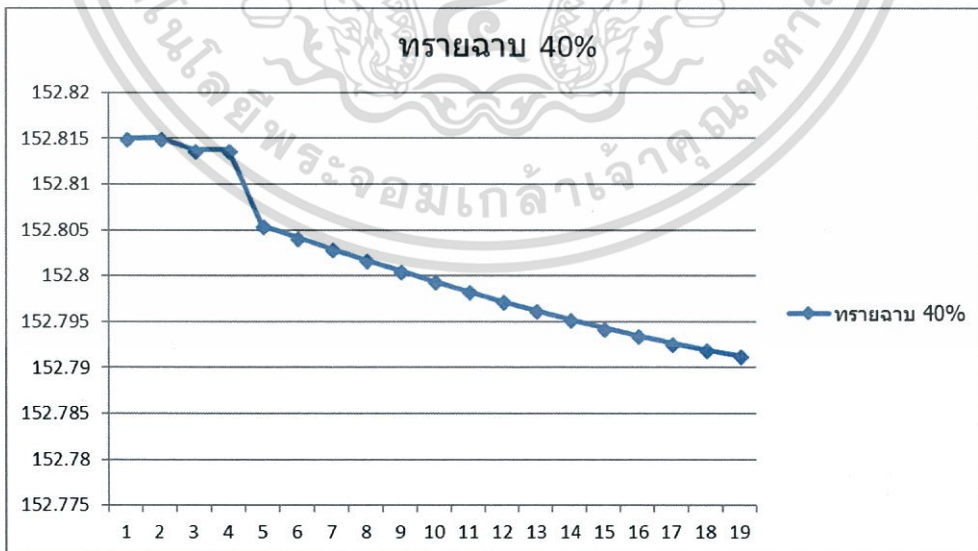
		Delta			Start	Average	หกดัดัว	New				Average	%หกดัดัว
1	29/3/2561	0.3736	0.373	0.3719	0.3701	0.37215	0	153.28	153.8	154.3	153.6	153.745	3.244179
2	30/3/2561	0.3645	0.364	0.3633	0.3626	0.3636	0.00855	153.2715	153.7915	154.2915	153.5915	153.7365	3.249559
3	31/3/2561	0.3581	0.358	0.3578	0.3576	0.357875	0.005725	153.2657	153.7857	154.2857	153.5857	153.7307	3.253162
4	1/4/2561	0.3483	0.3481	0.3481	0.347	0.347875	0.01	153.2557	153.7757	154.2757	153.5757	153.7207	3.259456
5	2/4/2561	0.3437	0.3435	0.3433	0.3432	0.343425	0.00445	153.2513	153.7713	154.2713	153.5713	153.7163	3.262256
6	3/4/2561	0.339025	0.339025	0.339025	0.339025	0.339025	0.0044	153.2469	153.7669	154.2669	153.5669	153.7119	3.265025
7	4/4/2561	0.334675	0.334675	0.334675	0.334675	0.334675	0.00435	153.2425	153.7625	154.2625	153.5625	153.7075	3.267763
8	5/4/2561	0.330375	0.330375	0.330375	0.330375	0.330375	0.0043	153.2382	153.7582	154.2582	153.5582	153.7032	3.270469
9	6/4/2561	0.326125	0.326125	0.326125	0.326125	0.326125	0.00425	153.234	153.754	154.254	153.554	153.699	3.273143
10	7/4/2561	0.321925	0.321925	0.321925	0.321925	0.321925	0.0042	153.2298	153.7498	154.2498	153.5498	153.6948	3.275787
11	8/4/2561	0.317775	0.317775	0.317775	0.317775	0.317775	0.00415	153.2256	153.7456	154.2456	153.5456	153.6906	3.278398
12	9/4/2561	0.313675	0.313675	0.313675	0.313675	0.313675	0.0041	153.2215	153.7415	154.2415	153.5415	153.6865	3.280979
13	10/4/2561	0.309625	0.309625	0.309625	0.309625	0.309625	0.00405	153.2175	153.7375	154.2375	153.5375	153.6825	3.283527
14	11/4/2561	0.305665	0.305665	0.305665	0.305665	0.305665	0.00396	153.2135	153.7335	154.2335	153.5335	153.6785	3.28602
15	12/4/2561	0.301795	0.301795	0.301795	0.301795	0.301795	0.00387	153.2096	153.7296	154.2296	153.5296	153.6746	3.288455
16	13/4/2561	0.298015	0.298015	0.298015	0.298015	0.298015	0.00378	153.2059	153.7259	154.2259	153.5259	153.6709	3.290834
17	14/4/2561	0.294325	0.294325	0.294325	0.294325	0.294325	0.00369	153.2022	153.7222	154.2222	153.5222	153.6672	3.293156
18	15/4/2561	0.290745	0.290745	0.290745	0.290745	0.290745	0.00358	153.1986	153.7186	154.2186	153.5186	153.6636	3.295409
19	16/4/2561	0.287275	0.287275	0.287275	0.287275	0.287275	0.00347	153.1951	153.7151	154.2151	153.5151	153.6601	3.297593



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายฉาบ 40%

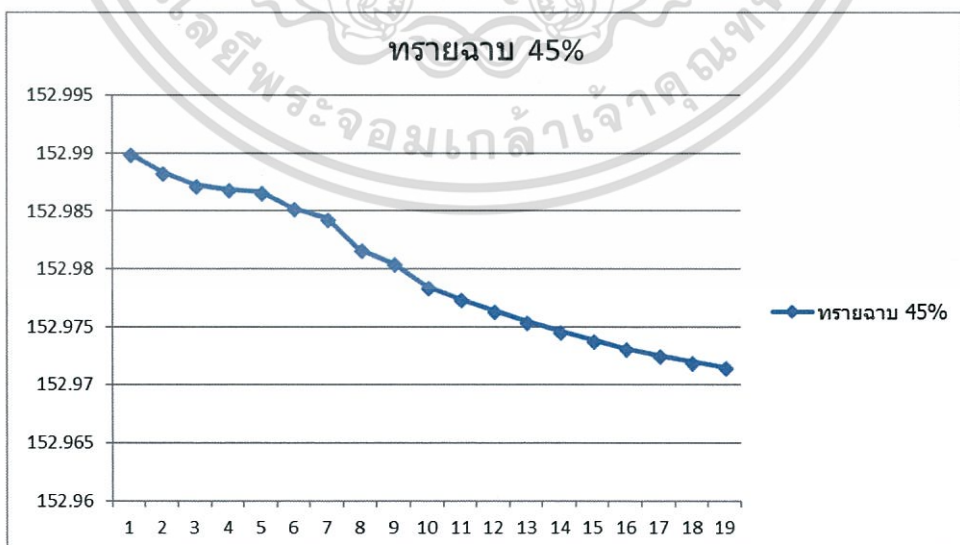
Start date		Percent sand 40			แบบ 162.5 ตะปู									
		Delta			Average	หัดตัว	New				Average	%หัดตัว		
1	29/3/2561	0.2597	0.2597	0.2597	0.2598	0.259725	0	153.4	153	151.9	152.96	152.815	5.96	
2	30/3/2561	0.2598	0.2598	0.2598	0.2598	0.2598	-7.5E-05	153.4001	153.0001	151.9001	152.9601	152.8151	5.959954	
3	31/3/2561	0.2584	0.2584	0.2585	0.2586	0.258475	0.001325	153.3988	152.9988	151.8988	152.9588	152.8138	5.960769	
4	1/4/2561	0.2584	0.2584	0.2585	0.2586	0.258475	0	153.3988	152.9988	151.8988	152.9588	152.8138	5.960769	
5	2/4/2561	0.2501	0.2503	0.2503	0.2502	0.250225	0.00825	153.3905	152.9905	151.8905	152.9505	152.8055	5.965846	
6	3/4/2561	0.24895	0.24895	0.24895	0.24895	0.24895	0.001275	153.3892	152.9892	151.8892	152.9492	152.8042	5.966631	
7	4/4/2561	0.247705	0.247705	0.247705	0.247705	0.247705	0.001245	153.388	152.988	151.888	152.948	152.803	5.967397	
8	5/4/2561	0.24649	0.24649	0.24649	0.24649	0.24649	0.001215	153.3868	152.9868	151.8868	152.9468	152.8018	5.968145	
9	6/4/2561	0.245305	0.245305	0.245305	0.245305	0.245305	0.001185	153.3856	152.9856	151.8856	152.9456	152.8006	5.968874	
10	7/4/2561	0.24416	0.24416	0.24416	0.24416	0.24416	0.001145	153.3844	152.9844	151.8844	152.9444	152.7994	5.969578	
11	8/4/2561	0.243055	0.243055	0.243055	0.243055	0.243055	0.001105	153.3833	152.9833	151.8833	152.9433	152.7983	5.970258	
12	9/4/2561	0.24199	0.24199	0.24199	0.24199	0.24199	0.001065	153.3823	152.9823	151.8823	152.9423	152.7973	5.970914	
13	10/4/2561	0.240975	0.240975	0.240975	0.240975	0.240975	0.001015	153.3813	152.9813	151.8813	152.9413	152.7963	5.971538	
14	11/4/2561	0.24001	0.24001	0.24001	0.24001	0.24001	0.000965	153.3803	152.9803	151.8803	152.9403	152.7953	5.972132	
15	12/4/2561	0.239095	0.239095	0.239095	0.239095	0.239095	0.000915	153.3794	152.9794	151.8794	152.9394	152.7944	5.972695	
16	13/4/2561	0.23824	0.23824	0.23824	0.23824	0.23824	0.000855	153.3785	152.9785	151.8785	152.9385	152.7935	5.973222	
17	14/4/2561	0.237445	0.237445	0.237445	0.237445	0.237445	0.000795	153.3777	152.9777	151.8777	152.9377	152.7927	5.973711	
18	15/4/2561	0.23671	0.23671	0.23671	0.23671	0.23671	0.000735	153.377	152.977	151.877	152.937	152.792	5.974163	
19	16/4/2561	0.236035	0.236035	0.236035	0.236035	0.236035	0.000675	153.3763	152.9763	151.8763	152.9363	152.7913	5.974578	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายฉาบ 45%

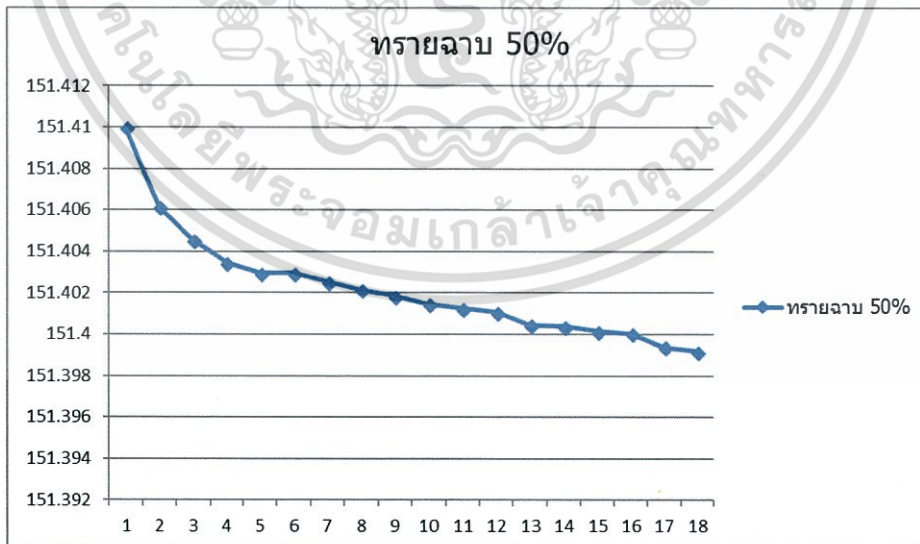
Start date		Percent sand 45			แบบ 159.2 ตะขุ 133.74mm								
		Delta			Average	หกดัว	New				Average	%หกดัว	
1	15/3/2561	0.1589	0.1591	0.1588	0.1585	0.158825	0	153.28	153.46	152.5	152.72	152.99	5.852308
2	16/3/2561	0.1571	0.1574	0.1571	0.1572	0.1572	0.001625	153.2784	153.4584	152.4984	152.7184	152.9884	5.853308
3	17/3/2561	0.156	0.1562	0.156	0.1561	0.156075	0.001125	153.2773	153.4573	152.4973	152.7173	152.9873	5.854
4	18/3/2561	0.1556	0.1559	0.1558	0.1555	0.1557	0.000375	153.2769	153.4569	152.4969	152.7169	152.9869	5.854231
5	19/3/2561	0.1555	0.1554	0.1557	0.1554	0.1555	0.0002	153.2767	153.4567	152.4967	152.7167	152.9867	5.854354
6	20/3/2561	0.1547	0.1539	0.1539	0.1538	0.154075	0.001425	153.2753	153.4553	152.4953	152.7153	152.9853	5.855231
7	21/3/2561	0.1538	0.1531	0.153	0.1529	0.1532	0.000875	153.2744	153.4544	152.4944	152.7144	152.9844	5.855769
8	22/3/2561	0.1504	0.1504	0.1507	0.1505	0.1505	0.0027	153.2717	153.4517	152.4917	152.7117	152.9817	5.857431
9	23/3/2561	0.1505	0.1456	0.1506	0.1505	0.1493	0.0012	153.2705	153.4505	152.4905	152.7105	152.9805	5.858169
10	24/3/2561	0.1472	0.1474	0.1474	0.1473	0.147325	0.001975	153.2685	153.4485	152.4885	152.7085	152.9785	5.859385
11	25/3/2561	0.14625	0.14625	0.14625	0.14625	0.14625	0.001075	153.2674	153.4474	152.4874	152.7074	152.9774	5.860046
12	26/3/2561	0.14525	0.14525	0.14525	0.14525	0.14525	0.001	153.2664	153.4464	152.4864	152.7064	152.9764	5.860662
13	27/3/2561	0.144325	0.144325	0.144325	0.144325	0.144325	0.000925	153.2655	153.4455	152.4855	152.7055	152.9755	5.861231
14	28/3/2561	0.143475	0.143475	0.143475	0.143475	0.143475	0.00085	153.2647	153.4447	152.4847	152.7047	152.9747	5.861754
15	29/3/2561	0.1427	0.1427	0.1427	0.1427	0.1427	0.000775	153.2639	153.4439	152.4839	152.7039	152.9739	5.862231
16	30/3/2561	0.142	0.142	0.142	0.142	0.142	0.0007	153.2632	153.4432	152.4832	152.7032	152.9732	5.862662
17	31/3/2561	0.141375	0.141375	0.141375	0.141375	0.141375	0.000625	153.2626	153.4426	152.4826	152.7026	152.9726	5.863046
18	1/4/2561	0.140825	0.140825	0.140825	0.140825	0.140825	0.00055	153.262	153.442	152.482	152.702	152.972	5.863385
19	2/4/2561	0.14035	0.14035	0.14035	0.14035	0.14035	0.000475	153.2615	153.4415	152.4815	152.7015	152.9715	5.863677



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายฉาบ 50%

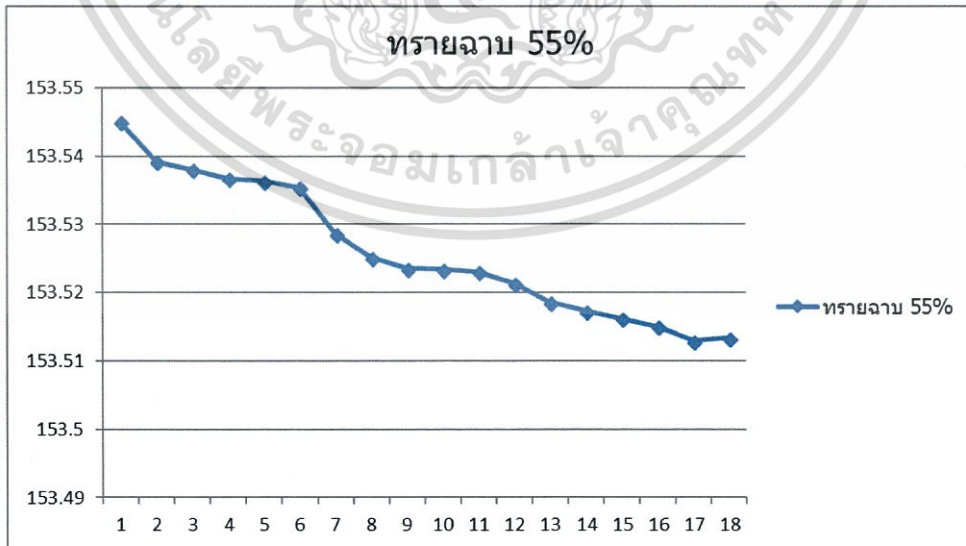
Start date	15/3/2561		Percent sand 50		แบบ 158.5 ซม. 136.6mm		Start						
		Delta			Average	หัดตัว	New				Average	%หัดตัว	
1	15/3/2561	0.2321	0.2312	0.231	0.2309	0.2313	0	151.78	151.78	150.9	151.18	151.41	4.473186
2	16/3/2561	0.2274	0.2275	0.2275	0.2274	0.22745	0.00385	151.7762	151.7762	150.8962	151.1762	151.4062	4.475615
3	17/3/2561	0.2257	0.2259	0.2259	0.2259	0.22585	0.0016	151.7746	151.7746	150.8946	151.1746	151.4046	4.476625
4	18/3/2561	0.2248	0.2248	0.2248	0.2246	0.22475	0.0011	151.7735	151.7735	150.8935	151.1735	151.4035	4.477319
5	19/3/2561	0.2244	0.2244	0.2244	0.2238	0.22425	0.0005	151.773	151.773	150.893	151.173	151.403	4.477634
6	20/3/2561	0.2242	0.2243	0.2243	0.2242	0.22425	0	151.773	151.773	150.893	151.173	151.403	4.477634
7	21/3/2561	0.2238	0.2239	0.2239	0.2238	0.22385	0.0004	151.7726	151.7726	150.8926	151.1726	151.4026	4.477886
8	22/3/2561	0.2234	0.2235	0.2235	0.2234	0.22345	0.0004	151.7722	151.7722	150.8922	151.1722	151.4022	4.478139
9	23/3/2561	0.2231	0.2232	0.2232	0.2231	0.22315	0.0003	151.7719	151.7719	150.8919	151.1719	151.4019	4.478328
10	24/3/2561	0.2227	0.2228	0.2228	0.2227	0.22275	0.0004	151.7715	151.7715	150.8915	151.1715	151.4015	4.47858
11	25/3/2561	0.2225	0.2226	0.2226	0.2225	0.22255	0.0002	151.7713	151.7713	150.8913	151.1713	151.4013	4.478707
12	26/3/2561	0.2223	0.2224	0.2224	0.2224	0.222375	0.000175	151.7711	151.7711	150.8911	151.1711	151.4011	4.478817
13	27/3/2561	0.2219	0.2218	0.2216	0.2217	0.22175	0.000625	151.7705	151.7705	150.8905	151.1705	151.4005	4.479211
14	28/3/2561	0.2218	0.2217	0.2216	0.2216	0.221675	7.5E-05	151.7704	151.7704	150.8904	151.1704	151.4004	4.479259
15	29/3/2561	0.2216	0.2214	0.2214	0.2214	0.22145	0.000225	151.7702	151.7702	150.8902	151.1702	151.4002	4.479401
16	30/3/2561	0.2215	0.2212	0.2212	0.2215	0.22135	0.0001	151.7701	151.7701	150.8901	151.1701	151.4001	4.479464
17	31/3/2561	0.2207	0.2207	0.2207	0.2207	0.2207	0.00065	151.7694	151.7694	150.8894	151.1694	151.3994	4.479874
18	1/4/2561	0.2209	0.2202	0.2205	0.2204	0.2205	0.0002	151.7692	151.7692	150.8892	151.1692	151.3992	4.48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายฉาบ 55%

Start date	Percent sand 55			แบบ 158.2 ตะปู 138mm										
				Start										
		Delta			Average	หัดตัว	New				Average	%หัดตัว		
1	15/3/2561	0.2338	0.2334	0.233	0.233	0.2333	0	152.08	154.6	153.9	153.6	153.545	2.942478	
2	16/3/2561	0.2275	0.2274	0.2275	0.2275	0.227475	0.005825	152.0742	154.5942	153.8942	153.5942	153.5392	2.94616	
3	17/3/2561	0.2265	0.2264	0.2263	0.2262	0.22635	0.001125	152.0731	154.5931	153.8931	153.5931	153.5381	2.946871	
4	18/3/2561	0.226	0.225	0.2245	0.2244	0.224975	0.001375	152.0717	154.5917	153.8917	153.5917	153.5367	2.94774	
5	19/3/2561	0.2257	0.2247	0.2244	0.2239	0.224675	0.0003	152.0714	154.5914	153.8914	153.5914	153.5364	2.94793	
6	20/3/2561	0.2243	0.2247	0.223	0.2229	0.223725	0.00095	152.0704	154.5904	153.8904	153.5904	153.5354	2.94853	
7	21/3/2561	0.2173	0.2171	0.2168	0.2166	0.21695	0.006775	152.0637	154.5837	153.8837	153.5837	153.5287	2.952813	
8	22/3/2561	0.2136	0.2135	0.2134	0.2134	0.213475	0.003475	152.0602	154.5802	153.8802	153.5802	153.5252	2.955009	
9	23/3/2561	0.2119	0.2118	0.2118	0.212	0.211875	0.0016	152.0586	154.5786	153.8786	153.5786	153.5236	2.956021	
10	24/3/2561	0.2117	0.2116	0.2116	0.2118	0.211675	0.0002	152.0584	154.5784	153.8784	153.5784	153.5234	2.956147	
11	25/3/2561	0.2114	0.2113	0.2113	0.2113	0.211325	0.00035	152.058	154.578	153.878	153.578	153.523	2.956369	
12	26/3/2561	0.2098	0.2095	0.2099	0.2095	0.209675	0.00165	152.0564	154.5764	153.8764	153.5764	153.5214	2.957412	
13	27/3/2561	0.2069	0.2069	0.2069	0.2069	0.2069	0.002775	152.0536	154.5736	153.8736	153.5736	153.5186	2.959166	
14	28/3/2561	0.2057	0.2056	0.2056	0.2055	0.2056	0.0013	152.0523	154.5723	153.8723	153.5723	153.5173	2.959987	
15	29/3/2561	0.2035	0.2037	0.2037	0.207	0.204475	0.001125	152.0512	154.5712	153.8712	153.5712	153.5162	2.960698	
16	30/3/2561	0.203	0.2033	0.2035	0.2035	0.203325	0.00115	152.05	154.57	153.87	153.57	153.515	2.961425	
17	31/3/2561	0.2014	0.2012	0.2014	0.201	0.20125	0.002075	152.048	154.568	153.868	153.568	153.513	2.962737	
18	1/4/2561	0.2017	0.2016	0.2017	0.2018	0.2017	-0.00045	152.0484	154.5684	153.8684	153.5684	153.5134	2.962453	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sun and stupas are two ornate, symmetrical figures resembling mythical creatures or deities. The entire design is enclosed within a circular border containing Thai text.

ภาคผนวก ค

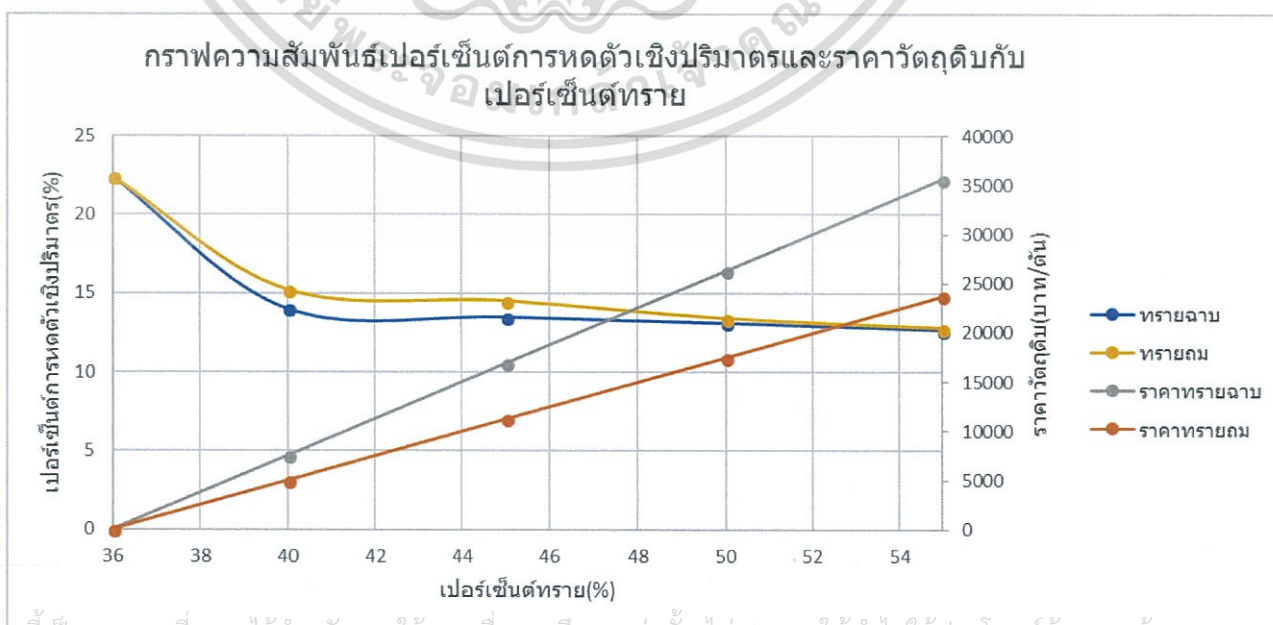
ตารางการคำนวณราคา และกราฟความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิง
ปริมาตรและราคาวัสดุกับกับเปอร์เซ็นต์ทราย

ตารางแสดงราคาทรายที่ใส่เพิ่มหากคิดเทียบกับดิน 1000 ตัน

	เปอร์เซ็นต์การหดตัว	เปอร์เซ็นต์ทราย	ราคา
ทรายฉาบ	22.403	36	0
	13.987	40	7500
	13.472	45	16875
	13.083	50	26250
	12.647	55	35625
ทรายถม	22.403	36	0
	15.218	40	5000
	14.516	45	11250
	13.405	50	17500
	12.783	55	23750

เปอร์เซ็นต์ทราย	ดิน	ทรายฉาบ	ทรายถม	ราคาทรายฉาบ	ราคาทรายถม
36	1000	0	0	0	0
40	937.5	62.5	62.5	7500	5000
45	859.375	140.625	140.625	16875	11250
50	781.25	218.75	218.75	26250	17500
55	703.125	296.875	296.875	35625	23750

กราฟแสดงการวิเคราะห์ราคาทรายกับอัตราการหดตัวและปริมาณทราย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

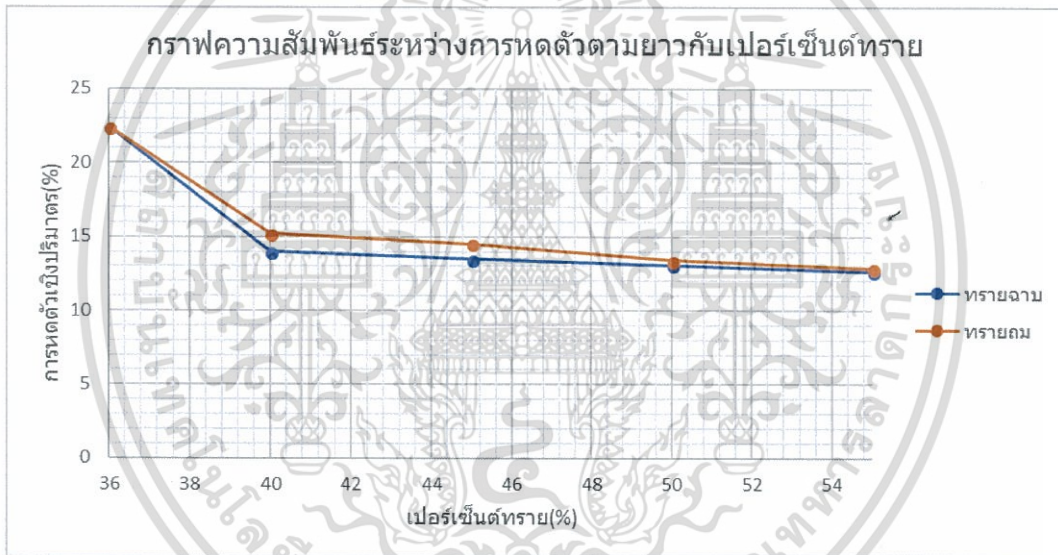
ภาคผนวก ง

ตารางการหัดตัวเชิงปริมาตร กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการหัดตัวเชิง
ปริมาตรกับเปอร์เซ็นต์ทราย และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการหัดตัว
ตามยาวกับเปอร์เซ็นต์ทราย

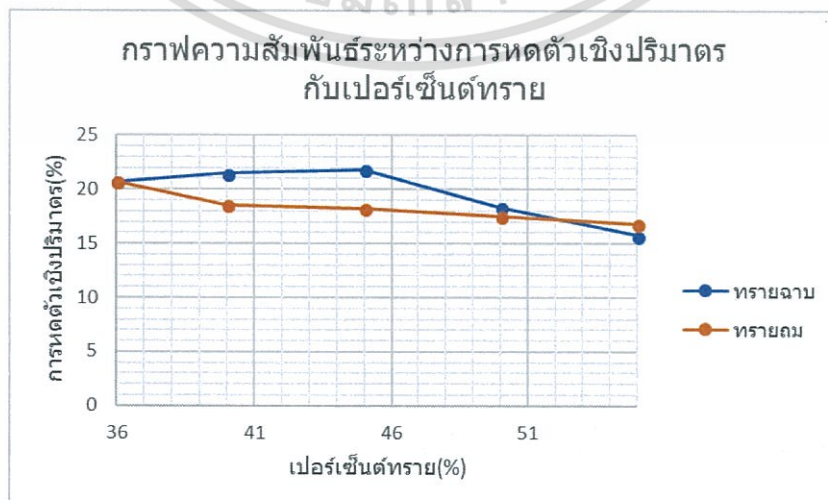
ตารางแสดงการหดตัวโดยความยาวโดยสรุป

Primary Shrinkage	Shrinkage	Total
14.12	6.607	20.727
13.83	4.715	18.545
13.96	4.294	18.254
13.51	4.015	17.525
13.55	3.297	16.847
15.48	5.974	21.454
15.991	5.864	21.855
13.86	4.48	18.34
12.81	2.962	15.772

กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างทรายฉาบและทรายถมของการหดตัวเชิงความยาว



กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างทรายฉาบและทรายถมของการหดตัวเชิงความยาว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้