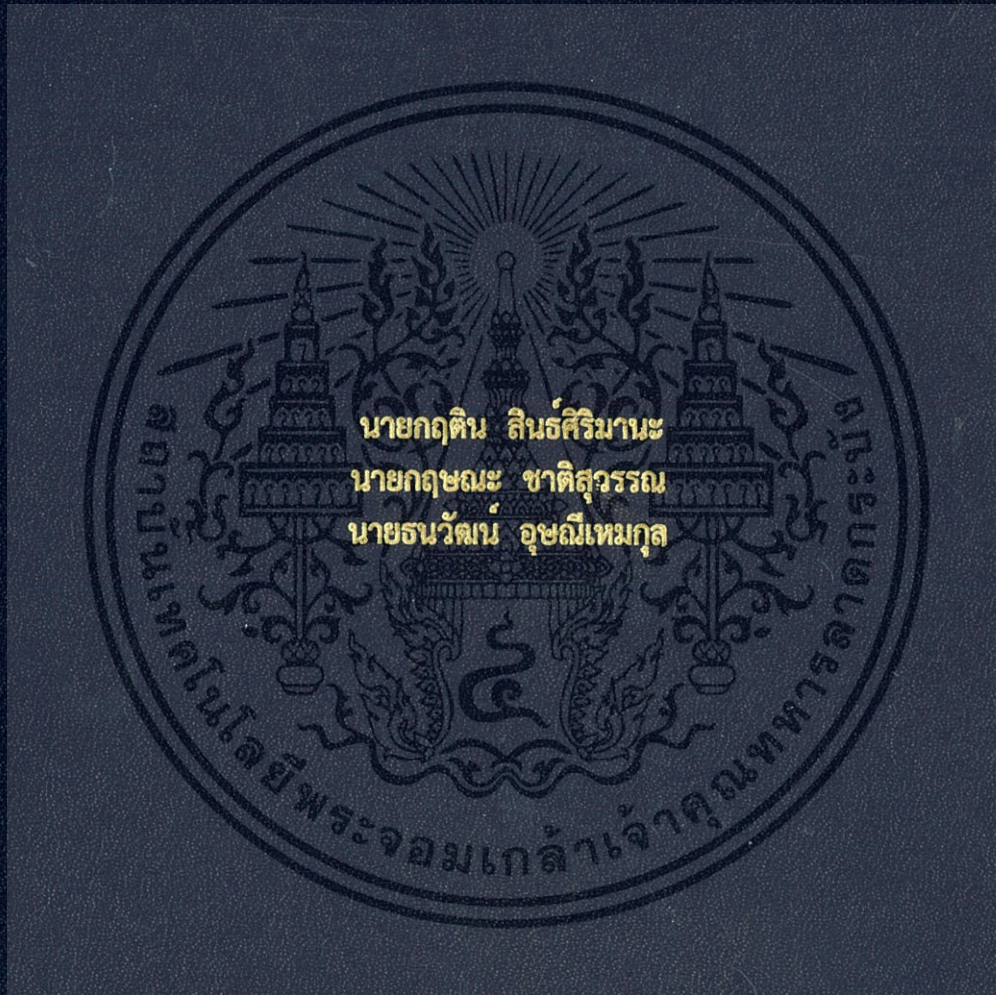


การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูลดินลูกรังในภาคใต้ตอนบน  
DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF LATERITE SOIL IN  
UPPER PART OF SOUTHERN AREA



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2559

การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูลดินลูกรังในภาคใต้ตอนบน  
DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF LATERITE SOIL IN  
UPPER PART OF SOUTHERN AREA



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF LATERITE SOIL IN  
UPPER PART OF SOUTHERN AREA



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2016

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูลดินลูกรังในภาคใต้ตอนบน  
DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF LATERITE SOIL IN  
NORTH SOUTHERN AREA

นักศึกษา นายภูติน สินธ์ศิริมานะ รหัสประจำตัว 56010026

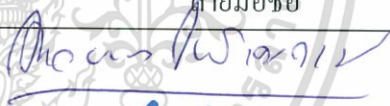
นายฤกษ์ ชาติสุวรรณ รหัสประจำตัว 56010033

นายธนวัฒน์ อุษณีเหมกุล รหัสประจำตัว 56010557

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

| คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ | ลายมือชื่อ   |
|---------------------------|--|
| รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร |  |
| ผศ.ดร.ชลิตา อุตะเภา       |  |
| ผศ.สุพจน์ ศรีนิล          |  |

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 19 เมษายน 2560 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาชั้น 2 (ห้อง 202)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(รศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุยให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 19 เมษายน 2560

# การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูลดินลูกรังใน ภาคใต้ตอนบน

นายภฤติน สันธิ์ศิริมานะ 56010026

นายภฤชณะชาติสุวรรณ 56010033

นายธนวัฒน์ อุษณีเหมกุล 56010557

รศ.ดร.แหลมทอง เหล่าคงถาวร อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2560

## บทคัดย่อ

ดินลูกรังเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างงานทางและการบำรุงรักษาผิวทาง โดยเป็นวัสดุก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง ไหล่ทาง ผิวทางชั่วคราว และพื้นทาง ดังนั้นการที่จะเลือกดินลูกรังที่เหมาะสมจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรัง เช่น ขนาดการกระจายตัวของเม็ดดิน ค่าความหนาแน่นสูงสุด ค่าความชื้นสูงสุดในการบดอัด ค่ากำลังรับน้ำหนักของดินที่บดอัด ซึ่งแต่ละแหล่งดินลูกรังก็จะมีคุณสมบัติที่ต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรัง และนำมาทดสอบหาค่าความสัมพันธ์คุณสมบัติของดินลูกรังในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ซึ่งได้แก่ แหล่งดินจากจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน โดยนำมาทดสอบและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของดินลูกรังที่ได้จากการทดสอบ CBR, Compaction, Sieve Analysis และ Atterberg Limit แล้วนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์สรุปได้ว่า ค่าคุณสมบัติของดินลูกรังจะขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพภูมิประเทศ และสามารถทำนายค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังได้จากสภาพพื้นที่ของแต่ละจังหวัดด้วย โดยงานจัดทำเพื่อให้ผู้ที่สนใจได้ศึกษาและเลือกใช้ดินลูกรังจากแหล่งต่างๆที่ได้ทำการศึกษา ให้ง่ายแก่การเลือกใช้ดินลูกรังให้เหมาะสมกับงานได้อย่างเหมาะสม เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณและเวลา

# DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF LATERITE SOIL IN UPPERPART OF SOUTHERN AREA

MR.KRITTIN SINTHSIRIMANA 56010026

MR.KRITSANA CHATSUWAN 56010033

MR.THANAWAT USANEEHAMAKUL 56010577

ASST.PROF.DR.LAEMTHONG LAOKHONGTHAVORN Advisor

Academic Year 2016

## ABSTRACT

Laterite soil is an important material in construction and road maintenance that can be used as a material in subbase, shoulder, temporary road and pavement. To choose the laterite soil is suitable that need to know about the properties of laterite soil, such as the dispersion, the maximum density, the optimum moisture content (OMC) and CBR. The properties of laterite of each sources depends on the topography of area. So the objective of this research is to find and to collect data of the properties of laterite soil in the upper part of southern area, that are Nakhon Si Thammarat and Surat Thani. Laterite of these source were collected and tested to find the properties, such as CBR, Compaction, Sieve Analysis and Atterberg Limit. The result indicates how the properties of laterite soil depends on the topography of area and can be used to predict soil properties. This research may be useful for users who want to know about the properties of laterite soil and choosing a laterite source.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี มิได้เกิดจากผู้เขียนเพียงลำพัง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณบุคคลผู้มีส่วนในรายงานฉบับนี้ที่ทำให้โครงการพิเศษบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีรายนามดังนี้

บุพการีที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์

อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ โครงการพิเศษในครั้งนี้ จะไม่สามารถดำเนินได้ถ้าขาดอาจารย์ที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เช่น คำปรึกษาในการทำโครงการพิเศษ

อาจารย์ชลิดา อุตะเภา, อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล และอาจารย์ท่านอื่นที่ให้คำแนะนำในการโครงการพิเศษครั้งนี้

พี่เจ๊ียบ พี่สมบัติ พี่เอก เจ้าหน้าที่แลป ที่ใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการพิเศษ และช่วยให้คำปรึกษาในการทำโครงการพิเศษ

เจ้าของบ่อลูกรังทุกบ่อที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างดินลูกรังในการทดสอบ

บิดาและมารดาภคินี ที่ช่วยแนะนำในการเดินทางไปเก็บตัวอย่างดินที่จังหวัดต่างๆ

จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีและกราบขออภัยบุคคลผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้

นายกฤษติน สินธ์ศิริมานะ 56010026

นายกฤษณะชาติสุวรรณ 56010033

นายธนวัฒน์ อุษณีเหมกุล 56010557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                         | i    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                      | ii   |
| กิตติกรรมประกาศ.....                         | iii  |
| สารบัญ.....                                  | iv   |
| สารบัญตาราง.....                             | vii  |
| สารบัญรูปภาพ.....                            | ix   |
| บทที่ 1 บทนำ.....                            | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....      | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์.....                        | 2    |
| 1.3 ขอบเขต.....                              | 2    |
| 1.4 วิธีการศึกษา.....                        | 2    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....           | 4    |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....              | 5    |
| 2.1 ดินลูกรัง.....                           | 5    |
| 2.1.1 กระบวนการเกิดดินลูกรัง.....            | 6    |
| 2.1.3 ชั้นของดินลูกรัง.....                  | 8    |
| 2.1.4 การหาแหล่งดินลูกรังมีอยู่หลายวิธี..... | 9    |
| 2.1.5 คุณสมบัติทางกายภาพของดินลูกรัง.....    | 9    |
| 2.1.6 ดินลูกรังในประเทศไทย.....              | 9    |

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง(ต่อ)

|  |    |
|--|----|
| 2.2 ทฤษฎีการบดอัดดินลูกรัง.....                            | 15 |
| 2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength และ Density.....        | 17 |
| 2.2.2 ผลจากการใช้ดินตัวอย่างทดสอบการบดอัดซ้ำหลายครั้ง..... | 18 |
| 2.2.3 ผลจากการทดสอบการบดอัด (Compaction Test) .....        | 18 |
| 2.2.4. การจำแนกดินโดยระบบ Unified.....                     | 20 |
| 2.3 ทฤษฎี California bearing-ratio test (CBR) .....        | 22 |
| 2.4 ทฤษฎี Sieve Analysis.....                              | 23 |
| 2.5 ทฤษฎี Atterberg Limit.....                             | 24 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา.....                            | 26 |
| 3.1. อุปกรณ์การทดสอบ และ สถานที่ดำเนินการศึกษา.....        | 26 |
| 3.1.1. อุปกรณ์การทดสอบ.....                                | 26 |
| 3.1.2. สถานที่ดำเนินการศึกษา.....                          | 26 |
| 3.1.3. การเตรียมการ.....                                   | 26 |
| 3.1.4. การหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูล.....                      | 27 |
| 3.2. วิธีการเก็บตัวอย่าง.....                              | 27 |
| 3.3. การทดสอบและการคำนวณ.....                              | 28 |
| 3.3.1.การทดสอบ Sieve Analysis.....                         | 28 |

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา(ต่อ)

3.3.2. การทดสอบ Atterberg's Limits.....29

3.3.3. การทดสอบ Compaction Test.....32

3.3.4. การทดสอบ California Bearing Ratio.....33

## บทที่ 4 สรุปผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบ.....42

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ.....43

4.2.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช.....43

4.2.2 จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....52

4.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบ.....57

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....58

5.1 สรุปผลการทดลอง.....58

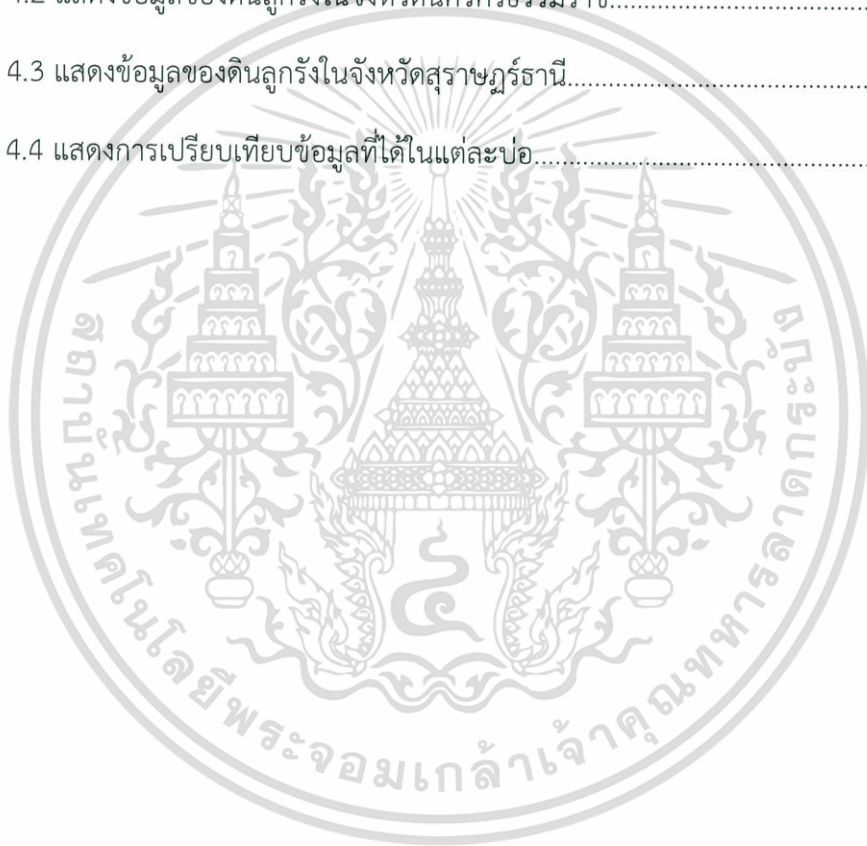
5.2 ข้อเสนอแนะ.....58

เอกสารอ้างอิง.....59

ภาคผนวก.....61

# สารบัญตาราง

|   | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังในประเทศ.....            | 14   |
| ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified.....    | 20   |
| ตารางที่ 3.1 แสดงค่าแรงมาตรฐาน (Standard Load) ที่ Penetration ต่างๆ..... | 38   |
| ตารางที่ 4.1 แสดงสถานที่ตั้งของบ่อดินลูกรัง.....                          | 41   |
| ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลของดินลูกรังในจังหวัดนครศรีธรรมราช.....            | 45   |
| ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลของดินลูกรังในจังหวัดสุราษฎร์ธานี.....             | 53   |
| ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ในแต่ละบ่อ.....                | 57   |



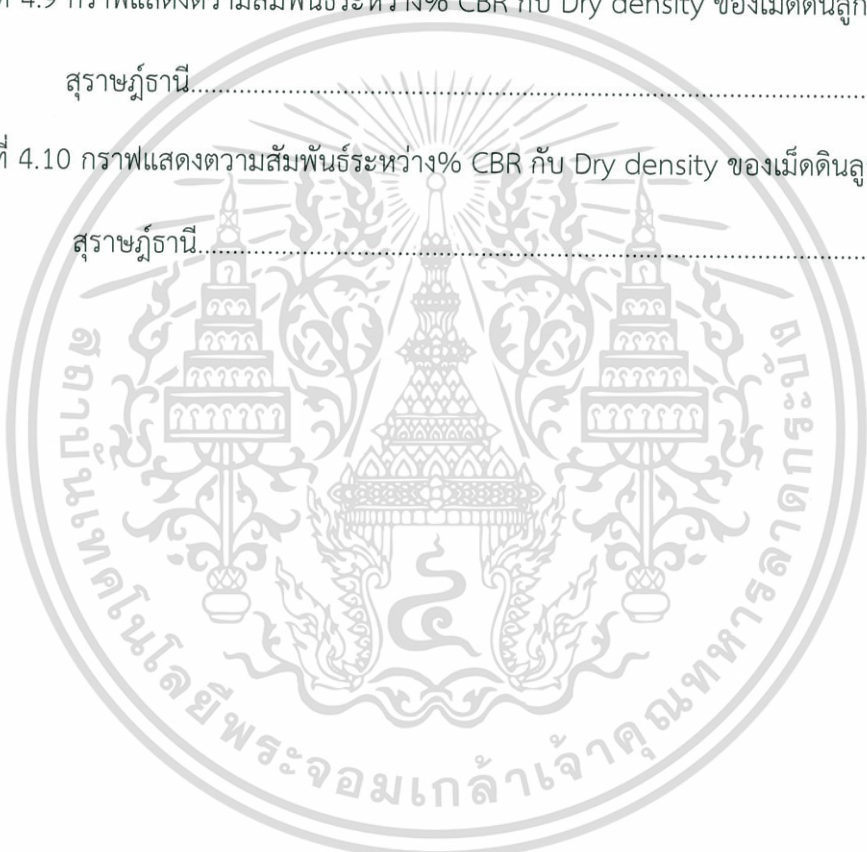
# สารบัญรูป

|   | หน้า |
|---|------|
| รูปภาพที่ 1.1 แสดงผังวิธีการศึกษา.....  | 3    |
| รูปภาพที่ 2.1 แผนที่โลกแสดงการกระจายตัวของดินลูกรังในทวีปต่าง .....   | 5    |
| รูปภาพที่ 2.2 แสดงการแบ่งชั้นของดินลูกรัง ตามวิธี Remillon .....  | 8    |
| รูปภาพที่ 2.3 บริเวณที่พบดินลูกรังในประเทศไทย.....  | 11   |
| รูปภาพที่ 2.4 ผลการบดอัดดินประเภท CL,ML,SM โดยวิธีมาตรฐาน AASHTO.....   | 15   |
| รูปภาพที่ 2.5 การเพิ่มพลังงานการบดอัดมีผลให้ สูงขึ้น และ w ลดน้อยลง.....  | 16   |
| รูปภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างดินต่างๆและของดินเหนียว.....   | 17   |
| รูปภาพที่ 2.7 เปรียบเทียบผลการใช้ดินตัวอย่างซ้ำในการบดอัดในห้องปฏิบัติการ.....                                  | 18   |
| รูปภาพที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่ได้รับการบดอัด.....                            | 19   |
| รูปภาพที่ 2.9 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified.....  | 21   |
| รูปภาพที่ 3.1 แสดงการหาค่าขีดจำกัดพลาสติก.....  | 40   |
| รูปภาพที่ 4.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช.....   | 43   |
| รูปภาพที่ 4.2 กราฟแสดงการกระจายตัวของเม็ดดินลูกรังในจังหวัดนครศรีธรรมราช.....                                   | 46   |
| รูปภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรัง.ในจังหวัด<br>นครศรีธรรมราช..... | 47   |
| รูปภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรัง.ในจังหวัด<br>นครศรีธรรมราช..... | 48   |
| รูปภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรัง.ในจังหวัด<br>นครศรีธรรมราช..... | 49   |

## สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

|   |    |
|---|----|
| รูปภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรัง.ในจังหวัดนครศรีธรรมราช..... | 50 |
| รูปภาพที่ 4.7 จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....  | 51 |
| รูปภาพที่ 4.8 กราฟแสดงการกระจายตัวของเม็ดดินลูกรังในจังหวัดสุราษฎร์ธานี.....                                | 54 |
| รูปภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรัง.ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี.....  | 55 |
| รูปภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง% CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรัง.ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี..... | 56 |



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้ดินลูกรังอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะงานทางและการบำรุงรักษาผิวทาง โดยใช้เป็นวัสดุก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง ไหล่ทาง ผิวทางชั่วคราว และพื้นทาง ซึ่งในปัจจุบันการจะนำดินลูกรังมาก่อสร้างจะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของดินลูกรังให้เหมาะสมกับความต้องการที่จะนำไปใช้ในงานต่างๆ เนื่องด้วยแหล่งดินลูกรังในประเทศไทยมีหลายแห่ง และคุณสมบัติแตกต่างกันไป ตามภูมิภาคต่างๆ เพื่อให้มีความสะดวกในการเลือกใช้แหล่งดินลูกรังให้เหมาะสมกับงานที่ทำจึงจำเป็นต้องทดสอบคุณสมบัติต่างๆดังนี้ CBR, Compaction, Sieve Analysis และ Atterberg Limit ซึ่งจะต้องนำดินลูกรังจากแหล่งข้อมูลต่างๆมาทำการทดลองวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ อันเป็นแนวทางไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์และประหยัดเวลา เป็นประโยชน์ต่อทางราชการ และหน่วยงานอื่นที่จะนำข้อมูลที่รวบรวมไว้ไปใช้

ในพื้นที่ภาคใต้ตอนบนเป็นพื้นที่ซึ่งมีฝนตกในปริมาณที่มากและยาวนานกว่าพื้นที่อื่น เนื่องจากดินลูกรังที่นำมาใช้ในงานพื้นทาง สามารถนำมาจากแหล่งดินลูกรังซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก บ่อกระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆของประเทศไทย ซึ่งคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังในแต่ละภูมิภาคมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ข้าพเจ้าจึงเล็งเห็นความสำคัญในการจัดทำชุดข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ดินลูกรังจากบ่อต่างๆ เพื่อความเหมาะสมในการปฏิบัติงาน และทำให้ทราบถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังหลายๆแหล่งจากสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันของพื้นที่นั้น

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและรวบรวมจัดทำเป็นฐานข้อมูล คุณสมบัติดินลูกรังตามลักษณะภูมิประเทศต่างๆในภาคใต้ตอนบน
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติ ค่า Compaction , ค่า CBR , ค่า sieve analysis , ค่า

Atterberg Limit ของดินลูกรังจากฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นและเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติเหล่านี้กับลักษณะภูมิประเทศของดินแต่ละแหล่งที่ทำการเก็บตัวอย่าง

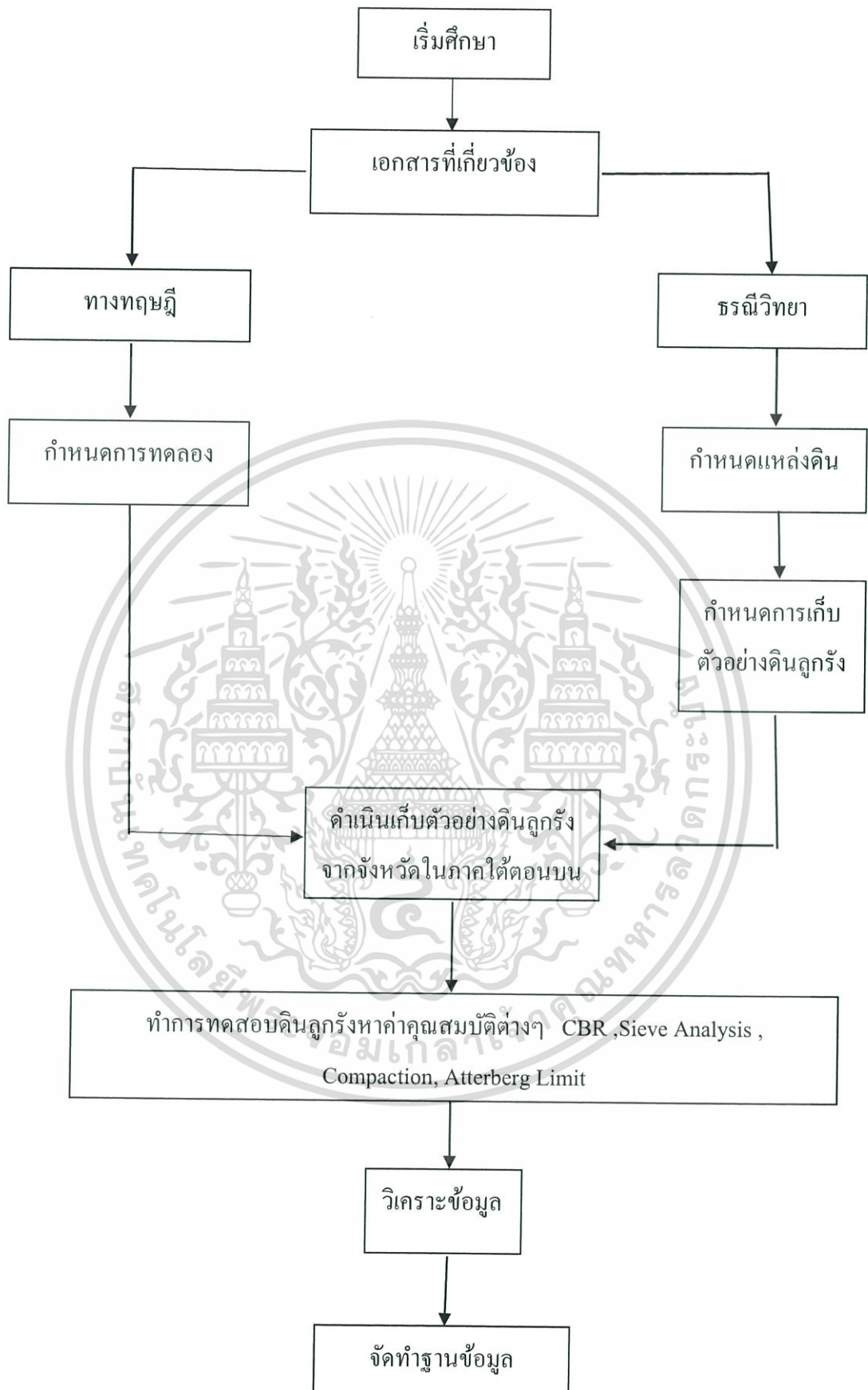
## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของดินลูกรังจากแหล่งดินที่ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ได้แก่จังหวัด นครศรีธรรมราช , สุราษฎร์ธานี โดยทำการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ค่า Compaction
2. ค่า CBR
3. ค่า sieve analysis
4. ค่า Atterberg Limit

## 1.4 วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาข้อมูลงานวิจัยนี้สามารถสรุปเป็นแผนผังขั้นตอนการศึกษา ดังรูปที่ 1.1 จะเห็นว่าการศึกษาจะเริ่มจากการศึกษาข้อมูลที่เป็นในการทำวิจัย เอกสารที่เกี่ยวข้อง วิธีการทดสอบดินลูกรังตามมาตรฐานต่างๆและการวางแผนการเก็บดินลูกรังตามแหล่งดินต่างๆตามที่กำหนดไว้ เมื่อได้ตัวอย่างดินมาแล้ว จึงนำดินมาทดลองหาค่า CBR , Sieve Analysis , Compaction, Atterberg Limit คุณสมบัติของดินลูกรัง จากนั้นนำข้อมูลดิบมาวิเคราะห์และแปรผล จากนั้นจัดทำฐานข้อมูลต่อไป



รูปที่ 1.1 แสดงผังวิธีการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบค่าคุณสมบัติของดินลูกรังจากแหล่งที่ทำการเก็บตัวอย่าง
2. ได้ทราบความแตกต่างของคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังตามลักษณะภูมิประเทศต่างๆ
3. นำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังสำหรับงานพื้นทาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ดินลูกรัง

ดินลูกรัง เกิดจากการผุพังของหินในสภาพภูมิอากาศร้อนหรือกึ่งร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสูงและจากการศึกษาการผุพังและการเกิดสีแดงของหินในสหรัฐอเมริกาของ Russel [1989] พบว่าอุณหภูมิที่อบอุ่นและความชื้นสูงมีอิทธิพลต่อการผุพังของหินมากกว่าอุณหภูมิที่เย็น และความชื้นที่ต่ำ ซึ่งกระบวนการกัดเซาะทางเคมีจะชะล้าง และพัดพาเอาซิลิกา ( $\text{SiO}$ ) ออกจากดินเดิม และในขณะเดียวกันก็มีการสะสมเฮสควิวออกไซด์ (Sesquioxide, Fe and Al O) ในดินเดิมทำให้เกิดเป็นก้อนแข็ง ผลของกระบวนการดังกล่าวทำให้เกิดดินที่มีปริมาณเหล็กออกไซด์ และอลูมิเนียมออกไซด์สูงกว่าปกติซึ่งดินประเภทนี้เรียกว่า “ดินลูกรัง” และกระบวนการเกิดขึ้นทั้งหมดนี้ เรียกว่า “กระบวนการ Laterization” ได้สนับสนุนว่าที่อุณหภูมิและความชื้นหรือในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน จะเกิดกระบวนการกัดเซาะทางเคมีขึ้นดังรูป 2.1 แสดงการกระจายตัวของดินลูกรัง



รูปที่ 2.1 แผนที่โลกแสดงการกระจายตัวของดินลูกรังในทวีปต่าง [1976]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 กระบวนการเกิดดินลูกรัง

กระบวนการเกิดดินลูกรังแบ่งการเกิดออกเป็นสองช่วง คือ

1. กระบวนการเกิดดินลูกรัง Primary Minerals ในดินลูกรังกระบวนการทำลายในเขตร้อนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ฟิสิกส์และหรือการเกิดการเปลี่ยนรูปของ Primary rock –forming minerals เป็นแร่ดินเหนียวที่มีโครงสร้างแบบ 1:1 และสารประกอบลูกรัง ซึ่งได้แก่ เหล็ก, อลูมิเนียม, ไทเทเนียมและแมงกานีสสะสมอยู่เป็นจำนวนมากโดยแบ่งขั้นตอนในการเกิดลูกรังออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

1.1 Decomposition เป็นขบวนการทางเคมีฟิสิกส์ในการทำลาย Primary minerals ในหินออกไซด์ต่างๆ ได้แก่  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  และอื่นๆ ซึ่งปรากฏอยู่ในรูปของอนินทรีย์สาร

1.2 Laterization คือกระบวนการก่อกำเนิดลูกรังจะเกิดการชะล้างภายใต้สภาวะการระบายที่เหมาะสม เกิดการรวมตัวของซิลิกา ต่างและสารพวกออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ ของเซสควิออกไซด์ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ) ส่วนสารอื่นๆจะถูกชะล้างหรือรวมตัวกันขึ้นกับความเป็นกรด ต่างของน้ำในดินและสภาวะการระบาย Mohr and Van Beran [1954] ได้กล่าวว่า กระบวนการก่อกำเนิดลูกรัง (Laterization) เป็นกระบวนการที่  $\text{SiO}_2$  ถูกชะล้างพัดพาออกไปภายใต้สภาวะการระบายน้ำที่เหมาะสมเหลือ  $\text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  เป็นส่วนสำคัญ กระบวนการทางเคมีฟิสิกส์จะมีผลทำให้เกิดแร่ดินเหนียวในกลุ่มของแร่ Kaolinite เป็นสำคัญ ภายใต้กระบวนการสลายตัวทางเคมีฟิสิกส์ที่ยาวนาน แร่ดินเหนียวและซิลิกาจะถูกชะล้างพัดพาออกไปจากมวลดิน เหลือสารที่เป็นออกไซด์ของอลูมิเนียม เช่น Gibbsite หรือออกไซด์ของเหล็ก เช่น Limonite หรือ Goethite กระบวนการชะล้างพัดพาดังกล่าวนี้รู้จักกันโดยทั่วไปว่ากระบวนการก่อกำเนิดลูกรังหรือ Laterization process ต่อมา Ramillon [1976] ได้กล่าวว่าภายใต้สภาวะการเกิดกระบวนการทำลายทางเคมีฟิสิกส์ที่ยาวนานนี้แร่ดินเหนียวจะถูกชะล้างเหลือสารที่มีออกไซด์ของอลูมิเนียม เช่น Gibbsite หรือไฮดรอกไซด์ของเหล็กเช่น ลิโมนิตหรือเกอร์ไทท์

1.3 Dehydration หรือ Desiccation คือกระบวนการสูญเสียความชื้นตามธรรมชาติจะเกิดการเสียน้ำในเซสควิออกไซด์ (Sesquioxide) ทำให้เกิดการแข็งตัวขึ้น นอกจากนี้การสูญเสียความชื้นในสารละลายที่มีเหล็กออกไซด์ปนอยู่ ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น เกิดการตกผลึกของเหล็กออกไซด์เป็นผลให้เกิดออกไซด์ของเหล็กในรูป Limonite ( $\text{FeO} \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ ), Goethite ( $\text{FeO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) และ Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) สรุปได้ว่าการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งตัวในดินลูกรังเกิดขึ้นเนื่องจากออกไซด์อิสระของเหล็ก 3 ชนิด ได้แก่เฮมาไทท์ ไลโมไนต์ และเกอร์ไทท์ เคลือบบนอนุภาคดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเฮมาไทต์กระบวนการ Laterization จะทำให้ออกไซด์อิสระของเหล็กในรูปของเฮมาไทต์เคลือบอยู่บนอนุภาคดินมีความหนาเพิ่มขึ้น

2. กระบวนการเกิดดินลูกรัง Secondary minerals ในดินลูกรัง Secondary minerals ในดินลูกรังได้แก่ แร่ดินเหนียว คาโอลิไนท์ ฮาลลอยไซด์อิลไลท์ มอนท์โมริลโลไนท์ และอื่นๆ การเกิด secondary mineral 8 ในดินลูกรังขึ้นกับอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ พืชที่ปกคลุมและสภาพการระบายน้ำ ชนิดของ Secondary minerals ในดินลูกรังมีประโยชน์มากในทางวิศวกรรมเพราะสามารถคาดการณ์ถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังได้ เช่น ดินลูกรังที่มีมอนท์โมริลโลไนท์ และอิลไลท์สูง จะมีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ ความดันน้ำในโพรงสูง และรวมตัวได้ง่ายกว่าดินลูกรังที่มีคาโอลิไนท์และคลอไรท์เป็นส่วนประกอบ

วิธีการหา Secondary minerals ในดินลูกรัง

1. X-RAY Diffraction (XTA)
2. Diffraction Thermal Analysis (DTA)
3. Scanning Electron Microscope (SEM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 ชั้นของดินลูกรัง

Remillon [1976] ได้ทำการแบ่งชั้นของดินลูกรังตามกระบวนการเกิดของชั้นดิน ออกเป็นลำดับดังนี้

A : Zone of Leaching

B : Zone of Acculation

C : Zone of Weathering and Removal of Soluble Constituents

D : Sound Parent Rock



รูปที่ 2.2 แสดงการแบ่งชั้นของดินลูกรัง ตามวิธี Remillon [1976]

แบ่งดินลูกรังตามกระบวนการเกิดของชั้นดินออกได้ดังนี้

ชั้น A: เป็นชั้นที่บางที่สุด ประกอบด้วยชั้นของ Silty หรือ Sandy มีซากพืชซากสัตว์น้อย หรืออาจ จะไม่มี

ชั้น B: เป็นชั้นดินลูกรังที่มีความหนาตั้งแต่ 0.30-0.60 เมตร ประกอบด้วยชั้นของ Sandy หรือ Gravelly ซึ่งในชั้นนี้เป็นชั้นที่มีการสะสมตัวของเซลควิออกไซด์มาก และอาจจะมีไมก้า (Mica) ปรากฏอยู่บ้าง

ชั้น C: หรือชั้น Mottled Zone ชั้นนี้มีความหนามากกว่าชั้น B หลายเท่า มีการชะล้างเหล็ก และซิลิกาออกไปบ้างบางส่วน โดยปกติจะมีหลายสี ในชั้นนี้อาจจะมีโอไลไนท์ และควอทซ์อยู่ได้ชั้น C เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงไปอาจจะมีดินเหนียวสีขาวเรียกว่า “Pallid Zone” ซึ่งเป็นชั้นที่เหล็กถูกชะล้างออกไปหมดแล้วแต่ยังคงมีซิลิกาอยู่เนื่องจากถูกชะล้างออกไปเพียงบางส่วนเท่านั้น ดินชั้นนี้อาจจะปรากฏหรือไม่ปรากฏก็ได้

ชั้น D : เป็นชั้นหินต้นกำเนิดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในประเทศไทยนั้น พบดินลูกรังที่ความลึกประมาณ 0.30-1.80 เมตร แต่ในทั่วไปจะพบความลึกที่ไม่เกิน 3.00 เมตร

#### 2.1.4 การหาแหล่งดินลูกรังมีอยู่หลายวิธีโดยใช้

1. แผนที่และข้อมูลทางธรณีวิทยา
2. ภาพถ่ายทางอากาศ
3. แผนที่ทางอากาศ
4. เทคนิคการเจาะสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

#### 2.1.5 คุณสมบัติทางกายภาพของดินลูกรัง

สีของดินลูกรัง ดินลูกรังส่วนใหญ่มักจะมีสีแดงแต่จะมีสีแดงเข้มหรืออ่อนขึ้นกับปริมาณน้ำเป็นส่วนประกอบหลักของออกไซด์เหล็ก อลูมิเนียม ไททาเนียม และแมกนีเซียม โดยทั่วไปสีของดินเกิดจากรัศตุต่างๆที่เป็นส่วนประกอบดังนี้

1. สารอินทรีย์ดินจะมีสีดำ สีน้ำตาลและสีเทา
2. แร่เหล็ก ดินจะมีสีแดง สีส้ม สีเหลือง สีน้ำตาล สีน้ำเงิน และสีเขียว
3. แร่แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม อลูมิเนียม และโปแตสเซียม ดินจะมีสีขาว
4. แร่แมงกานีส ดินจะมีสีดำและสีน้ำตาล

#### 2.1.6 ดินลูกรังในประเทศไทย

ประเทศไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยมีฤดูฝนสลับร้อนกันไปเป็นระยะเวลาที่ค่อนข้างจะยาวนานสภาพอากาศเช่นนี้เหมาะกับการเกิดดินลูกรังอย่างยิ่งและจะพบดินลูกรังได้มากในภาค

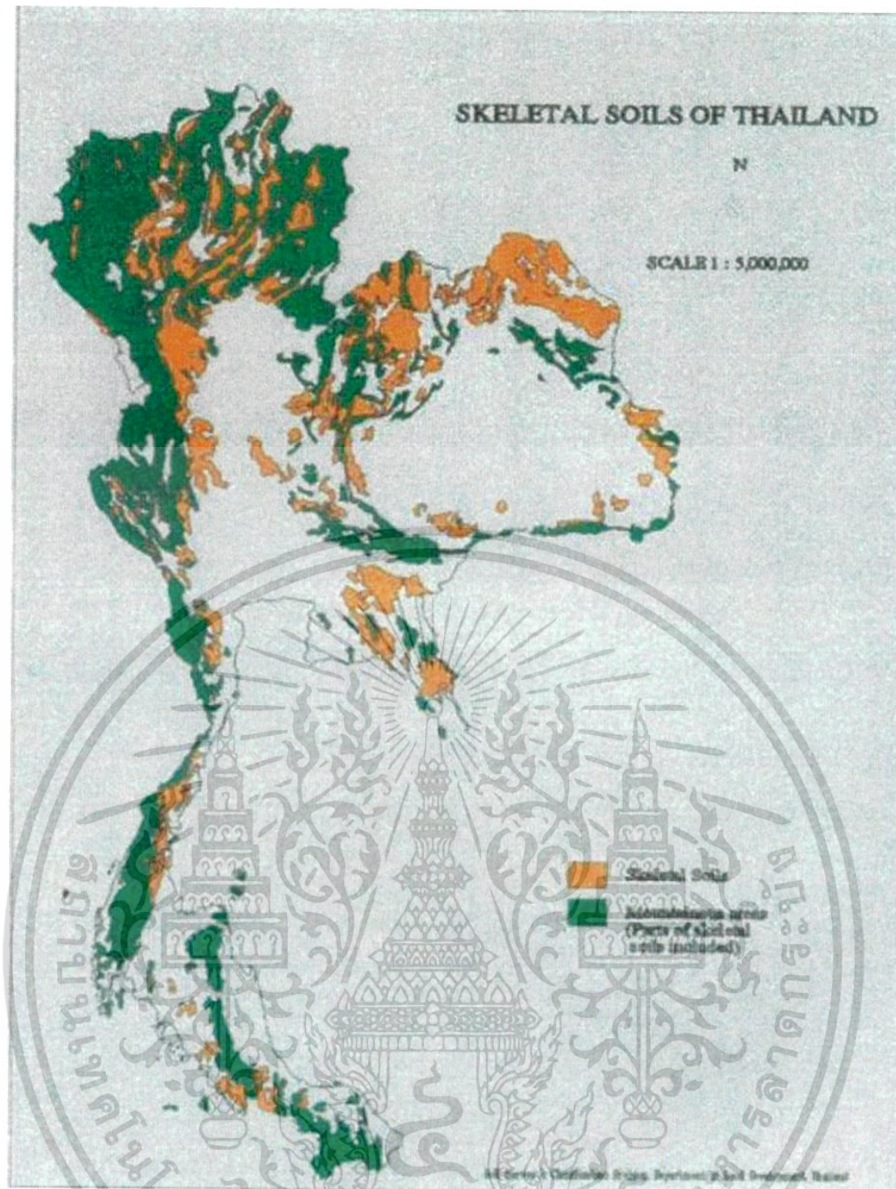
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกและภาคเหนือ โดยมีหินต้นกำเนิดส่วนใหญ่เป็นหินทรายและ หินบะซอลท์และหินดินดาน บริเวณที่พบดินลูกรังในประเทศไทยแสดงไว้ในรูปที่ 2.3 ประเทศไทยจะ พบดินลูกรัง ซึ่งดินลูกรังนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการเกิด คือ

1. **ดินลูกรังปฐมภูมิ (Primary Lateritic Soils)** คือ ดินลูกรังที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบมาก และเกิดอยู่กับที่เหนือหินต้นกำเนิดเหล็กที่เป็นองค์ประกอบ ได้มาจากธาตุพวกเฟอร์โรแมกนีเซียม (FeroMagesisn) ที่มีอยู่ในหินชั้นล่างๆลงไป เหล็กออกไซด์จะเคลื่อนขึ้นมาสะสมมากในชั้นดินตาม การเคลื่อนที่ขึ้นๆลงๆของน้ำใต้ดินในแต่ละฤดูกาลออกซิเจนและกรดอินทรีย์ต่างๆที่ละลายปนมากับ น้ำฝนจะออกซิไดซ์ (Oxidize) ธาตุพวกเฟอร์โรแมกนีเซียมในดินให้กลายเป็นเหล็กออกไซด์สีแดง การ เกิดดินลูกรังประเภทนี้ในประเทศไทยมักจะเกิดขึ้นเป็นชั้นๆจากผิวดินจนถึงชั้นต้นกำเนิดดังต่อไปนี้ คือ

1. ชั้นผิวดิน
2. ชั้นของดินลูกรังที่เป็นเม็ดกลมแข็งและแข็ง เกิดจากการเกาะกันของเฮมาไนท์เม็ดเล็กๆ และมีดินเหนียวปนบ้างเล็กน้อย
3. ชั้นของดินลูกรังที่เป็นเม็ดเล็กและแข็งจำนวนมาก และมีดินลูกรังเม็ดกลมที่เริ่มแข็งตัวของ ลีโมนไนท์ (เหล็กไฮดรอกไซด์)
4. ชั้นดินเหนียวอ่อนชุ่มชื้นและมีเหล็กออกไซด์ขนาดเม็ดต่างๆปนกันอยู่
5. ชั้นดินเหนียวสีเทาที่มีลีโมนไนท์ปนอยู่หรือแทรกอยู่ตามรอยแตก
6. ชั้นหินต้นกำเนิดที่ผุพัง (พวกกรวด ทราย ดินเหนียว)
7. หินต้นกำเนิด

โดยทั่วไปซีตจำกัดพิกัดอ็อกไซด์เบอร์ก็จะต่ำสุดที่ชั้นดินลูกรังและจะเพิ่มตามความลึกจนถึงชั้น หินต้นกำเนิดที่ผุพัง ปกติส่วนใหญ่ในสุดของเม็ดดินลูกรังเป็นเหล็กไฮดรอกไซด์ที่อ่อนและผิวนอกจะ เป็นเหล็กไฮดรอกไซด์ที่แข็งกว่าความหนาของเหล็กไฮดรอกไซด์นี้มีมากหรือน้อยขึ้นกับสภาพแวดล้อม ของดินลูกรังว่าเป็นกรดหรือเป็น Oxidizing Agents



รูปที่ 2.3 บริเวณที่พบดินลูกรังในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Secondary Lateritic Soil เป็นดินลูกรังที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายมาจากแหล่งหินต้นกำเนิดอื่น เมื่อน้ำใต้ดินไหลผ่านจะทำให้เหล็กออกไซด์ที่อยู่ในดินแข็งตัวและยังมีออกซิไดซ์แร่เหล็กที่มีอยู่ในบริเวณนั้นด้วย โดยทั่วดินลูกรังประเภทนี้จะไม่แบ่งเป็นหลายๆชั้น เหล็กออกไซด์สีแดงที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ลักษณะของดินและความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านของชั้นดินออกไซด์ของดินลูกรังประเภทนี้จะอยู่กระจุกกระจายมากกว่าดินลูกรังประเภทแรกและมักเกาะอยู่โดยรอบของเม็ดกรวดหรือชิ้นส่วนที่แตกหักจึงทำให้ดินลูกรังประเภทนี้มีขนาดใหญ่กว่ามีความแข็งแรงที่แตกต่างกันมากกว่าและเห็นชั้นของฮีมาไทต์โลมโนต์และดินเหนียวเด่นชัดกว่าดินลูกรังประเภทแรกและค่า Atterberg's Limit ของดินลูกรังประเภทนี้ต่ำกว่าดินลูกรังประเภทแรก Moh และ Mazhar รายงานผลว่าการเตรียมตัวอย่างดินลูกรังก่อนการทดสอบมีผลทำให้ค่าขีดจำกัดพิกัดแอดเตอร์เบิร์กแตกต่างกัน การอบตัวอย่างให้แห้งก่อนการทดสอบจะให้ผลที่แตกต่างจากการผึ่งตัวอย่างตามธรรมชาติหรือทดสอบตัวอย่างที่มีความชื้นตามธรรมชาติ ผลการทดสอบจะแตกต่างกันมากในกรณีที่มีแร่ Montorillonite เป็นองค์ประกอบ Shuster ได้ทำการทดสอบเพื่อตรวจสอบความทนทานของเม็ดลูกรังในประเทศไทยโดยใช้การทดสอบ Los Angeles Ratter Test (ASTM C 131-64 T) และ California Durability Test (State of California Test Method 229-C) จากผลการทดสอบปรากฏว่า California Durability Test เป็นวิธีการทดสอบที่เหมาะสมให้ค่าความทนทานของดินลูกรังใกล้เคียงกับสภาพจริงที่เกิดขึ้นในสนามมากกว่า Los Angeles Ratter Test

Vallerga และ Rananand ได้สรุปผลการสำรวจแหล่งดินลูกรังในประเทศไทยดังต่อไปนี้

ก. ในประเทศไทยจะพบดินลูกรังมากกว่าลูกรัง ดินลูกรังที่พบมักจะพบในลักษณะของกรวดทรายดินตะกอน และดินเหนียวที่มีออกไซด์ของเหล็กปนอยู่ในปริมาณสูง ลูกรังที่จับเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ไม่ค่อยพบบ่อยนัก

ข. ดินลูกรังที่ใช้ในการก่อสร้างทางหลวงมักจะได้จากการขุดและการดันดินผสมเป็นกอง (Stockpile) อันประกอบด้วยดินตะกอน และดินเหนียวที่มีเหล็กออกไซด์ปริมาณสูงผสมรวมกันเป็นลูกรังซึ่งมีความแข็งแรงต่างกัน ลูกรังเกิดเป็นก้อนใหญ่หรือเป็นพีตแข็งติดต่อกันจะไม่นำมาใช้ในการก่อสร้างทางหลวง

ค. สภาวะที่เหมาะสมที่จะก่อให้เกิดดินลูกรังในประเทศไทยได้แก่สภาวะที่มีเหล็กหรือลูมินัมเกิดสะสมอยู่ในปริมาณสูงอย่างน้อยที่สุดร้อยละ 1-2 สภาวะที่ดินมีออกซิเจนในน้ำใต้ดินสูงและสภาวะที่สิ่งแวดล้อมมีภาวะที่ภูมิประเทศมีความเหมาะสมที่ก่อให้เกิดการชะล้างในชั้นดินได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. ความแข็งแรงของเม็ดดินลูกรังอาจจะเพิ่มขึ้นได้ภายหลังการขุดดินลูกรังที่ปล่อยทิ้งไว้กลางแจ้งเพื่อให้ดินลูกรังเกิดปฏิกิริยาเคมีกับออกซิเจนในอากาศจนเจือปนกับแห้งจะช่วยให้ออกซิเจนแทรกซึมลึกเข้าไปในเม็ดดินลูกรังและปฏิกิริยาต่อเนื่องอันทำให้เม็ดลูกรังแข็งมากยิ่งขึ้น

จ. ดินลูกรังถือเป็นวัสดุที่จะนำมาใช้สร้างทางได้ ถ้าหากมีการกำหนดมาตรฐานและขีดจำกัดอันทำให้สามารถใช้ดินลูกรังเป็นวัสดุก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง พื้นทางและผิวทางชั่วคราวได้อย่างเหมาะสม

วุฒิชัย ได้ศึกษาสมบัติของดินลูกรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยพบว่า ดินลูกรังส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่ม A-2 ตามการจำแนกดินของ AASHTO ซึ่งเป็นกรวดปนดินตะกอนหรือกรวดปนทรายแป้งและดินเหนียว (Silly or Clayey Gravel) ซึ่งถือว่าเป็นวัสดุที่มีคุณภาพดีสำหรับใช้เป็นชั้นรองพื้นทางของถนน และหากจำแนกตามระบบ Unified Soil Classification จำแนกเป็นประเภทกรวด (G) และทราย (S) ส่วนประกอบของดินลูกรังส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาโอไลน์ปริมาณมากและซิลิกาปริมาณพอสมควร นอกจากนี้อาจพบมอนต์มอริลโลไนต์ เวอร์มิคิวโลต์ คลอไรต์ เกอไทต์ และควอร์ตปนอยู่ด้วย ส่วนปัญหาที่พบในลูกรังภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย คือ มีค่า Liquid Limit และ Plasticity Index มากกว่าข้อกำหนดของกรมทางหลวง

ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ และ วุฒิชัย วยวุฒิเกียรติ กล่าวว่าดินลูกรังในประเทศไทยมีความคงทนเพียงพอที่จะใช้ทำชั้นพื้นทางและรองพื้นทางของถนนที่มีปริมาณจราจรน้อยถึงสูงปานกลางได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นชั้นผิวทางชั่วคราวของถนนที่ไม่ได้ลาดยางได้ดีอีกด้วย ผลการทดลองยังแสดงอีกด้วยว่าค่า Atterberg Limits ของดินลูกรังในประเทศไทยจะสูงกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของกรมทางหลวง

วรศักดิ์ และ สมหวัง ได้อธิบายว่า ดินลูกรังสามารถใช้เป็นวัสดุชั้นรองพื้นทาง ไหล่ทาง พื้นทางของถนนที่มีปริมาณการจราจรสูงปานกลาง และสามารถใช้เป็นผิวทางชั่วคราวของถนนที่ไม่ได้ลาดยางเพราะเม็ดลูกรังจะไม่แตกเป็นเม็ดละเอียดเมื่อถูกน้ำหรือความชื้นในอากาศ แหล่งดินลูกรังในภาคตะวันตกเฉียงเหนือที่เปิดใช้ยุ่นั้นมีประมาณ 40 แห่ง มักพบชั้นดินลูกรังหนาประมาณ 1.4-2.0 เมตร ค่า Liquid Limit และ Plasticity Limit ของดินลูกรังส่วนมากจะสูงกว่าข้อกำหนดของกรมทางหลวง และถ้านำดินลูกรังผสมกับซีเมนต์จะมีคุณสมบัติใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางได้เป็นอย่างดี

RuenKrairergsa และ Waiwudthikhead ได้ทำการศึกษากลสมบัติของดินลูกรังในประเทศไทย เพื่อวางแผนทางการกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติของดินลูกรัง เพื่อใช้ในงานก่อสร้างถนนจาผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าดินลูกรังในประเทศไทยประกอบด้วยเม็ดลูกรังที่มีความแข็งแรงทนทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางของถนนที่มีปริมาณจราจรน้อยและสูงปานกลางได้เป็นอย่างดี ในพื้นที่ซึ่งขาดแคลนหินที่จะใช้เป็นวัสดุพื้นทางสามารถจะนำดินลูกรังมาผสมซีเมนต์เป็นวัสดุ Soil-Cement เพื่อใช้ทำชั้นพื้นทางของถนนได้เป็นอย่างดี

Morrison (อ้างถึง ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ และ วุฒิชัย วัชรวิทย์เกียรติ) ได้รายงานค่าคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังจากแหล่งต่างๆ 57 แหล่งในประเทศไทยดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2 ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังในประเทศไทย ที่มา Morrison[1965]

| คุณสมบัติ                            | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| ส่วนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (%)          | 0         | 66        |
| ขีดพิทักเหลว (%)                     | 18        | 97        |
| ดัชนีพลาสติก (%)                     | NP        | 51        |
| กลุ่มดินตาม AASHTO                   | A-I-a     | A-7-6     |
| Group Index                          | 0         | 10        |
| ความถ่วงจำเพาะ                       | 2.59      | 3.20      |
| ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (ปอนด์/ลบ.ฟุต) | 118.0     | 114.5     |
| ความชื้นที่ความหนาแน่นแห้งสูงสุด (%) | 7.0       | 13.4      |
| CRB (%)                              | 7.0       | 60.0      |
| การบวมตัว (%)                        | 0.1       | 55.0      |
| Percentage of wear (%)               | 20.0      | 60.0      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

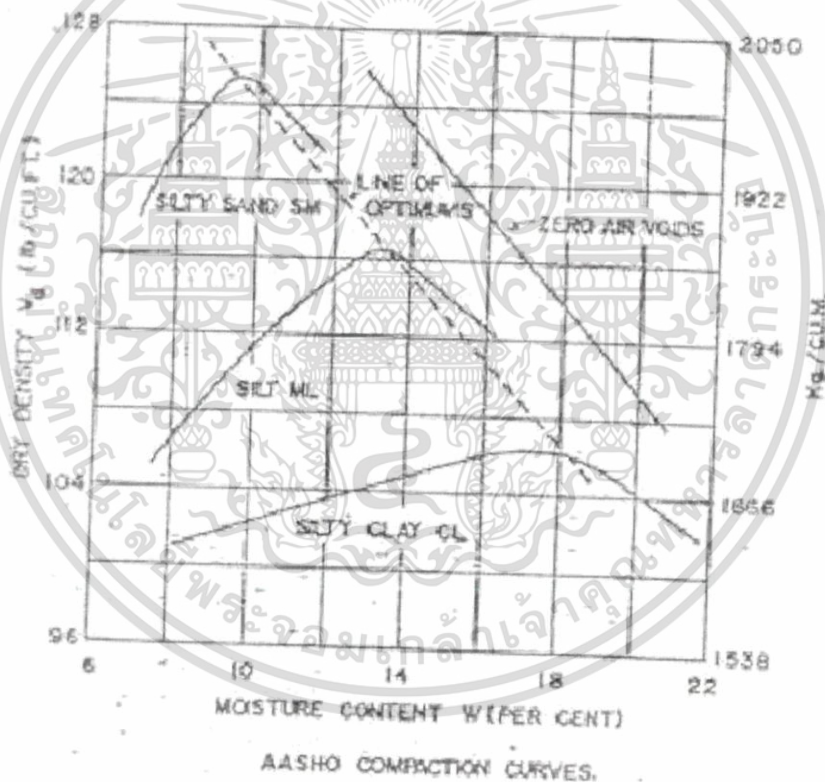
## 2.2 ทฤษฎีการบดอัดดิน

เป็นการทดสอบที่สำคัญยิ่งสำหรับงานก่อสร้างถนนหรือสนามบิน ทารบอัดเป็นการเพิ่มความแน่นของดินและเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นแห้ง ( $\gamma_d$ ) กับปริมาณความชื้น ( $w$ ) ของ Silt, Silty Sand, Silty Clay โดยวิธี Standard AASHTO Compaction Test ค่าความหนาแน่นที่ปราศจากความชื้นได้จาก

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1+w} \quad \dots(2.1)$$

เมื่อ  $\gamma_w$  = Mass Unit Weight กก./ลบ.ม.

$W$  = เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน



รูปที่ 2.4 ผลการบดอัดดินประเภท CL,ML,SM โดยวิธีมาตรฐาน AASHTO

(จिरพัฒน์ โชติไกร , 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มน้ำหนักหรือเพิ่มพลังงานการบดอัดให้สูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นเหมาะสมหรือ OMC ลดต่ำลง ขณะเดียวกันความแน่นแห้ง  $\gamma_d$  จะเพิ่มสูงขึ้นดังรูปที่ xx.2 วัสดุประเภทมวลหยาบ (Granular Soil) จะมีค่า  $\gamma_d$  สูงและ  $w$  ต่ำกว่าวัสดุประเภทมวลละเอียด ดูรูปที่ xxx.1 ซึ่งมีผลถึงการควบคุมความชื้นของดินหลายชนิดในช่วง OMC ในการบดอัดในสนามมากกว่าของดินเหนียว



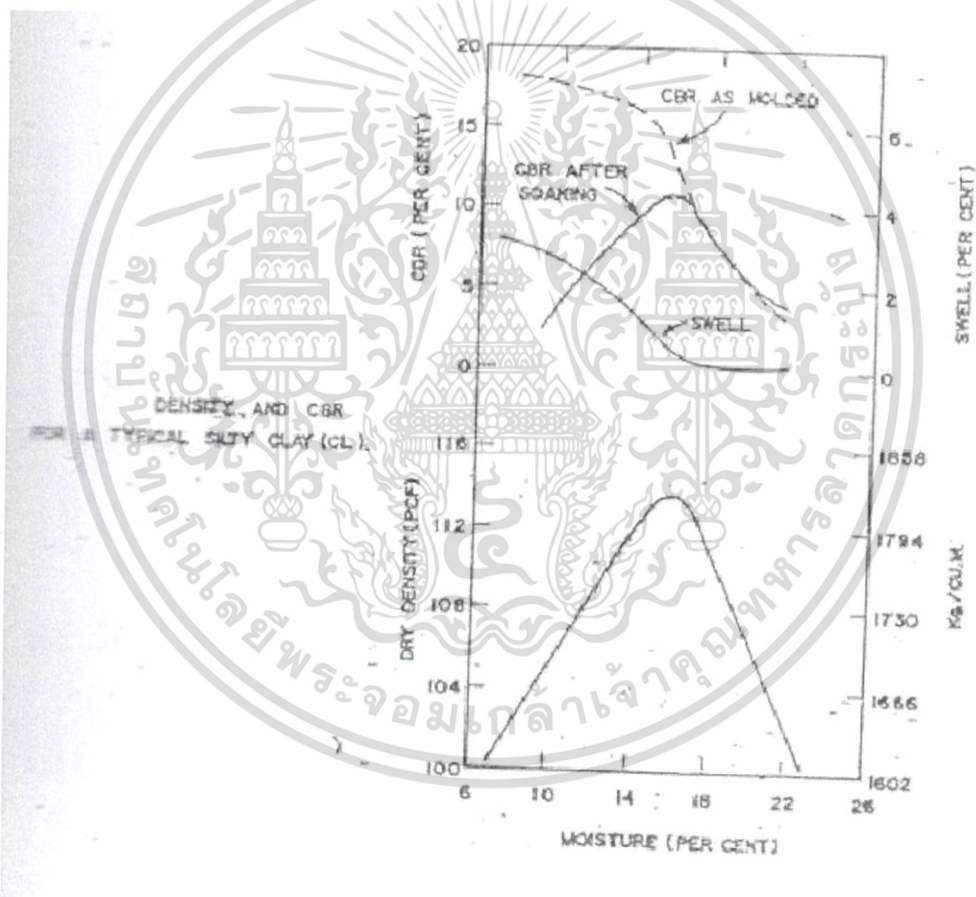
รูปที่ 2.5 การเพิ่มพลังงานการบดอัดมีผลให้  $(\gamma_d)$  สูงขึ้น และ  $w$  ลดน้อยลง

(จิรพัฒน์ โชติไกร , 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength และ Density

รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ  $\gamma_d$  ของดินเหนียว จะเห็นว่ากำลังการรับน้ำหนักของดินขึ้นกับค่าความหนาแน่นและและความชื้นของดินที่บดอัดค่า CBR ขณะบดอัดเสร็จใหม่มีค่าสูงกว่าค่า Soaked CBR หลังจากแช่น้ำ 4 วัน ลักษณะเส้นกราฟคล้ายเส้นกราฟ  $\gamma_d$  กับ  $w$  โดยมีจุดสูงสุดตรงกัน ในระหว่างแช่ดินตัวอย่างในน้ำดินจะดูดซึมน้ำจนอิ่มตัวและเกิดการบวม (swell) มากบ้างเล็กน้อยตามคุณสมบัติของดินแต่ละชนิด ดินบางชนิดถ้าบดอัดที่  $w$  ต่ำ (Dry Side) จะมีการบวมตัวสูง ขณะเดียวกันความสามารถในการรับน้ำหนักก็ลดลงมากเช่นกัน อัตราการบวมตัวจะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นใกล้เคียงกับ OMC ดังนั้นในบริเวณที่มีอัตราการบวมตัวสูงควรพยายามควบคุมการบดอัดให้  $w$  ใกล้เคียงกับ OMC มากที่สุด



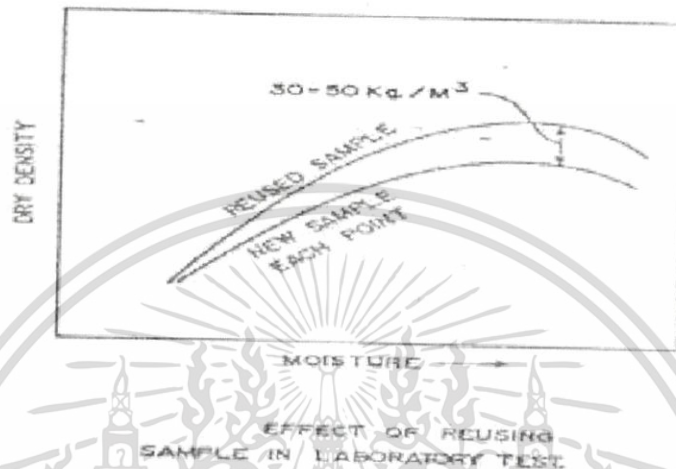
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างดินต่างๆและของดินเหนียว

(จिरพัฒน์ โชติไกร , 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2. ผลจากการใช้ดินตัวอย่างทดสอบการบดอัดซ้ำหลายครั้ง

ตามวิธีทดสอบในห้องปฏิบัติการจะใช้ดินตัวอย่างเดิมบดอัดซ้ำจนได้กราฟของ  $\gamma_d$  และจุด OMC ซึ่งมีผลให้ค่า  $\gamma_d$  ที่บดอัดในสนาม 30-50 กก./ลบ.ม. เพราะขนาดของเม็ดดินและหินที่บดอัดซ้ำแตกย่อยลงไป ดูรูปที่ 2.4 โดยเฉพาะดินประเภทมวลหยาบ



รูปที่ 2.7 เปรียบเทียบผลการใช้ดินตัวอย่างซ้ำในการบดอัดในห้องปฏิบัติการกับการเปลี่ยนดินตัวอย่างใหม่ทุกครั้งที่บดอัด (จิริพัฒน์ โชติไกร , 2529)

### 2.2.3. ผลจากการทดสอบการบดอัด (Compaction Test)

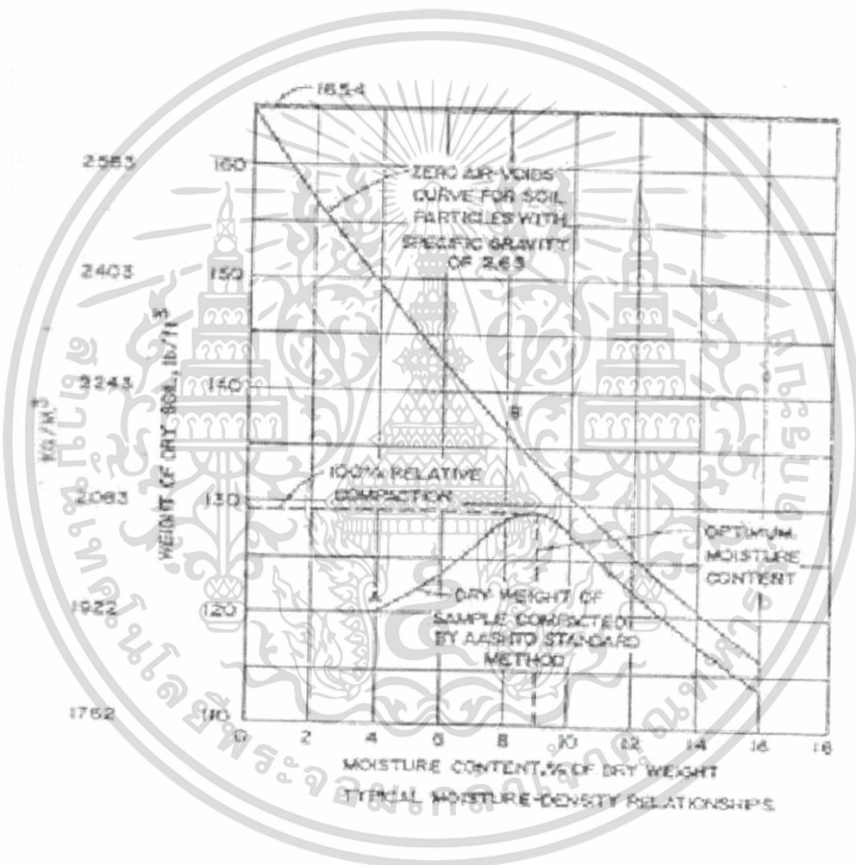
การบดอัดดินเป็นกระบวนการที่ใช้น้ำหนักจากเครื่องกลหรือการสั่นกระแทก ทำให้เม็ดดินเบียดชิดเพื่อเพิ่มความแน่น เพิ่มความสามารถในการรับแรงเฉือน และน้ำหนักบดทับได้สูงขึ้น ขณะเดียวกันก็ลดการทรุดตัวลง ลดการซึมผ่านน้ำในดิน กระบวนการอัดนี้ใช้น้ำเป็นตัวหล่อลื่น ถ้าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินมีพอเหมาะก็สามารถบดอัดได้แน่นสูงสุด ดูรูปที่ 2.5 แต่ถ้าดินมีความชื้นมากเกินไปน้ำจะไปหุ้มเคลือบรอบๆเม็ดดินทำให้อณูของดินแยกห่างกัน หรือถ้ามีน้ำน้อยเกินไปการหล่อลื่นไม่พอดีพอที่จะช่วยให้การบดอัดเม็ดดินเบียดตัวได้ชิดเท่าที่ควร ดินแต่ละแหล่งจะมีความหนาแน่นไม่เท่ากันถึงแม้จะใช้พลังงานในการบดอัดเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากดินมีส่วนประกอบไม่เหมือนกัน คุณสมบัติทั่วไปของดินในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความถ่วงจำเพาะของดินเฉลี่ยประมาณ 2.5-2.8

2. คุณสมบัติในการกระจายของเม็ดดิน ถ้าดินมีลักษณะกลมและมีขนาดเท่ากันหมดเมื่อบดอัดแล้วจะมีอัตราส่วนระหว่าง Solid กับ Void ประมาณ 74% และ 26% ตามลำดับ แต่ถ้ามวลดินมีขนาดคละจากเล็กไปหาใหญ่สุดหล่นกันไป การบดอัดจะช่วยเพิ่มให้มวลดินเปียดชิดกันแน่นและมีช่องว่างน้อยที่สุด

3. รูปร่างลักษณะของเม็ดดินมีผลต่อการบดอัด ถ้าดินมีเหลี่ยมมีมุมจะบดอัดได้ง่ายและแน่นรับน้ำหนักได้สูงกว่าดินที่ไม่มีเหลี่ยมมุม หรือดินที่มีลักษณะแบน



รูปที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่ได้รับการบดอัด (จิริพัฒน์ โชติไกร , 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

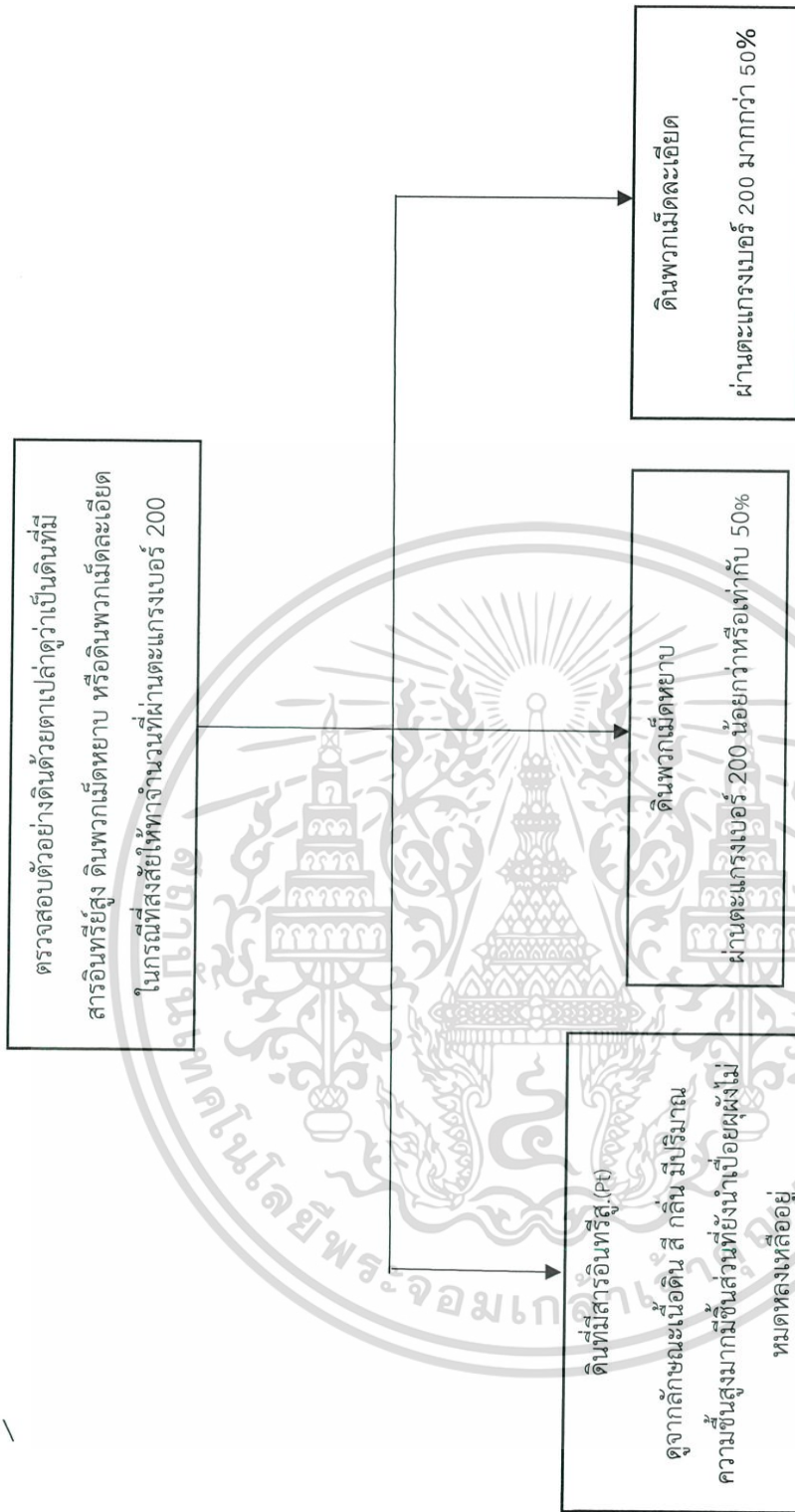
## 2.2.4. การจำแนกดินโดยระบบ Unified

การจำแนกประเภทของดินโดยวิธีการนี้เป็นที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีการอื่นเหมาะสมกับงานวิศวกรรมทั่วไป โดยแบ่งดินออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนชื่อกลุ่มดินแต่ละกลุ่มจะมีอักษรย่ออย่างน้อย 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลัก และตัวที่สองจะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมายในตัวเองดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified

| สัญลักษณ์ | ลักษณะดิน         | ย่อมาจาก          |
|-----------|-------------------|-------------------|
| G         | พวกกรวด           | Gravel            |
| S         | พวกทราย           | Sand              |
| M         | พวกตะกอนทราย      | Mo=Silt           |
| C         | พวกดินเหนียว      | Clay              |
| O         | พวกสารอินทรีย์    | Organic           |
| Pt        | มีสารอินทรีย์สูง  | Peat              |
| W         | มีขนาดคละดี       | Well Grade        |
| P         | มีขนาดคละไม่ดี    | Poorly Grade      |
| L         | L.L. น้อยกว่า 50% | Low Liquid Limit  |
| H         | L.L. มากกว่า 50%  | High Liquid Limit |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified  
(มณฑลเชียร กังคศิเทียม , 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 ทฤษฎี California bearing-ratio test (CBR)

การทดสอบ California bearing-ratio test (CBR) ถูกพัฒนาในช่วงปี ค.ศ. 1930 ที่ห้องปฏิบัติการของหน่วยงาน Department of the California Division of the Highway, USA โดยมีจุดประสงค์เริ่มต้นเพื่อทดสอบหาวัสดุที่มีคุณภาพ และเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานบดอัดถนน ในชั้นพื้นทาง (Bases) และในชั้นรองพื้นทาง (Sub-base) เท่านั้น แต่เนื่องจากปริมาณการจราจรมีน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้น ทำให้วิธีการเดิมในขณะนั้นไม่เหมาะสม Porter ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการทดสอบกับลักษณะจริงของดินที่ถูกบดอัดภายใต้การจราจรบนถนน และค่าที่ได้จากการทดสอบของ Porter ก็เป็นที่ยอมรับในเวลาต่อมา

CBR Test เป็นวิธีการทดสอบวัดแรงเฉือน (Shearing resistance) ของดินที่บดอัดจนแน่นดีแล้ว (ส่วนมากจะทดสอบที่ Optimum moisture content) โดยการใช้ท่อนเหล็กกลมตัน (Piston) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว กดลงบนดินตัวอย่างที่เตรียมไว้ด้วยอัตรา 0.05 นิ้วต่อนาที แล้วนำไปหาอัตราส่วนเปรียบเทียบค่า Unit load มาตรฐานที่ได้จากการทดลองกด Piston ขนาดเดียวกันนี้บนหินที่ Compact แน่นที่ความลึกของ Penetration เท่ากัน ค่าที่ได้นี้เรียกว่า “เปอร์เซ็นต์” เทียบอัตราส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Standard unit load เขียนเป็นสมการของอัตราส่วนได้ดังนี้

$$\text{CBR} = \frac{\text{Test unit load}}{\text{Standard unit load}} \times 100\% \quad \dots(2.2)$$

ค่า Standard unit load ซึ่งได้จากการทดลองกดท่อนเหล็กกลมตัน (piston) มีพื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว บนหินคลุกมาตรฐานบดอัดแน่นขนาดต่างๆกันหลายขนาดมีค่ามาตรฐานดังนี้

| Penetration (in) | Unit load (Psi) |
|------------------|-----------------|
| 0.1              | 1000            |
| 0.2              | 1500            |
| 0.3              | 1900            |
| 0.4              | 2300            |
| 0.5              | 2600            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า %CBR โดยทั่วไปแล้วจะใช้ค่าอัตราส่วนของแรงกดที่มีความลึก 0.1 นิ้ว แต่ถ้าผลปรากฏออกมาว่า %CBR ของแรงกดที่มีความลึก 0.2 นิ้ว สูงกว่าที่ความลึก 0.1 นิ้ว การทดลองควรจะต้องกระทำซ้ำอีกครั้ง ซึ่งถ้าค่า %CBR ที่ได้มายังเป็นไปในรูปเดิม ก็ให้ใช้ค่า %CBR ที่การยุบตัว 0.2 นิ้ว

## 2.4 ทฤษฎี Sieve Analysis

ในมวลดินอาจประกอบด้วยเม็ดดินหลายขนาด ซึ่งขนาดของเม็ดดินนี้จะมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของมวลดินอย่างมาก เช่นมีผลต่อค่าความชื้นน้ำ อัตราการทรุดตัว และความสามารถในด้านกำลังของมวลดิน เป็นต้น ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องทราบขนาดกระจายของเม็ดดินเพื่อให้เหมาะสมกับงานก่อสร้างเช่น งานเขื่อน ถนน สนามบิน มวลดินที่มีขนาดเม็ดหยาบอยู่มากจะทำให้น้ำซึมผ่านได้ง่ายกว่ามวลดินที่มีขนาดเม็ดละเอียด ดินจะแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ง่ายเมื่อผสมน้ำจะตกตะกอนช้ากว่าดินที่มีขนาดเม็ดใหญ่กว่า

### Sieve Analysis

เป็นการวิเคราะห์ดินเม็ดหยาบคือดินที่มีขนาดเม็ดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 สามารถหาขนาดเม็ดดินได้โดยการร่อนดินผ่านตะแกรงเบอร์ต่างๆซึ่งวางเรียงลำดับโดยให้ตะแกรงที่หยาบที่สุดอยู่ด้านบนและตะแกรงที่ละเอียดที่สุดอยู่ข้างล่างแล้วหาเปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตะแกรงแล้วนำข้อมูลที่ได้อาเขียนกราฟกระจายขนาดของเม็ดดินต่อไป

#### อัตราย่อจำแนกประเภทของดิน

##### ส่วนหยาบ (อักษรตัวหน้า)

G กรวด (Gravel)

S ทราย (Sand)

##### ส่วนละเอียด (อักษรตัวหน้า)

M ตะกอนทราย (Silt)

C ดินเหนียว (Clay)

O อินทรีย์สาร (Organic)

Pt ชากพีช (Peat)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อักษรตัวหลัง

|   |                       |
|---|-----------------------|
| W | การกระจายขนาดคละดี    |
| P | การกระจายขนาดคละไม่ดี |
| M | Non-Plastic Fines     |
| C | Plastic Fines         |
| L | Low Plasticity        |
| H | High Plasticity       |

## 2.5 ทฤษฎี Atterberg Limit

เมื่อเติมน้ำลงไปบนดินแห้ง มวลของเม็ดดินจะถูกปกคลุมด้วย water film ถ้าทำการเติมน้ำลงในมวลดินอีกจะทำให้ หนาขึ้น การที่ในเม็ดดินหนาขึ้นจะทำให้การ slide ตัวระหว่างเม็ดดินง่ายขึ้น เพราะฉะนั้นพฤติกรรมของดินจึงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในมวลดิน ดินที่มีเม็ดละเอียดจะมีความชื้นสูงกว่าดินที่มีเม็ดหยาบ เนื่องจากดินเม็ดละเอียดมีพื้นที่เฉพาะ ซึมซับน้ำได้มากกว่า

เมื่อปริมาณน้ำในมวลดินเปลี่ยนแปลงจะทำให้สถานภาพและคุณสมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนไป และจะมีผลกระทบมากกับดินเม็ดละเอียด เช่น ดินเหนียว เนื่องจากดินประเภทนี้ยึดกันโดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน ซึ่งมักจะเกิดจากสนามประจุไฟฟ้าโดยรอบ ซึ่งยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน และจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำในมวลดิน

ในปี ค.ศ. 1911 A.Atterberg นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนได้เสนอจุดเปลี่ยนสถานภาพหรือลิมิตของมวลดิน มี 5 ลิมิต คือ Cohesion limit, Sticky limit, Shrinkage limit, Plastic limit และ Liquid limit ณ จุดเปลี่ยนสถานภาพดังกล่าวมวลดินจะมีปริมาณน้ำ และปริมาตรต่างกัน 5 ลิมิต ดังกล่าวมีคุณสมบัติดังนี้

- 1.Cohesion limit คือปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้เศษดินเริ่มมีการยึดเกาะเข้าด้วยกัน
- 2.Sticky limit คือปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้มวลดินเริ่มมีการยึดเกาะตัวกับผิวดโลหะ
- 3.Shrinkage limit (S.L.) คือปริมาณน้ำในมวลดินที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้มวลดินดังกล่าวเปลี่ยนปริมาตรเมื่อดินแห้งลงไปกว่านี้ หรือ ความชื้น ณ จุดซึ่งดินเปลี่ยนจากสถานภาพกึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งเป็นของแข็ง และจะไม่มี การหดตัวต่อไปอีกแล้ว ยิ่งปริมาณลดลงจากจุดไปอีก ฟองอากาศจะเริ่มแทรกเข้าไปมวลดินและทำให้เกิดสภาวะไม่อิ่มตัวเกิดขึ้นจนกระทั่งไม่มีความชื้นอยู่เลยและเมื่อปริมาณน้ำน้อยลงสีของมวลดินก็จะอ่อนลง

4. Plastic limit (P.L.) คือปริมาณน้ำในมวลดินที่เป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับสถานะ Semi-Solid ของดิน เมื่อดินใดๆก็ตามมีปริมาณน้ำเท่ากับ Plastic Limit ดินนั้นจะมีสถานะอยู่ระหว่าง Plastic กับ Semi-Solid ถ้ามีปริมาณน้ำในมวลดินมากกว่าขีดจำกัดนี้ ดินจะอยู่สถานะเป็น plastic แต่ถ้าปริมาณน้ำน้อยกว่านี้ดินจะอยู่สถานะ Semi-Solid

5. Liquid Limit (L.L.) คือปริมาณน้ำในดินที่เป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับสถานะ Liquid ของดิน หรือเป็นปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ทำให้ดินอยู่ในสภาวะไหลตัวได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการศึกษา

### 3.1. อุปกรณ์การทดสอบ และ สถานที่ดำเนินการศึกษา

จากหัวข้อนี้สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ คือ อุปกรณ์การทดสอบ, สถานที่ดำเนินการศึกษา, การเตรียมการและการหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูล

#### 3.1.1. อุปกรณ์การทดสอบ

1. ชุดตะแกรงร่อนหาขนาดเม็ดดิน
2. ชุดเครื่องมือทดสอบการบดอัด
3. ชุดเครื่องมือทดสอบ CBR (California Bearing Ratio)
4. Program Excel ในการคำนวณและเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ

#### 3.1.2. สถานที่ดำเนินการศึกษา

แหล่งดินลูกรังในจังหวัด ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สระบุรี และราชบุรี

#### 3.1.3. การเตรียมการ

1. ทำการ Calibrate ชุดเครื่องมือทดสอบต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ
2. วางแผนการเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์
3. ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลออนไลน์และนำมาศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า % CBR กับปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.4. การหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูล

ในขั้นตอนการดำเนินงานจำเป็นต้องทราบข้อมูลเบื้องต้น จากหน่วยงานราชการและเอกชน การหาแหล่งของดินลูกรังนั้นได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานราชการดังนี้

- 3.1.1 กรมทางหลวง
- 3.1.2 แขวงทางจังหวัด
- 3.1.3 สำนักงานส่วนโยธาจังหวัด
- 3.1.4 กรมชลประทาน

### 3.2. วิธีการเก็บตัวอย่าง

จากมาตรฐานการทดลองนั้นต้องการใช้ดินลูกรังในการทดลองดังต่อไปนี้ตามลักษณะการใช้งาน

- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 3.2.1 การทดสอบ Compaction              | ใช้ดินประมาณ 10.0 กิโลกรัม |
| 3.2.2 การทดสอบ CBR                     | ใช้ดินประมาณ 30.0 กิโลกรัม |
| 3.2.3 การทดสอบ Grain size Distribution | ใช้ดินประมาณ 5.0 กิโลกรัม  |
| 3.2.4 การทดสอบ Atterberg Limit         | ใช้ดินประมาณ 2.0 กิโลกรัม  |
- รวมทั้งสิ้น 48.0 กิโลกรัม จะทำให้การเก็บตัวอย่างดินประมาณ 50.0 กิโลกรัม

ในการเก็บตัวอย่าง หากมีแหล่งลูกรังที่ใกล้เคียงกันมากถึง 5 แหล่ง จะเลือกเก็บมา 1 แหล่ง ถ้าดินมีลักษณะกายภาพใกล้เคียงกัน

การเก็บตัวอย่าง เลือกเก็บโดยให้ดินเป็นตัวแทนของทั้งป้อ โดยการเก็บ 5 จุด ถ้าเป็นกองดินจะเลือกเก็บดินบริเวณตรงกลางกอง เพื่อที่จะได้ดินที่มีขนาดคละดีที่สุด

### 3.3. การทดสอบและการคำนวณ

#### 3.3.1. การทดสอบ Sieve Analysis

การทดลองการหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง(เทียบเท่า AASHT T27-70)

##### 1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ สำหรับหาขนาดเม็ด (Particle Size Distribution) ของ Aggregate ทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ โดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กมีขนาดช่องผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) แล้วเปรียบเทียบมวลของตัวอย่างที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆกับมวลทั้งหมดของตัวอย่าง วิธีการทดลองนี้ปรับปรุงจาก AASHT T27-70

##### 2. การคำนวณ

2.1. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

2.1.1 หามวลที่ค้าง (Mass Retained) บนตะแกรงแต่ละขนาด โดยชั่งหามวลของตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรงที่หายไป (เมื่อเอามวลของตัวอย่างที่ค้างในทุกตะแกรงรวมกันแล้วหักออกจากมวลของตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดลอง) คือ มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) รวมกับน้ำหนักที่ค้างบน Pan

2.1.2 หามวลที่ผ่าน (Mass Passing) ตะแกรงแต่ละขนาด โดยคิดจากบรรทัดล่างของช่องมวลที่ค้าง (Mass Retained) ขึ้นไป เอามวลของช่อง Mass Passing ของตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) รวมมวลของ Mass Retained กับมวลช่อง Mass Passing ของตะแกรงถัดขึ้นไป ดำเนินการแบบที่กล่าวมาแล้วนั้นไปเรื่อยๆจนถึง มวล Mass Passing ในบรรทัดบนสุดจะเท่ากับมวลของตัวอย่างแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดลอง

2.1.3. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม (Percent Passing) ได้ดังนี้

$$\% \text{ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม} = \frac{\text{มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ(กรัม)} * 100}{\text{มวลของตัวอย่างแห้งทั้งหมดที่ใช้ทดลอง(กรัม)}} \quad (3.1)$$

2.2. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดทั้งใหญ่และเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

1. หามวลที่ค้างบนตะแกรงแต่ละขนาด โดยชั่งหามวลของตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรง มวลที่หายไป (เมื่อเอามวลของตัวอย่างที่ค้างในทุกตะแกรงรวมกันแล้วหักออกจากมวลของตัวอย่างที่อบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดลอง) คือ มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) ที่ค้างบน Pan

2. หามวลที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2.

3. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมโดยใช้สูตรเช่นเดียวกับข้อ 3.1.3.

2.2.2. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

2.2.3. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์รวมผ่านตะแกรงต่อมวลรวม (Total Percent Passing) ของวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.) ได้ดังนี้

$$\% \text{รวมผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก} = \frac{X*Y}{100} \quad (3.2)$$

เมื่อ X = เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

Y = เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.) ในการทดลองพวกวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

### 3.3.2. การทดสอบ Atterberg's Limits

#### 1. ขอบข่าย

ขอบเขตและมาตรฐานอ้างอิง เพื่อหาปริมาณน้ำ หรือความชื้นในมวลดิน (Water content, w) ณ จุดเปลี่ยนแปลงสภาพของมวลดิน (LL, PL, PI) และอื่น ๆ เช่น ปริมาณน้ำหรือความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ (Natural water content, n w ) โดยการ ทดสอบ ตาม ASTM D 4318-98

## 2. วิธีการทดสอบ

### 1. ซีดจำกัดเหลว

1.1 ปรับเครื่องมือหาซีดจำกัดเหลว ให้ระยะตกกระทบสูงสุด 1 เซนติเมตร โดยใช้ส่วนปลาย ของอุปกรณ์ตัดดินแบบ Casagrande หรือ ASTM อ้างอิงระยะตกกระทบได้

1.2 ใช้ดินแห้งซึ่งผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ประมาณ 150-200 กรัม หากดินมีความชื้นสูงมากกว่า ร้อยละ 70 ควรผึ่งก่อนใช้ทดสอบ (แต่ห้ามใช้วิธีอบแห้ง) เติมน้ำกลั่นเล็กน้อยแล้วผสมให้เข้ากัน

1.3 ตัดดินที่ผสมแล้วประมาณ 150 กรัม ใส่ลงในถ้วยทองเหลืองของเครื่องมือหาซีดจำกัดเหลว ปาดหน้าให้เรียบ และตัดให้เป็นร่องด้วย Casagrande grooving tool

1.4 หมุนเครื่องมือด้วยความเร็วประมาณ 2 รอบต่อนาที นับจำนวนครั้งที่ตกกระทบของถ้วยทองเหลืองกับแป้น (Bowl) กระทั่งร่องดินเลื่อนเข้ามาชิดกันเป็นระยะประมาณ 10 - 13 มิลลิเมตร

1.5 ตัดดินส่วนที่เลื่อนมาชิดกันใส่กระป๋อง (ซึ่งน้ำหนักกระป๋องก่อนใส่ดิน) แล้วอบตัวอย่าง 24 ชั่วโมง (ขณะเข้าเตาอบ ครอบใส่ดินควรเปิดฝา)

1.6 ทำซ้ำจากข้อ (1.3) ถึงข้อ (1.5) โดยเพิ่มน้ำขึ้นเรื่อยๆ จะได้จำนวนครั้งของการหมุนกับความชื้นประมาณ 4-5 ค่า โดยจำนวนตกควรอยู่ระหว่าง 20-35 ครั้ง

1.7 จากข้อ (1.5) คำนวณปริมาณน้ำ หรือความชื้นดินที่อบแล้ว (เมื่อนำออกจากเตาอบใหม่ ๆ ควรดูความชื้นเสียก่อน ในกรณีที่ดินเป็นชนิด Non-plastic ไม่จำเป็นต้องใส่ตัวดูด ความชื้นก็ได้ เพียงตั้งไว้ให้เย็นแล้วจึงชั่งน้ำหนัก สำหรับดินชนิดพลาสติก หากตั้งทิ้งไว้ ช่างนอก ดินจะดูดความชื้นจากอากาศ เขาไปอีก ดังนั้นจึงต้องทำให้เย็นภายในตู้ดูด ความชื้น

1.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับจำนวนครั้งที่เคาะ (หรือจำนวน Bowl) บนกระดาษ semi-log โดยให้แกนนอนเป็นค่า  $\log(N)$  และแกนตั้งเป็นค่าร้อยละความชื้น (หรือปริมาณ น้ำ,  $w$ ) ค่าความชื้น (ร้อยละ) ที่จำนวนเคาะ 25 ครั้ง คือค่าพิกัดเหลว

### 2. ซีดจำกัดพลาสติก

2.1 ใช้ดินตัวอย่างเดียวกับที่ใช้ทดสอบซีดจำกัดเหลว โดยปล่อยให้ดินแห้งไม่ติดมือ และสามารถคลึงได้ง่าย

2.2 ใช้ดินนี้ประมาณ 15 กรัม คลึงด้วยนิ้วมือที่เหยียดตรงให้เป็นแท่งยาวบนแผ่นกระจก จนกระทั่งดินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 34 มิลลิเมตร และมีรอยแตกเล็ก ๆ เกิดขึ้นโดยรอบเส้นพอดี

2.3 นำดินที่มีรอยแตกนี้ใส่กระป๋องชั่งน้ำหนัก และอบแห้ง เพื่อหาความชื้น หากคลึงตัวอย่าง ดินได้ขนาดตามระบุแล้วไม่ปรากฏรอยแตก ให้ผสมดินและทดสอบใหม่

## 2.4 ทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

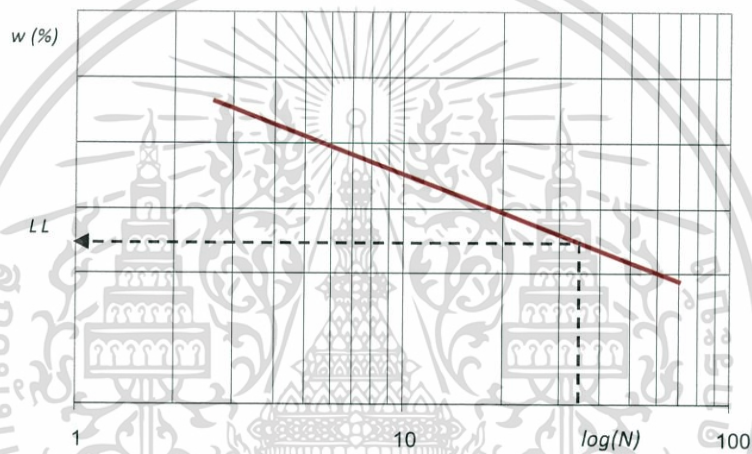
### การคำนวณผล

1. Liquid Limit ( $W_L$ ) อ่านได้จากกราฟที่เคาะได้ 25 ครั้งหรือจากสูตร

$$W_L = W_N \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{สำหรับการทดสอบแบบครั้งเดียว} \quad (3.3)$$

เมื่อ  $N$ =จำนวนครั้งของการเคาะที่ทำให้ดินเคลื่อนมาบรรจบกัน 13 มม. ( $N$  ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 20-30)

$W_N$ =ค่า % water content ที่จำนวนการเคาะ  $N$  ครั้ง



รูปที่ 3.1 แสดงการหาค่าขีดจำกัดพลาสติก

1. Plastic Limit ( $W_p$ ) คำนวณจากค่าเฉลี่ยของความชื้นที่ทำได้
2. Plasticity Index (P.I. หรือ  $I_p$ )

$$P.I. = L.L. - P.L.$$

(3.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3. การทดสอบ Compaction Test

การทดลอง Compaction Test มาตรฐาน (เทียบเท่า AASHTO T99)

#### 1. ขอบข่าย

การทดลอง Compaction วิธีนี้เป็นการทดลองโดยวิธี Dynamic Compaction เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดทับ เมื่อทำการบดทับดินในแบบ (Mold) ตามขนาดข้างล่างนี้ ด้วยก้อนหนัก 2.494 กิโลกรัม (4.5 ปอนด์)

ระยะปล่อยตก 304.8 มิลลิเมตร (12 นิ้ว)

วิธี ก. แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4 นิ้ว) ดินผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)

วิธี ข. แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มม. (6 นิ้ว) ดินผ่านตะแกรงขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)

วิธี ค. แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4 นิ้ว) ดินผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)

วิธี 3. แบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มม. (6 นิ้ว) ดินผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีใด ให้ใช้วิธี ก.

#### 2. การคำนวณ

2.1. คำนวณหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} * 100 \quad (3.5)$$

เมื่อ  $w$  = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

$M_1$  = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

$M_2$  = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

2.2. คำนวณหาความหนาแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{A}{V} \quad (3.6)$$

เมื่อ  $\rho_t$  = ความหนาแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

$A$  = มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V$  = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

### 2.3. คำนวณหาค่าความหนาแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + \frac{w}{100}} \quad (3.7)$$

เมื่อ  $\rho_t$  = ความหนาแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

$\rho_d$  = ความหนาแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

$w$  = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

#### 3.3.4. การทดสอบ California Bearing Ratio

การทดลองเพื่อหาค่า CBR (เทียบเท่า AASHTO-T 193)

##### 1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองวิธี CBR นี้เป็นวิธีการทดลองที่กำหนดขึ้นเพื่อหาค่าเปรียบเทียบ Bearing Value ของวัสดุตัวอย่างกับวัสดุหินมาตรฐาน เมื่อทำการบดทับวัสดุอย่างนั้น โดยใช้ก้อนบดทับในแบบที่ Optimum Moisture Content หรือปริมาณในดินใดๆ เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนน ใช้ควบคุมงานในการบดทับให้ได้ความแน่นและความชื้นตามต้องการ

การทดลอง CBR อาจทำได้ 2 วิธี

วิธี ก. การทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked)

วิธี ข. การทดลองแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked)

ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้ "วิธี ก."

##### 2. วิธีทำ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่าง ได้แก่ ดิน หินคลุก หรือวัสดุอื่นใดที่ต้องการทดลอง ให้ดำเนินการดังนี้

2.1.1 ถ้าขนาดของตัวอย่างที่ใหญ่ที่สุด มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. ให้เตรียมตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง และทำ Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง เมื่อแห้งพอเหมาะแล้ว (มีปริมาณน้ำในดินประมาณ 2-3 %) นำมาร่อนผ่านตะแกรงแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ

- ขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม.
- ขนาดระหว่าง 19.0 มม. ถึงขนาด 4.75 มม.
- ขนาดเล็กกว่า 4.75 มม.

2. ทำการชั่งหามวลของแต่ละขนาดที่เตรียมได้จากข้อ 2.1.1 (1) ก็จะทราบว่ามวลของตัวอย่างแต่ละขนาดมีอยู่ขนาดละเท่าใด

3. ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. ให้ทิ้งไป

4. แทนที่ตัวอย่างในข้อ 2.1.1 (3) ด้วยตัวอย่างที่มีขนาดระหว่าง 19.0 มม. ถึงขนาด 4.75 มม. ด้วยมวลที่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น มีขนาดใหญ่กว่า 19.00 มม. อยู่ 2,650 กรัม ก็ให้ใช้ตัวอย่างขนาดระหว่าง 19.0 มม. ถึงขนาด 4.75 มม. เพิ่มเข้าไปอีก 2,650 กรัม ที่เหลือจะเป็นขนาดเล็กกว่า 19.0 มม. ตามที่มีจริง

5. คลุกตัวอย่างที่ได้จากข้อ 2.1.1 (4) ให้เข้ากัน

2.1.2 ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนที่ใหญ่ที่สุด มีขนาดเล็กกว่า 19.0 มม. ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง (มีปริมาณน้ำในดินประมาณ 2-3 %) และทำ Quartering

2.1.3 ถ้าต้องการทดสอบโดยใช้ตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง แล้วใช้ค้อนยางทุบให้หลุดออกจากกันและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. คลุกตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงให้เข้ากัน

2.1.4 ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.1.1 หรือ 2.1.2 หรือ 2.1.3 แล้วแต่กรณี ให้มีมวลประมาณ 6,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ตัวอย่าง

2.1.5 ปริมาณตัวอย่างตามข้อ 2.1.4 ให้เตรียมไว้ 3 ตัวอย่างในการทดลองแต่ละครั้ง

## 2.2 การทดลอง

### 2.2.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดลอง

1. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วจากข้อ 2 มาคลุกเคล้าจนเข้ากันดี
2. โดยวิธีการทดลอง Compaction Test จะทราบปริมาณน้ำในดินที่ความแน่นสูงสุดให้ใช้ปริมาณน้ำในดินดังนี้
  - เปรียบเทียบปริมาณน้ำในดินของตัวอย่างกับปริมาณน้ำในดินที่คำนวณได้จากการอบตัวอย่าง จะทราบปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดลองดังกล่าวเป็นค่าปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่าง เพิ่มน้ำเข้าไปในตัวอย่างที่เตรียมไวจนได้ปริมาณน้ำในดินที่มีความแน่นสูงสุด
  - กรณีที่คาดว่าปริมาณน้ำในดินของตัวอย่างที่เตรียมไว้ เพื่อทำการทดลอง CBR อาจจะไม่เท่ากับที่ทำ Compaction Test ให้หาปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่จริงโดยการอบหรือคั่วให้แห้ง ก็จะทราบปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่าง ให้เพิ่มน้ำจนได้ปริมาณน้ำในดินที่มีความแน่นสูงสุด
3. เติมน้ำตามที่คำนวณได้จากข้อ 2.2.1 (2)
4. คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้ว หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากันดี
5. นำแท่งโลหะรองใส่ลงในแบบ ซึ่งสวมปลอกเรียบร้อยแล้ว และใส่กระดาษกรองลงบนแท่งโลหะรอง
6. แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบ โดยประมาณ ให้ตัวอย่างแต่ละชั้นเมื่อบดทับแล้วมีความสูงประมาณ 1 ใน 4 ของ 127.0 มม. (5 นิ้ว)
7. ทำการบดทับโดยใช้ค้อนจำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยการบดทับให้สม่ำเสมอเต็มหน้าที่บดทับ
8. ดำเนินการบดทับจนได้ตัวอย่างที่ทำกรบดทับแล้วเป็นชั้น ๆ จำนวน 5 ชั้น มีความสูงประมาณ 127.0 มม. (5 นิ้ว) หรือสูงกว่าแบบประมาณ 10.0 มม.
9. ถอดปลอก (Collar) ออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่าระดับตอนบนของแบบ (เหลือความสูงเท่ากับ 116.4 มม.) กรณีที่หลุมบนหน้าให้เติมตัวอย่างใช้เหล็กปาดวางทับแล้วใช้ค้อนยางทุบจนกระทั่งเหล็กปาดยุบลงถึงขอบแบบ
10. คลายสกรูที่ยึดระหว่างแผ่นฐาน (Base Plate) และแบบ ยกแบบพร้อมตัวอย่างที่บดทับแล้วออก นำแท่งโลหะรองออกจากแผ่นฐาน วางกระดาษกรองแผ่นใหม่ลงบนแผ่นฐาน พลิกแบบโดยให้

ด้านล่างของแบบอยู่ด้านบน นำเข้าประกอบกับแผ่นฐาน ชั้นสกรูและใส่ปลอกเข้าที่ก็จะได้ตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับทำการทดลองเพื่อหาค่า CBR ต่อไป

11. ทำการเตรียมตัวอย่างอีก 2 ตัวอย่าง โดยทำการบดทับแต่ละชั้นด้วยค้อนจำนวน 25 ครั้งและ 56 ครั้งตามวิธีการข้างต้นก็จะได้ตัวอย่างทั้งสิ้น 3 ตัวอย่าง โดยมีค่าการบดทับเท่ากับ 12 ครั้ง 25 ครั้ง และ 56 ครั้ง ต่อชั้น

### 2.2.2 การหาความแน่นในการบดทับและปริมาณน้ำในดิน

1. นำตัวอย่างพร้อมแบบที่เตรียมไว้จากข้อ 2.2.1 (11) ไปซึ่งจะได้มวลของตัวอย่างและมวลของแบบหักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของตัวอย่างเปียก (A)

2. ในขณะที่เดียวกับที่ทำการบดทับตัวอย่างในแบบตามข้อ 2.2.1 ให้นำตัวอย่างใส่กระป๋องอบตัวอย่าง เพื่อนำไปทดลองหาปริมาณน้ำในดินด้วย มวลของตัวอย่างที่นำไปหาปริมาณน้ำในดินใช้ดังนี้

- ขนาดก้อนใหญ่สุด 19.0 มม. ใช้ประมาณ 300 กรัม
- ขนาดก้อนใหญ่สุด 4.75 มม. ใช้ประมาณ 100 กรัม

3. คำนวณค่าความแน่นเปียก  $\rho_w$  (Wet Density) และค่าความแน่นแห้ง  $\rho_d$  (Dry Density) เมื่อทราบปริมาณน้ำในดิน  $w$  (Moisture Content)

### 2.2.3 การหาค่าการขยายตัว (Swell)

1. นำแผ่นวัดการขยายตัว (Swell Plate) พร้อมแผ่นถ่วงน้ำหนักจำนวน 2 อัน สำหรับวัสดุพื้นทาง (Base) วัสดุรองพื้นทาง (Subbase) และวัสดุคัดเลือก (Selected Materials) และ 3 อันสำหรับวัสดุ Subgrade วางลงบนตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วตามข้อ 2.2.1 (10) ให้แนบสนิทกับตัวอย่างโดยขยับไปมา และนำลงแช่น้ำให้ท่วมตัวอย่างให้หมด วางก้านสามขา (Tripod) ลงบนปลอกของแบบ จัดให้ก้านของ Dial Gauge อยู่กึ่งกลางบนก้านของแผ่นวัดการขยายตัว จด Initial Reading ที่อ่านได้จาก Dial Gauge แช่น้ำทิ้งไว้ บันทึกวันและเวลาที่อ่าน Reading บน Dial Gauge และอ่าน Reading บน Dial Gauge ทุก ๆ วัน เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การขยายตัว (Swell) ในการอ่าน Reading บน Dial Gauge แต่ละครั้ง ถ้าจำเป็นต้องตั้งสามขาใหม่ ให้พยายามตั้งให้สามขาของ Dial Gauge อยู่ที่เดิมเช่นเดียวกับการอ่าน Initial Reading โดยทำเครื่องหมายไว้ที่ปลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อครบกำหนด 4 วัน ถึงแม้ว่าการขยายตัวยังเพิ่มอยู่เรื่อย ๆ เช่น ดินเหนียว หรืออาจจะเร็วกว่า 4 วัน เมื่อปรากฏว่าไม่มีการขยายตัว เช่น หวาย (เมื่ออ่านค่าการขยายตัวแต่ละวันแล้ว) ให้นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ยกแผ่นวัดการขยายตัวพร้อมแผ่นถ่วงน้ำหนักออก ตะแคงแบบให้น้ำไหลออกประมาณ 15 นาที ระวังอย่าให้ผิวหน้าของตัวอย่างเสียหาย โดนเฉพาะวัสดุจำพวก Granular Material เสร็จแล้วทำการชั่งหามวล เมื่อหักมวลของแบบออกก็จะทราบมวลของตัวอย่างภายหลังแช่น้ำแล้วนำตัวอย่างที่เตรียมไว้เพื่อทดลอง Penetration Test ต่อไปโดยทันที

#### 2.2.4 การทดลอง Penetration Test เพื่อหาค่า CBR

1. ถ้าต้องการทดลองโดยใช้วิธีไม่แช่น้ำ (Unsoaked) ไม่ต้องดำเนินการหาค่าการขยายตัว (Swell) ตามข้อ 2.2.3 ให้นำตัวอย่างภายหลังจากการชั่งหามวลตามข้อ 2.2.2 มาทดลอง Penetration Test ได้ทันที

2. นำตัวอย่างตามข้อ 2.2.3 (2) หรือ 2.2.4 (1) แล้วแต่กรณีมาใส่แผ่นถ่วงน้ำหนักจำนวน 2 อัน สำหรับวัสดุพื้นทาง (Base) วัสดุรองพื้นทาง (Subbase) และวัสดุคัดเลือก (Selected Materials) และ 3 อัน สำหรับวัสดุ Subgrade วางลงบนตัวอย่าง

3. นำตัวอย่างขึ้นตั้งบนที่ตั้งของเครื่องกด ตั้งให้ท่อนกดอยู่ตรงพอดีกับกึ่งกลางรูของแผ่นถ่วงน้ำหนัก

4. หมุนเครื่องหรือเดินเครื่องหรือบีบ แล้วแต่ลักษณะของเครื่องกดให้แผ่นฐานเคลื่อนขึ้นหรือท่อนกดเคลื่อนลงจนท่อนกดสัมผัสกับผิวหน้าของตัวอย่างมีแรงกดประมาณ 4 กก. (40 นิวตัน) ตั้งหน้าปัดของ Proving Ring หรือหน้าปัดของเครื่องวัดแรงให้เป็นศูนย์ พร้อมทั้งตั้งหน้าปัดของ Dial Gauge ที่วัด Penetration ให้เป็นศูนย์ด้วย การที่ให้มีแรงกดประมาณ 4 กก. (40 นิวตัน) เพื่อให้แน่ใจว่าท่อนกดได้สัมผัสผิวของตัวอย่างและไม่นำมาคิดในการหา Stress VS. Penetration

5. เพิ่มแรงลงบนท่อนกด ตามวิธีการของเครื่องกดนั้นด้วยอัตราเร็วที่สม่ำเสมอเท่ากับ 1.27 มม. (0.05 นิ้ว) ต่อนาที โดยการอ่าน Penetration Dial Gauge เทียบกับนาฬิกาจับเวลา

6. ทำการบันทึกแรงกด เมื่อ Penetration อ่านได้ที่

- 0.63 มม. (0.025 นิ้ว)
- 1.27 มม. (0.050 นิ้ว)
- 1.90 มม. (0.075 นิ้ว)

- 2.54 มม. (0.100 นิ้ว)
- 3.17 มม. (0.125 นิ้ว)
- 3.81 มม. (0.150 นิ้ว)
- 4.44 มม. (0.175 นิ้ว)
- 5.08 มม. (0.200 นิ้ว)
- 6.35 มม. (0.250 นิ้ว)
- 7.62 มม. (0.300 นิ้ว)
- 8.89 มม. (0.350 นิ้ว)
- 10.16 มม. (0.400 นิ้ว)
- 11.43 มม. (0.450 นิ้ว)
- 12.70 มม. (0.500 นิ้ว)

เสร็จแล้วคลายแรงที่กดออก นำตัวอย่างพร้อมแบบออกจากแท่นของเครื่องกดยกแผ่นถ่วงน้ำหนักออก

7. นำตัวอย่างมาบริเวณที่ถูกต้องจนกดลงไปเป็นรูปไปหาปริมาณน้ำในดิน ปริมาณตัวอย่างให้ใช้ตามข้อ 2.2.2 (2)
8. ดำเนินการทดลอง Penetration Test ของตัวอย่างที่เตรียมไว้อีก 2 ตัวอย่างโดยใช้วิธีเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว
9. เขียน Curve ระหว่างแรงกดและระยะที่ที่จนกดจมลงในตัวอย่าง (Stress VS. Penetration) เพื่อหาค่า CBR ที่เปอร์เซ็นต์ของการบดทับที่ต้องการต่อไป

หมายเหตุ

ในการเขียน Curve ของ Stress VS. Penetration เพื่อหาค่า CBR โดยเลื่อนจุดศูนย์ของ Penetration ในกรณีที่ Curve หายเพื่อให้ได้ค่า CBR ที่แท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การคำนวณ

#### 3.1 คำนวณหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$w = \left( \frac{M_1 - M_2}{M_2} \right) \times 100 \quad (3.8)$$

เมื่อ  $W$  = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

$M_1$  = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

$M_2$  = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

#### 3.2 คำนวณหาค่าความหนาแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_i = \frac{A}{V} \quad (3.9)$$

เมื่อ  $\rho_i$  = ความหนาแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

$A$  = มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

$V$  = ปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบหรือปริมาตรของแบบ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

#### 3.3 คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง

$$\rho_d = \frac{\rho_i}{1 + \frac{w}{100}} \quad (3.10)$$

เมื่อ  $\rho_i$  = ความหนาแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

$\rho_d$  = ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

$W$  = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

#### 3.4 คำนวณหาค่าการขยายตัว (Swell)

$$Swell = \frac{S}{H} \times 100 \quad (3.11)$$

เมื่อ  $S$  = ผลต่างระหว่างการอ่าน Reading ครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของ Dial Gauge ที่วัด Swell มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

$H$  = ความสูงเริ่มต้น (Initial Height) ของตัวอย่างก่อนแช่น้ำ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

### 3.3 คำนวณหาค่า CBR

ในการคำนวณหาค่า CBR ให้ถือแรงมาตรฐาน (Standard Load) ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าแรงมาตรฐาน (Standard Load) ที่ Penetration ต่าง ๆ

(วรารกร ไม้เรียง, 2525)

| Penetration<br>(mm.) | Standard Load<br>(Kg.) | Standard Unit Load<br>(Kg./cm.) |
|----------------------|------------------------|---------------------------------|
| 2.54 (0.1")          | 1360.8 (3000 lb)       | 70.3 (1000 lb/in)               |
| 5.08 (0.2")          | 2041.2 (4500 lb)       | 105.46 (1500 lb/in)             |
| 7.62 (0.3")          | 2585.5 (5700 lb)       | 133.59 (1900 lb/in)             |
| 10.16 (0.4")         | 3129.8 (6900 lb)       | 161.71 (2300 lb/in)             |
| 12.07 (0.5")         | 3538.0 (7800 lb)       | 182.81 (2600 lb/in)             |

หมายเหตุ พื้นที่หน้าตัดของท่อนกด = 1935.5 ตร.มม. (3 ตร.มม.) คำนวณหาค่า CBR เป็นร้อยละ

จากสูตร

$$CBR = \frac{x}{y} \times 100 \quad (3.12)$$

เมื่อ  $x$  = ค่าแรงกดที่อ่านได้ต่อหน่วยพื้นที่ของท่อนกด (สำหรับ Penetration ที่ 2.54 มม. หรือ 0.1 นิ้ว และที่เพิ่มขึ้นอีกทุก ๆ 2.54 มม.)

$y$  = ค่าหน่วยแรงมาตรฐาน (Standard Unit Load) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (จากตารางข้างบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. ข้อควรระวัง

4.1 สำหรับดินจำพวกดินเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากตากแห้งแล้ว ให้ทุบด้วยค้อนยาง หรือนำเข้าเครื่องบด จนได้ตัวอย่างแผ่นตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

4.2 ในการใช้ค้อนทำการบดทับให้วางแบบบนพื้นที่ยึดแน่น แข็งแรง ราบเรียบ เช่น พื้นคอนกรีต เพื่อไม่ให้แบบกระดก หรือกระดอนขึ้นขณะทำการบดทับ

4.3 ปริมาตรของแบบ (V) หลังจากหักปริมาตรของโลหะรองออกแล้ว ให้ทำการวัดและคำนวณ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบไป ห้ามใช้ปริมาตรโดยประมาณ

4.4 ปริมาณของน้ำที่ใช้ผสม เพื่อเตรียมตัวอย่างทำ CBR ถ้าต้องการใช้ค่าต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในวิธีการทดลอง วิธีนี้ยอมทำได้สำหรับงานวิจัยหรืองานอื่นใด

4.5 ในการทดลอง Penetration Test โดยใช้ Proving Ring เป็นตัวอ่านแรงและใช้ Penetration Dial Gauge ติดที่ Frame ของเครื่องกดต้องทำการแก้ค่า Penetration เนื่องจากการหดตัวของ Proving Ring ออกจากค่า Penetration กรณีที่ติด Penetration Dial Gauge ที่ท่อนกด ไม่ต้องปฏิบัติตามความในข้อนี้

4.6 เมื่อทำการทดลอง Penetration เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในการ Plot Curve ระหว่าง Unit Load และค่า Penetration จำเป็นจะต้องแก้จุดศูนย์ สำหรับ Curve ที่หงายขึ้น เนื่องจากความไม่ราบเรียบหรือเกิดจากการอ่อนยุบที่ผิวหน้าของตัวอย่าง เนื่องจากการแช่น้ำ ให้ทำการแก้โดยลากเส้นตรงให้สัมผัสกับเส้นที่ชันที่สุดของ Curve ไปตัดกับแกนตามแนวราบ คือ เส้นที่ลากผ่าน Unit Load เท่ากับ ศูนย์ ต่อจากนั้นให้เลื่อนค่าศูนย์ของ Penetration ไปที่จุดตัด แล้วจึงดำเนินการหาค่า CBR ต่อไปเรียกว่า Corrected CBR Value

4.7 ค่า CBR ที่ได้จาก Corrected Load Value หรือจาก True Load Value (Curve ถูกต้องไม่ต้องแก้ Curve) คำนวณจาก Penetration 2.54 มม. (0.1 นิ้ว) และที่ Penetration 5.08 มม. (0.2 นิ้ว) เป็นค่า CBR ที่ใช้รายงาน โดยปกติค่า CBR ที่ Penetration 2.54 มม. จะต้องมีค่าสูงกว่าค่า CBR ที่ Penetration 5.08 มม. ถ้าหากไม่เป็นดังนั้นคือค่า CBR ที่ 5.08 มม. สูงกว่าที่ 2.54 มม. มให้ทำการเตรียมตัวอย่างการทดลองใหม่ทั้งหมด แต่ถ้ายังสูงกว่าอยู่อีกให้ใช้ค่า CBR ที่ 5.08 มม.

4.8 ในการทำตัวอย่างเพื่อทดลอง ในกรณีที่ต้องการบดทับมากกว่า หรือน้อยกว่าที่ต้องการตามวิธีทดลองนี้ อาจจะเพิ่มการบดทับเป็นชั้นละ 75 ครั้ง หรือลดการบดทับเป็นชั้นละ 8 ครั้งเพื่อให้ได้ตัวอย่างมากขึ้นในการนำมาเขียน Curve

## บทที่ 4

### สรุปผลการทดสอบ

#### 4.1 ผลการทดสอบ

จากที่ได้ทำการเดินทางไปเก็บตัวอย่างดินลูกรังในจังหวัดต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการทำการทดสอบ โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างดินลูกรัง มาจากบริเวณ จังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดสุราษฎร์ธานี รวมแล้ว 2 จังหวัด ซึ่งแต่ละบ่อ ตั้งอยู่ในสถานที่แตกต่างกันออกไปทำให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 แสดงสถานที่ตั้งของบ่อดินลูกรัง

| จังหวัด       | บ่อ | สถานที่ตั้ง                     | ความลึกของตำแหน่งตัวอย่างจากผิวดิน (ม.) |
|---------------|-----|---------------------------------|---|
| นครศรีธรรมราช | A   | ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง        | 10.00                                   |
|               | B   | ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง      | 0.50                                    |
|               | E   | ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา        | 0.50                                    |
|               | F   | ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง          | 0.50                                    |
| สุราษฎร์ธานี  | C   | ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์     | 10.00                                   |
|               | D   | ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์ | 0.50                                    |

โดยได้มีการทดสอบตัวอย่างอยู่ 4 วิธี คือการทดสอบ Sieve Analysis, Atterberg's Limits, Compaction Test และ California Bearing Ratio โดยได้ผลการทดลองแสดงอยู่ในรูปใบประกอบผลการทดลอง ซึ่งแสดงไว้อยู่ในส่วนของภาคผนวก ซึ่งในบพนี้จะแสดงผลการทดลองอยู่ในรูปแบบของตารางและกราฟที่สำคัญเอาไว้ ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากผลการทดลองที่ได้ทำการทดสอบ ในหัวข้อนี้จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล โดยทำการหาความสัมพันธ์ ของค่า CBR กับค่าต่างๆ เช่น ขนาดเม็ดดิน, การกระจายของเม็ดดิน, ค่า Dry Density และค่า OMC โดยพิจารณาถึงลักษณะสภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปของแต่ละจังหวัด โดยจะสรุปเป็นตารางไว้ในขั้นตอนต่อไป

### 4.2.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช

จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ทางตอนกลางของภาคใต้ ห่างจากกรุงเทพมหานคร 780 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 9,942,502 ตร.กม หรือประมาณ 6,240,664 ไร่ มีพื้นที่มาก เป็นอันดับ 2 ของภาคใต้ โดยแบ่งการปกครองออกเป็น 23 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช อำเภอพรหมคีรี อำเภอสานึกา อำเภอฉวาง อำเภอพิปูน อำเภอเชียรใหญ่ อำเภอชะอวด อำเภอท่าศาลา อำเภอทุ่งสง อำเภอนาบอน อำเภอทุ่งใหญ่ อำเภอปากพนัง อำเภอร่อนพิบูลย์ อำเภอสิชล อำเภอขนอม อำเภอหัวไทร อำเภอบางขัน อำเภอถ้ำพรรณรา อำเภोजุฬาภรณ์ อำเภอพระพรหม อำเภอบพิคำ อำเภอช้างกลาง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ



รูป 4.1 จังหวัดนครศรีธรรมราช

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดนครศรีธรรมราช แตกต่างไปตามลักษณะ ของเทือกเขานครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นเทือกเขาที่มีความยาวตามแนวยาวของคาบสมุทร เป็นผลให้ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดนครศรีธรรมราช แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ บริเวณเทือกเขาตอนกลาง, บริเวณที่ราบชายฝั่งด้านตะวันออกและบริเวณที่ราบด้านตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลของดินลูกรังในจังหวัดนครศรีธรรมราช

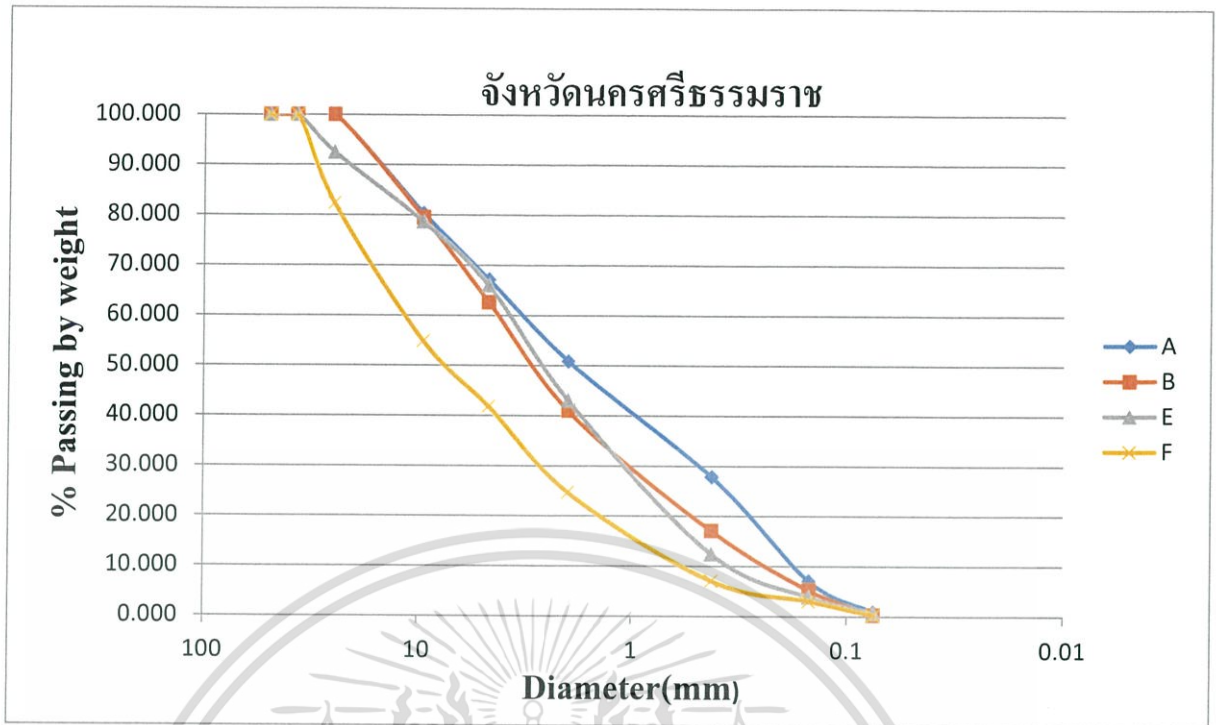
| จังหวัดนครศรีธรรมราช | %Passing | %Accumulative Retained | % Retained | Cu<br>.Cc | LL,PL     | Maximum Dry Density(g/cc) | OMC<br>(%) | CBR<br>(Unsoak) | CBR<br>(Soak) |
|----------------------|----------|------------------------|------------|-----------|-----------|---------------------------|------------|-----------------|---------------|
| บ่อ A                |          |                        |            |           |           |                           |            |                 |               |
| 1.5"                 | 100.000  | 0.000                  | 0.000      |           |           |                           |            |                 |               |
| 1"                   | 100.000  | 0.000                  | 0.000      |           |           |                           |            |                 |               |
| 3/8"                 | 80.349   | 19.651                 | 19.657     |           |           |                           |            |                 |               |
| 4"                   | 67.128.  | 32.872                 | 13.222     | 18.2350.4 | 26.280    | 1.85                      | 9.907      | 26-53           | 2-9           |
| 10"                  | 50.837   | 49.163                 | 16.291     | 74        | 18.100    |                           |            |                 |               |
| 40"                  | 27.834   | 72.166                 | 23.003     |           |           |                           |            |                 |               |
| 100"                 | 7.079    | 92.921                 | 20.755     |           |           |                           |            |                 |               |
| 200"                 | 0.906    | 99.094                 | 6.173      |           |           |                           |            |                 |               |
| Pan                  | 0.000    | 100.000                | 0.906      |           |           |                           |            |                 |               |
| Type                 |          |                        |            |           | SP        |                           |            |                 |               |
| บ่อ B                |          |                        |            |           |           |                           |            |                 |               |
| 1.5"                 | 100.000  | 0.000                  | 0.000      |           |           |                           |            |                 |               |
| 1"                   | 100.000  | 0.000                  | 0.000      |           |           |                           |            |                 |               |
| 3/8"                 | 79.495   | 20.505                 | 20.505     |           |           |                           |            |                 |               |
| 4"                   | 62.56    | 37.440                 | 16.935     | 17.0831.0 | 39.98026. | 1.75                      | 8.617      | 29-47           | 1-4           |
| 10"                  | 40.984   | 59.016                 | 21.576     | 57        | 540       |                           |            |                 |               |
| 40"                  | 17.073   | 82.927                 | 23.911     |           |           |                           |            |                 |               |
| 100"                 | 5.244    | 94.756                 | 11.829     |           |           |                           |            |                 |               |
| 200"                 | 0.305    | 99.695                 | 4.939      |           |           |                           |            |                 |               |
| Pan                  | 0.000    | 100.000                | 0.305      |           |           |                           |            |                 |               |
| Type                 |          |                        |            |           | SW        |                           |            |                 |               |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลของดินลูกรังในจังหวัดนครศรีธรรมราช(ต่อ)

| จังหวัดนครศรีธรรมราช | %Passing | %Accumulative Retained | % Retained | Cu<br>,Cc | LL,PL     | Maximum Dry<br>Density(g/cc) | OMC<br>0% | CBR<br>(Unsoak) | CBR<br>(Soak) |
|----------------------|----------|------------------------|------------|-----------|-----------|------------------------------|-----------|-----------------|---------------|
| บ่อ E                |          |                        |            |           |           |                              |           |                 |               |
| 1.5"                 | 100.000  | 0.000                  | 0.000      |           |           |                              |           |                 |               |
| 1"                   | 92.522   | 7.478                  | 7.478      |           |           |                              |           |                 |               |
| 3/8"                 | 78.694   | 21.606                 | 13.829     |           |           |                              |           |                 |               |
| 4"                   | 65.959   | 34.041                 | 12.735     | 16.250,   | 30.54020. | 1.98                         | 7.301     | 13-21           | 17-20         |
| 10"                  | 43.061   | 56.939                 | 22.898     | 1.293     | 970       |                              |           |                 |               |
| 40"                  | 12.435   | 87.565                 | 30.626     |           |           |                              |           |                 |               |
| 100"                 | 3.867    | 96.133                 | 8.568      |           |           |                              |           |                 |               |
| 200"                 | 0.722    | 99.278                 | 3.145      |           |           |                              |           |                 |               |
| Pan                  | 0.000    | 100.000                | 0.722      |           |           |                              |           |                 |               |
| Tyre                 |          |                        |            |           | SW        |                              |           |                 |               |
| บ่อ F                |          |                        |            |           |           |                              |           |                 |               |
| 1.5"                 | 100.000  | 0.000                  | 0.000      |           |           |                              |           |                 |               |
| 1"                   | 82.332   | 17.668                 | 17.668     |           |           |                              |           |                 |               |
| 3/8"                 | 54.889   | 45.111                 | 27.443     |           |           |                              |           |                 |               |
| 4"                   | 41.831   | 58.169                 | 13.058     | 17.719,   | 28.40220. | 1.9                          | 10.553    | 21-36           | 5-23          |
| 10"                  | 24.666   | 75.334                 | 17.164     | 1.266     | 170       |                              |           |                 |               |
| 40"                  | 7.053    | 92.947                 | 17.614     |           |           |                              |           |                 |               |
| 100"                 | 3.059    | 96.941                 | 3.994      |           |           |                              |           |                 |               |
| 200"                 | 0.236    | 99.764                 | 2.823      |           |           |                              |           |                 |               |
| Pan                  | 0.000    | 100.000                | 0.236      |           |           |                              |           |                 |               |
| Tyre                 |          |                        |            |           | GW        |                              |           |                 |               |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

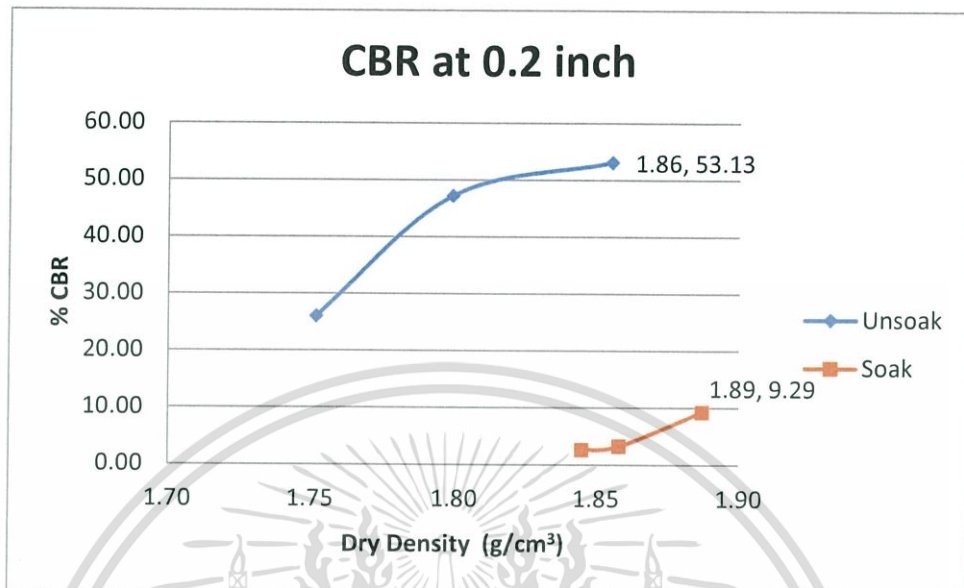


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการกระจายตัวของเม็ดดินลูกรังในจังหวัดนครศรีธรรมราช

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 ที่แสดงข้อมูลของดินลูกรังในจังหวัดนครศรีธรรมราช จะสรุปได้ว่าดินบ่อ A มีการกระจายตัวเป็นประเภท SP ส่วนบ่อ B มีการกระจายตัวเป็นประเภท SW ส่วนบ่อ E มีการกระจายตัวเป็นประเภท SW ส่วนบ่อ F มีการกระจายตัวเป็นประเภท GW ซึ่งมีขนาด, ความละเอียด หรือความหยาบอย่างไร ผลการทดสอบแสดงดังตารางและรูปข้างต้น

จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CBR และ Dry Density ได้กราฟดังรูป

### 1. ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง (บ่อ A)

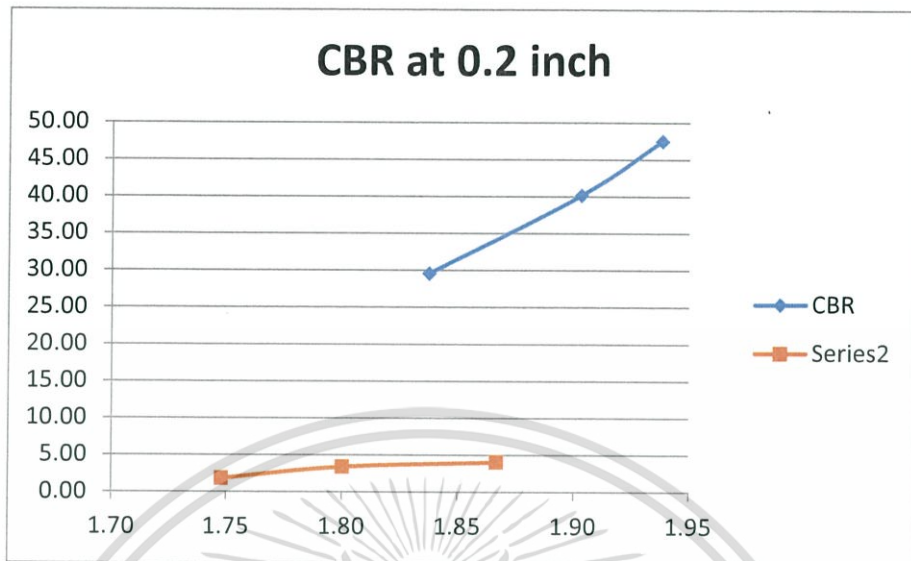


รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรังในจังหวัด นครศรีธรรมราช

จะเห็นว่าแบบ Unsoak คือสภาพดินปกติ Soak คือสภาพดินที่ชุ่มไปด้วยน้ำหรือเปรียบเป็นถนนที่มีน้ำขัง โดยสภาพ Unsoak มีค่า %CBR อยู่ที่ 26.07-53.13% และมีค่าความหนาแน่น 1.75-1.86 g/cm<sup>3</sup> ซึ่งหากพิจารณาคู่กับแบบ Soak ที่มีค่า %CBR อยู่เพียง 2.61-9.29% และค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 1.84-1.89 g/cm<sup>3</sup> ซึ่งเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วดินประเภทนี้มีคุณสมบัติเพียงแค่ชั้น Subgrade เท่านั้น เนื่องด้วยดินที่ไปทำการเก็บตัวอย่างเป็นดินลูกรังกันบ่อทำให้มีทรายและซิลท์ผสมอยู่มากส่งผลให้กำลังรับแรงต่ำลงไปด้วย ซึ่งเมื่อเราวิเคราะห์รวมกับค่า Liquid Limit ที่บอกว่าเป็นประเภทดินปนซึ่งตรงกับผลการทำ CBR ซึ่งดินบริเวณนี้เป็นที่ราบฝั่งตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง (บ่อ B)

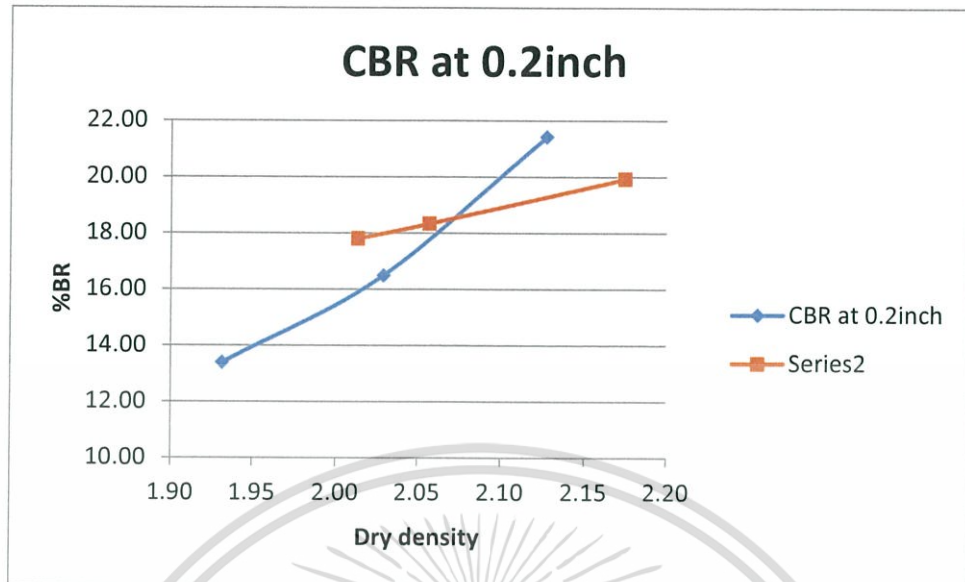


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรังในจังหวัด นครศรีธรรมราช

จากกราฟจะเห็นว่าค่า CBR ของ Soak มีค่าที่ต่ำมากอันเนื่องมาจากดินBนั้นเป็นดินซิลท์ซึ่งเป็นมวลละเอียดเมื่อโดนน้ำจะมีการชะล้างออกไปมากทำให้ค่า CBR ออกมาต่ำซึ่งมีค่า %CBR ไม่ถึง 5% ในกรณีปกติดินBอาจนำไปสร้างชั้นBase of subbase ได้ แต่หากมีกรณีน้ำท่วมซึ่งสามารถนำไปสร้างได้เพียงชั้น Subgrade เท่านั้นจึงไม่เหมาะแก่การนำมาสร้างถนน จากผลการทดสอบ ดินที่นำมาทดสอบเก็บตัวอย่างบริเวณที่เก็บเป็นพื้นที่ราบ ผลการทดสอบเห็นว่า %CBR ไม่ถึง 5 % เนื่องจากที่ราบมีฝุ่น และความละเอียดของเม็ดดินมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

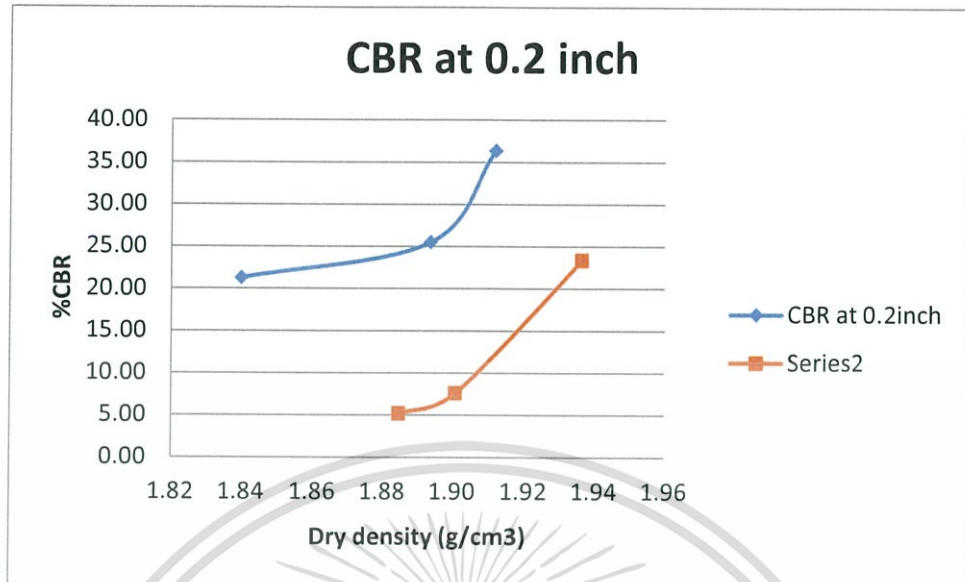
## 3.ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา (บ่อ E)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรังในจังหวัด นครศรีธรรมราช

จากกราฟเราจะเห็นได้ว่าระหว่าง Soak และ Unsoak มีค่าใกล้เคียงกันแต่ใน Mold 56 blows สภาพ Unsoak มีค่า %CBR ที่มากกว่าอยู่ที่ 22% ค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 2.13 g/cm<sup>3</sup> และ สภาพ Soak %CBR อยู่ที่ 19.22% ค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 2.17 g/cm<sup>3</sup> ซึ่งเมื่อเราวิเคราะห์ค่า % การบวมตัวของดินชนิดนี้จะมีค่าเพียง 0.5% เท่านั้นแสดงให้เห็นว่าดินชนิดนี้แม้จะโดนน้ำก็จะมี คุณสมบัติไม่ต่างกันมาก สามารถนำไปสร้างชั้น Subbase ได้เนื่องจากดินบริเวณภูเขาจะมีมวล ละเอียดน้อยกว่า และมีฝุ่นน้อยกว่าที่ราบ ทำให้มีค่า %CBR สูงกว่า ดินที่ราบ และก้นหลุม

## 4. ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง (บ่อ F)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรังในจังหวัด นครศรีธรรมราช

จากกราฟจะเห็นว่าสภาพ Soak จะมีค่า CBR ที่ต่ำกว่า Unsoak เท่านั้นซึ่งแสดงให้เห็นว่าสภาพของดินที่ชุ่มน้ำจะมีการรับกำลังที่ต่ำกว่าแบบ Unsoak ซึ่งเป็นสภาพดินที่ไม่ชุ่มน้ำจึงรับกำลังอัดได้มากกว่าซึ่งหากเราวิเคราะห์จากค่า CBR จะสามารถนำดินนี้สร้างถนนระดับ Subgrade ได้ จากผลการทดสอบ ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบเก็บจากพื้นที่ราบ ซึ่งมีมวลละเอียดเยอะกว่าเชิงเขา ทำให้ มีค่า %CBR ต่ำ

#### 4.2.2 จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีเนื้อที่ประมาณ 12,891 ตารางกิโลเมตร หรือ 8,056,875 ไร่ เป็นจังหวัดที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับ 6 ของประเทศ และมีขนาดใหญ่ที่สุดของภาคใต้จังหวัดสุราษฎร์ธานีแบ่งการปกครองส่วนภูมิภาคออกเป็น 19 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี อำเภอกาญจนดิษฐ์ อำเภอดอนสัก อำเภอเกาะสมุย อำเภอเกาะพะงัน อำเภอไชยา อำเภอท่าชนะ อำเภอคีรีรัฐนิคม อำเภอบ้านตาขุน อำเภอพนม อำเภอท่าฉาง อำเภอบ้านนาสาร อำเภอบ้านนาเดิม อำเภอเคียนซา อำเภอเวียงสระ อำเภอพระแสง อำเภอพุนพิน อำเภอชัยบุรี อำเภอวิภาวดี



รูปที่ 4.7 จังหวัดสุราษฎร์ธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีความหลากหลาย ทั้งภูเขา ที่ราบลุ่ม แม่น้ำ ชายฝั่งทะเล และหมู่เกาะน้อยบร่อย ทิศตะวันตกเป็นที่ราบสูง มีภูเขาสลับซับซ้อนประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด มีเทือกเขาสูงทอดยาวตามแนวเหนือใต้ของพื้นที่จังหวัด และป่าดิบชื้นในเขตเทือกเขาภูเก็ต และเทือกเขานครศรีธรรมราช ส่วนด้านตะวันออกเป็นแหล่งพืชพรรณและสัตว์ป่าหลากหลาย ทั้งไม้มีค่า ผลไม้ พืชผัก สมุนไพร และยังเป็นต้นน้ำลำธารสำคัญถึง 15 ลุ่มน้ำ จน สุราษฎร์ธานีได้ชื่อว่าเป็น "เมืองแห่งลุ่มน้ำ" แร่ธาตุที่สำคัญของจังหวัด คือ ยิปซัมโดโลไมต์ แอนไฮโดรต์ หินปูน ดินขาว และบอลเคลย์

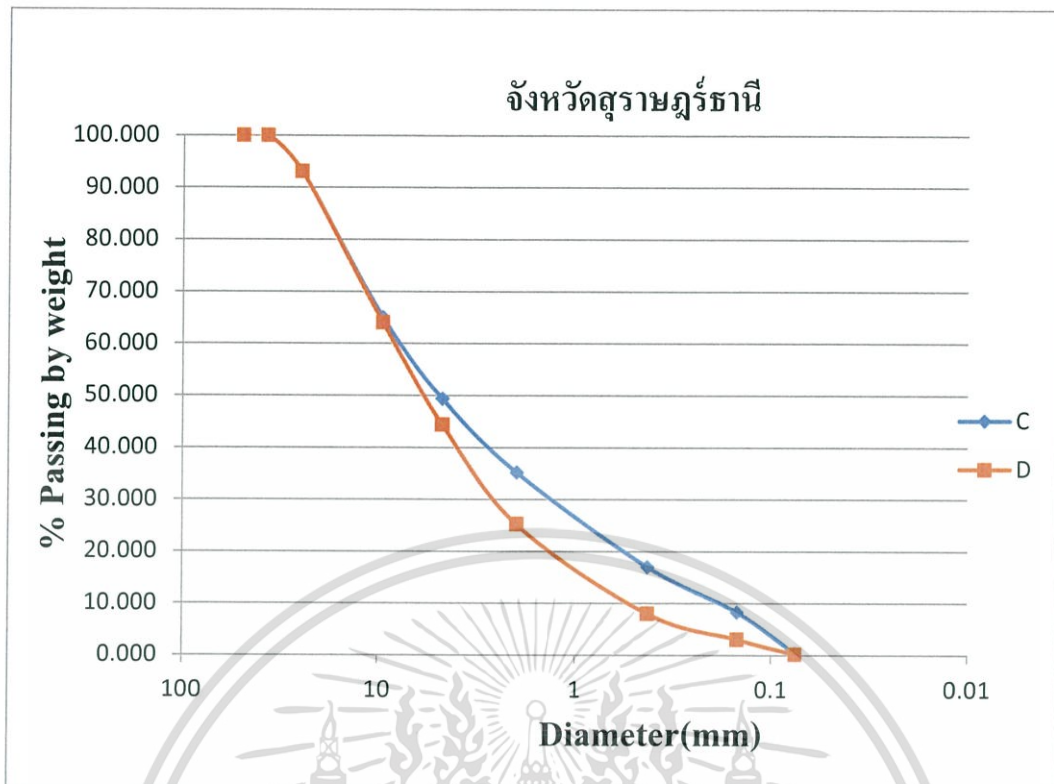


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลของดินลูกรังในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

| จังหวัดสุราษฎร์ธานี | %Passing | %Accumulative Retained | % Retained | Cu<br>,Cc | LL,PL   | Maximum Dry Density(g/cc) | OMC<br>(%) | CBR<br>(Unsoak) | CBR<br>(Soak) |
|---------------------|----------|------------------------|------------|-----------|---------|---------------------------|------------|-----------------|---------------|
| ข้อ C               |          |                        |            |           |         |                           |            |                 |               |
| 1.5"                | 100.000  | 0.000                  | 0.000      |           |         |                           |            |                 |               |
| 1"                  | 93.080   | 6.920                  | 6.920      |           |         |                           |            |                 |               |
| 3/8"                | 65.021   | 34.979                 | 28.059     |           |         |                           |            |                 |               |
| 4"                  | 49.369.  | 50.631                 | 15.652     | 42.105,   | 23.460  | 1.78                      | 13.079     | 14-27           | 7-24          |
| 10"                 | 35.147   | 64.853                 | 14.221     | 0.796     | 17.680  |                           |            |                 |               |
| 40"                 | 17.011   | 82.989                 | 18.136     |           |         |                           |            |                 |               |
| 100"                | 8.324    | 91.676                 | 8.687      |           |         |                           |            |                 |               |
| 200"                | 0.401    | 99.599                 | 7.924      |           |         |                           |            |                 |               |
| Pan                 | 0.000    | 100.000                | 0.401      |           |         |                           |            |                 |               |
| Type                | GP       |                        |            |           |         |                           |            |                 |               |
| ข้อ D               |          |                        |            |           |         |                           |            |                 |               |
| 1.5"                | 100.000  | 0.000                  | 0.000      |           |         |                           |            |                 |               |
| 1"                  | 93.083   | 6.917                  | 6.917      |           |         |                           |            |                 |               |
| 3/8"                | 63.992   | 36.008                 | 29.091     |           |         |                           |            |                 |               |
| 4"                  | 44.385   | 55.615                 | 19.607     | 16.078,   | 43.500, | 1.65                      | 18.723     | 25-28           | 4-18          |
| 10"                 | 25.215   | 74.785                 | 19.170     | 1.743     | 29.090  |                           |            |                 |               |
| 40"                 | 8.043    | 91.957                 | 17.171     |           |         |                           |            |                 |               |
| 100"                | 3.082    | 96.918                 | 4.961      |           |         |                           |            |                 |               |
| 200"                | 0.216    | 99.784                 | 2.866      |           |         |                           |            |                 |               |
| Pan                 | 0.000    | 100.000                | 0.216      |           |         |                           |            |                 |               |
| Type                | GW       |                        |            |           |         |                           |            |                 |               |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

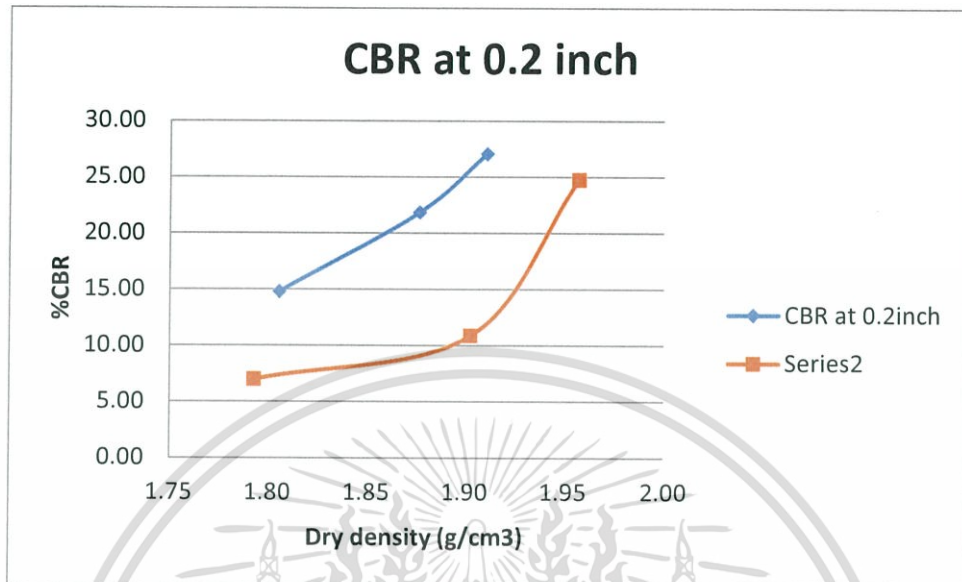


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการกระจายตัวของเม็ดดินลูกรังในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

จากตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลของดินลูกรังในจังหวัดสุราษฎร์ธานีจะสรุปได้ว่าดินบ่อ C มีการกระจายตัวเป็นประเภท GP ส่วนบ่อ D มีการกระจายตัวเป็นประเภท GW ซึ่งมีขนาด, ความละเอียด หรือความหยาบอย่างไร ผลการทดสอบแสดงดังตารางและรูปข้างต้น

จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง CBR และ Dry Density ได้กราฟดังรูป

1. ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์ (บ่อ C)

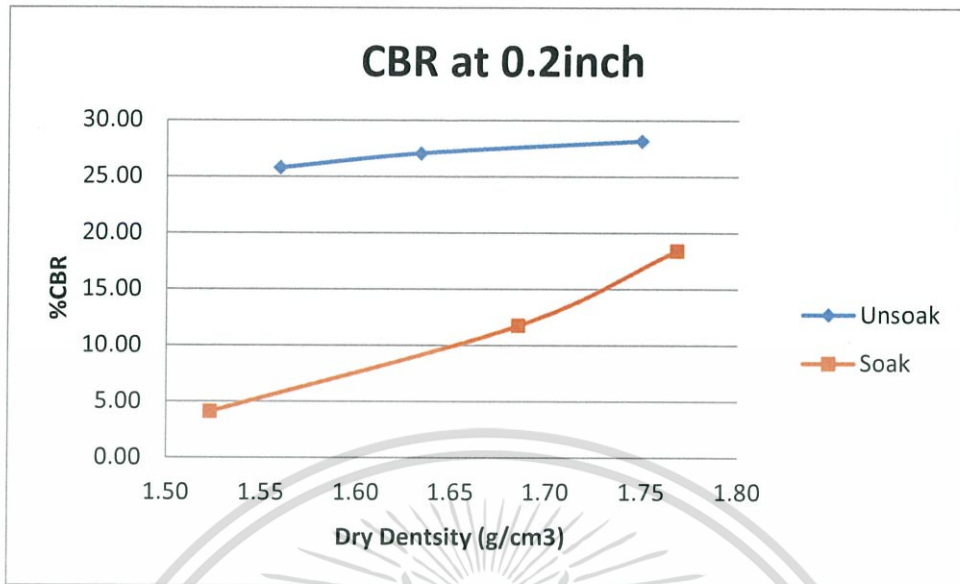


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรังในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าที่ 56 Blows มีค่า %CBR ที่ไม่ต่างกันมาก ขณะที่ 12 Blows และ 25 Blows มีค่าที่ต่างกันมาก อันเนื่องมาจากพลังงานที่ใช้บดอัดมีค่ามากทำให้น้ำซึมผ่านได้น้อยตามพลังงานที่ใช้บดอัด ซึ่งค่า %CBR Unsoak อยู่ที่ 15-27% ขณะที่ค่า %CBR Soak อยู่ที่ 7-25% ซึ่งจากคุณสมบัติข้างต้นเปรียบเทียบกับตารางค่า CBR มาตรฐานจะสามารถเป็นชั้น Subbase-Subgrade ได้ จากผลการทดสอบ ดินที่เก็บตัวอย่างมาจากบริเวณกันหลุม ซึ่งมีฝุ่น และมวลละเอียดเยอะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ต่าบลท่าทองใหม่, อ่าเออกาญจณดิษฐ์ (บ่อ D)



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % CBR กับ Dry density ของเม็ดดินลูกรังในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

จากกราฟค่าของ Unsoak มีค่า CBR ที่ไม่ต่างกันมากนักซึ่งอาจมีผลมาจากไม่ความไม่ชำนาญของผู้ทำการทดลองแต่ค่า %CBR ของ Soak ที่เห็นความแตกต่างชัดเจนซึ่งอยู่ในช่วง 5-19% และความหนาแน่นในช่วง 1.5-1.8 g/cm<sup>3</sup> ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วเป็นดินประเภท GW และสามารถนำมาใช้ในงานทางชั้น Subgrade ได้ จากผลการทดสอบดินที่เก็บมาจากพื้นที่บริเวณที่ราบอาจมีมวลละเอียดเยอะ ทำให้ได้ %CBR ต่ำ

### 4.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบ

จากการผลการทดลองที่ได้และได้ทำการวิเคราะห์แยกในแต่ละจังหวัดข้างต้นแล้ว ในหัวข้อนี้จะนำ ค่าที่ได้มาทำการพลอตกราฟเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 จังหวัดที่ได้ทำการทดสอบ โดยช่วงของข้อมูลจะเป็นลักษณะ ดังข้างล่างนี้

| ชื่อ          | สถานที่ตั้ง | Dry Density<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | OMC<br>(%) | Type   | CBR<br>Unsoak<br>(%) | CBR<br>Soak<br>(%) |       |
|---------------|-------------|-------------------------------------|------------|--------|----------------------|--------------------|-------|
| นครศรีธรรมราช | Example A   | ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง            | 1.85       | 9.907  | SP                   | 26-53              | 2-9   |
|               | Example B   | ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง          | 1.75       | 8.617  | SW                   | 29-47              | 1-4   |
|               | Example E   | ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา            | 1.98       | 7.301  | SW                   | 13-21              | 17-20 |
|               | Example F   | ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง              | 1.90       | 10.553 | GW                   | 21-36              | 5-23  |
| สุราษฎร์ธานี  | Example C   | ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์         | 1.78       | 13.079 | GP                   | 14-27              | 7-24  |
|               | Example D   | ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์     | 1.65       | 18.731 | GW                   | 25-28              | 4-18  |

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ในแต่ละบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลการทดลอง

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ดินลูกรังเป็นวัสดุก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง ไหล่ทาง หรือใช้เป็นพื้นทาง และผิวทางชั่วคราวของถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำ ดังนั้นการที่จะเลือกแหล่งดินลูกรังจึงจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติของดินลูกรัง เช่น ขนาดการกระจายตัวของเม็ดดิน ค่าความชื้นสูงสุดในการบดอัด ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ค่ากำลังรับน้ำหนักของดินที่บดอัด โดยนำตัวอย่างดินในพื้นที่เหล่านี้มาทดสอบหา ค่าความสัมพันธ์คุณสมบัติของดินลูกรัง ได้แก่ CBR, Compaction, Sieve Analysis และ Atterberg Limit แล้วนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับลักษณะสภาพภูมิประเทศ

จากผลการทดลองที่ได้ ทำให้ทราบถึงข้อมูลคุณสมบัติของดินลูกรังจากแหล่งต่างๆในจังหวัด นครศรีธรรมราช และ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ทำให้ทราบได้ว่าแต่ละจังหวัด มีข้อมูลอย่างน้อยเพียงใดและ ข้อมูลมีแนวโน้มตามที่คาดการณ์ไว้คือ บริเวณเชิงเขาจะมีความแข็งแรงที่น้อย ที่ราบมีความแข็งแรงปานกลาง และดินลูกรังภูเขาที่มีความแข็งแรงมากที่สุดตามลำดับ สอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศและนำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลที่สะดวกในการเลือกใช้ และเป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาได้อย่างใกล้ชิด ความเป็นจริงที่สุด ในการที่จะเลือกวัสดุดินลูกรัง ให้เหมาะสมทั้งในการก่อสร้าง และการบำรุงรักษา

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. หากมีระยะเวลาในการทางการศึกษาเพิ่มขึ้น จะสามารถทำให้ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ในบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบนได้มากกว่านี้
2. ค่าที่ทดสอบอาจมีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากความไม่ชำนาญอุปกรณ์ในการทำการทดลองจึงอาจทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนเล็กน้อย
3. เนื่องจากสภาพอากาศขณะที่ผู้ทดลองทำการเก็บตัวอย่างมีมรสุมทางบริเวณ จังหวัด นครศรีธรรมราชและจังหวัดใกล้เคียงทำให้การเก็บตัวอย่างไม่สะดวกเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. "ดินลูกรังเป็นวัสดุที่มีทุกภาคของประเทศไทย และเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการรับแรงได้ดี"

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [www.research-system.siam.edu/images/AD.Siam/civil/4153\\_56\\_002/2.pdf](http://www.research-system.siam.edu/images/AD.Siam/civil/4153_56_002/2.pdf)

2. "จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีทั้งหมด 18 อำเภอ"

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.sawadee.co.th/thai/suratthani/>

3. "จังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งอยู่ทางตอนกลางของภาคใต้ ห่างจากกรุงเทพมหานคร 780 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 9,942,502 ตร.กม มีพื้นที่มาก เป็นอันดับ 2 ของภาคใต้ และเป็นอันดับที่ 16 ของประเทศ"

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://inclusiveforall.org/th/Nakhon-Si-Thammarat>

4. "จังหวัดสุราษฎร์ธานี"

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดสุราษฎร์ธานี>

5. "ประวัติจังหวัดสุราษฎร์ธานี"

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://www.pstip.com/ประวัติจังหวัด-ภาคใต้/ประวัติจังหวัด-สุราษฎร์ธานี/ลักษณะภูมิประเทศ.html>

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.nakhonsithammarat.go.th/geography.php>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.”จังหวัดนครศรีธรรมราช”

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <https://th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดนครศรีธรรมราช>

8.สิทธิพงษ์ พูลทรัพย์ และวรวงศ์ จิตสัมฤทธิ์. (2550). การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูลคุณสมบัติของแหล่งดินลูกรังต่างๆที่ใช้มากในกรุงเทพมหานคร (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

9.ผศ.สุพจน์ ศรีนิล รศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร และชลธิ เร่บ้านเกาะ. Soil Laboratory Testing. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

## 10.Atterberg Limit

[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

[http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/Irrigation\\_Engineering/2546/Bs/AkkhaphonSr/chapter1.pdf](http://www.lib.kps.ku.ac.th/SpecialProject/Irrigation_Engineering/2546/Bs/AkkhaphonSr/chapter1.pdf)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก1.

แสดงใบประกอบผลการทดลอง

Sieve Analysis

จังหวัดนครศรีธรรมราช



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบประกอบผลการทดลองจังหวัดนครศรีธรรมราช

บ่อที่ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง A)

Sieve Analysis

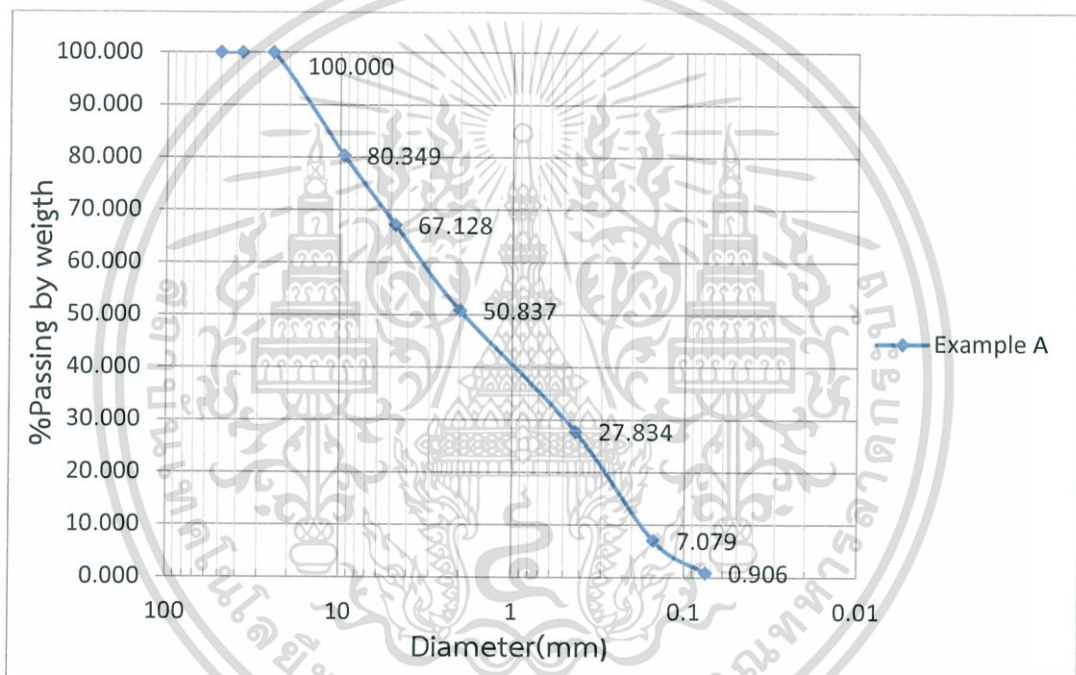
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 24/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : A

Sample From : ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช



The coefficient of uniformity ( $C_u$ ) of the aggregate is 18.235

The coefficient of curvature ( $C_c$ ) of the aggregate is 0.474

Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง B)

Sieve Analysis

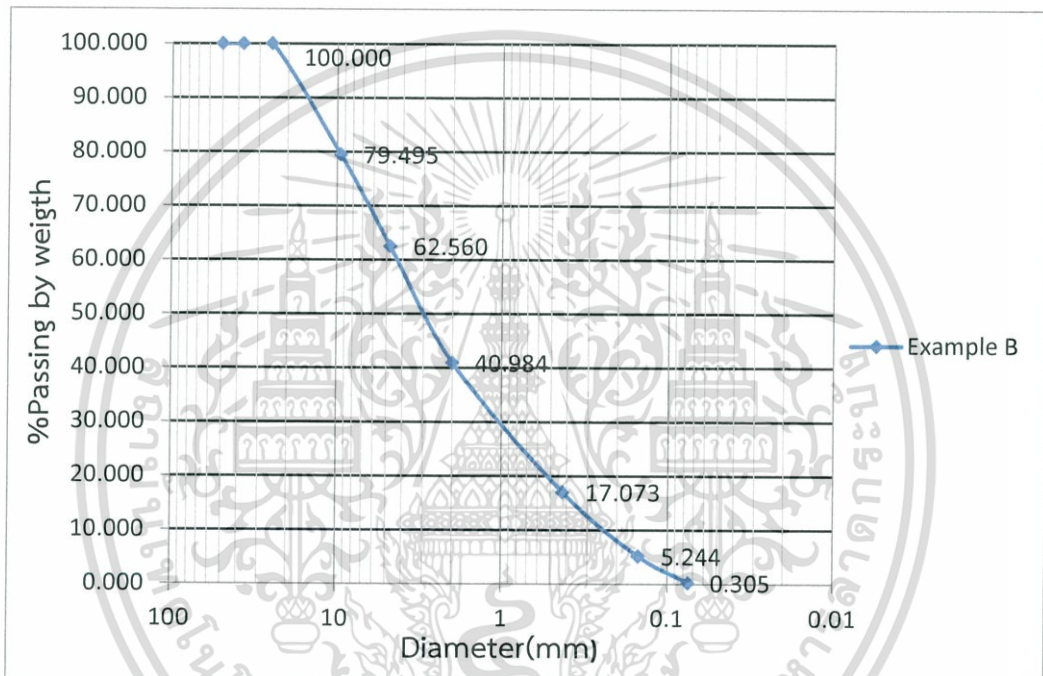
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 24/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : B

Sample From : ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช



The coefficient of uniformity ( $C_u$ ) of the aggregate is 17.083

The coefficient of curvature ( $C_c$ ) of the aggregate is 1.057

Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง E)

Sieve Analysis

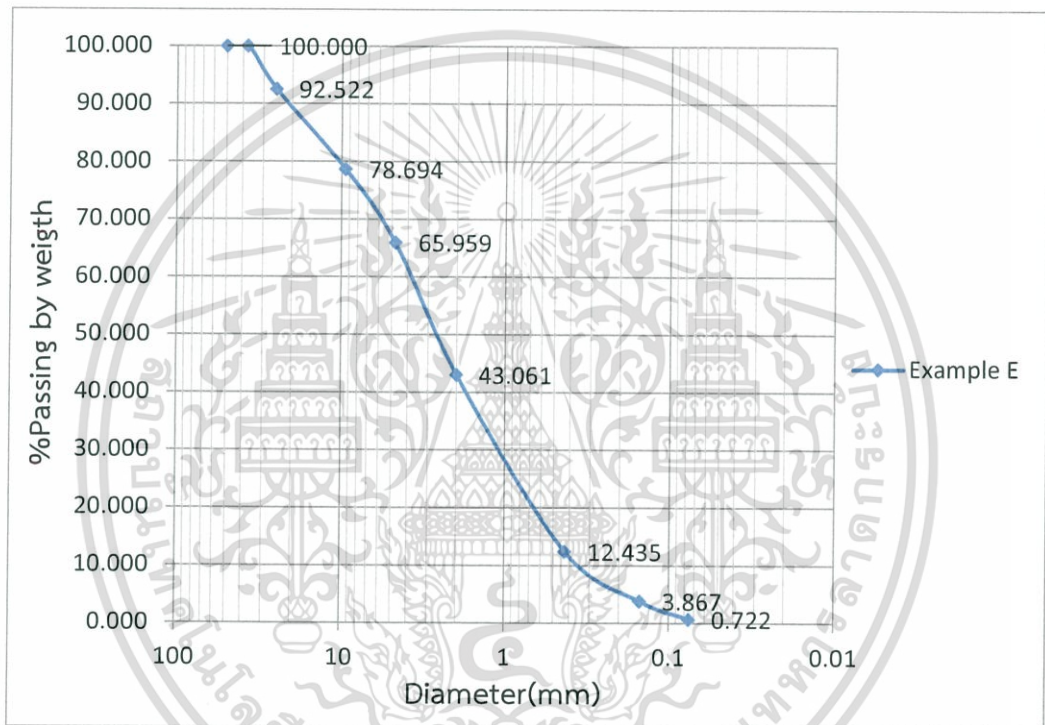
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 24/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : E

Sample From : ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช



The coefficient of uniformity ( $C_u$ ) of the aggregate is 16.250

The coefficient of curvature ( $C_c$ ) of the aggregate is 1.293

Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

(ตัวอย่าง F)

Sieve Analysis

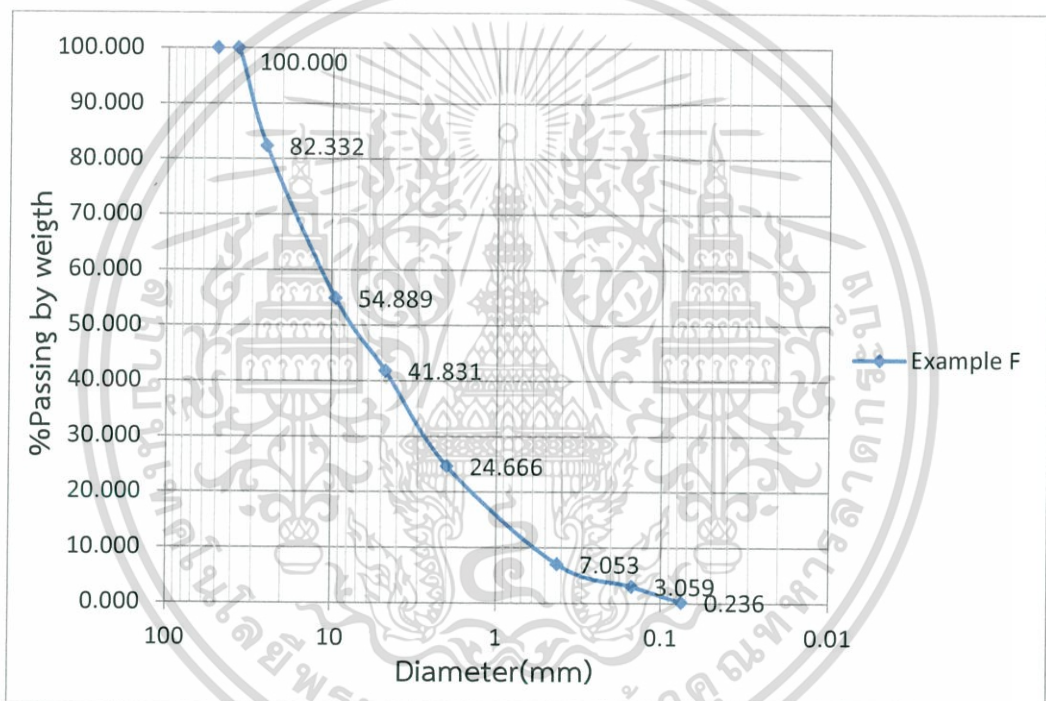
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 24/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : F

Sample From : ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช



The coefficient of uniformity ( $C_u$ ) of the aggregate is 17.719

The coefficient of curvature ( $C_c$ ) of the aggregate is 1.266

Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก2.

แสดงใบประกอบผลการทดลอง

Sieve Analysis



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบประกอบผลการทดลองจังหวัดสุราษฎร์ธานี

บ่อที่ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่าง C)

### Sieve Analysis

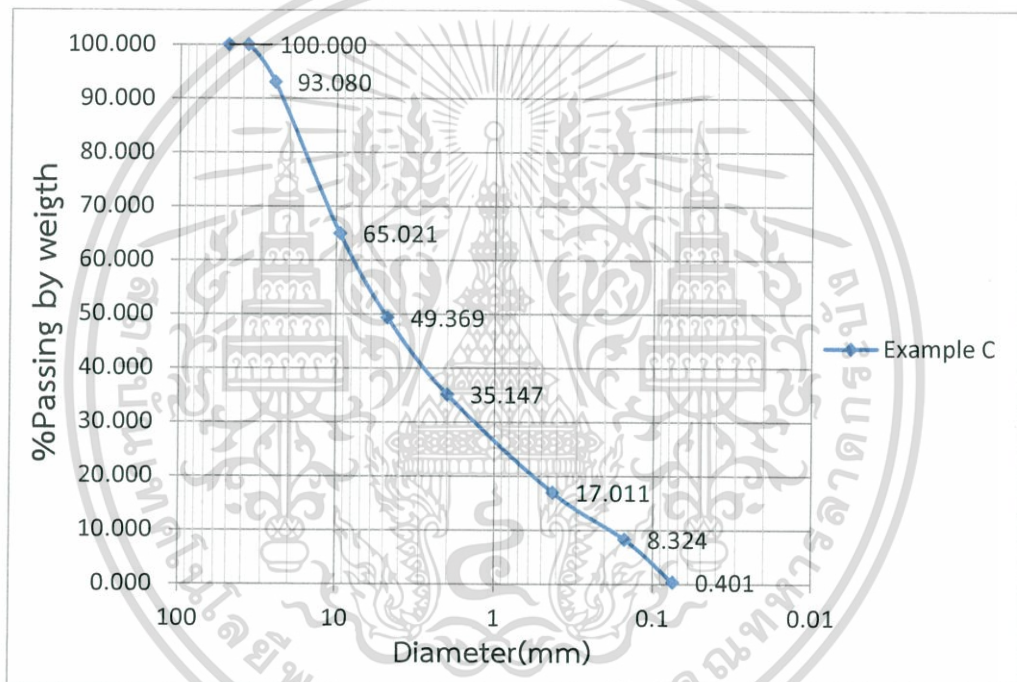
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 25/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธา

Test Sample : C

Sample From : ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี



The coefficient of uniformity ( $C_u$ ) of the aggregate is 42.105

The coefficient of curvature ( $C_c$ ) of the aggregate is 0.796

#### Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่าง D)

Sieve Analysis

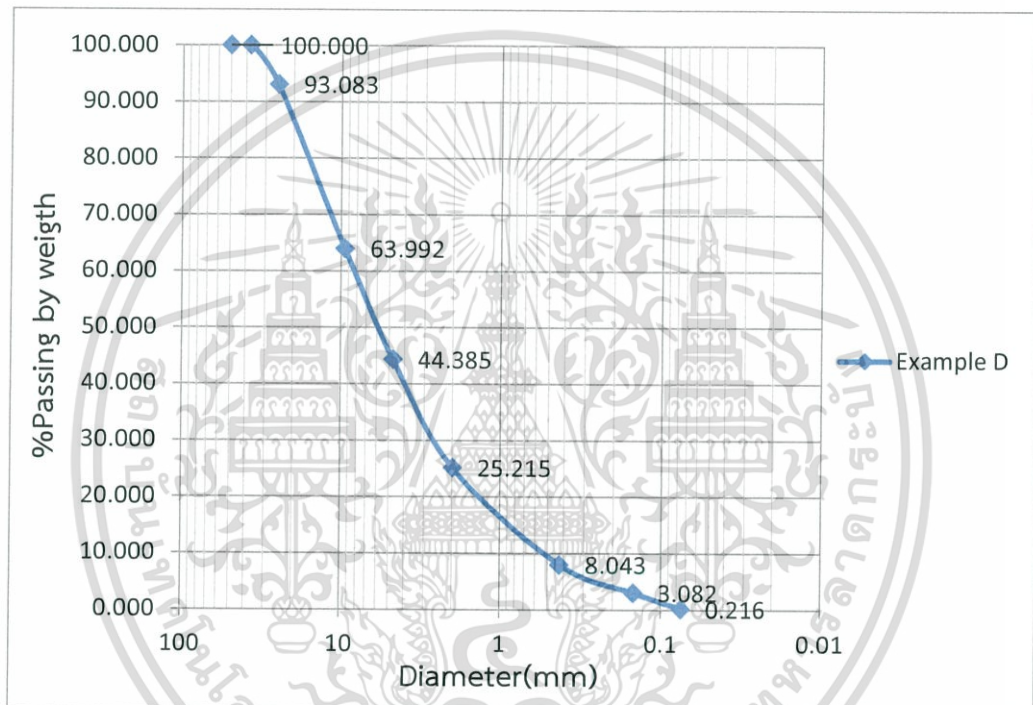
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 25/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : D

Sample From : ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี



The coefficient of uniformity ( $C_u$ ) of the aggregate is 16.078

The coefficient of curvature ( $C_c$ ) of the aggregate is 1.743

Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข1.

แสดงใบประกอบผลการทดลอง

Atterberg's Limits Test

จังหวัดนครศรีธรรมราช



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบประกอบผลการทดลองจังหวัดนครศรีธรรมราช

บ่อที่ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง A)

Atterberg's Limits Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

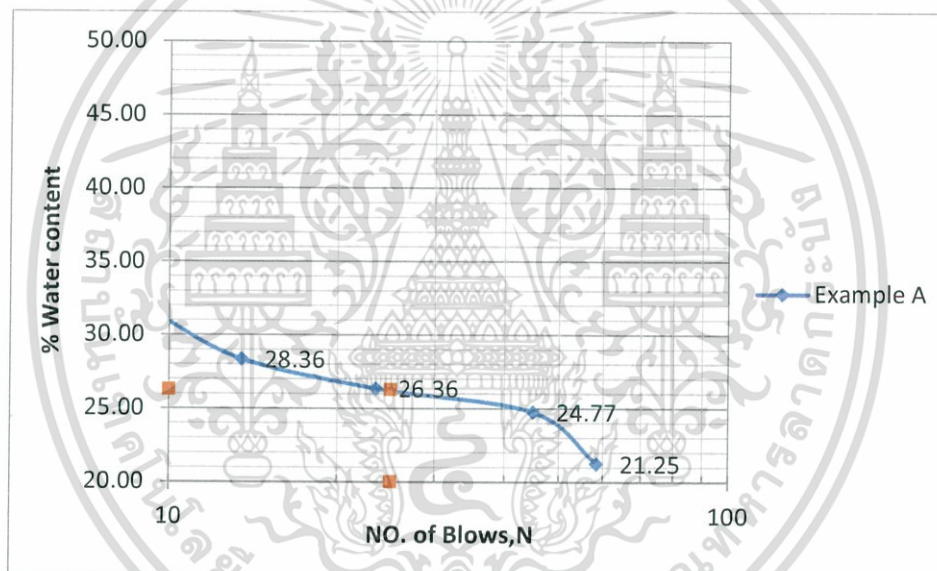
Date : 08/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : A

Sample From : ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Sample Description : ดินลูกรัง



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง B)

### Atterberg's Limits Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

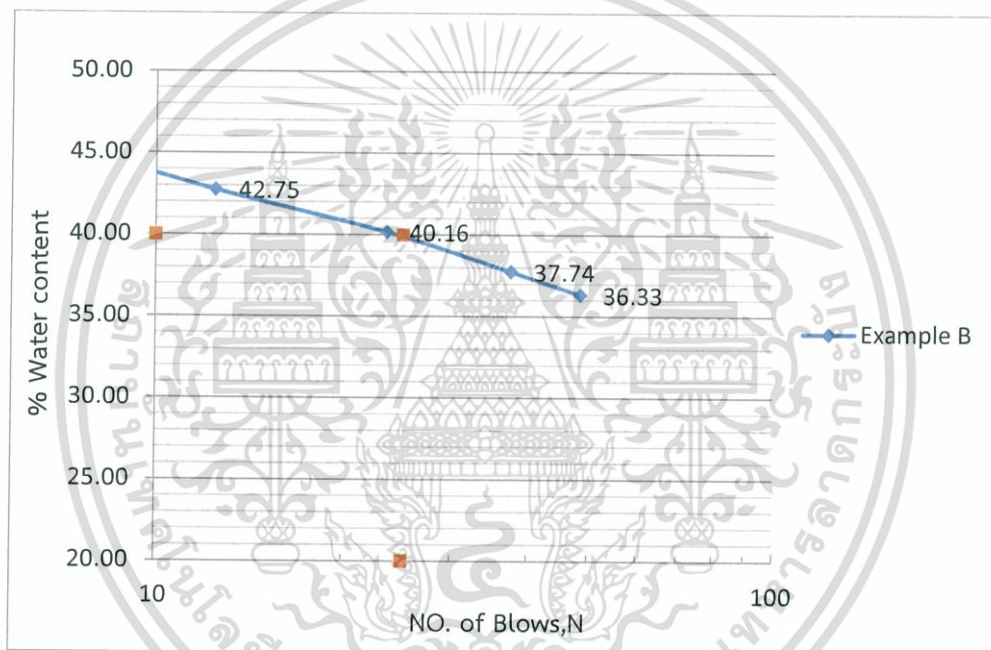
Date : 08/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : B

Sample From : ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Sample Description : ดินลูกรัง



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง E)

Atterberg's Limits Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

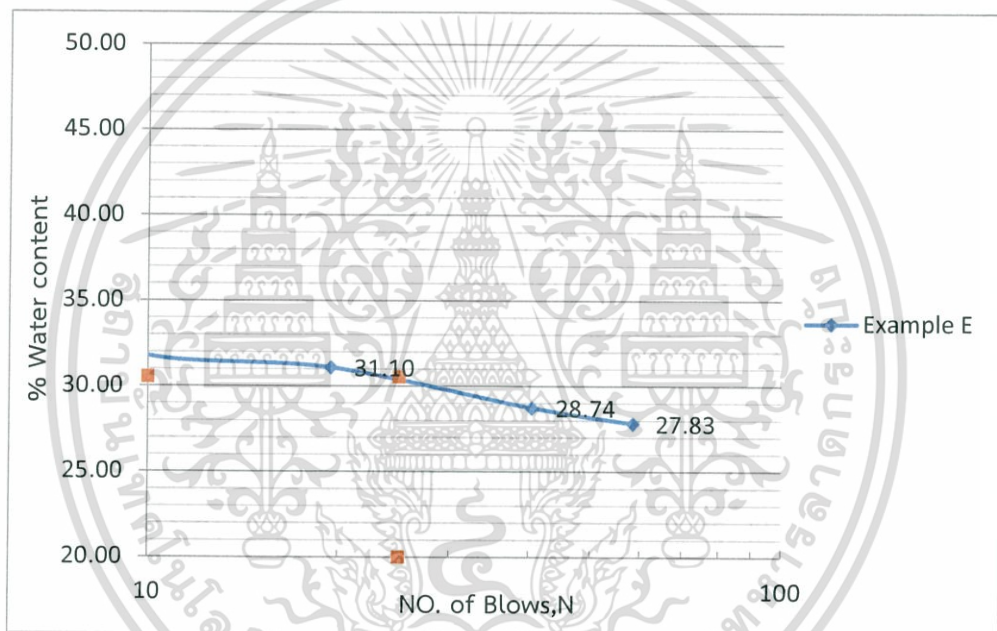
Date : 08/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : E

Sample From : ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช

Sample Description : ดินลูกรัง



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง F)

Atterberg's Limits Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

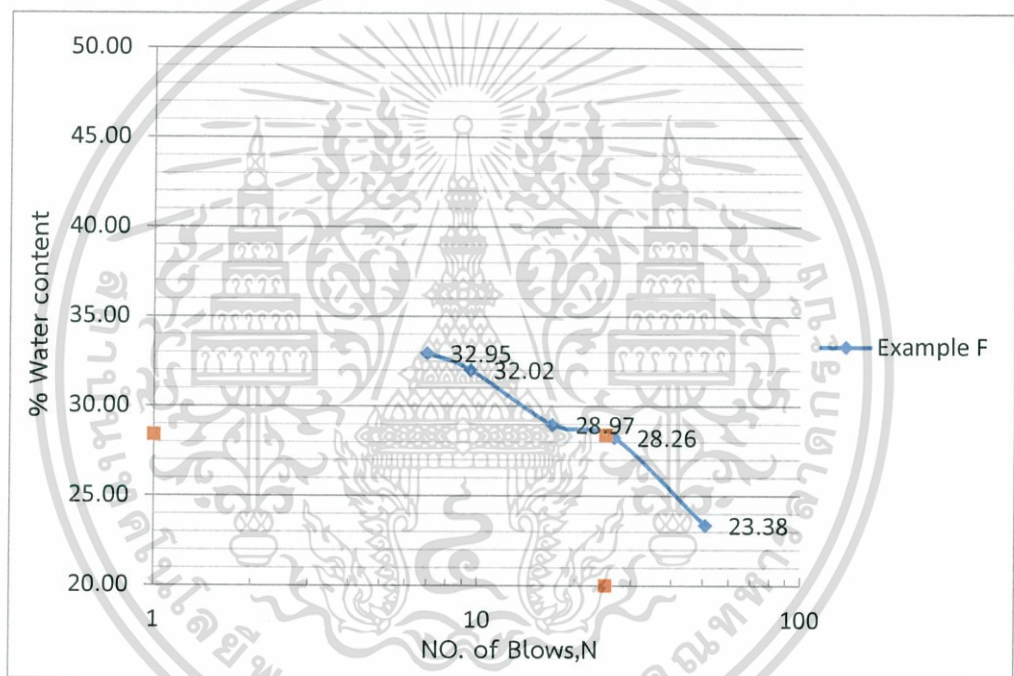
Date : 08/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : F

Sample From : ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Sample Description : ดินลูกรัง



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข2.

แสดงใบประกอบผลการทดลอง

Atterberg's Limits Test



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบประกอบผลการทดลองจังหวัดสุราษฎร์ธานี

บ่อที่ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่าง C)

### Atterberg's Limits Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

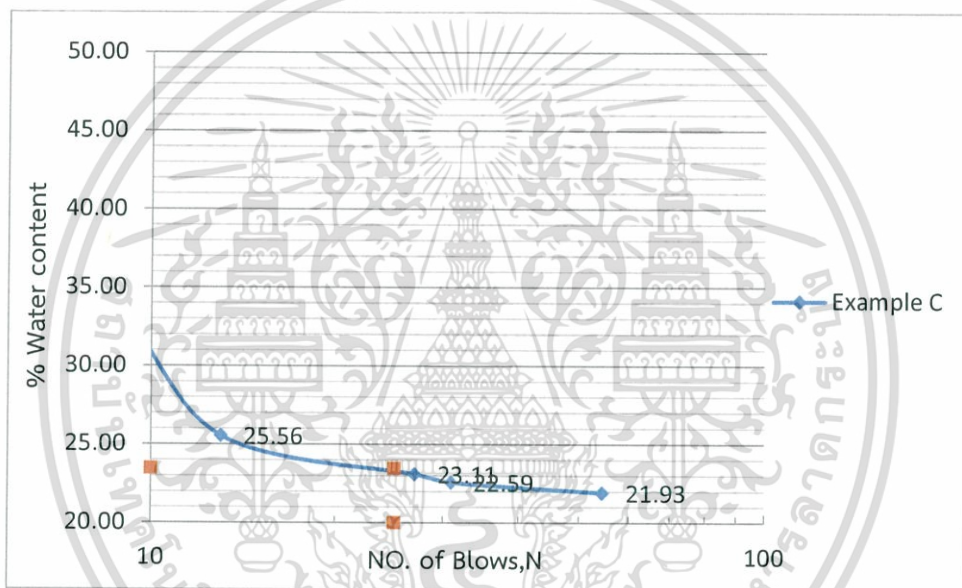
Date : 09/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

[Test Sample : C

Sample From : ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Sample Description : ดินลูกรัง



Note :

1) Certification Applies to test samples Only

2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่าง D)

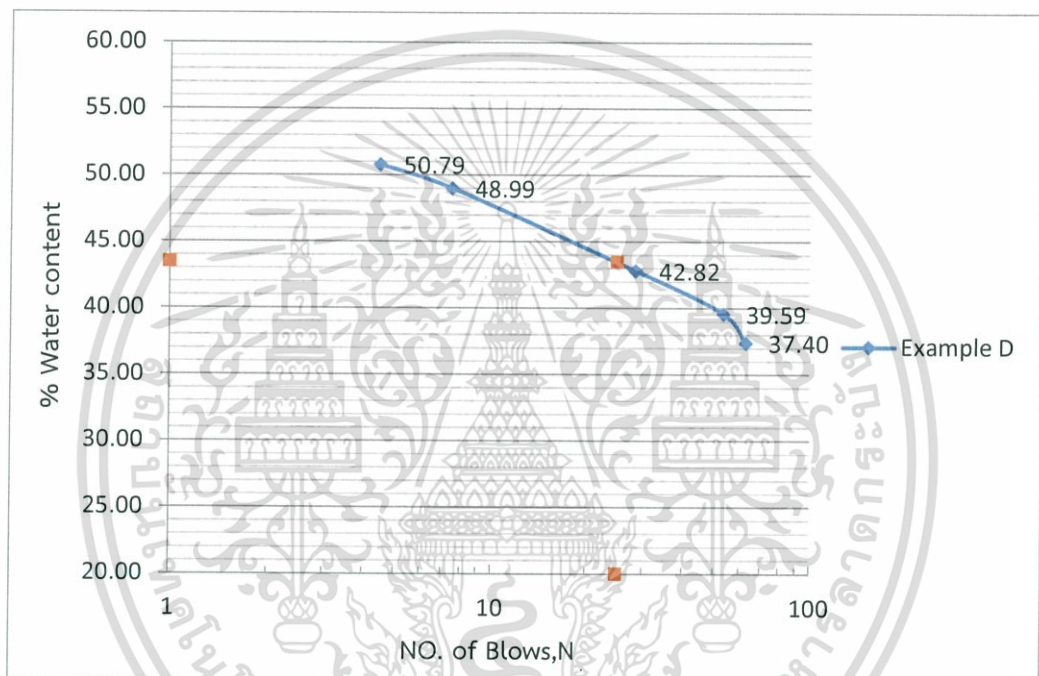
Atterberg's Limits Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง Date : 09//02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา Test Sample : D

Sample From : ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Sample Description : ดินลูกรัง



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค1.

แสดงใบประกอบผลการทดลอง

Compaction Test

จังหวัดนครศรีธรรมราช



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบประกอบผลการทดลองจังหวัดนครศรีธรรมราช

บ่อที่ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง A)

Compaction Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 10/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Mold Weight : 2.801 kg

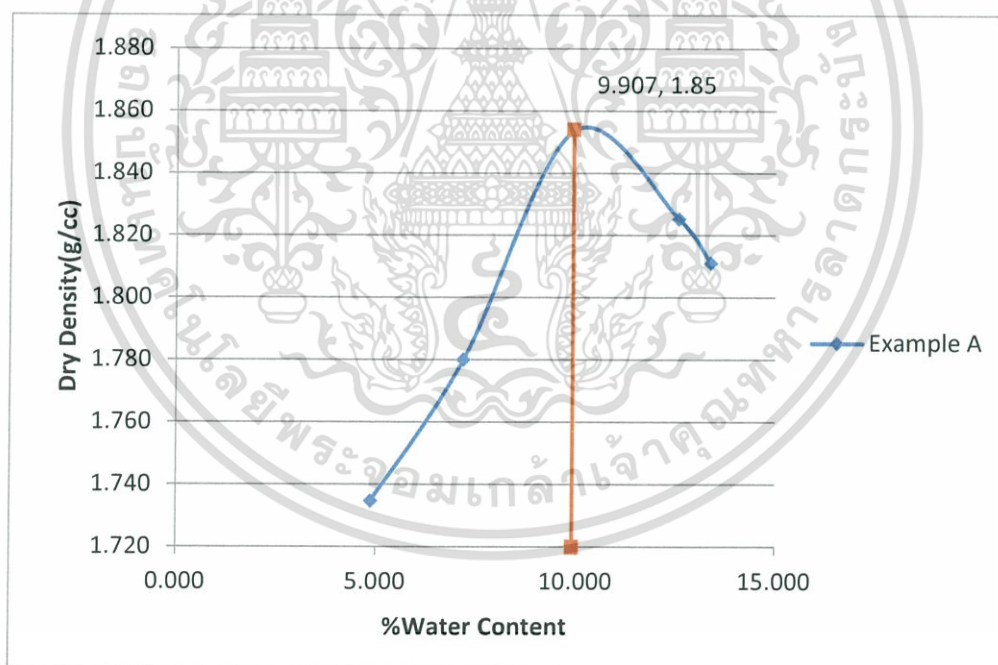
Type of Testing : Modified Proctor

Sample From : ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Mold Volume : 2260 cm<sup>3</sup>

DRY DENSITY : 1.85 g/cm<sup>3</sup>

OPTIMUM MOISTURE CONTENT : 9.907 %



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัด นครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง B)

### Compaction Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 10/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา Mold Weight : 2.801 kg

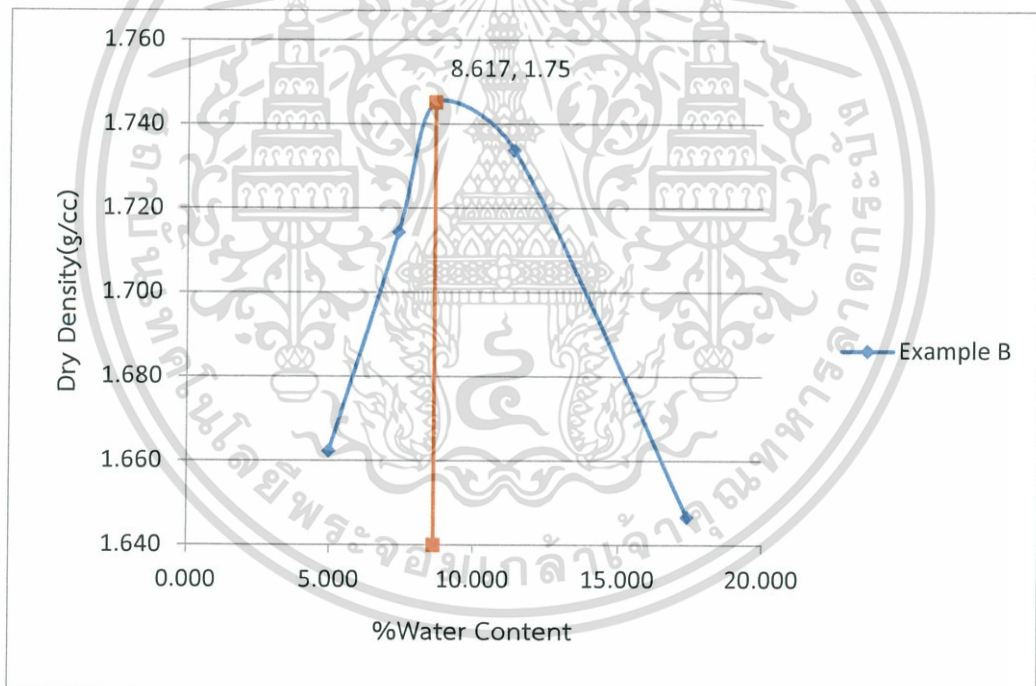
Type of Testing : Modified Proctor

Sample From : ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Mold Volume : 2260 cm<sup>3</sup>

DRY DENSITY : 1.75 g/cm<sup>3</sup>

OPTIMUM MOISTURE CONTENT : 8.617 %



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง E)

Compaction Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 11/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา Mold Weight : 2.801 kg

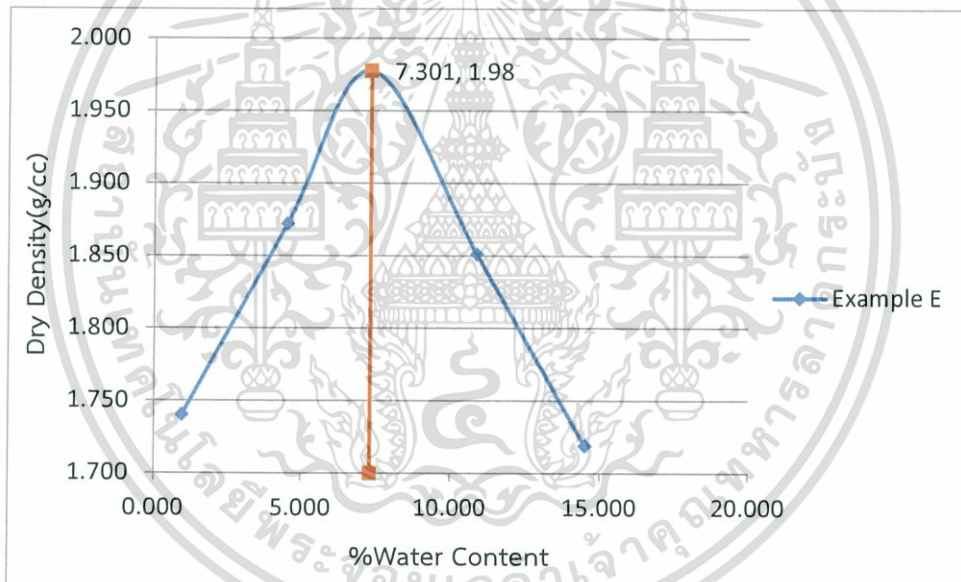
Type of Testing : Modified Proctor

Sample From : ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Mold Volume : 2260 cm<sup>3</sup>

DRY DENSITY : 1.98 g/cm<sup>3</sup>

OPTIMUM MOISTURE CONTENT : 7.301 %



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง F)

### Compaction Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 11/02/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Mold Weight : 2.801 kg

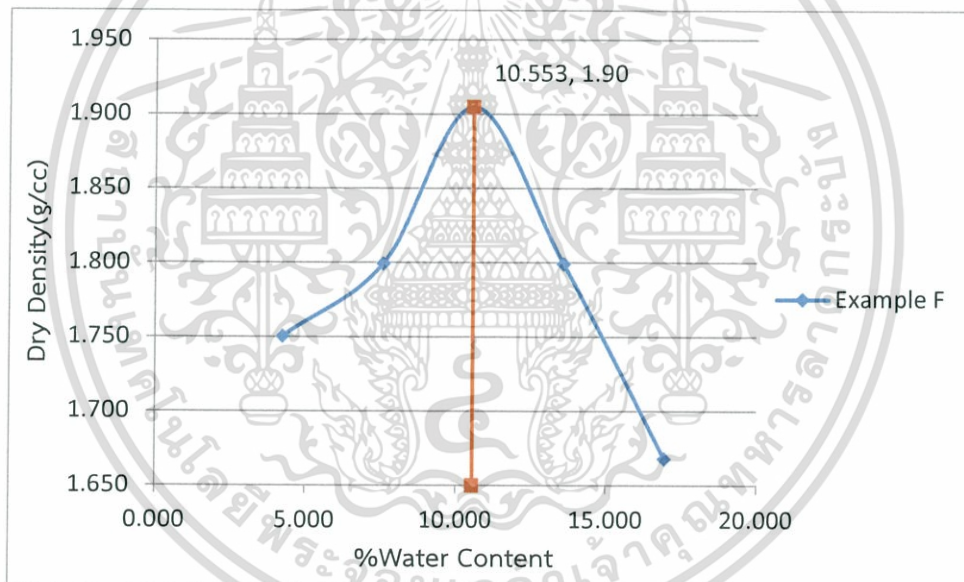
Type of Testing : Modified Proctor

Sample From : ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Mold Volume : 2260 cm<sup>3</sup>

DRY DENSITY : 1.90 g/cm<sup>3</sup>

OPTIMUM MOISTURE CONTENT : 10.553 %



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค2.

แสดงใบประกอบผลการทดลอง

Compaction Test



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ใบประกอบผลการทดลองจังหวัดสุราษฎร์ธานี

บ่อที่ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่าง C)

### Compaction Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 17/01/2560

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา Mold Weight : 2.801 kg

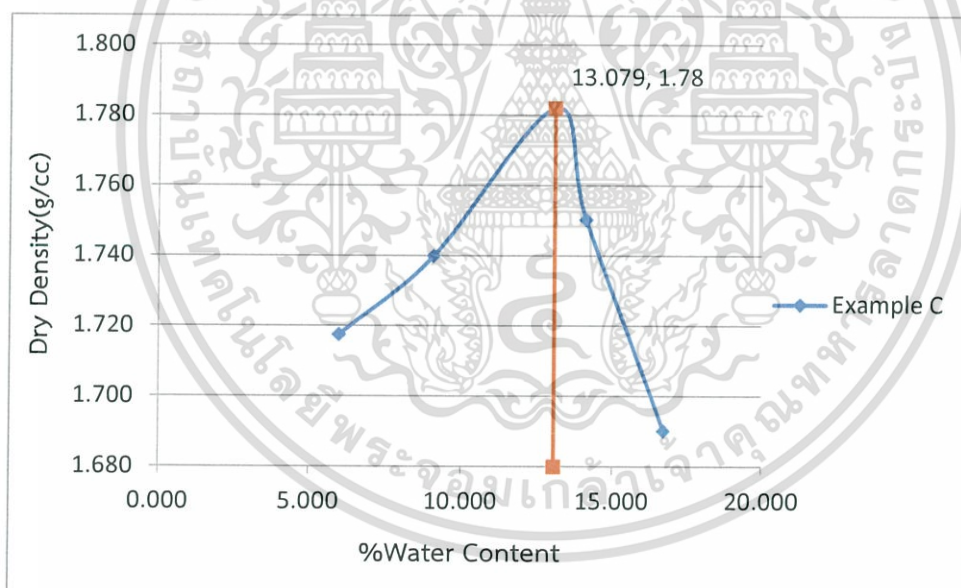
Type of Testing : Modified Proctor

Sample From : ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Mold Volume : 2260 cm<sup>3</sup>

DRY DENSITY : 1.78 g/cm<sup>3</sup>

OPTIMUM MOISTURE CONTENT : 13.079 %



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่าง D)

Compaction Test

Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 17/02/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา Mold Weight : 2.801 kg

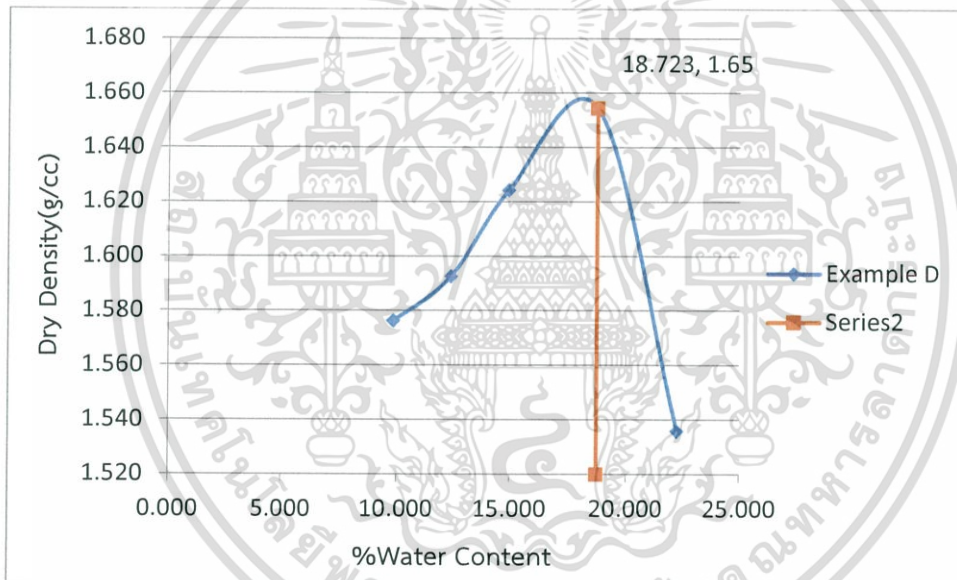
Type of Testing : Modified Proctor

Sample From : ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอฟุ่่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Mold Volume : 2260 cm<sup>3</sup>

DRY DENSITY : 1.65 g/cm<sup>3</sup>

OPTIMUM MOISTURE CONTENT : 18.723 %



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง1.

แสดงใบประกอบผลการทดลอง

CBR Test

จังหวัดนครศรีธรรมราช



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบประกอบผลการทดลองจังหวัดนครศรีธรรมราช

บ่อที่ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง A)

CBR Test

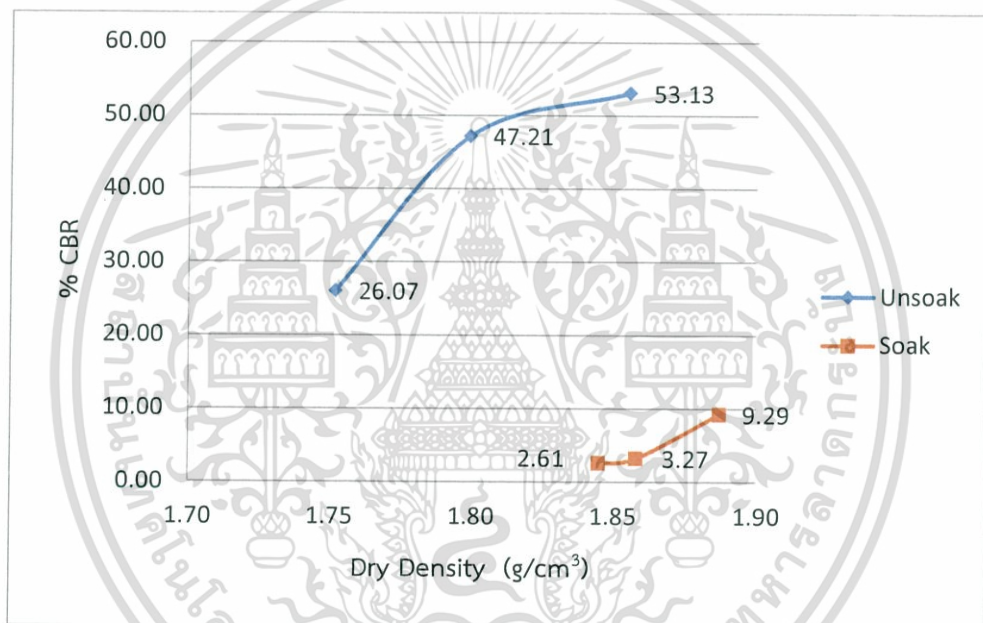
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 13/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : A

Sample From : ตำบลถ้ำใหญ่, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง B)

### CBR Test

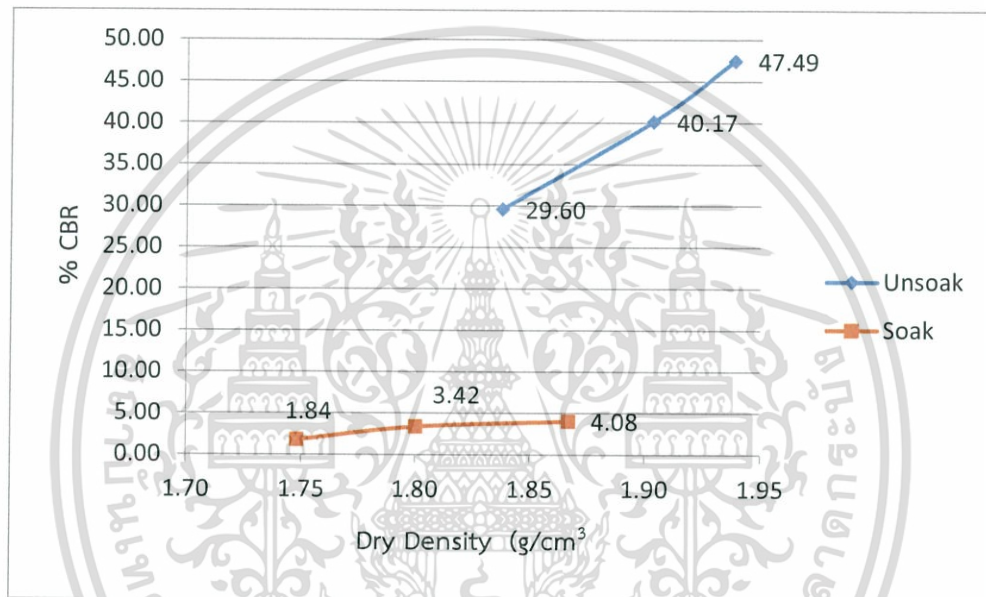
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 13/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : B

Sample From : ตำบลนาหลวงเสน, อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง E)

CBR Test

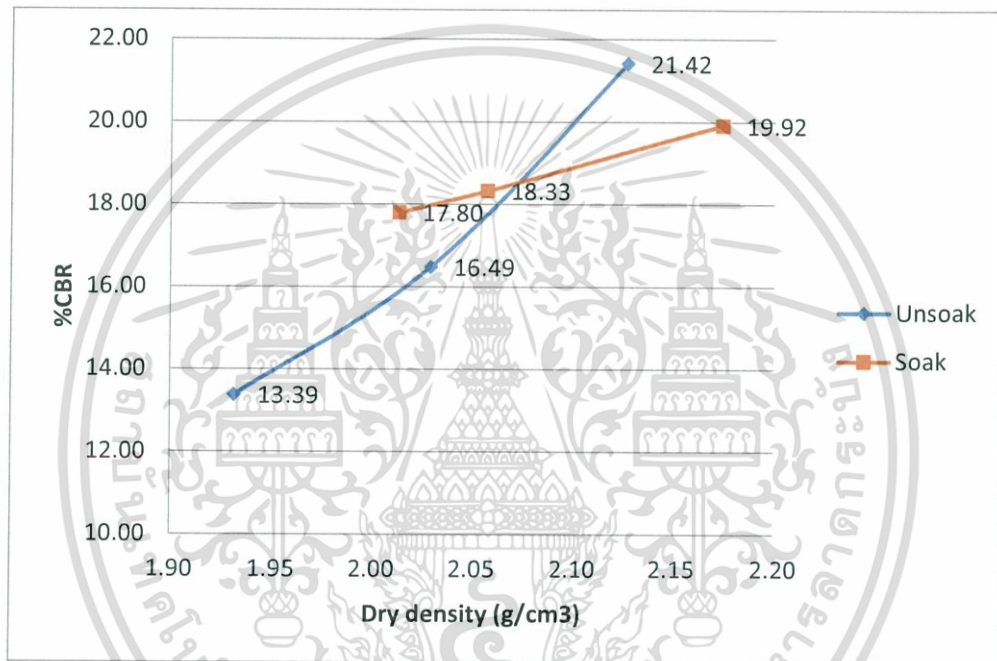
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 14/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : E

Sample From : ตำบลเขาแก้ว, อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (ตัวอย่าง F)

CBR Test

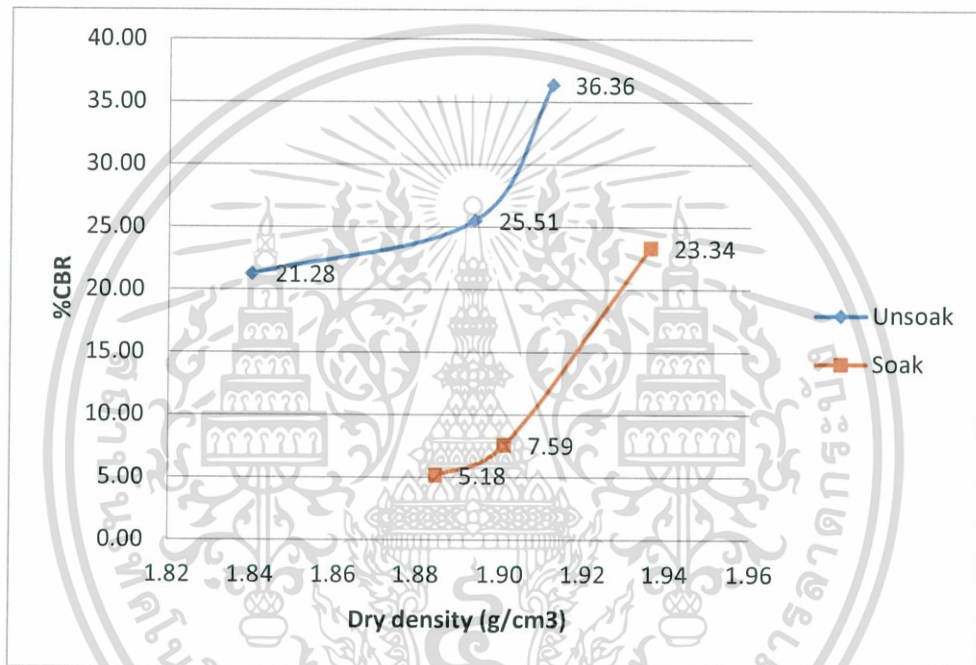
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 14/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : F

Sample From : ตำบลท่าไร่, อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง2.

แสดงใบประกอบผลการทดลอง

CBR Test

จังหวัดสุราษฎร์ธานี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่าง C)

CBR Test

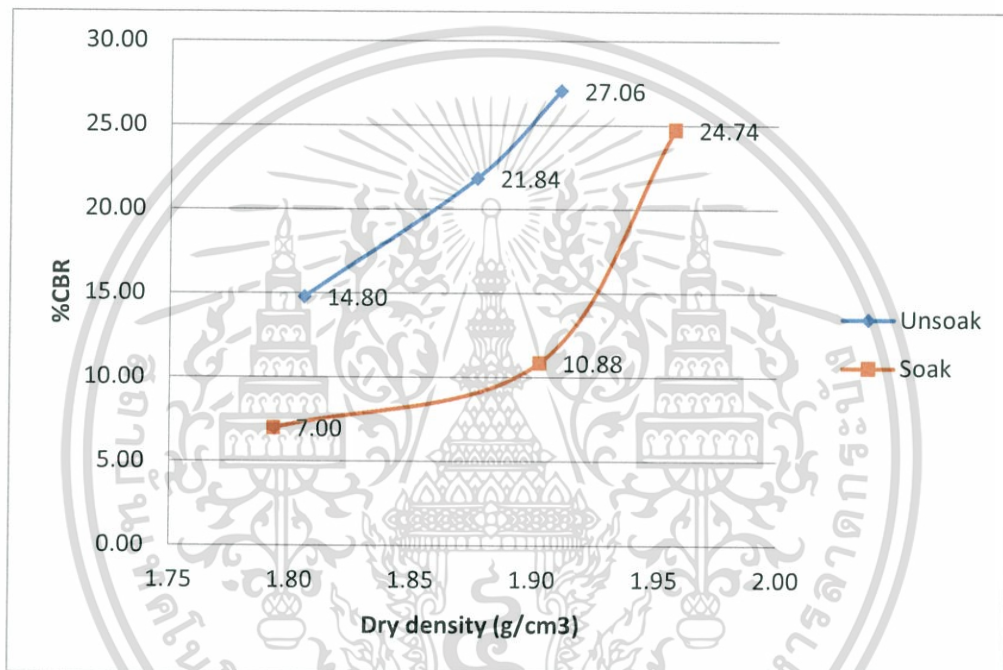
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 20/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : C

Sample From : ตำบลทุ่งกง, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ่อที่ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตัวอย่าง D)

### CBR Test

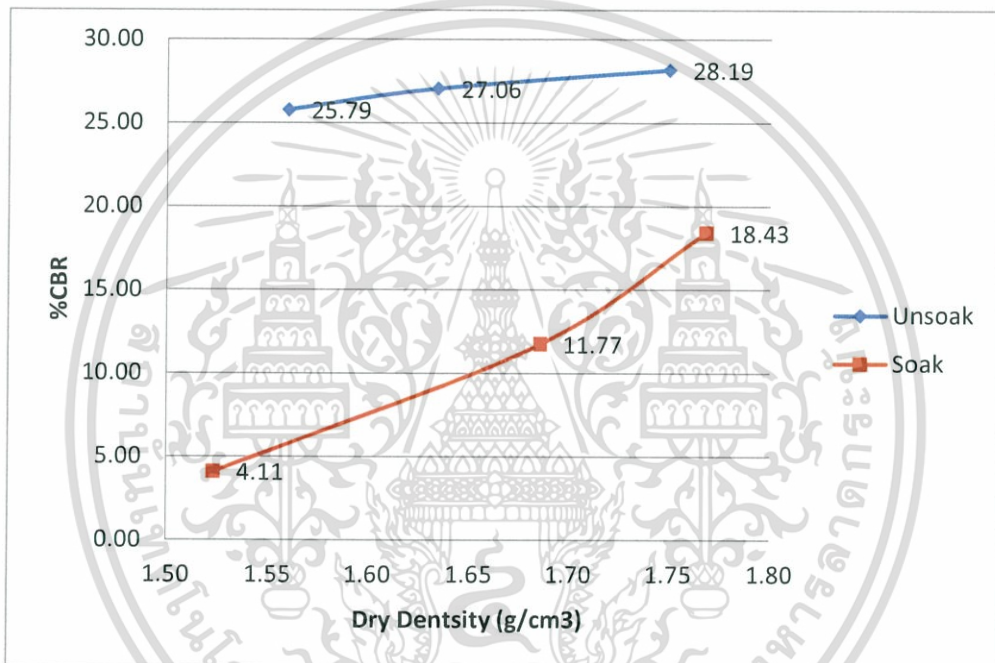
Project : การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินลูกรัง

Date : 21/01/2559

Location : ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

Test Sample : D

Sample From : ตำบลท่าทองใหม่, อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี



Note :

- 1) Certification Applies to test samples Only
- 2) No Eraser or Alternative

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้