ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C.B.R. จากการทดลองและค่า C.B.R. ภาคสนามของทรายเม็ดละเอียดขนาดคละไม่ดีโดยใช้วัสดุทางเลือกโพลียูรีเทน

Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Poorly Graded Sand improved by Polyurethane

ชินดนัย พวงประทุม

ไชยชล ทองศรี

ณัฐชนน เหล่าวิทยานุรักษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C.B.R. จากการทดลองและค่า C.B.R. ภาคสนามของทรายเม็ดละเอียดขนาดคละไม่ดีโดยใช้วัสดุทางเลือกโพลียูรีเทน

Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Poorly Graded Sand improved by Polyurethane

ชินดนัย พวงประทุม

ไชยชล ทองศรี

ณัฐชนน เหล่าวิทยานุรักษ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Poorly Graded Sand improved by Polyurethane

Chindanai Puangpratum

Chaiyachon Thongsri

Natchanon Laovittayanuruk

A SPEACIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C.B.R. จากการทดลองและค่า C.B.R. ภาคสนามของทรายเม็ดละเอียดขนาดคละไม่ดีโดยใช้วัสดุทางเลือกโพลียูรีเทน

นักศึกษา
นายชินดนัย พวงประทุม รหัสนักศึกษา 58010296
นายไชยชล ทองศรี รหัสนักศึกษา 58010307
นายณัฐชนน เหล่าวิทยานุรักษ์ รหัสนักศึกษา 58010369

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. ธนาดล คงสมบูรณ์	
ดร. ศลิษา ไชยพุทธ	
ดร. ประทีป หลือประเสริฐ	
ดร. วิรุฬห์ คำชุม	
อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C.B.R. จากการทดลองและค่า C.B.R. ภาคสนามของทรายเม็ดละเอียดขนาดคละไม่ดีปนดินตะกอนโดยใช้วัสดุทางเลือกโพลียูรีเทน

นายชินดนัย พวงประทุม รหัสนักศึกษา 58010296
นายไชยชล ทองศรี รหัสนักศึกษา 58010307
นายณัฐชนน เหล่าวิทยานุรักษ์ รหัสนักศึกษา 58010369

อาจารย์ที่ปรึกษา อุบะ ศิริแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการนำ Polyurethane มาปรับปรุงคุณภาพดินบดอัดเพื่อนำไปแก้ปัญหางานก่อสร้างทางในพื้นที่ชนบท งานซ่อมถนน เพื่อลดค่าก่อสร้างถนนในชนบท โดย Polyurethane นำมาทดลองปรับปรุงดิน SP-SM ซึ่งเป็นดินที่ไม่เหมาะกับงานถนนหรือไม่ผ่านคุณสมบัติที่กรมทางหลวงชนบทกำหนด โดยทำการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการและงานสนามเพื่อเรียนรู้คุณสมบัติ ได้แก่ ชนิดดิน ค่าความหนาแน่นเมื่อบดอัดดินด้วยวิธี modified ค่าความชื้นสูงสุดของดินบดอัด ค่า C.B.R. จากห้องปฏิบัติการและจากสนาม Polyurethane เป็นสารที่เพิ่มกำลังได้สูง ลดเวลาการทำงานได้ รวมทั้งทนต่อสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Poorly Graded Sand improved by Polyurethane

Chindanai	Puangpratum	Student ID. 58010296
Chaiyachon	Thongsri	Student ID. 58010307
Natchanon	Laovittayanuruk	Student ID. 58010369

Advisor Uba Sirikaew

Co-Advisor Asst.Prof Somkiat Khwanpruk

Academic Year 2018

Abstract

The objective of the special project aims to use Polyurethane for soil improvement. It is an alternative method for reduce cost of road construction, i. e. reduce the quantity of fill material, time saving and less man-hour. Poorly graded sand (SP) cannot be used as sub base of road. Polyurethane and SP soil were mixed and test its density, OMC, C.B.R (field and laboratory). The improved soil showed good quality for being a sub base material for road construction. Result of testing, show that the strength of soil can be enhanced, as well as the compacted layer of road can be reduced. It is an environmentally friendly technique of ground improvement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อ.อุบะ ศิริแก้ว ที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องอีกทั้งยังสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษากับคณะผู้จัดทำตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ปัญหา ให้ประสบการณ์ที่ดี อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับงานวิจัยนี้ พวกเราผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุกๆรายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาท่านต่างๆที่ให้คำแนะนำและกำลังใจอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณพี่ธีรเดช คำวิไล ที่ค่อยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และให้ความรู้ในการทำการทดลองต่างๆตลอดมา ทั้งยังเตรียมอุปกรณ์การทดลองให้พร้อมทำการทดลองอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคุณปริญญ์ พุทธิสมบัติ ที่ให้การสนับสนุนในเรื่องวัสดุอุปกรณ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและให้กำลังใจ ในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ชินดนัย พวงประทุม
ไชยชล ทองศรี
ณัฐชนน เหล่าวิทยานุรักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หัวข้อ หน้าที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

2. เอกสารที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 กล่าวนำ 3

2.2 การจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification) 4

2.3 มาตรฐานงานทาง กรมทางหลวงชนบท 7

2.3.1 มาตรฐานดินคันทาง (Embankment) 7

2.3.2 มาตรฐานวัสดุลูกรังรองพื้นทาง (Subbase) 7

2.3.3 มาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทาง (base) 9

2.3.4 มาตรฐานวัสดุคัดเลือก (Selected Material) 10

2.4 มาตรฐานการบดอัด 11

2.5 California Bearing Ratio 12

2.6 Field density test 14

2.7 โพลียูรีเทน (Polyurethane) 15

2.8 Field CBR Test 16

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ **หน้าที่**

3. วิธีการวิจัย......18

3.1 แผนการดำเนินงาน......18

3.2 ขั้นตอนการศึกษา......19

3.3 การศึกษาเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน......20

3.4 การทดสอบ Compaction ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU......20

3.5 ทดสอบ C.B.R. test ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU......21

3.6 ทดสอบ Field C.B.R. test ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU......22

3.7 ทดสอบ Field density ด้วยวิธี Sand cone ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU......23

3.8 วิธีการแสดงความสัมพันธ์ของผลการศึกษา......24

4 ผลการศึกษา......25

4.1 บทนำ......25

4.2 ผลการทดสอบค่าการทดสอบในห้องปฏิบัติการ......25

4.2.1 การทดสอบขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน (Grain size and Soil classification)......25

4.2.2 การทดสอบการบดอัดดิน (Compaction Test)......26

4.2.3 การทดสอบ C.B.R. Test......26

4.2.4 การทดสอบ Field C.B.R. Test และ ค่า Field Density Test......28

4.2.5 การเปรียบเทียบระหว่าง Field C.B.R. Test และ C.B.R. Laboratory Test......29

5 สรุปผลการทดลอง......31

5.1 สรุปผลการทดลอง......31

5.2 ข้อเสนอแนะ......32

บรรณานุกรม......33

ภาคผนวก ก ผลการทดสอบ Grain size Analysis......35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หัวข้อ หน้าที่

1. บทนำ....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา....1
1.2 วัตถุประสงค์....1
1.3 ขอบเขตการศึกษา....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ....2
2. เอกสารที่เกี่ยวข้อง....3
2.1 กล่าวนำ....3
2.2 การจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification)....4
2.3 มาตรฐานงานทาง กรมทางหลวงชนบท....7
2.3.1 มาตรฐานดินคันทาง (Embankment)....7
2.3.2 มาตรฐานวัสดุลูกรังรองพื้นทาง (Subbase)....7
2.3.3 มาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทาง (base)....9
2.3.4 มาตรฐานวัสดุคัดเลือก (Selected Material)....10
2.4 มาตรฐานการบดอัด....11
2.5 California Bearing Ratio....12
2.6 Field density test....14
2.7 โพลียูรีเทน (Polyurethane)....15
2.8 Field CBR Test....16
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ **หน้าที่**

3. วิธีการวิจัย...18

3.1 แผนการดำเนินงาน...18

3.2 ขั้นตอนการศึกษา...19

3.3 การศึกษาเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน...20

3.4 การทดสอบ Compaction ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU...20

3.5 ทดสอบ C.B.R. test ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU...21

3.6 ทดสอบ Field C.B.R. test ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU...22

3.7 ทดสอบ Field density ด้วยวิธี Sand cone ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU...23

3.8 วิธีการแสดงความสัมพันธ์ของผลการศึกษา...24

4 ผลการศึกษา...25

4.1 บทนำ...25

4.2 ผลการทดสอบค่าการทดสอบในห้องปฏิบัติการ...25

4.2.1 การทดสอบขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน (Grain size and Soil classification)...25

4.2.2 การทดสอบการบดอัดดิน (Compaction Test)...26

4.2.3 การทดสอบ C.B.R. Test...26

4.2.4 การทดสอบ Field C.B.R. Test และ ค่า Field Density Test...28

4.2.5 การเปรียบเทียบระหว่าง Field C.B.R. Test และ C.B.R. Laboratory Test...29

5 สรุปผลการทดลอง...31

5.1 สรุปผลการทดลอง...31

5.2 ข้อเสนอแนะ...32

บรรณานุกรม...33

ภาคผนวก ก ผลการทดสอบ Grain size Analysis...35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	หน้าที่

ภาคผนวก ข ผลการทดสอบ Compaction....39

ภาคผนวก ค ผลการทดสอบ California Bearing Ratio....52

ภาคผนวก ง ผลการทดสอบ Field California Bearing Ratio....74

ภาคผนวก จ ผลการทดสอบ Field Density (Sand cone Method)....99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หัวข้อ หน้าที่

ตารางที่ 2.1 หัวข้อและประโยชน์ในการทำทดลอง.....3

ตารางที่ 2.2 การจำแนกดินเม็ดละเอียด.....4

ตารางที่ 2.3 การจำแนกดินเม็ดหยาบ.....4

ตารางที่ 2.4 แสดงการจำแนกดินระบบ AASHTO Classification.....6

ตารางที่ 2.5 ขนาดคละของรองพื้นทางวัสดุมวลรวม.....8

ตารางที่ 2.6 ขนาดคละของรองพื้นทางวัสดุมวลรวม.....9

ตารางที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบอุปกรณ์และพลังงานที่ใช้ทดสอบ Standard Proctor
และ Modified Proctor.....11

ตารางที่ 2.8 ค่า standard unit load ความลึกต่างๆ.....13

ตารางที่ 2.9 ความสัมพันธ์ของ % CBR และการใช้งาน.....13

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการดำเนินงาน.....18

ตารางที่ 4.1 Grain size Analysis.....25

ตารางที่ 4.2 Average Compaction Test.....27

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยการทดสอบ C.B.R.....28

ตารางที่ 4.4 Field C.B.R. Test on Clay Subgrade.....29

ตารางที่ 4.5 Field C.B.R. Test on Concrete Subgrade.....30

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบค่าที่มากที่สุดของ C.B.R. Test ในห้องปฏิบัติการและ
ในสนามของ ทราย SP-SM.....31

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบค่าที่มากที่สุดของ C.B.R. Test ในห้องปฏิบัติการและ
ในสนามของทรายเมื่อผสมสาร Polyurethane 5 %.....31

ตารางที่ ง 1 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test บนแปลงคอนกรีต.....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หัวข้อ หน้าที่

ตารางที่ ง 2 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 1 วันบนแปลงคอนกรีต.....77

ตารางที่ ง 3 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 3 วันบนแปลงคอนกรีต.....79

ตารางที่ ง 4 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 7 วันบนแปลงคอนกรีต.....81

ตารางที่ ง 5 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 14 วันบนแปลงคอนกรีต.....83

ตารางที่ ง 6 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 28 วันบนแปลงคอนกรีต.....85

ตารางที่ ง 7 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test บนแปลงดินเหนียว.....87

ตารางที่ ง 8 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 1 วันบนแปลงดินเหนียว.....89

ตารางที่ ง 9 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 3 วันบนแปลงดินเหนียว.....91

ตารางที่ ง 10 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 7 วันบนแปลงดินเหนียว.....93

ตารางที่ ง 11 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 14 วันบนแปลงดินเหนียว.....95

ตารางที่ ง 12 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 28 วันบนแปลงดินเหนียว.....97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หัวข้อ **หน้าที่**

ตารางที่ จ 1 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงคอนกรีตและดินเหนียวของทรายปกติ............100

ตารางที่ จ 2 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงคอนกรีตของดินทรายผสมสาร PU 5 %..........101

ตารางที่ จ 3 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงดินเหนียวของดินทรายผสมสาร PU 5 %........102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หัวข้อ **หน้าที่**

รูปที่ 2.1 กราฟวิเคราะห์การจำแนกดิน AASHTO classification.......6

รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และ เปอร์เซ็นต์ความชื้น.......11

รูปที่ 2.3 การทดลอง Sand Cone Test.......14

รูปที่ 2.4 สาร Polyurethane.......15

รูปที่ 2.5 รูปแสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ C.B.R. ในงานสนาม.......16

รูปที่ 2.6 รูปแสดงการทดลอง C.B.R. ในงานสนาม.......16

รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมของขั้นตอน.......19

รูปที่ 3.2 รูปการติดตั้ง C.B.R. Test.......22

รูปที่ 3.3 รูปการทดสอบ C.B.R. Test.......22

รูปที่ 3.4 รูปการติดตั้ง Field C.B.R. Test.......23

รูปที่ 3.5 รูปการทดสอบ C.B.R. Test.......23

รูปที่ 3.6 แผนผังการศึกษาวิจัยระหว่างดินทรายไม่ผสมสาร และ ดินทรายผสมสาร PU.......24

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า C.B.R. กับเวลาเมื่อผสมสารที่ 1% , 3% , 5%.......27

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า C.B.R. กับเวลาเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ และ ในสนาม.......29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หัวข้อ **หน้าที่**

ตารางที่ จ 1 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงคอนกรีตและดินเหนียวของทรายปกติ.............100

ตารางที่ จ 2 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงคอนกรีตของดินทรายผสมสาร PU 5 %..........101

ตารางที่ จ 3 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงดินเหนียวของดินทรายผสมสาร PU 5 %........102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หัวข้อ | หน้าที่

รูปที่ 2.1 กราฟวิเคราะห์การจำแนกดิน AASHTO classification.....6

รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และ เปอร์เซ็นต์ความชื้น.....11

รูปที่ 2.3 การทดลอง Sand Cone Test.....14

รูปที่ 2.4 สาร Polyurethane.....15

รูปที่ 2.5 รูปแสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ C.B.R. ในงานสนาม.....16

รูปที่ 2.6 รูปแสดงการทดลอง C.B.R. ในงานสนาม.....16

รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมของขั้นตอน.....19

รูปที่ 3.2 รูปการติดตั้ง C.B.R. Test.....22

รูปที่ 3.3 รูปการทดสอบ C.B.R. Test.....22

รูปที่ 3.4 รูปการติดตั้ง Field C.B.R. Test.....23

รูปที่ 3.5 รูปการทดสอบ C.B.R. Test.....23

รูปที่ 3.6 แผนผังการศึกษาวิจัยระหว่างดินทรายไม่ผสมสาร และ ดินทรายผสมสาร PU.....24

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า C.B.R. กับเวลาเมื่อผสมสารที่ 1% , 3% , 5%.....27

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า C.B.R. กับเวลาเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ และ ในสนาม.....29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตลอดเวลาที่ผ่านมาการก่อสร้างถนนมีให้เห็นจำนวนมาก จะเห็นได้ว่างานก่อสร้างถนนมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากกาคมนาคมขนส่งทางบกยังคงเป็นที่นิยมอย่างมากในประเทศไทย ทั้งในด้านการขนส่งและการสัญจรของคนภายในประเทศ งานก่อสร้างถนนจึงควรที่จะก่อสร้างรวดเร็วขึ้น รับกำลังได้ตามมาตรฐาน จัดหาได้ง่าย และ ง่ายต่อการขนส่ง

วัสดุที่นำมาใช้ทำการศึกษาคือทรายเม็ดละเอียด จำแนกเป็นดิน Poorly Graded Sand with Silty (SP-SM) เป็นดินทรายที่ไม่ได้ทำการชะล้างจึงจัดหาได้ง่าย ซึ่งหากทำการผสมสาร Polyurethane (PU) จะทำให้ค่า C.B.R. มาตรฐาน ASTM D1557 ซึ่งเป็นการทดสอบคุณสมบัติการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐานในห้องปฏิบัติการ สูงขึ้น โดยการนำสาร Polyurethane (PU) มาใช้งานเนื่องจาก สามารถเพิ่มความสามารถในการรับกำลัง ลดเวลาของการทำงาน ลดความหนาของชั้นพื้นทางได้ คณะผู้ทดลองจึงศึกษาโดยการนำสาร Polyurethane (PU) มาทำการทดลอง เพื่อสร้างวัสดุทางเลือกในการแก้ปัญหาจากสาเหตุที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1) ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการรับกำลังและทางกายภาพของทรายเม็ดละเอียด

2) ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการรับกำลังของทรายเม็ดละเอียดเมื่อนำมาผสมสาร Polyurethane (PU) ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม

3) ศึกษาข้อบกพร่องของสาร Polyurethane (PU) หลังนำมาผสมกับทรายเม็ดละเอียด เมื่อไม่ได้ทำการควบคุมปัจจัยภายนอก อาทิเช่น รังสียูวี ลม ฝน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) ชนิดของดินที่นำมาใช้ทำการทดลองต้องเป็นทรายเม็ดละเอียดเท่านั้น

2) สารผสมต้องเป็นสาร Polyurethane (PU) ซึ่งมีคุณสมบัติทางด้านความแข็งและเหนียว

3) รูปแบบการทดลอง Laboratory Test จะเป็นการการศึกษาสาร Polyurethane (PU) ที่ปริมาณ 1% 3% และ 5% เท่านั้น

4) รูปแบบการทดลอง Field Test จะทำบนชั้นพื้นคอนกรีตและชั้นพื้นดินเหนียวอ่อนโดยจะเป็นการศึกษาภายในระยะเวลา 28 วันเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เพื่อทราบพฤติกรรมดินทรายเม็ดละเอียดที่ผสมสาร Polyurethane สำหรับเป็นวัสดุทางเลือกในการนำมาใช้กับงานถนน

2) ทราบถึงปัญหาเมื่อใช้งานสาร Polyurethane ในงานภาคสนาม

3) สามารถกำหนดส่วนผสมของดินทรายและสาร Polyurethane ให้สอดคล้องกันเพื่อนำไปใช้ในชั้นทางที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

เอกสารที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยหัวข้อในเรื่องต่างๆกับความสัมพันธ์ในการใช้ประโยชน์ของหัวข้อนั้นๆ ดังที่แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 หัวข้อและประโยชน์ในการทำทดลอง

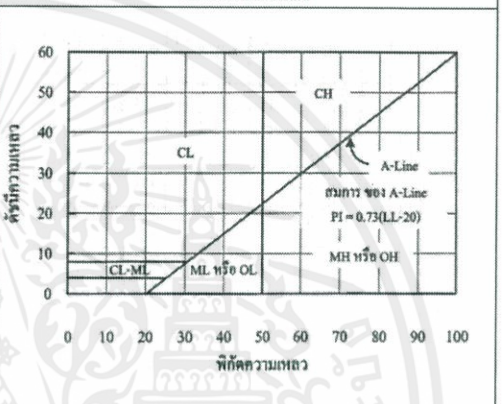
ลำดับ	หัวข้อ	ประโยชน์	มาตรฐาน
1	การจำแนกดิน	ทราบชนิดดินที่นำมาปรับปรุงตามระบบ USCS และ AASHTO	ASTM D 2487-09 ASTM D 3282-15 มทช. (ท) 501.6-2545
2	มาตรฐานชั้นคันทาง	คุณสมบัติชั้นคันทาง	มทช. (ท) 202-2545 มทช. (ท) 203-2545 มทช. (ท) 204-2545 มทช. (ท) 222-2545 มทช. (ท) 223-2545
3	สารโพลียูรีเทน (Polyurethane)	คุณสมบัติสาร Polyurethane	
4	การทดสอบ Compaction แบบ Modified	ทราบปริมาณความชื้นที่เหมาะสมและความหนาแน่นแห้งสูงสุดซึ่งมีผลต่อการควบคุมงานในสนาม	ASTM D 1557
5	การทดสอบ C.B.R.	ทราบกำลังรับแรงเฉือนของดินที่บดอัดจนแน่น	ASTM D 1883
6	การทดสอบ Field Density Test	ทราบความหนาแน่นของดินที่บดอัดในสนามว่าเป็นไปตามที่ออกแบบหรือไม่	ASTM D 1556
7	Field C.B.R. Test	ทราบค่า Field C.B.R. ในสนาม	DH-T 602/1974

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification)

การจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification ระบบนี้นิยมใช้กัน มากผู้ที่คิดระบบนี้เป็นคนแรกคือ Arthure Casagrande (1942) ต่อมา U.S. Crops of Engineer ได้นำ มาปรับปรุงแก้ไขเพื่อนา มาใช้ในการจำแนกดินในงานสร้างลานบินและนอกจากนี้ยังมีหน่วยงานอื่นนำเอาการจำแนกดินระบบนี้ไปแก้ไขเพิ่มเติม และตั้งเป็นระบบใหม่อีก หลายๆ ระบบในประเทศต่าง ๆ การจำแนกดินเม็ดละเอียดและหยาบ ดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.2 การจำแนกดินเม็ดละเอียด(http://krumanit.cmtc.ac.th/main/images/stories/6.pdf)

การจำแนกประเภททั่วไป		สัญลักษณ์กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท
ดินเม็ดละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50%	ตะกอนทรายและดินเหนียว L.L. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50	ML	ตะกอนทรายอนินทรีย์และทรายละเอียดมาก หินฝุ่น ทรายละเอียดปนตะกอนทรายหรือดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย	
		CL	ตะกอนทรายอนินทรีย์มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวอ้วน	
		OL	ตะกอนทรายอนินทรีย์และดินเหนียวปนตะกอนทรายอินทรีย์ มีมีความเหนียวต่ำ	
	ตะกอนทรายและดินเหนียว L.L. มากกว่า 50	MH	ตะกอนทรายอนินทรีย์และทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้าหรือดินเบาตะกอนทรายที่ยืดหยุ่น	
		CH	ดินเหนียวอนินทรีย์มีความเหนียวสูง ดินเหนียวมีความหนืดสูง	
		OH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีความเหนียวปานกลางถึงสูง ตะกอนทรายอินทรีย์	
		PT	พีต โคลนสีดำ และดินอินทรีย์สูงอื่นๆ	แยกได้โดย สี กลิ่น การสัมผัสและลักษณะเนื้อ

ตารางที่ 2.3 การจำแนกดินเม็ดหยาบ(http://krumanit.cmtc.ac.th/main/images/stories/6.pdf)

การจำแนกประเภททั่วไป			สัญลักษณ์กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท		
ดินเม็ดหยาบ ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50%	กรวด ค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ	กรวดสะอาดมีเม็ดละเอียดปนอยู่บ้างหรือไม่มีเลย	GW	กรวดมีขนาดคละกันดี กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มีเลย	การจำแนกประเภทของดินโดยอาศัยเปอร์เซ็นต์ของดินหยาบเม็ดละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5% : GW GP SW SP ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 12% : GM GC SM SC ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ระหว่าง 5%-12% : คาบเกี่ยวกันใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว	C_u มากกว่า 4 C_c อยู่ระหว่าง 1-3	
			GP	กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี กรวดผสมทรายมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท GW	
		กรวดมีเม็ดละเอียดปน	GM	กรวดมีตะกอนทรายปน กรวด-ทราย-ตะกอนทรายผสมกัน		Atterberg limits อยู่ใต้เส้น A หรือ P.I. < 4	Atterberg limits อยู่ใน Hatched โซนถือว่าคาบเกี่ยวกันใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว
			GC	กรวดมีดินเหนียวปน กรวด-ทราย-ดินเหนียวผสมกัน		Atterberg limits อยู่เหนือเส้น A หรือ P.I. > 7	
	ทราย ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของส่วนที่เป็นเม็ดหยาบ	ทรายสะอาดมีเม็ดละเอียดปนอยู่บ้างหรือไม่มีเลย	SW	ทรายมีขนาดคละกันดี ทรายปนกรวดมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		C_u มากกว่า 6 C_c อยู่ระหว่าง 1-3	
			SP	ทรายมีขนาดคละกันไม่ดี ทรายปนกรวดมีเม็ดละเอียดปนบ้างหรือไม่มี		ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท SW	
		ทรายมีเม็ดละเอียดปน	SM	ทรายมีตะกอนทรายปน ทราย-ตะกอนทรายผสมกัน		Atterberg limits อยู่ใต้เส้น A หรือ P.I. < 4	Atterberg limits อยู่ใน Hatched โซนถือว่าคาบเกี่ยวกันใช้สัญลักษณ์ 4 ตัว

เนื่องจากมีผู้เกี่ยวข้องกับดินอยู่หลายสาขาด้วยกันการจำแนกประเภทดินจึงแตกต่างกัน ออกไปแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานในแต่ละสาขา เช่น ทางด้านเกษตรศาสตร์จะจำแนกดินตาม ความอุดม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบูรณ์ของธาตุสารที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านธรณีวิทยาอาศัยลักษณะหินต้นกำเนิดและการกดักร่อนผุพังเป็นปัจจัยในการจำแนกสำหรับทางวิศวกรรมโยธาพิจารณาคุณสมบัติ ทางฟิสิกส์และกลศาสตร์ของดินเป็นหลัก เช่น ขนาดของเม็ดดิน, แรงยึดเกาะของมวลดิน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอยทางวิศวกรรมแต่ละหมวดหมู่ของดินที่จัดเข้าไว้จะมีอักษรย่อเฉพาะซึ่งจะเป็นที่เข้าใจได้โดยง่ายในหมู่วิศวกร หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องการเรียกชื่อดินมีหลายวิธี สำหรับระบบ Unified Classification เป็นที่นิยมใช้กันมากกับงานวิศวกรรมประเภท งานดินถม งานฐานรากอาคาร งานเขื่อน ฝาย เพียงตัวอักษรภาษาอังกฤษใช้อักษรย่อ 2 ตัว ทำให้จดจา ง่าย และมี ความหมายในตัวเอง เช่น G = Gravel (กรวด), S = Sand (ทราย), M = Silt (ดินทราย), C = Clay (ดินเหนียว), W = Well Graded (เม็ดคละ), P = Poorly Grade (เม็ดไม่คละ),

H = High Liquid Limit (L.L. มีค่าสูง), L = Low Liquid Limit (L.L. มีค่าต่ำ) หรือ O = Organic (ดินมีอินทรีย์สารปนมาก) ก็ สามารถบ่งบอกได้ว่าเป็นดินประเภทใด มวลหยาบหรือมวลละเอียด มีส่วนประกอบของดินเหนียว หรือไม่ในการวิเคราะห์ชื่อตามระบบ Unified Soil Classification (U.S.C) ต้องใช้ผลการทดลองจากการทดลองความข้นเหลวของดินและการทดลองหาขนาดมวลคละของดินเป็นข้อมูลในการพิจารณาอักษรภาษาอังกฤษที่จะใช้เรียกมวลดินนี้

ระบบ AASHTO (Classification) การจำแนกดินระบบ AASHTO นิยมใช้ในงาน วิศวกรรมการทาง โดยแบ่งดินเป็นกลุ่มใหญ่7 กลุ่ม ใช้สัญลักษณ์ A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6และ A-7 สำหรับดิน A-1, A-2, A-3 เป็นดินผ่านตะแกรงเบอร์200 ไม่เกิน 30% จัดเป็นดินมวลหยาบ ส่วนดินกลุ่ม A-4, A-5, A-6 และ A-7 เป็นดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 35% จัดเป็นพวกดินมวลละเอียดคือดินตะกอนปนดินเหนียวซึ่งในดินบางกลุ่มยังสามารถแบ่งย่อยได้โดยเรียงตามลำดับความเหมาะสมต่อการนำมาใชเป็นดินคันทางกล่าวคือดินกลุ่ม A-1 จะดีที่สุด และดินที่กลุ่ม A-7 จะไม่ดีที่สุด ดินกลุ่ม A-1 ถึง A-3 จะเป็นดินเม็ดหยาบ โดย A-1 เป็นพวกกรวดและทรายที่มีขนาดคละกันดีแบ่งย่อยเป็น A-1-a และ A-1-b ดินกลุ่ม A-2 เป็นพวกกรวดและทรายที่มีดินพวกเม็ดละเอียด เช่น ตะกอนทรายหรือดินเหนียวปนอยู่แบ่งเป็นกลุ่มย่อยอีกคือ A-2-4, A-2-5, A-2-6 และ A-2-7 สำหรับดินกลุ่ม A-3 เป็นพวกทรายที่มีขนาดคละกันไม่ดี ดินกลุ่ม A-4 ถึง A-7 เป็นดินเม็ดละเอียด เช่น ตะกอนทรายหรือดินเหนียว โดย A-4 และ A-5 เป็นพวกตะกอนทราย ส่วน A-6 และ A-7 เป็นพวกดินเหนียว สำหรับ A-7 ยังแบ่งย่อยออกไปเป็น A-7-5 และ A-7-6 ดินกลุ่ม A-4 ถึง A-7 สามารถจำแนกประเภทได้เลยจากค่าขีดความเหลว และดัชนี สภาพพลาสติกโดยอาศัยแผนภูมิความเหนียว นอกจากนี้ยังมีดินอีกกลุ่มหนึ่งคือ A-8 เป็นดินที่มีสารอินทรีย์ ปนอยู่ เช่น Peat ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานทางวิศวกรรมได้และสามารถจำแนกประเภทได้ด้วยตาเปล่าจึงไม่ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

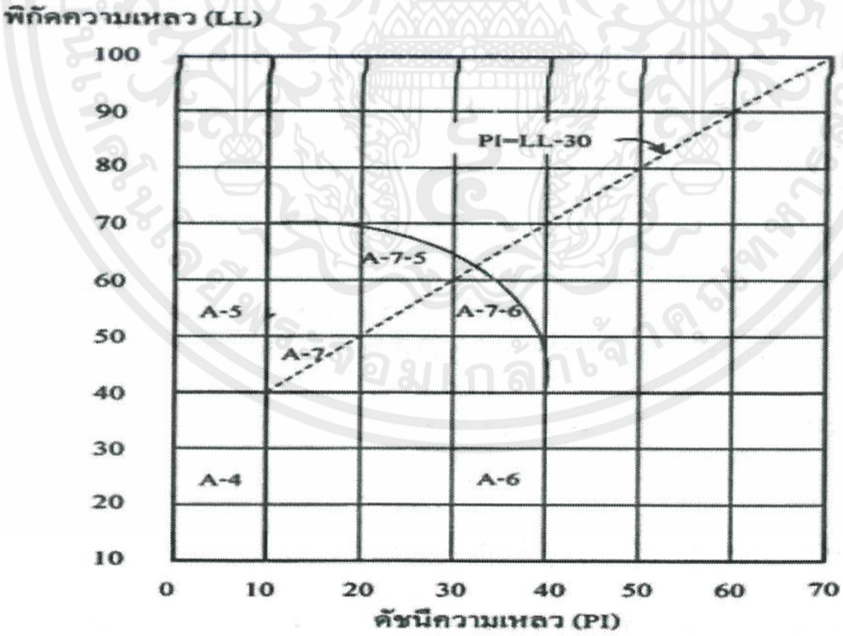
ตารางที่ 2.4 แสดงการจำแนกดินระบบ AASHTO Classification

(http://krumanit.cmtc.ac.th/main/images/stories/6.pdf)

การจำแนกประเภทดิน	วัสดุเม็ดหยาบ ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 35%							วัสดุเม็ดละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 35%			
การจำแนกประเภทแบบกลุ่ม	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
ร่อนด้วยตะแกรง เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง											
เบอร์ 10	50 max										
เบอร์ 40	30 max	50 max	51 min								
เบอร์ 200	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
คุณลักษณะของส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 40											
L.L.	-		-	40 max	41 min	40 max	40 min	40 max	41 min	40 max	41 min
P.I.	6 max		N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min*
ดัชนีของกลุ่ม	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max
ชนิดของวัสดุ	หิน กรวด และทราย		ทรายละเอียด	กรวดและทรายปนตะกอนทรายหรือดินเหนียว				ตะกอนทราย		ดินเหนียว	
ความเหมาะสมต่อการใช้เป็นดินคันทาง	ดีเยี่ยมถึงดี					พอใช้ถึงไม่ดี					

หมายเหตุ : max = สูงสุด min = ต่ำสุด N.P. = Non – Plastic (ไม่มีความเหนียว)

* P.I. ของกลุ่มย่อย A-7-5 จะเท่ากับหรือน้อยกว่า L.L.-30 P.I. ของกลุ่มย่อย A-7-6 จะมากกว่า L.L.-30



รูปที่ 2.1 กราฟวิเคราะห์การจำแนกดิน AASHTO Classification

(http://krumanit.cmtc.ac.th/main/images/stories/6.pdf)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มาตรฐานงานทาง กรมทางหลวงชนบท

2.3.1 มาตรฐานดินคันทาง (Embankment) (ทล.ม.102/2532) คือ วัสดุชั้นที่อยู่ถัดลงไปจากโครงสร้างชั้นทาง (Pavement Structure) ทำหน้าที่รับน้ำหนักล้อรถซึ่งถ่ายจากโครงสร้างชั้นทาง เป็นดินหรือวัสดุอื่นใด ที่ปราศจากหน้าดินและวัชพืชจากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วมีคุณสมบัติตามที่ กำหนดในแบบปราศจากส่วนที่จับตัวเป็นก้อนหรือยึดเกาะกันขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตรหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอดินเดิม (Subgrade) หรือลาดคันทางของถนนเดิมซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับคันทางที่จะทำการก่อสร้างใหม่น้อยกว่า 1 เมตร ตามแบบ หลังจากกำจัดสิ่งซึ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ ออกหมดแล้วหรือหลังจากไถคราดผิวทางเดิมแล้วจะต้องทำการบดอัดชั้น 150 มิลลิเมตร สุดท้ายวัดจากระดับดินเดิม หรือผิวถนนเดิมลงไปให้ได้ความแน่นแห้งของการบดอัดไม่น้อยกว่าร้อยละ 95ของความแน่นแห้งสูงสุด ที่ได้จากการทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 107/2515 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน" ถ้ามิได้กำหนดไว้ในแบบเป็นอย่างอื่นทางเดิมที่ยังไม่มีผิวถาวรและต้องการจะถมคันทาง ให้สูงขึ้นอีกไม่เกิน 300 มิลลิเมตร จะต้องไถคราดผิวทางเดิมไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร แล้วบดอัดรวมไปพร้อมกับชั้นใหม่ของชั้นดินถมคันทางนั้น ความหนาของชั้นที่ไถคราดรวมกับวัสดุใหม่ จะต้องไม่เกินความหนาแต่ละชั้นที่กำหนดในกรณีที่จะก่อสร้างคันทางตามลาดเชิงเขาหรือจะทำการก่อสร้างขยายคันทางใหม่บนคันทางเดิมให้ตัดลาดเชิงเขาหรือลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได (Benching) จากปลายเชิงลาดจนถึงขอบไหล่ทางให้เกลี่ยแผ่วัสดุสม่ำเสมอในแนวราบ มีความกว้างพอที่เครื่องมือบดอัดที่เหมาะสมลงไปทำงานได้ โดยกำหนดให้ดำเนินการก่อสร้างเป็นชั้นๆ ให้มีความหนาแต่ละชั้นตามที่กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นดินคันทางโดยทั่วไป (1) มีค่า CBR ไม่น้อยกว่าที่กำหนดตามแบบเมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109/2517 "วิธีการ ทดลองหาค่า CBR" ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95ของความแน่นแห้ง สูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 107/2515 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน" (2) มีค่าการขยายตัว เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109/2517 "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่เกิน ร้อยละ 4 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท.107/2515 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"

2.3.2 มาตรฐานวัสดุลูกรังรองพื้นทาง (Subbase) (ทล.ม.205/2532) วัสดุที่อยู่ใต้ชั้นพื้นทางโดยมากใช้วัสดุมวลรวมที่มีเม็ดแข็ง ทนทานมีส่วนผสมของวัสดุเชื้อประสานที่ดีมีขนาดคละกันอย่างสม่ำเสมอจากขนาดใหญ่ไปขนาดเล็ก ปราศจากดินเหนียว วัชพืชอื่นๆ และส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งยึดเกาะกันมีขนาดโตเกินกว่า 50 มิลลิเมตรหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ คุณสมบัติของวัสดุชั้นรองพื้นทาง โดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตาม ทล. -ท.202/2515 "วิธีการทดลองหาความสึกหรอ ของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion" ไม่เกินร้อยละ 60

2) มีขนาดคละที่ดี เมื่อทดลองตาม ทล. -ท.205/2517 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ต้องมีขนาดใดขนาดหนึ่งตามตารางที่ 2.5

3) มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม ทล. -ท.102/2517 "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (LL) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 35

4) มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม ทล. -ท.103/2517 "วิธีการทดลองหาค่า Plasticity Limit (PL) และ Plasticity Index (PI)" ไม่เกินร้อยละ 11

5) มีค่า C.B.R. เมื่อทดลองตาม ทล. -ท.109/2517 "วิธีการทดลองหาค่า C.B.R." ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 25 มีความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้ จากการทดลองตาม ทล.-ท. 108/2517 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่า มาตรฐาน"

6) กรณีใช้วัสดุมากกว่า 1 ชนิดผสมกัน วัสดุแต่ละชนิดจะต้องมีขนาดคละสม่ำเสมอและ เมื่อผสมกันแล้วจะต้องมีลักษณะสม่ำเสมอ มีคุณภาพตามข้อกำหนดดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ขนาดคละของรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

(http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/4339/2/P)

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน มิลลิเมตร		น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ				
		A	B	C	D	E
50	(2")	100	100	-	-	-
25.0	(1")	-	75-95	100	100	100
9.5	(3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100	-
2.00	(เบอร์ 10)	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
0.425	(เบอร์ 40)	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50
0.075	(เบอร์ 200)	2-8	5-20	5-15	10-25	6-20

7) กรณีใช้วัสดุจำพวก Shale ต้องมีค่าเฉลี่ย Durability Index ของวัสดุทั้งชนิดเม็ด ละเอียดและชนิดเม็ดหยาบ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 35 ทดลองตาม ทล. -ท.206/2517 "วิธีการทดลองหาค่า Durability ของวัสดุ"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 มาตรฐานวัสดุชั้นพื้นทาง (Base) มทช. 203-2545 มาตรฐานวัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก (Crushed Rock Soil Aggregate Type Base)

1) ขอบข่ายวัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก หมายถึงวัสดุซึ่งมีขนาดคละกันสม่ำเสมอจากใหญ่ไปหาเล็ก นำมาเสริมบนชั้น รองพื้นทาง หรือชั้นคันทาง

2) คุณสมบัติ

2.1 ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump) วัสดุจำพวกเชล (Shale) รากไม้ หรือวัชพืชอื่น ๆ

2.2 มีอัตราส่วนคละสม่ำเสมอประกอบด้วยส่วนหยาบและส่วนละเอียด

2.3 ส่วนหยาบต้องเป็นหินโม่

2.4 ส่วนละเอียดเป็นวัสดุชนิดเดียวกับส่วนหยาบ หากมีความจำเป็นต้องใช้วัสดุส่วนละเอียดชนิดอื่นเจือปน เพื่อปรับปรุงคุณภาพ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงชนบทก่อน

2.5 ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่า 25

2.6 ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index) ไม่มากกว่า 6

2.7 ค่าจำนวนส่วนร้อยละของความสึกหรอ (Percentage of Wear) ไม่มากกว่า 40

2.8 ค่า ซี.บี.อาร์ จากห้องทดลอง (Lab C.B.R.) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ที่ร้อยละ 95 ของค่าความแน่นแห้ง สูงสุดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Density) ตาม มทช.(ท) 501.3 : วิธีการทดสอบเพื่อหา ค่า ซี.บี.อาร์ (C.B.R.) หรือไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

2.9 มีมวลคละผ่านตะแกรง ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ขนาดคละของรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

(http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/4339/2/POKIN

ขนาดของตะแกรงมาตรฐาน	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละ		
	ชนิด ก.	ชนิด ข.	ชนิด ค.
2 นิ้ว	100	100	-
1 นิ้ว	-	75-95	100
3/8 นิ้ว	30-65	40-75	50-85
เบอร์ 4	25-55	30-60	35-65
เบอร์ 10	15-40	20-45	25-50
เบอร์ 40	8-20	15-30	15-30
เบอร์ 200	2-8	5-20	5-15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 มาตรฐานวัสดุคัดเลือก (Selected Material) มทช.204-2545

1) ขอบข่าย วัสดุคัดเลือก หมายถึง วัสดุ Soil Aggregate ซึ่งนำมาใช้เสริมระหว่างวัสดุคันทาง และวัสดุรองพื้น ทาง หรือตามตำแหน่งชั้นอื่น ๆ ที่กำหนดไว้ในแบบ

2) คุณสมบัติ

2.1) วัสดุคัดเลือกประเภท ก. ต้องเป็นวัสดุ Soil Aggregate ที่ไม่ใช่ทราย

2.1.1) ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump) Shale รากไม้ หรือวัชพืชอื่น ๆ

2.1.2) ขนาดวัสดุใหญ่ที่สุดไม่โตกว่า 5 เซนติเมตร

2.1.3) ขนาดวัสดุผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่มากกว่า ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

2.1.4) ค่าขีดเหลว (Liquid Limit) ไม่มากกว่า 40

2.1.5) ค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity Index) ไม่มากกว่า 20

2.1.6) ค่าการพองตัว (Swelling) ไม่มากกว่า ร้อยละ 3

2.1.7) ค่า ซี.บี.อาร์. จากห้องทดลอง (Lab. C.B.R.) ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบและไม่น้อยกว่า วัสดุคันทาง ณ บริเวณนั้น

2.2) วัสดุคัดเลือกประเภท ข. ต้องเป็นวัสดุ Soil Aggregate ทราย หรือวัสดุอื่นใดที่ยอมให้ใช้ได้

2.2.1) ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump) Shale รากไม้ หรือวัชพืชอื่น

2.2.2) ขนาดวัสดุที่ใหญ่ที่สุดไม่โตกว่า 5 เซนติเมตร

2.2.3) ขนาดวัสดุผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่มากกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก 2.2.4 ค่าการพองตัว (Swelling) ไม่มากกว่าร้อยละ 4

2.2.5) ถ้าเป็นทราย ขนาดผ่านตะแกรง เบอร์ 200 ไม่มากกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ความแน่น แห้งสูงสุด (Maximum dry density) ไม่น้อยกว่า 2,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

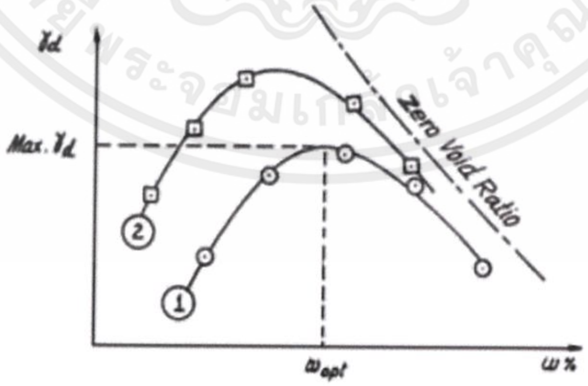
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มาตรฐานการบดอัด

วิธีบดอัดดินให้ได้ความแน่น (Density) สูงตามความต้องการหรือตามจุดประสงค์ของการใช้งานจะต้องอาศัยน้ำเป็นตัวหล่อลื่น แต่ถ้าน้ำมีอยู่มากเกินไป น้ำจะไปหุ้มเคลือบรอบๆ มวลดิน ทำให้อณูของเม็ดดินแยกตัวห่างจากกัน หรือถ้าทีน้ำอยู่น้อยเกินไป การหล่อลื่นไม่ดีพอที่จะช่วยให้การบดอัดเม็ดดินเบียดชิดกันเท่าที่ควร ด้วยเหตุผลและข้อเท็จจริงดังกล่าว RR. Proctor (1933) ได้กำหนดวิธีทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับความแน่น (Density) ของดินที่ได้จากการบดอัดในห้องปฏิบัติการ ซึ่งต่อมาได้เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ทดสอบการบดอัดดินในงานก่อสร้างโดยทั่วไปว่าเป็นวิธีทดสอบมาตรฐาน (Standard Proctor Test) โดยเฉพาะการทดสอบเพื่อควบคุมงานก่อสร้างถนน สนามบิน (Runway) เขื่อนดิน พื้นโรงงาน ฯลฯ ในปัจจุบัน ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งได้วิวัฒนาการมีขนาดใหญ่ขึ้น บรรทุกน้ำหนักได้มากขึ้นหลายเท่าตัว พลังงาน (Energy) ที่ใช้ในการบดอัดก็จำเป็นจะต้องเพิ่มขึ้นด้วย จึงได้มีการกำหนดวิธีทดสอบการบดอัดดินโดยการเพิ่มพลังงานให้สูงขึ้น เพื่อจะได้ฐานดินที่มีความแน่นสูง รับน้ำหนักได้มาก เรียกว่า วิธีทดสอบแบบโมดิฟายด์ (Modified Proctor Test)

ตารางที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบอุปกรณ์และพลังงานที่ใช้ทดสอบ Standard Proctor และModified Proctor (http://www.gerd.eng.ku.ac.th/Cai/Ch08/ch083_theory.htm)

Test	Mold size	Wt. Of hammer (1b.)	No. of layer	height of drop (in)	No. of blow per layer	energy / vol. ft – lb/ft^3
Standard Proctor	∅ 4.0" x 4.6"	5.5	3	12	25	12,400
	∅ 6.0" x 5.0"	5.5	3	12	56	12,400
Modified Proctor	∅ 6.0" x 5.0"	10	5	18	56	56,000
	∅ 4.0" x 4.6"	10	5	18	25	56,300



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และ เปอร์เซ็นต์ความชื้น

(http://www.gerd.eng.ku.ac.th/Cai/Ch08/ch083_theory.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำการบดอัดในห้องทดลองซึ่งปกติจะใช้เป็นมาตรฐานในการควบคุมการบดอัดในสนามต่อไป จะทำได้โดยการนำเอาวัสดุที่จะใช้บดอัดในสนามเข้ามาผึ่งให้แห้ง แล้วค่อยๆ เพิ่มน้ำเข้าไปในปริมาตรที่พอเหมาะแล้วเริ่มทำการบดอัดใน Mold (แบบที่ใช้บดอัด) โดยวิธีการที่จะพูดถึงรายละเอียดภายหลัง เมื่อชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาความหนาแน่นในครั้งต่อไปจะเพิ่มปริมาณน้ำขึ้นเรื่อย อย่างน้อย 4 ถึง 6 ครั้ง เมื่อทราบความชื้นของการบดอัดแต่ละครั้ง ก็จะหาความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของดินแห้งกับความชื้น จะปรากฏเป็นเส้นกราฟโค้งขึ้นมีจุดยอด ซึ่งเรียกว่า "ความหนาแน่นสูงสุด" (Maximum Dry Density) และความชื้นที่จุดนั้นเรียกว่า "ความชื้นที่ความหนาแน่นสูงสุด" (Optimum Water Content) ดังแสดงในรูป
ถ้าเอาพลังงานในการบดอัดสูงขึ้นในดินชนิดเดียดกันเส้นกราฟการบดอัดจะขยับสูงขึ้นจะสามารถสังเกตลักษณะพิเศษสองประการ คือ ค่า γ_d ของ Modified Proctor จะสูงกว่า γ_d ของ Standard Proctor และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่จุด γ_d สูงสุด ซึ่งเรียกว่าความชื้นเหมาะสม (Optimum Moisture Content) ก็จะลดลงด้วย ขณะที่ γ_d เพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะพิเศษนี้เป็นคุณสมบัติของดินโดยทั่วไปเมื่อได้รับการบดอัด

2.5 California Bearing Ratio

การทดสอบ California Bearing Ratio หรือเรียกสั้น ๆ ว่า การทดสอบ C.B.R. เป็นการทดสอบเพื่อหากำลังรับน้ำหนักของดินที่บดอัดแล้ว สำหรับชั้นคันทาง (Sub grade) ชั้นรองพื้นทาง (Sub base) และชั้นพื้นทาง(Base) โดยในแบบก่อสร้างทั่วไปจะกำหนดความหนาแน่นของชั้นดินที่จะบดอัดในแต่ละชั้นเป็น % C.B.R. โดยถ้า % C.B.R. ที่ถูกกำหนดมีค่ามากเท่าใดก็แสดงว่าชั้นดินนั้นต้องบดอัดให้แน่นมากขึ้นตามไปด้วย การทดสอบ C.B.R. เป็นการหาค่าความต้านทานแรงเฉือนของดินหรือหินคลุกที่บดอัดแล้ว โดยค่าที่ได้จากการทดสอบจะอยู่ในรูปของหน่วยแรงต้านทานของตัวอย่างดินทดสอบที่บดอัด (Test Unit Load) ต่อหน่วยน้ำหนักมาตรฐานของหินคลุกบดอัด (Standard Unit Load) ในระดับความลึกหรือระยะจมของแท่งกด (PenetrationPiston) ที่เท่ากัน แล้วเปรียบเทียบออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ C.B.R. แสดงในสมการที่ 2.1

$$CBR = \frac{Test\ Unit\ Load}{Standard\ Unit\ Load} \qquad 2.1)$$

ค่า standard unit load ซึ่งได้จากการทดลองกดท่อนเหล็กกลมตัน (Piston) มีพื้นที่หน้าตัด 3 ตร.นิ้ว บนหินคลุกมาตรฐานบดอัดแน่นขนาดต่างๆ กันหลายขนาดมีค่ามาตรฐานดังตารางที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ค่า standard unit load ความลึกต่างๆ

(http://www.denichsoiltest.com/laboratory/cbr-test.html)

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

จากค่า CBR ของดินแต่ละชนิดยังสมารถกำหนดคุณสมบัติของดินอย่างคร่าว ๆ ว่าเหมาะที่จะใช้กับงานก่อสร้างถนนในชั้นดินถม ชั้นรองพื้นทาง (subbase) หรือชั้นพื้นทาง (base) ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ความสัมพันธ์ของ % CBR และการใช้งาน

(http://www.denichsoiltest.com/laboratory/cbr-test.html)

% CBR	คุณสมบัติเหมาะสมทางวิศวกรรม	การใช้งาน
0 – 3	very poor	Subgrade
3 – 7	poor to fair	Subgrade
7 – 20	Fair	Subbase
20 – 50	Good	subbase, base
50 – 80	Very	good base
> 80	Excellent	Base

การทดสอบ CBR ทำได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม จากตัวอย่างดินที่บดอัดแน่นตามวิธีการของ Standard หรือ Modified Proctor ดินตัวอย่างที่เตรียมสำหรับทดลองในห้องปฏิบัติการจะต้องเตรียมขึ้น 2 ชุด ชุดหนึ่งใช้กดทดลองหาค่า Penetration ทันทีหลังจากเตรียมตัวอย่างเสร็จ อีกชุดหนึ่งจะต้องแช่น้ำไว้ 96 ชั่วโมง เพื่อให้ดินอมน้ำจนอิ่มตัว และเพื่อจุดประสงค์จะวัดหาอัตราการบวมตัวของดินด้วยในระหว่างที่ทำการแช่น้ำอยู่จะต้องมีน้ำหนักวางกดทับบนดินตัวอย่าง(Surcharge) ไม่น้อยกว่า 10 ปอนด์ หรือเท่ากับน้ำหนักของพื้นทางและผิวจราจร เหตุผลที่ทำเช่นนี้ก็เพื่อจะหาค่า CBR ที่ควรจะเกิดขึ้นจริง ๆ ในสนาม กล่าวคือ ในหน้าฝนระดับน้ำใต้ดินจะสูงจนทำให้ดินที่รองรับถนนอยู่อิ่มตัว และอัตราการบวมตัวของดินที่จะมาใช้ในการก่อสร้างจะเป็นค่าหนึ่งซึ่งสามารถบ่งบอกถึงคุณสมบัติ และความเหมาะสมในการใช้งานของวัสดุนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Field density test

การทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของดินในสนาม คือการหาค่าความหนาแน่นเปียกและ ปริมาณความชื้นเปียกในบริเวณที่บดอัดด้วยเครื่องจักรเสร็จเรียบร้อยแล้วนำ มาหาค่าความหนาแน่น แห้งเปรียบเทียบกับ ความหนาแน่นแห้งที่ของดินที่ได้จากในห้องปฏิบัติการในรูปของเปอร์เซ็นต์การบดอัดหรือค่าบดอัดสัมพัทธ์ เกณฑ์ในการกำหนดร้อยละของความหนาแน่นของมวลดินที่ทำการบดอัดดินในสนามซึ่งเรียกว่า ความหนาแน่นสัมพันธ์เป็นค่าจากการเปรียบเทียบความหนาแน่นแห้งของ ดินในสนามกับค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดในห้องปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ ดังในสมการที่ 2.2

$$\text{ความหนาแน่นสัมพันธ์} = \frac{\text{ความหนาแน่นแห้งในสนาม}}{\text{ความหนาแน่นแห้งสูงสุดในห้องปฏิบัติการ}} \times 100\% \qquad (2.2)$$

Sand Cone Method วิธีนี้อาศัยทรายช่วยในการหาปริมาตรของหลุมโดยทรายที่ใช้คือ ทรายอ๊อตตาวา (Ottawa Sand) ซึ่งขนาดของเม็ดทรายจะมีลักษณะกลมและมีขนาดเท่ากัน หรือจะใช้ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์20 ค้างตะแกรงเบอร์ 30 ก็ได้เพื่อที่จะให้ผลของความหนาแน่นที่ เท่ากันโดยตลอด และไม่เกิดการแยกตัวของเม็ดหยาบและเม็ดเล็กขณะทำการทดสอบ

รูปที่ 2.3 การทดลอง Sand Cone Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โพลียูรีเทน (Polyurethane)

โพลียูรีเทน หรือที่นิยมใช้ในตัวย่อว่า PU คือ สารพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยชีวเคมีระหว่างการเชื่อมต่อของยูรีเทนและพอลิเมอร์ของโพลียูรีเทน โดยมีการประกอบกันขึ้นมาจากมอนอเมอร์เป็นอย่างน้อย 2 ชนิด สำหรับวัสดุที่โพลียูรีเทนมีคุณสมบัติดังนี้

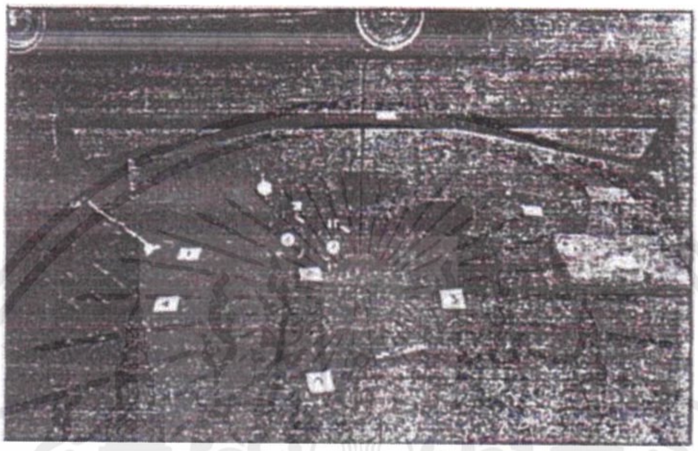
1) มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อนได้ดี สามารถกันเสียงและกันการรั่วซึมได้อย่างดีเยี่ยม
2) มีคุณภาพและประสิทธิภาพในการใช้งานสูง ทั้งมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าฉนวนประเภทอื่นๆ อีกด้วย
3) มีความคงทนต่อแรงอัดและแรงดึง จึงสามารถนำมาใช้งานได้อย่างคุ้มค่า
4) ไม่อมน้ำและไม่ซึมน้ำ ทั้งสามารถดูดซับความชื้นได้ต่ำสุดอีกด้วย
5) มีความคงตัวสูงทั้งเปลี่ยนรูปจากเดิมได้ยาก

รูปที่ 2.4 สาร Polyurethane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

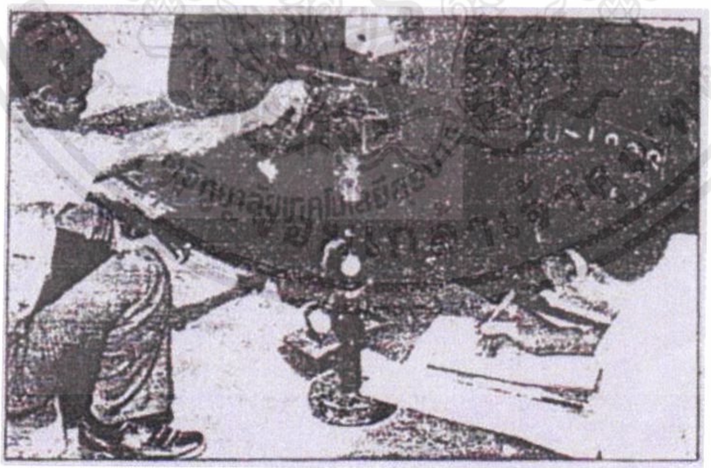
2.8 Field CBR Test

วิธีการทดลองหาค่า CBR ในสนาม (Field CBR) (ทล.-ท. 602/2517) (เทียบเท่าวิธีของ U.S. Corps of Engineers) การทดลองนี้ใช้หาค่าความแข็งแรงของชั้นต่างๆ ของทางที่ประกอบด้วยวัสดุที่มีขนาดเล็ก กว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) พื้นที่ทดลองอาจอยู่ในสภาพธรรมชาติได้รับการบดอัดแล้ว หรือ ได้รับการเพิ่มความชื้น ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของงาน การทดลองนี้ได้ดัดแปลงจากวิธีของ U.S. Corps of Engineers



รูปที่ 2.5 รูปแสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ C.B.R. ในงานสนาม

http://www.doh.go.th/doh/images/aboutus/standard/02/dht602-17.pdf



รูปที่ 2.6 รูปแสดงการทดลอง C.B.R. ในงานสนาม

http://www.doh.go.th/doh/images/aboutus/standard/02/dht602-17.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) Dan Rosu(2009) ได้ศึกษาการเกิดสีเหลืองของสารยูรีเทนจากรังสี UV เมื่อรับรังสี 200 h, λ > 300 nm โพลียูรีเทนอะโรมาติกสังเคราะห์จะผ่านการย่อยสลายด้วยสีที่ค่อยๆเปลี่ยนสี ซึ่งเป็นการสลายตัวทางเคมีของยูรีเทน พบว่า การฉายรังสี UV ความแตกต่างของสีเหลือง แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของระบบที่มีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาการฉายรังสี ข้อมูลให้ประโยชน์เมื่อใช้สารโพลียูรีเทนผสมดินในการก่อสร้างทาง รังสียูวีอาจจะส่งผลถึงคุณภาพของวัสดุ

2) Ali R. Estabragh(2012) ได้ศึกษาผลกระทบของ Resin ต่อความแข็งแรงของดินเหนียวและผสมดินซีเมนต์ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มปริมาณ Resin จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับดิน

3) สถิต ชินอ่อน (2013) ได้ศึกษาคุณสมบัติการบดอัดและค่าซีบีอาร์ของดินถมคันทางในห้องปฏิบัติการและ ในสนาม ดินตัวอย่างทดสอบมีกระจายขนาดคละตามมาตรฐานกรมทางหลวงการศึกษาคุณสมบัติการบดอัดและค่าซีบีอาร์ในห้องปฏิบัติการดำเนินการโดยการรวบรวมผลทดสอบจากศูนย์สร้างทางขอนแก่น กรมทางหลวง การทดสอบในสนามดำเนินการที่โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 2038 บ้านเมืองใหม่ อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็น ว่าความหนาแน่นแห้งและซีบีอาร์สามารถประมาณได้จากคุณสมบัติพื้นฐาน อันได้แก่ ร้อยละของ เม็ดดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 และขีดจำกัดเหลว ผลการบดอัดดินเม็ดละเอียดด้วยรถบดอัดใน สนามที่ปริมาณความชื้นเหมาะสมแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นแห้งและซีบีอาร์ในสนามมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตามจำนวนเที่ยววิ่งของรถบดอัด ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นแห้ง และซีบีอาร์กับจำนวนเที่ยววิ่งสามารถประมาณได้ด้วยฟังก์ชั่นล็อกการิทึมจนถึงหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุด ผลการศึกษาทั้งหมดนำมาซึ่งวิธีการบดอัดและควบคุมการบดอัดในสนามที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 แผนการดำเนินงาน

การศึกษาแผนการดำเนินงานประกอบด้วย บนนำ วรรณกรรมปริทัศน์ ดำเนินงานในเดือน สิงหาคม-กันยายน 2561 ส่วนในการปฏิบัติการทดสอบในห้องปฏิบัติการเดือน กันยายน-พฤศจิกายน 2561 และ มกราคม – เมษายน 2562 ส่วนงานสนามทดลองในเดือน กุมภาพันธ์ - มีนาคม 2562 และจัดทำรูปเล่มใน เดือน กันยายน – พฤศจิกายน 2561 และ มีนาคม - เมษายน 2562 ดังตารางที่ 3.1

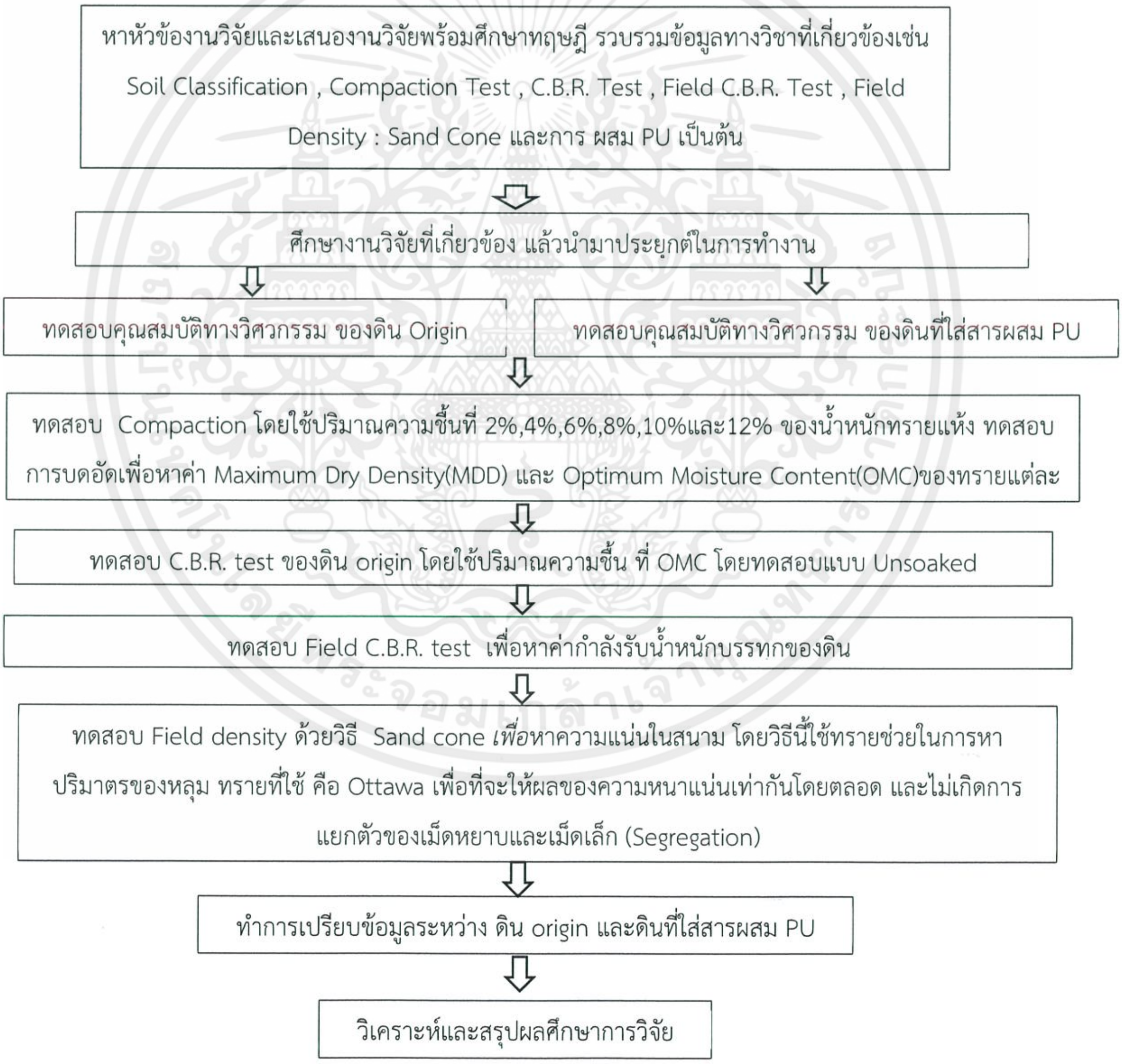
ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการดำเนินงาน

Activity	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
1. Topic Selection	↔								
2. Study Literature	↔	↔							
3. Soil Classification		↔							
4.. Compaction		↔	↔			↔	↔		
5. CBR Lab. Test			↔	↔		↔	↔	↔	
6. Trial Pitch Simulator			↔			↔			
7. Field C.B.R. Test						↔	↔		
8. Field Density Test						↔	↔		
9. Paper and Presentation		↔	↔	↔				↔	↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากเลือกหัวข้องานวิจัย ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐาน รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมไปถึงงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นทำการทดสอบ Compaction ของทรายเม็ดละเอียดที่ผสมสาร PU ที่1%,3%,5%ของน้ำหนักดินและทรายเม็ดละเอียดไม่ผสมสารเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำที่เหมาะสมที่ทำให้ทรายมีความหนาแน่นแห้งสูงสุดไปใช้ในการทดสอบC.B.R.ในห้องปฏิบัติการ หลังจากทดสอบ C.B.R.ในห้องปฏิบัติการเราจะเลือกทรายที่ไม่ได้ผสมสารและทรายที่ผสมสาร PU แล้วมีค่า C.B.R.สูงที่สุดไปทำการผสมและบดอัดลงสนามเพื่อเปรียบเทียบและดูผลกระทบจากปัจจัยภายนอกของทรายที่ผสมสาร PU ในระยะเวลา 28 วัน พร้อมทดสอบค่าความหนาแน่นของทรายในสนามควบคู่ไปด้วย หลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์และสรุปผลการศึกษางานวิจัย



รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมของขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของดิน

1) วัสดุที่นำมาวิจัยเป็นดินทรายที่มีขนาดคละไม่ดี (Poorly Graded Sand) เป็นกลุ่มทรายประเภท SP ในวิธีจำแนกแบบ USCS และ เป็นกลุ่มทรายประเภท A-3 ใน AASHTO

2) การทดสอบเพื่อวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินเป็นการทดสอบเพื่อจำแนกประเภทของดินและเพื่อหาการกระจายตัวของเม็ดดิน(Grain Size Distribution)ประกอบด้วย

2.1.การวิเคราะห์ด้วยตะแกรง (Sieve Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D-422

2.2.การจำแนกประเภทดินด้วยระบบ USCS (Unified Soil Classification System) และระบบ AASHTO (AASHTO Soil Classification System)

3.4 การทดสอบ Compaction ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU ประกอบด้วยวิธีการทดสอบดังนี้

1) ทดสอบการบัดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor Test) ตามมาตรฐาน ASTM D-1577 ใช้แบบ (Mold) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4นิ้ว) สูง 116.4 มม.(4.584นิ้ว) ตุ้มน้ำหนัก 10 ปอนด์ ระยะยก 18 นิ้ว บดอัดจำนวน 5 ฐั้น ชั้นละ 25 ครั้ง

2) เติมน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น 2%,4%,6%,10%และ 12% ของน้ำหนักดินทรายแห้ง และผสมเข้าด้วยกันจนมีสีกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน โดยดินทรายที่ผสมสาร PU อาจต้องรีบตำเพื่อให้น้ำได้ทำหน้าที่หล่อลื่นก่อนถูกดูดเข้าไปทำปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนต

3) การทดสอบการบดอัดเพื่อหาค่า Maximum Dry Density (MDD) และ Optimum Moisture Content (OMC) ของดินทรายแต่ละค่าความชื้น โดยใช้ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มผสมน้ำจนถึงการบดอัดแล้วเสร็จไม่ควรเกิน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ทดสอบ C.B.R. test ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU ประกอบด้วยวิธีการทดสอบดังนี้

การทดสอบหาค่า C.B.R.(California Bearing Ratio) โดยเตรียมตัวอย่างแบบมาตรฐาน ASTM D-1883 แบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มม.(6นิ้ว) สูง 116.8 มม. (4.584นิ้ว) โดยใช้ปริมาณความชื้นเช่นเดียวกับข้อ 3.2 เพื่อทดสอบแบบ Unsoaked

1) ชั่งดินที่เตรียมไว้ประมาณ 12 ปอนด์ หรือ 6 กก. และนำดินตัวอย่างประมาณ 100 กรัม เพื่อนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (initial water content) ที่มีอยู่ในดินตัวอย่าง

2) เตรียม Mold ไว้ 2 ชุด ชั่งหาน้ำหนัก Mold (เฉพาะ Mold ไม่รวม Base Plate)

3) ประกอบ Mold เข้ากับ Base Plate และ Spacer (ขนาด Ø 6” x 2”) ใช้กระดาษกรอง Ø 6” ปูทับบน Spacer เพื่อป้องกันไม่ให้ดินเกาะติดกับแผ่นเหล็ก

4) กระทุ้งดินอัดแน่นใน Mold ตามวิธี Compaction Test ASTM D 1557 optimum moisture content ±2%

5) หลังจากบดอัดจนครบจำนวนชั้นและจำนวนครั้งแล้วถอด Collar ออก ใช้ไม้บรรทัดเหล็ก (Straight edge) ปาดดินส่วนที่สูงเกินขอบ Mold พร้อมกับซ่อมแต่ผิวบนของดินตัวอย่างให้เรียบเสมอกับปาก mold

6) ถอด Base plate และ Spacer disc ออก นำ Mold และดินไปชั่งหาน้ำหนักเพื่อจะนำไปหา wet density

7) เอากระดาษกรองวางบน Base Plate เพื่อป้องกันไม่ให้ดินเกาะติดแผ่นเหล็กประกอบ mold ที่มีดินอัดแน่นนี้เข้ากับ Base Plate โดยให้ปาก Mold ด้านที่มีดินเสมอปากว่างบน Base Plate และส่วนที่มีช่องว่าง 2.5 นิ้วอยู่ด้านบน

8) วางแผ่นเหล็ก Surcharge อย่างน้อย 10 ปอนด์ ลงบนดินตัวอย่างใน Mold

9) จัดวาง Mold พร้อมดินตัวอย่างเข้าเครื่องกดทดลองซึ่งมี Piston ขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 ตร.นิ้ว ประกอบติดอยู่ จัดให้ผิวหน้าของดินใน Mold แตะสัมผัสกับ Piston ดังกล่าว จัดเข็ม Dial Gauge ที่จะใช้วัด Penetration ให้อยู่ที่จุดศูนย์

10) จัดการ Load ในอัตรา 0.05 นิ้วต่อนาที พร้อมกับอ่านค่าน้ำหนักที่ตรงกับ penetration 0, 0.025, 0.050, 0.750, 0.100, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400 และ 0.500 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) เสร็จแล้วถอด mold ออกจากเครื่องกดทดลองเก็บตัวอย่างดินตรงกลางตามแนวตั้งประมาณ 100 กรัม (Fined Grained Soil) หรือประมาณ 500 กรัม (Coarse Grained Soil) นำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (Water Content)

รูปที่ 3.2 รูปการติดตั้ง C.B.R. Test

รูปที่ 3.3 รูปการทดสอบ C.B.R. Test

3.6 ทดสอบ Field C.B.R. test ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU ประกอบด้วยวิธีการทดสอบดังนี้

การทดสอบที่ได้จากการพัฒนารูปแบบและปรับเปลี่ยนวิธีการตามมาตรฐานกรมทางหลวง ซึ่งมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

1) เมื่อบดอัดบนสนามเรียบร้อยแล้ว ปรับผิวหน้าดินให้เรียบ แล้ววางแผ่น Surcharge น้ำหนักไม่เกิน 30 ปอนด์ ลงบนบริเวณที่ทำการทดสอบ

2) ติดตั้งเครื่องมือโดย มี Proving ring และ Dial gauge เข้ากับ Hydraulic Jack ขนาด 3 ตัน

3) ติดตั้งโหลด โดยใช้นั่งร้าน และจัดวางอุปกรณ์ให้ฉากกับผิวดิน

4) ดัน Hydraulic Jack เพื่อให้ปลายสากจมลงไปในพื้น และอ่านค่า Proving ring เมื่อค่าน้ำหนักที่ตรงกับpenetration 0, 0.025, 0.050, 0.750, 0.100, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400 และ 0.500 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 รูปการติดตั้ง Field C.B.R. Test

รูปที่ 3.5 รูปการทดสอบ C.B.R. Test

3.7 ทดสอบ Field density ด้วยวิธี Sand cone ของดินทรายทั้งแบบ Origin และใส่สารผสม PU ประกอบด้วยวิธีการทดสอบดังนี้

1) ตวงทรายใส่ขวดอย่างน้อยค่อนขวด ปิดวาล์ว ชั่งหาน้ำหนักของขวดทราย รวมทั้งกรวยและจดน้ำหนักไว้ (W1)

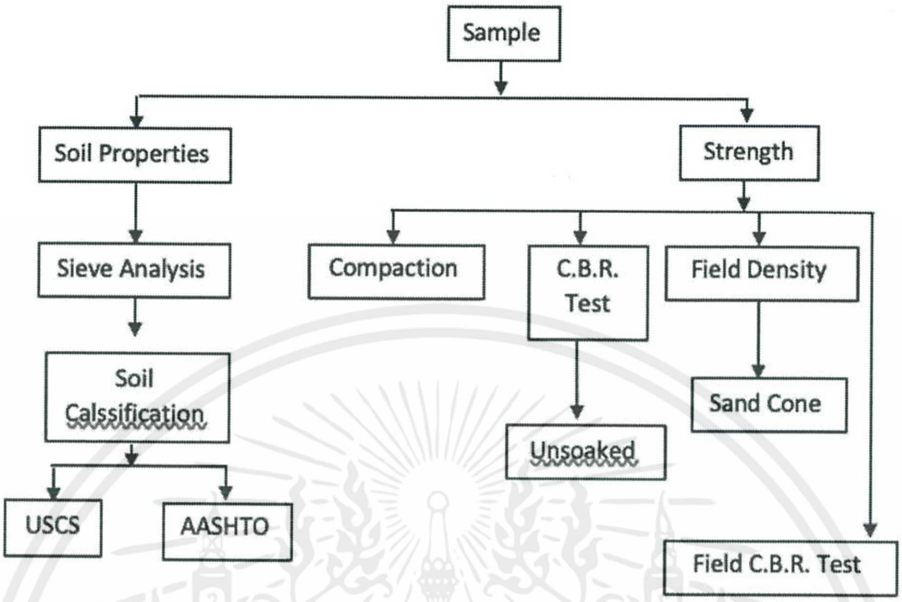
2) ปรับพื้นที่ ที่จะทำการทดลองให้เรียบ วาง base plate ตอกตะปูยึดให้แน่น

3) ใช้สิ่วเจาะดินจากรูกลาง base plate ลึกประมาณ 10 ซม.ควรแต่งให้ก้นหลุมมนคล้ายก้นกะทะ แต่งหลุมให้เรียบ ดินที่ขุดออกจากหลุมต้องเก็บใส่กระป๋องให้หมด มิให้ตกหล่น ชั่งจดน้ำหนักไว้แล้วนำเข้าเตาอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

4) คว่ำขวดทรายลงบน base plate เสร็จแล้วเปิดวาล์วให้ทรายไหลลงอย่างอิสระจนเต็มแล้วปิดวาล์วเอาขวดทรายไปชั่งน้ำหนักของทรายที่เหลือ (W2) เก็บทรายสะอาดในหลุมให้กลับคืนใส่ในภาชนะ ที่เตรียมมาเพื่อไปทำความสะอาดและนำไปใช้ได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการศึกษาวิจัยระหว่างดิน Origin และดินที่ใส่สารผสม PU



รูปที่ 3.6 แผนผังการศึกษาวิจัยระหว่างดินทรายไม่ผสมสาร และ ดินทรายผสมสาร PU

3.8 วิธีการแสดงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของวัสดุ

การแสดงความสัมพันธ์ของผลการศึกษา ประกอบด้วย การเปรียบเทียบระหว่างดินทรายละเอียด กับดินทรายละเอียดที่ผสมสาร Polyurethane ที่ 1% , 3% , และ 5% โดยน้ำหนักดิน สามารถศึกษาความสัมพันธ์ได้จากผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการและงานสนาม โดยการใช้กราฟ และ ตาราง เปรียบเทียบโดยใช้ค่า C.B.R. เป็นองค์ประกอบหลักในการเปรียบเทียบ รวมทั้งสังเกตพฤติกรรมระหว่างการทำการทดลอง เช่น การปล่อยให้รับสภาพแวดล้อมปกติ ทั้ง โดนแดด ลม และ ฝน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 บทนำ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อแสดงให้เห็นว่าการผสม Polyurethane สามารถเพิ่มกำลังรับแรงโดยใช้มาตรฐานในการวัดคือ C.B.R. Test ซึ่งเป็นมาตรฐานในงานก่อสร้างเส้นทางคมนาคม โดยได้ทำการทดสอบคุณสมบัติดินโดยเลือกใช้ดินทรายที่มีขนาดคละที่มีความละเอียด และไม่ได้เป็นดินในคุณสมบัติของงานทางเพื่อปรับปรุงดินให้มีกำลังรับเทียบเท่ากับดินที่เหมาะสมกับงานก่อสร้างในปัจจุบัน โดยผลการทดสอบแสดงผลการศึกษาดังนี้

4.2 ผลการทดสอบค่าการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4.2.1 การทดสอบขนาดคละและชนิดของเม็ดดิน (Grain size and Soil classification)

จากผลการทดสอบพบว่าเป็นทรายขนาดคละไม่ดีปนดินตะกอน คือ SP-SM ในระบบ USCS และ A-3 ในระบบ AASHTO ประกอบด้วย ทราย 91.93 % ตะกอนดินเหนียว 8.07% เป็นวัสดุไม่เหมาะกับงานทาง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 Grain size Analysis

Sieves NO.	Sieves Opening, (mm)	Weight of Sieves, (g)	Weight of Sieves + Soil, (g)	Weight of Soil Retained, (g)	Cumulative Retained, (g)	Cumulative Retained, (%)	Percent Finer, (%)
1/2"	12.5	788.9	788.9	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	790.29	794.29	4.00	4.00	0.20	99.80
4	4.75	761.10	769.02	7.92	7.92	0.40	99.60
10	2.00	638.43	728.41	89.98	97.90	4.90	95.11
40	0.43	370.53	824.93	454.40	552.30	27.62	72.39
100	0.15	515.82	1710.00	1194.18	1746.48	87.32	12.68
200	0.08	514.84	606.98	92.14	1838.62	91.93	8.07
PAN	-	318.14	479.47	161.33	1999.95	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดสอบการบดอัดดิน (Compaction Test)

จากการทดสอบค่าจำนวนสามครั้ง ผลที่ได้จากการศึกษาได้ว่าดินทรายขนาดคละไม่ดีปนดินตะกอน และ ดินทรายผสม Polyurethane ที่ 1% 3% และ 5% จะได้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดเฉลี่ย คือ 1.79 g/cc , 1.74 g/cc , 1.76 g/cc และ 1.80 g/cc ตามลำดับ โดยมี ความชื้นที่เหมาะสมเฉลี่ย คือ 11.67% , 7.90 % ,9.33 % และ 7.90 % ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 Average Compaction Test

Sample	Average Maximum Dry Density (g/cc)	Average Optimum Moisture Content (%)
ดิน SP-SM	1.79	11.67
ดิน SP-SM หลังผสม Polyurethane ที่ 1%	1.74	7.90
ดิน SP-SM หลังผสม Polyurethane ที่ 3%	1.76	9.33
ดิน SP-SM หลังผสม Polyurethane ที่ 5%	1.80	7.90

จากการทดลองคาดว่าโพลิออลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำทำปฏิกิริยากับไอโซไซยาเนตจึงเกิดปฏิกิริยาสร้าง Polyurethane และระหว่างทำปฏิกิริยาไอโซไซยาเนตที่สัมผัสน้ำจะมีการทำปฏิกิริยาและเกิดสารยูเรียขึ้น จะมีการดึงน้ำที่ใช้ผสมในการบดอัดดินเข้าไปทำปฏิกิริยาเพื่อเชื่อมโยงยูเรีย ทำให้น้ำที่ใช้เป็นตัวหล่อลื่นในการบดอัดหายไปในทันที ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นแห้งสูงสุดจึงลดลงเนื่องจากน้ำที่ใช้เป็นตัวหล่อลื่นส่วนหนึ่งถูกดึงเข้าไปทำปฏิกิริยาเพื่อเชื่อมโยงยูเรียแทน

4.2.3 การทดสอบ C.B.R. Test

ผลการทดสอบค่าจำนวนสองครั้ง ผลที่ได้จากการศึกษาได้ว่าดินทรายขนาดคละไม่ดีปนดินตะกอน มีค่า C.B.R. เฉลี่ย คือ 25.50% ดินทรายผสม Polyurethane ที่ 1% ทิ้งไว้ที่ 1,2 แล 6 ชม . มีค่า C.B.R. เฉลี่ย คือ 27.35% , 33.60% และ 38.40% ตามลำดับ ดินทรายผสม Polyurethane ที่ 3% ทิ้งไว้ที่ 1, 2 แล 6 ชม. มีค่า C.B.R. เฉลี่ย คือ 32.65% , 36.20% และ 45.15% ตามลำดับ และ ดินทรายผสม Polyurethane ที่ 5% ทิ้งไว้ที่ 1, 2 แล 6 ชม. มีค่า C.B.R. เฉลี่ย คือ 46.35% , 51.05% และ 74.05% ตามลำดับ และศึกษาเพิ่มที่ 14 วัน ได้ค่า C.B.R. เฉลี่ย คือ 129.90% ดังตารางที่ 4.3

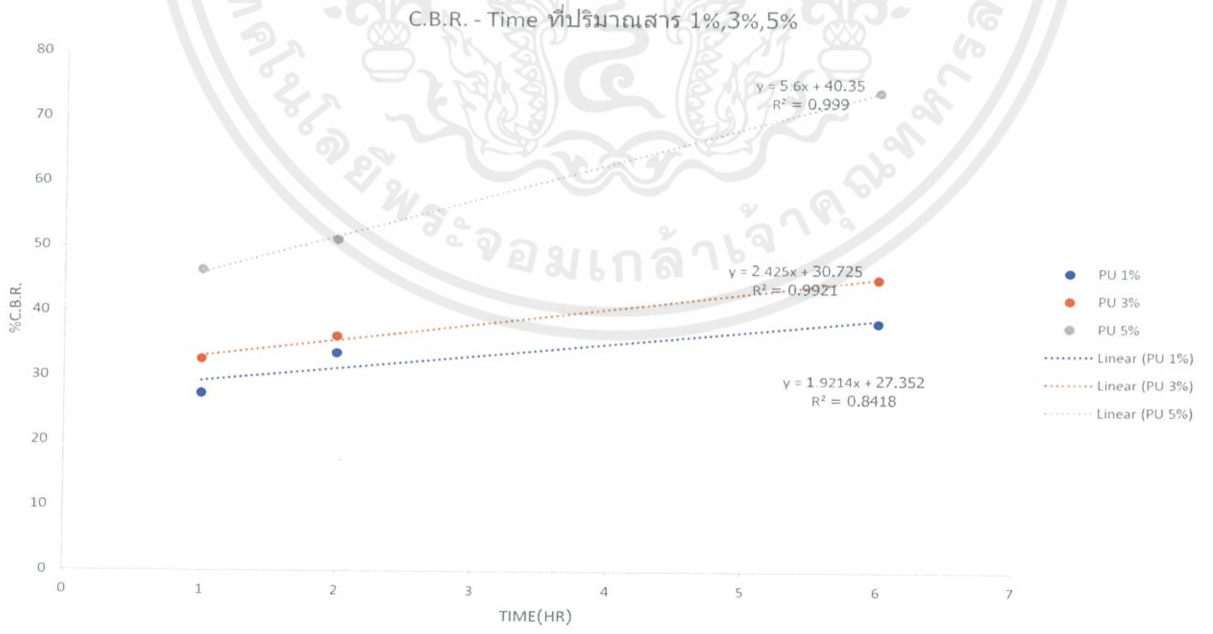
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยการทดสอบ C.B.R

Sample	Leave for	C.B.R. Test No.1 (%)	C.B.R. Test No.2 (%)	Average (%)
Origin	-	23.0	28.0	25.5
SP-SM mixed PU 1%	1hr	26.5	28.2	27.35
	2hrs	33.9	33.3	33.6
	6hrs	37.7	39.1	38.4
SP-SM mixed PU 3%	1hr	31.7	33.6	32.65
	2hrs	33.3	39.1	36.20
	6hrs	44.8	45.5	45.15
SP-SM mixed PU 5%	1hr	45.7	47	46.35
	2hrs	50.1	52	51.05
	6hrs	73.1	75	74.05
	14 days	129.9	-	129.9

สามารถนำเปอร์เซ็นต์ CBR ของสารที่ปริมาณ 1,3 และ5 % กับระยะเวลามาสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบดูเปอร์เซ็นต์ CBR ที่มากที่สุดเพื่อนำไปทดสอบในสนาม ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า C.B.R. กับเวลาเมื่อผสมสารที่ 1% , 3% , 5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงให้เห็นถึงปริมาณสารที่เพิ่มขึ้นส่งผลโดยตรงต่อความแข็งแรงสังเกตได้จากค่า%C.B.R. และความชันของกราฟที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆเมื่อเพิ่มปริมาณสาร โดยที่ปริมาณสาร 1 , 3 และ5 % ที่ระยะเวลา 6 ชม. ได้ค่า % C.B.R. เท่ากับ 38.4 , 45.5 และ 74.05 ตามลำดับ

4.2.4 การทดสอบ Field C.B.R. Test และ ค่า Field Density Test

ผลการทดสอบในพื้นที่ที่แตกต่างกันสองพื้นที่ คือพื้นดินเหนียว และ พื้นคอนกรีต วันละ 2 ค่า ระยะเวลา 1 ,3 ,7 , 14 และ 28 วัน จะเห็นได้ว่าที่เวลา 7 วันจะเห็นว่าค่า C.B.R.ของชั้นดินผสม PU ที่บดอัดบนชั้นดินเหนียวและบนชั้นคอนกรีต เริ่มมีค่าคงที่โดยที่ 7 วันบนชั้นดินเหนียวมีค่า C.B.R. 22.77 %และที่ 28 วันมีค่า C.B.R. 27.98 %และที่ 7 วันบนชั้นตอนกรีตมีค่า C.B.R. 42.34 %และที่ 28วันมีค่า C.B.R. 48.52% ดังตารางที่ 4.4 , 4.5 และ รูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 Field C.B.R. Test on Clay Subgrade

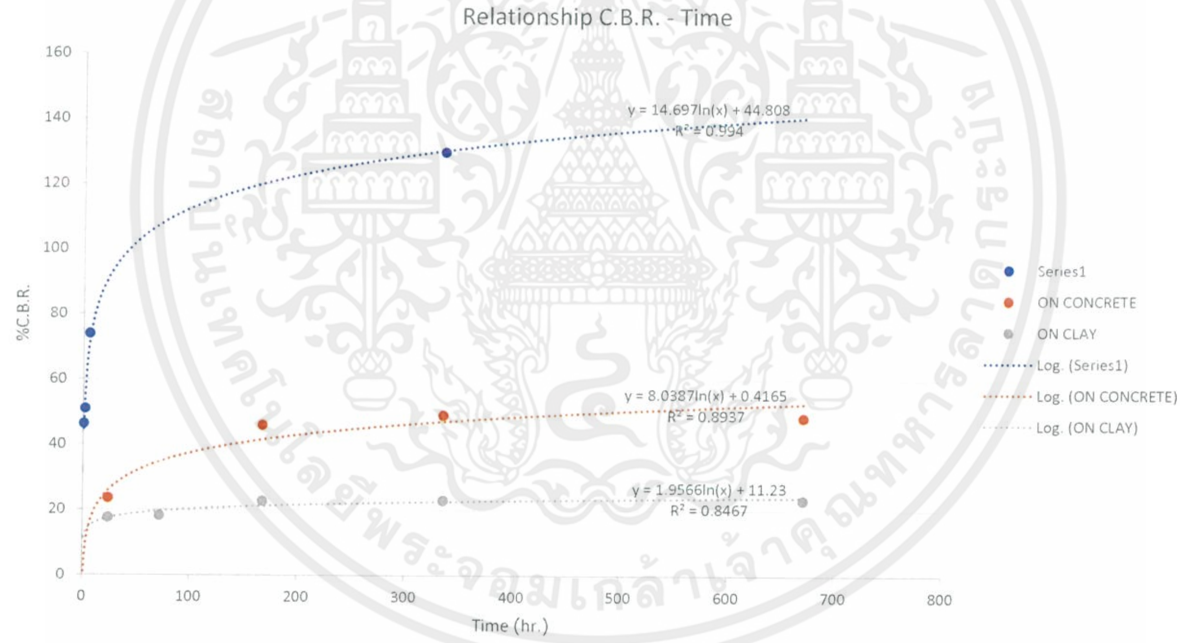
Soil Type	Days	Field Density No.1 (g/cc)	Field C.B.R. Test No.1 (%)	Field Density No.2 (g/cc)	Field C.B.R. Test No.2 (%)	95% Compaction (g/cc)	C.B.R (%)
Origin	-	1.70	10.90	1.70	9.10	1.70	10
SP-SM Mixed PU 5%	1	1.60	23.67	1.64	26.89	1.71	-
	3	1.64	32.99	1.56	24.01	1.71	-
	7	1.56	46.11	1.60	42.34	1.71	-
	14	1.56	40.05	1.60	49.20	1.71	-
	28	1.56	46.68	1.60	48.52	1.71	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 Field C.B.R. Test on Concrete Subgrade

Soil Type	Days	Field Density No.1 (g/cc)	Field C.B.R. Test No.1 (%)	Field Density No.2 (g/cc)	Field C.B.R. Test No.2 (%)	95% Compaction (g/cc)	C.B.R (%)
Origin	-	1.66	9.33	1.67	9.33	1.66	9.33
SP-SM Mixed PU 5%	1	1.49	12.47	1.64	19.4	1.71	-
	3	1.60	16.71	1.60	18.31	1.71	-
	7	1.46	11.90	1.60	22.77	1.71	-
	14	1.56	19.45	1.60	23.00	1.71	-
	28	1.56	19.22	1.60	27.98	1.71	-



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า C.B.R. กับเวลาเมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ และ ในสนาม

กราฟแสดงให้เห็นว่าการบดอัดบนชั้นพื้นคอนกรีต นั้นมีผลต่อความแข็งแรง รวมทั้งระยะเวลาก็มีผลต่อความแข็งแรงเช่นเดียวกัน และ Polyurethane เพิ่มกำลังได้มากเมื่อเทียบกับการทดลองดินที่ไม่ได้ผสมสาร แต่เนื่องจากการบดอัดในสนามใช้เวลาในการผสมสารค่อนข้างนานน้ำจึงถูกดึงไปผสมกับสารไอโซไซยาเนต เปอร์เซ็นต์น้ำที่คำนวณไว้ใช้ในการบดอัดจึงลดลง ค่า Dry Densityและค่า C.B.R. ที่ได้จึงไม่สามารถเทียบกับในห้องปฏิบัติการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การเปรียบเทียบระหว่าง Field C.B.R. Test และ C.B.R. Laboratory Test

ตารางการเปรียบเทียบค่า C.B.R. เฉลี่ยของดินทรายขนาดคละไม่ดีปนดินตะกอน และ ดินทรายผสมสาร Polyurethane ที่ 14 วัน ในสนามและห้องปฏิบัติการ ได้ค่าดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบค่าที่มากที่สุดของ C.B.R. Test ในห้องปฏิบัติการและในสนามของ ทราย SP-SM

Maximum C.B.R. Laboratory Test (%)	Maximum Field C.B.R. Test on Clay Subgrade (%)	Maximum Field C.B.R. Test on Concrete Subgrade (%)
25.50	9.33	10.9
Compare with Lab values (%)	39.22	35.69

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบค่าที่มากที่สุดของ C.B.R. Test ในห้องปฏิบัติการและในสนามของทรายเมื่อผสมสาร Polyurethane 5 %

Maximum C.B.R. Laboratory Test (%)	Maximum Field C.B.R. Test on Clay Subgrade (%)	Maximum Field C.B.R. Test on Concrete Subgrade (%)
129.9	23.00	49.20
Compare with Lab values (%)	17.71	37.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา ตรงตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1) ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการรับกำลังและทางกายภาพของทรายเม็ดละเอียด

จากการทำการจำแนกดินตามระบบ Unified (Unified Soil Classification System) และในระบบ AASHTO พบว่าดินที่ได้เป็นดินทรายที่มีขนาดคละไม่ดี ซึ่งเป็นดินที่มีคุณสมบัติไม่ดีในการบดอัดเพราะเป็นดินที่มีช่องว่างอยู่เป็นจำนวนมากจึงทำให้กำลังแบกทานของดินได้ไม่สูงมากนัก

2) ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการรับกำลังของทรายเม็ดละเอียดเมื่อนำมาผสมสาร Polyurethane (PU) ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม

หลังจากปรับปรุงคุณภาพดินทรายเม็ดละเอียดโดยผสมสาร Polyurethane พบว่าเปอร์เซ็นต์ของ Polyurethane ที่ให้กำลังแบกทานที่ดีที่สุดคือ 5 เปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักดิน ซึ่งกำลังแบกทานของดินเพิ่มขึ้นจากเดิมมากถึง 5.09 เท่า

3) ศึกษาข้อบกพร่องของสาร Polyurethane (PU) หลังนำมาผสมกับทรายเม็ดละเอียด เมื่อไม่ได้ทำการควบคุมปัจจัยภายนอก อาทิเช่น รังสียูวี ลม ฝน เป็นต้น

การทดลองในงานสนามโดยบังคับให้ตัวอย่างการทดลองนั้นสัมผัสปัจจัยภายนอก โดยแบ่งการทดลองสนามเป็นสองแปลง คือ แปลงที่บดอัดตัวอย่างบนพื้นคอนกรีต และ แปลงที่บดอัดบนพื้นดินเหนียว จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า ปัจจัยภายนอก เช่น แสงแดด ฝนตก ฯลฯ ในระยะเวลา 28 วัน ไม่ได้มีผลต่อกำลังรับแบกทานของดินแต่อย่างไร

4) จากการทิ้งตัวอย่างทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนามพบว่า ระยะเวลาที่สารค่อยๆเพิ่มกำลังแบกทานของดินจนมีประสิทธิภาพมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ใช้ระยะเวลาอยู่ที่ประมาณ 7 วัน

5) Polyurethane สามารถเพิ่มกำลังได้สูงมาก โดยขึ้นอยู่กับชั้นพื้นที่บดอัด และ การบดอัดที่ได้มาตรฐานตรงตามห้องปฏิบัติการโดยในระยะเวลา 28 วัน ปัจจัยทางธรรมชาติมีผลน้อยมากในการลดกำลังหรือทำให้เกิดการวิบัติ โดยการเพิ่ม Polyurethane สามารถลดความหนาของชั้นทางได้ โดยคาดว่าจะเป็นวัสดุอีกชนิดที่สามารถใช้ทำงานทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การทดสอบงานในสนามเพื่อปล่อยให้สารสัมผัสปัจจัยภายนอกเพื่อศึกษาผลกระทบต่อตัวดินใช้ระยะเวลาเพียง 28 วัน ควรศึกษาเพิ่มในระยะยาว

2) ควรทำการทดลองงานสนามบริเวณที่เคลื่อนย้ายเครื่องจักรได้ง่าย เพื่อความสะดวกในการทดลองในงานสนาม

3) ควรตรวจสอบว่าสาร Polyurethane มีผลต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่

4) เพิ่มจำนวนครั้งในการทดลอง และ เพิ่มปัจจัยในการศึกษา เช่น การทดลอง C.B.R. Test แบบ Soak และ อื่นๆ เพื่อเพิ่มความละเอียดของงานให้มากขึ้น

5) การบดอัดควรเกิดขึ้นทันทีหลังจากผสมสารและน้ำลงไปในดิน เนื่องจากน้ำอาจถูกดึงเข้าไปทำปฏิกิริยากับกับสาร Polyurethane ทำให้น้ำที่ใช้ผสมมีค่าน้อยกว่าค่า OMC ที่ได้จากการทดสอบ Compaction ในห้องปฏิบัติการส่งผลให้การบดอัดไม่แน่นเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] การจำแนกประเภทของดิน

http://krumanit.cmtc.ac.th/main/images/stories/6.pdf

[2] มาตรฐานการบดอัด

http://www.gerd.eng.ku.ac.th/Cai/Ch08/ch083_theory.htm

[3] California Bearing Ratio

http://www.denichsoiltest.com/laboratory/cbr-test.html

[4] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2545). มาตรฐานวิธีทดสอบเพื่อหาค่า ซี.บี.อาร์. มทช. (ท) 501.3- 2545 กรมทางหลวงชนบท

[5] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2545). มาตรฐานวิธีทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน. มทช.(ท) 501.2-2545 กรมทางหลวงชนบท

[6] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2545). มาตรฐานวิธีทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ. มทช. (ท) 501.6-2545 กรมทางหลวงชนบท

[7] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2517). มาตรฐานวิธีทดสอบค่าความแน่นของวัสดุในสนาม. ทล.-ท 603-2517 กรมทางหลวง

[8] Proctor. (1930). ทฤษฎีการบดอัดดิน. Ground improvement techniques. ดร.ศลิษา ไชยพุทธ. หน้า 2-4 – 2-5

[9] Hogentogler. (1936). ทฤษฎีการบดอัดดิน. Ground improvement techniques. ดร.ศลิษา ไชยพุทธ. หน้า 2-6 – 2-7

[10] Buchanan. (1942). ทฤษฎีบดอัดดิน. ปฐพีกลศาสตร์. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูศักดิ์ คีรีรัตน์.หน้า740 – 741

[11] กรมทางหลวง กองวิเคราะห์และวิจัย (2517). วิธีการทดลองหาค่า CBR ในสนาม(Field CBR)(เทียบเท่าวิธีของ U.S. Corps of engineers) ทล.-ท 602/2517 กรมทางหลวง

[12] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2545) มาตรฐานวัสดุชั้นรองพื้นทาง. มทช.(ท) 202-2545 กรมทางหลวงชนบท

[13] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2545) มาตรฐานวัสดุพื้นทางชนิดหินคลุก มทช.(ท) 203-2545 กรมทางหลวงชนบท

[14] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2545) มาตรฐานวัสดุคัดเลือก มทช.(ท) 204-2545 กรมทางหลวงชนบท

[15] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2545) มาตรฐานงานชั้นรองพื้นทาง มทช.(ท) 222-2545 กรมทางหลวงชนบท

[16] สำนักวิเคราะห์ วิจัยและพัฒนา. (2545) มาตรฐานงานชั้นพื้นทาง มทช.(ท) 223-2545 กรมทางหลวงชนบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[17] นายโภคินทร์ ช้ำเกต. (2554) คุณสมบัติการบดอัดและค่าซีบีอาร์ของดินเม็ดละเอียด ลูกรัง และหินคลุก
http://eng.sut.ac.th/ce/ce_course/download/project/15POKIN_CHAMKET.pdf
[18] Hilf. (1956). ทฤษฎีบดอัดดิน.ปฐพีกลศาสตร์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูศักดิ์ คีรีรัตน์.หน้า741 – 742
[19] Lambe. (1985). ทฤษฎีบดอัดดิน.ปฐพีกลศาสตร์.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูศักดิ์ คีรีรัตน์.หน้า 743
[20] นายสถิต ชินอ่อน. (2556) คุณสมบัติการบดอัดและค่าซีบีอาร์ของดินถมคันทาง
http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5112/2/Abstract
[21] นายศิรวิทย์ นะวะยศ. (2554) พฤติกรรมของดินทรายที่ขนาดคละไม่ดีเมื่อปรับปรุงด้วยซีเมนต์
http://digi.library.tu.ac.th/thesis/en/0662/title-biography.pdf
[22] การทดสอบหาความหนาแน่นแห้งของดินในสนาม
http://krumanit.cmtc.ac.th/main/images/stories/9.pdf
[23] โพลียูริเทน (Polyurethane)
https://www.chi.co.th/article/article-835/

[24] Dan Rosu, Constantin N. Cascaval, Liliana Rosu (2009) IR-change and yellowing of polyurethane as a result of UV irradiation
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141391009000135?via%3Dihub
[25] 2.9.2 Ali R. Estabragh, Iman Beytolahpour, Mohammad Naseh, Akbar A. Javadi (2012) Effect of Resin on the Strength of Soil-Cement Mixture
https://www.researchgate.net/publication/274577533_Effect_of_Resin_on_the_Strength_of_Soil-Cement_Mixture
[26] คุณสมบัติของสาร Polyurethane
https://polymerdatabase.com/polymer%20classes/Polyurethane%20type.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบ Grain size Analysis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก 1 Grain size Analysis ของดินทราย

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

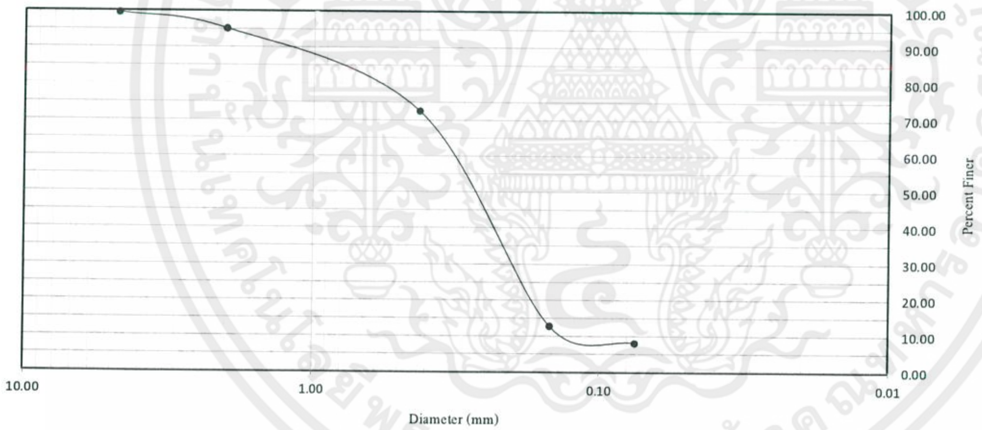
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

SIEVE ANALYSIS

Project :	PU	**Test NO. :**	1
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample Description :	ทรายเม็ดละเอียด	**Date of Testing :**	16/8/2561
Test by :			

Tray NO.			1				
Weight of tray ,g							
Weight of tray + Dry soil ,g							
Weight of Dry soil ,g			2000.00				
Sieves Standard			American Standard				
Sieves NO.	**Sieves Opening ,mm**	**Weight of Sieves ,g**	**Weight of Sieves + Soil ,g**	**Weight of Soil Retained ,g**	**Cumulative Retained ,g**	**Cumulative Retained ,%**	**Percent Finer ,%**
1/2"	12.5	788.9	788.9	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	790.29	794.29	4.00	4.00	0.20	99.80
4	4.75	761.10	769.02	7.92	7.92	0.40	99.60
10	2.00	638.43	728.41	89.98	97.90	4.90	95.11
40	0.43	370.53	824.93	454.40	552.30	27.62	72.39
100	0.15	515.82	1710.00	1194.18	1746.48	87.32	12.68
200	0.08	514.84	606.98	92.14	1838.62	91.93	8.07
PAN	-	318.14	479.47	161.33	1999.95	100.00	0.00

Grain Size Distribution Curve



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

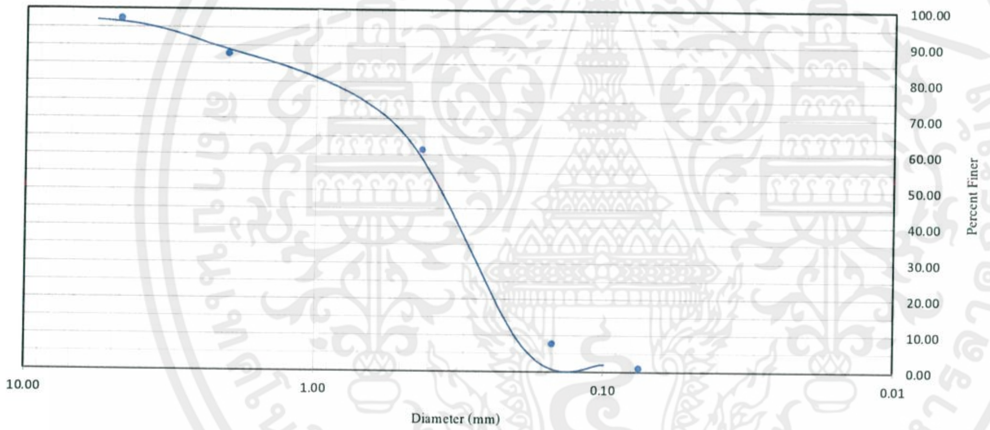
SIEVE ANALYSIS

Project : PU
Test NO. : 2
Location : -
Date of Request : -
Sample Description : ทรายเม็ดละเอียด
Date of Testing : 16/8/2561
Test by :

Tray NO.	1
Weight of tray ,g	120
Weight of tray + Dry soil ,g	1305.00
Weight of Dry soil ,g	1185.00
Sieves Standard	American Standard

Sieves NO.	Sieves Opening ,mm	Weight of Sieves ,g	Weight of Sieves + Soil ,g	Weight of Soil Retained ,g	Cumulative Retained ,g	Cumulative Retained ,%	Percent Finer ,%
1/2"	12.5	800	800	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	680.00	710.00	30.00	30.00	2.53	97.47
10	2.00	380.00	495.00	115.00	145.00	12.24	87.76
40	0.43	575.00	890.00	315.00	460.00	38.82	61.18
100	0.15	515.00	1150.00	635.00	1095.00	92.41	7.59
200	0.08	275.00	355.00	80.00	1175.00	99.16	0.84
PAN	-	375.00	395.00	20.00	1195.00	100.84	-0.84

Grain Size Distribution Curve



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

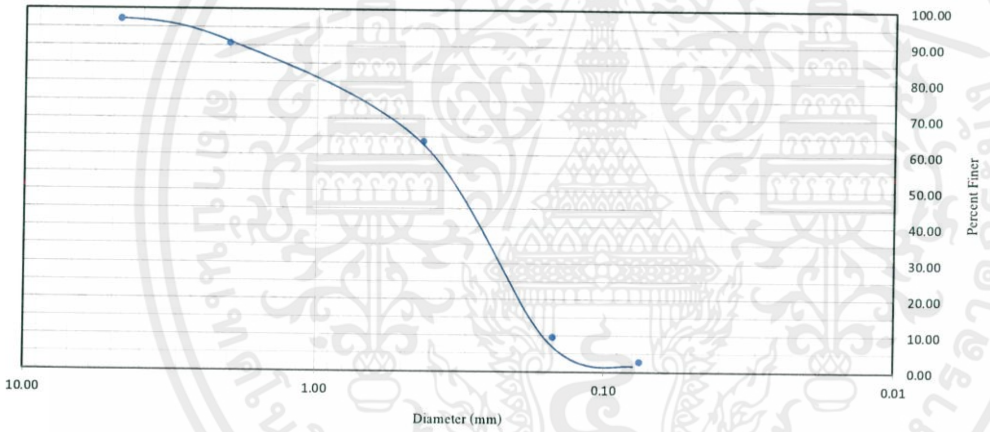
SIEVE ANALYSIS

Project : PU **Test NO. :** 3
Location : - **Date of Request :** -
Sample Description : ทรายเม็ดละเอียด **Date of Testing :** 16/8/2561
Test by :

Tray NO.	1
Weight of tray ,g	120
Weight of tray + Dry soil ,g	1385.00
Weight of Dry soil ,g	1265.00
Sieves Standard	American Standard

Sieves NO.	Sieves Opening ,mm	Weight of Sieves ,g	Weight of Sieves + Soil ,g	Weight of Soil Retained ,g	Cumulative Retained ,g	Cumulative Retained ,%	Percent Finer ,%
1/2"	12.5	800	800	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	680.00	715.00	35.00	35.00	2.77	97.23
10	2.00	380.00	465.00	85.00	120.00	9.49	90.51
40	0.43	575.00	915.00	340.00	460.00	36.36	63.64
100	0.15	515.00	1200.00	685.00	1145.00	90.51	9.49
200	0.08	275.00	360.00	85.00	1230.00	97.23	2.77
PAN	-	375.00	405.00	30.00	1260.00	99.60	0.40

Grain Size Distribution Curve



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบ Compaction

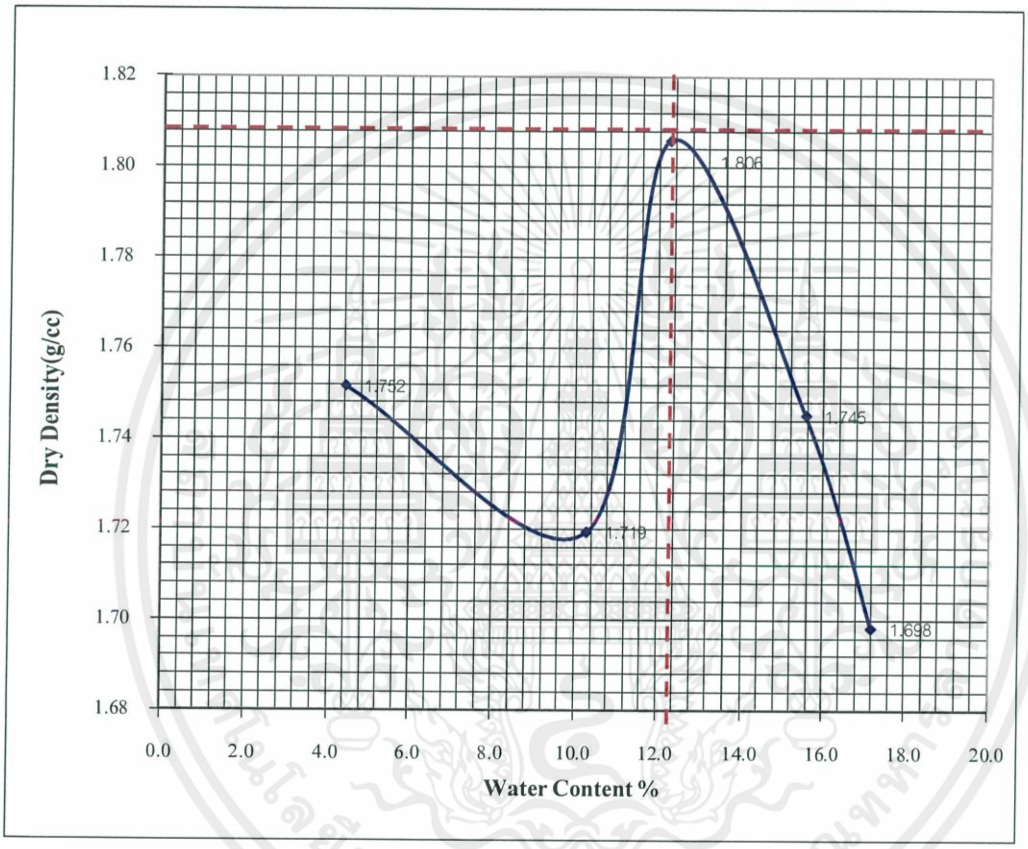
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 1 Compaction ของดินทราย

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	-
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modified Proctor



Maximum Dry Density = 1.805 g/cc

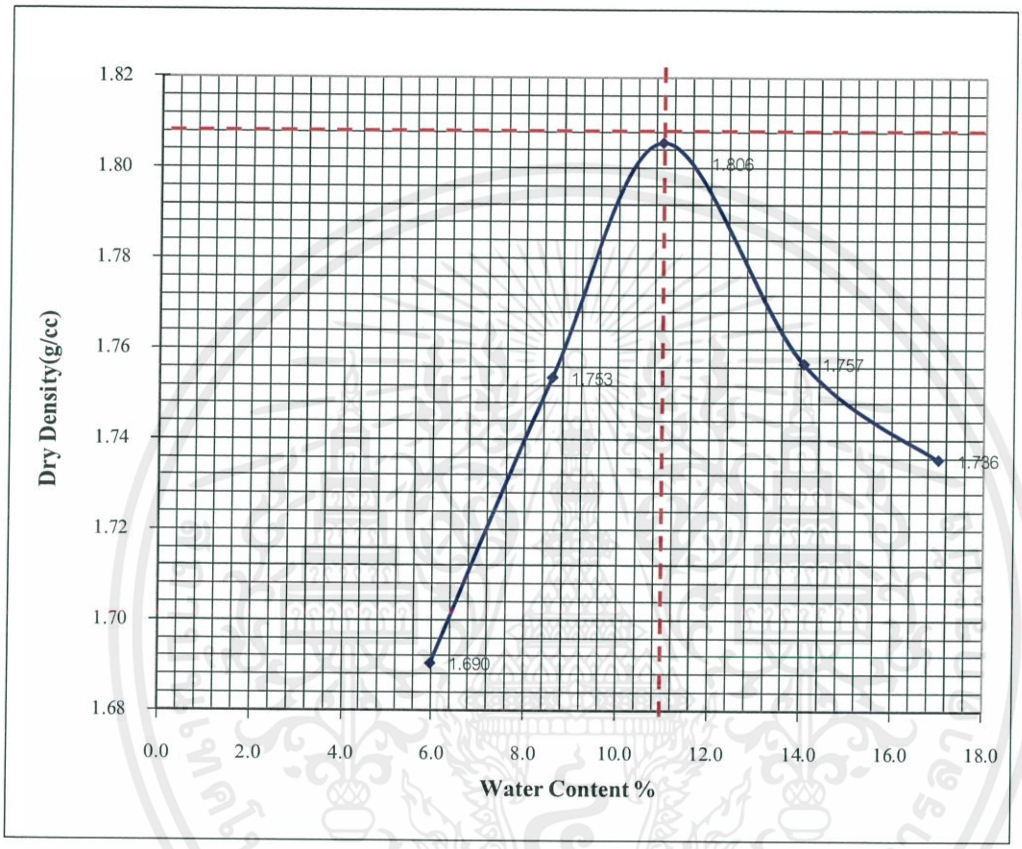
Optimum Moisture Content = 12.20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	60
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	20/2/2013
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modified Proctor



Maximum Dry Density = 1.806 g/cc

Optimum Moisture Content = 10.80 %

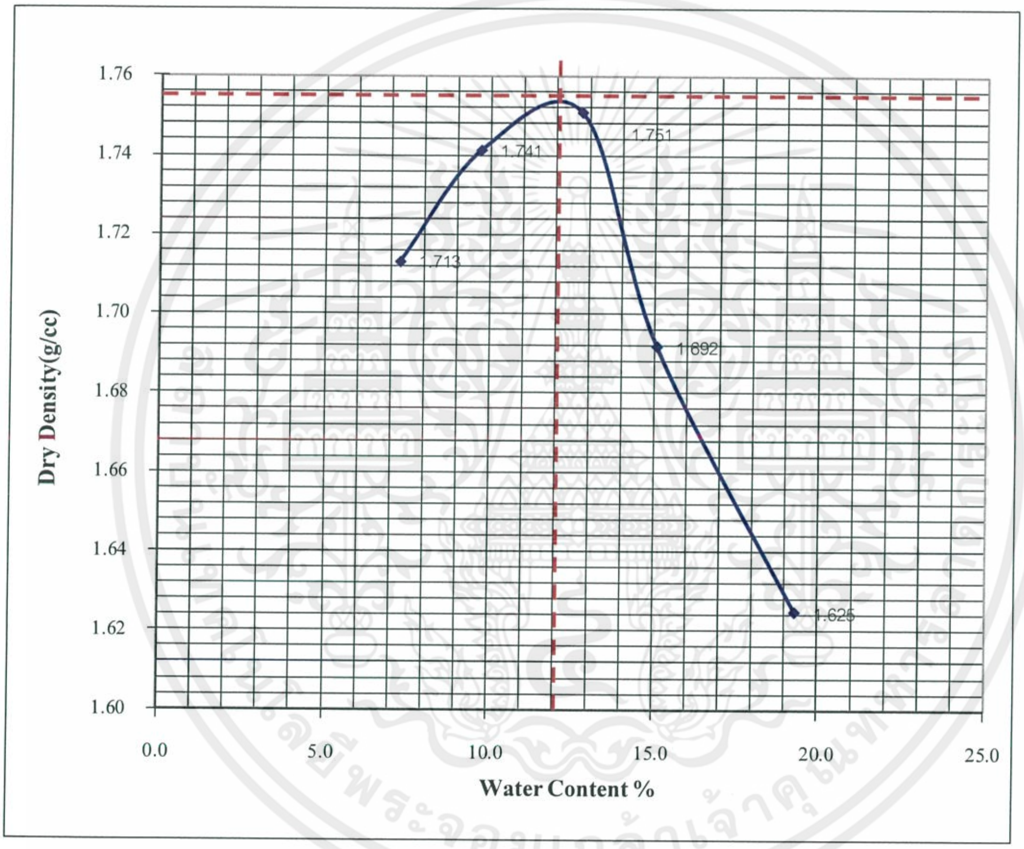
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	60
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	20/9/2018
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modified Proctor



Maximum Dry Density = 1.754 g/cc

Optimum Moisture Content = 12.00 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

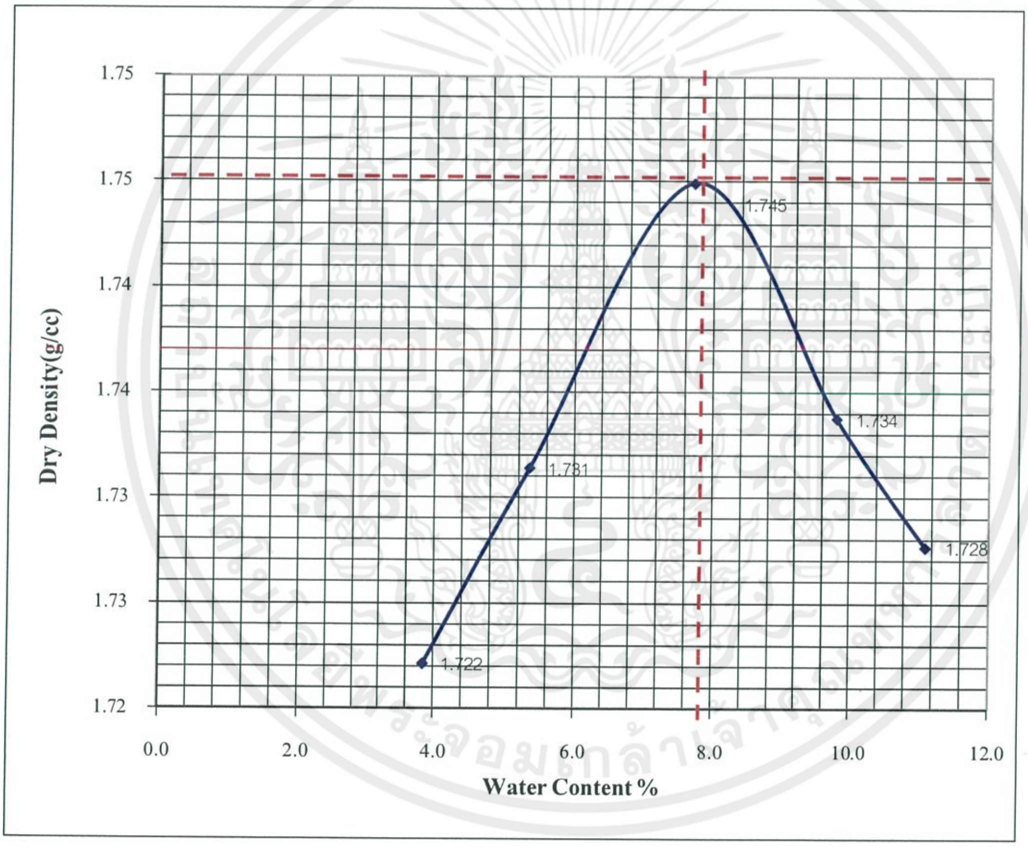
ตารางที่ ข 2 Compaction ของดินทรายผสม PU 1%

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modify



Maximum Dry Density	=	**1.750**	**g/cc**
Optimum Moisture Content =		**7.90**	**%**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project : Soil Laboratory Testing

Req. No :

Location : -

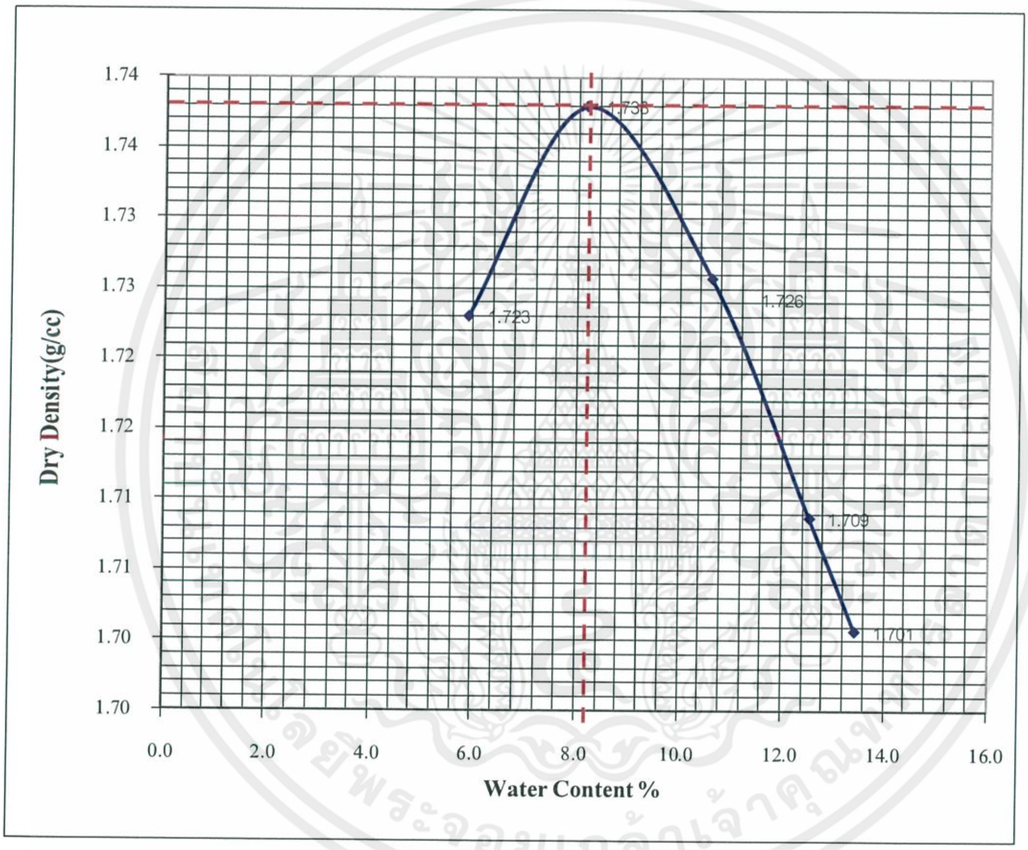
Date of Request : -

Sample From : Lab 5 Compaction

Date of Testing :

Sample Description : ดินทราย

Type of Testing Modify



Maximum Dry Density = **1.740** **g/cc**

Optimum Moisture Content = **8.20** **%**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

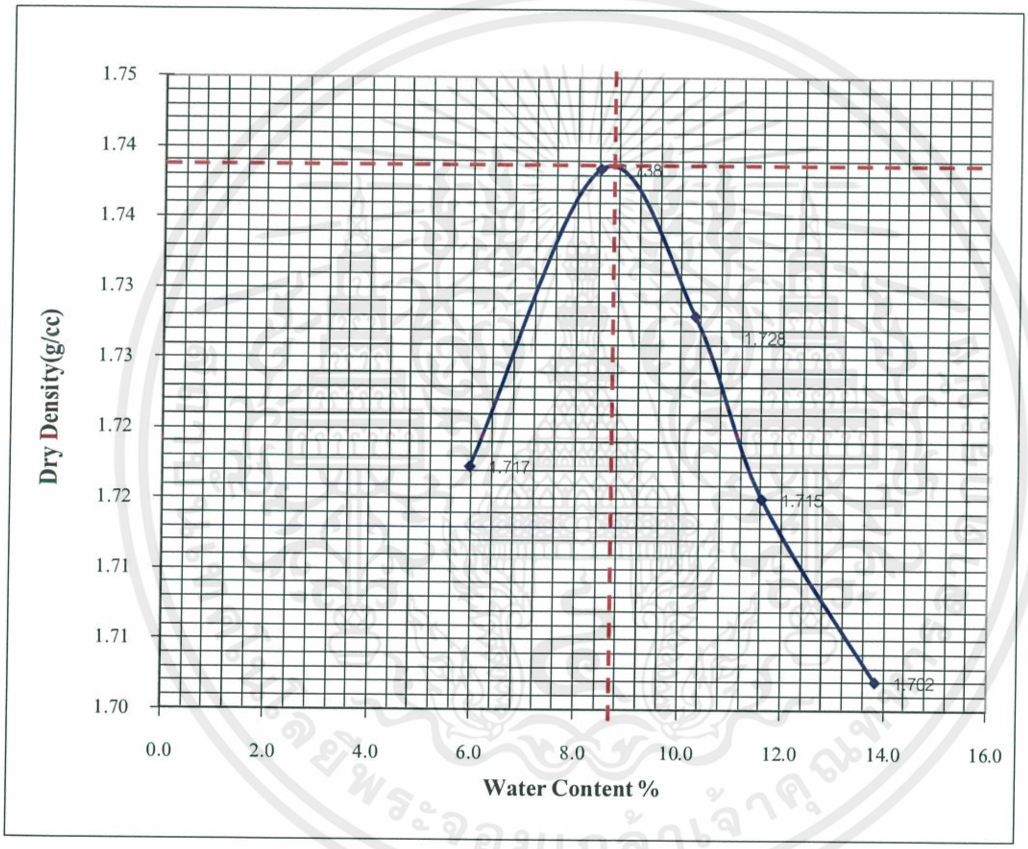
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	1 **Req. No :**	
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modify



Maximum Dry Density	=	**1.740**	**g/cc**
Optimum Moisture Content =		**8.60**	**%**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

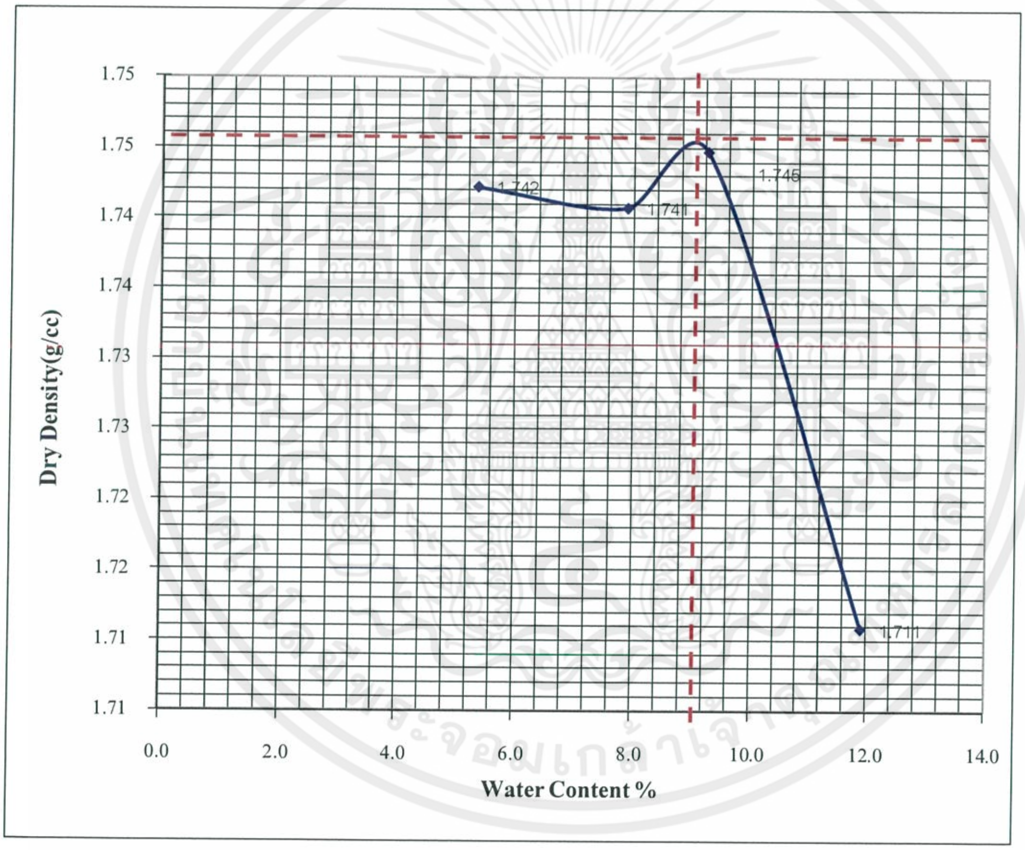
ตารางที่ ข 3 Compaction ของดินทรายผสม PU 3%

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	
Location :	-	**Date of Request :**	
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modify



Maximum Dry Density	=	**1.750**	**g/cc**
Optimum Moisture Content	=	**9.10**	**%**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

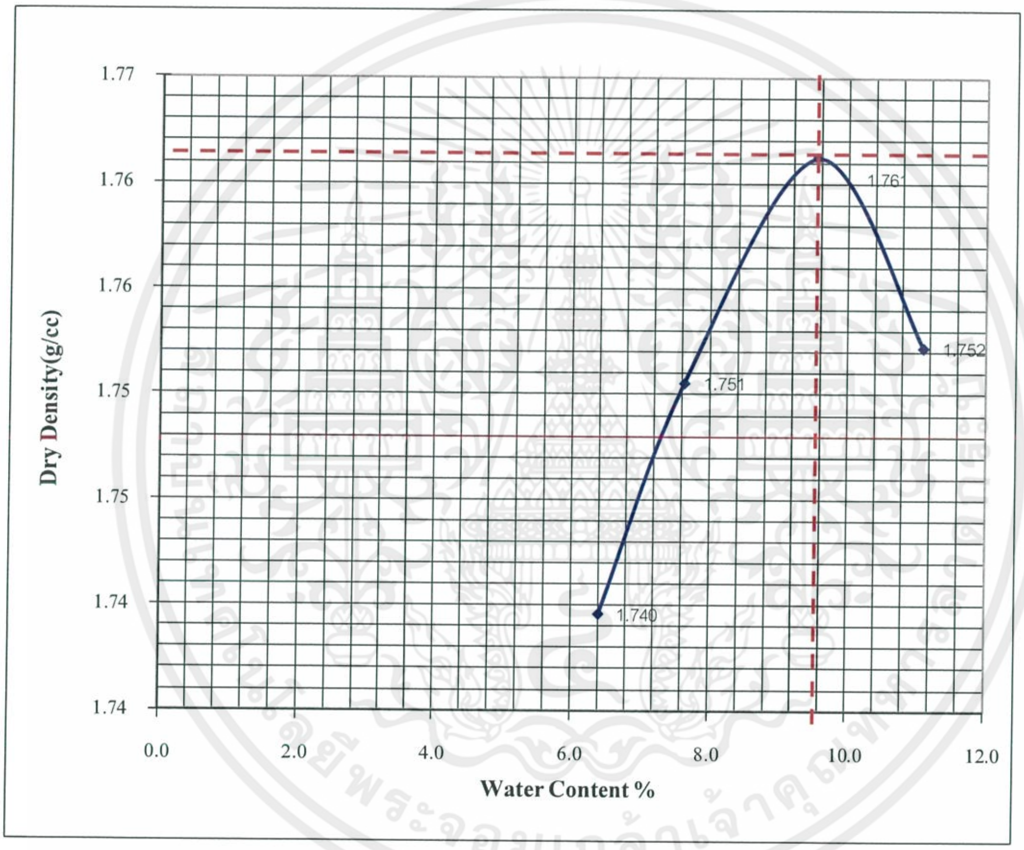
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modify



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

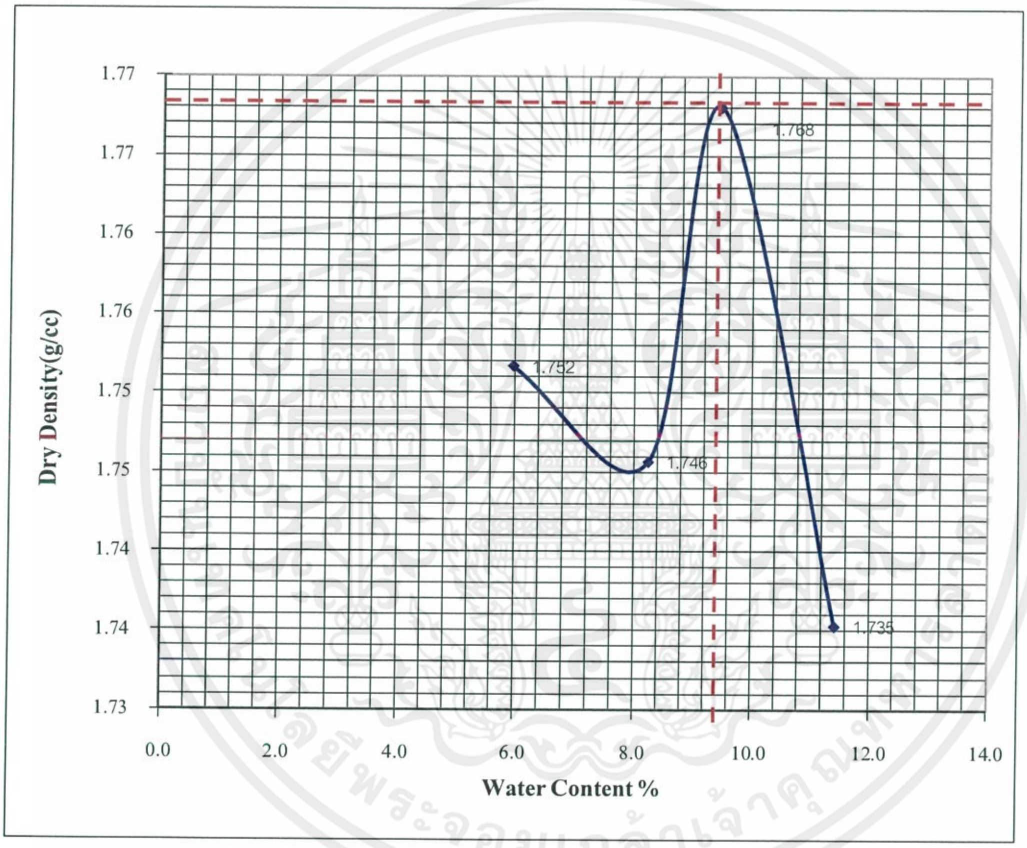
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modify



Maximum Dry Density = 1.770 g/cc

Optimum Moisture Content = 9.20 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข 4 Compaction ของดินทรายผสม PU 5%

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

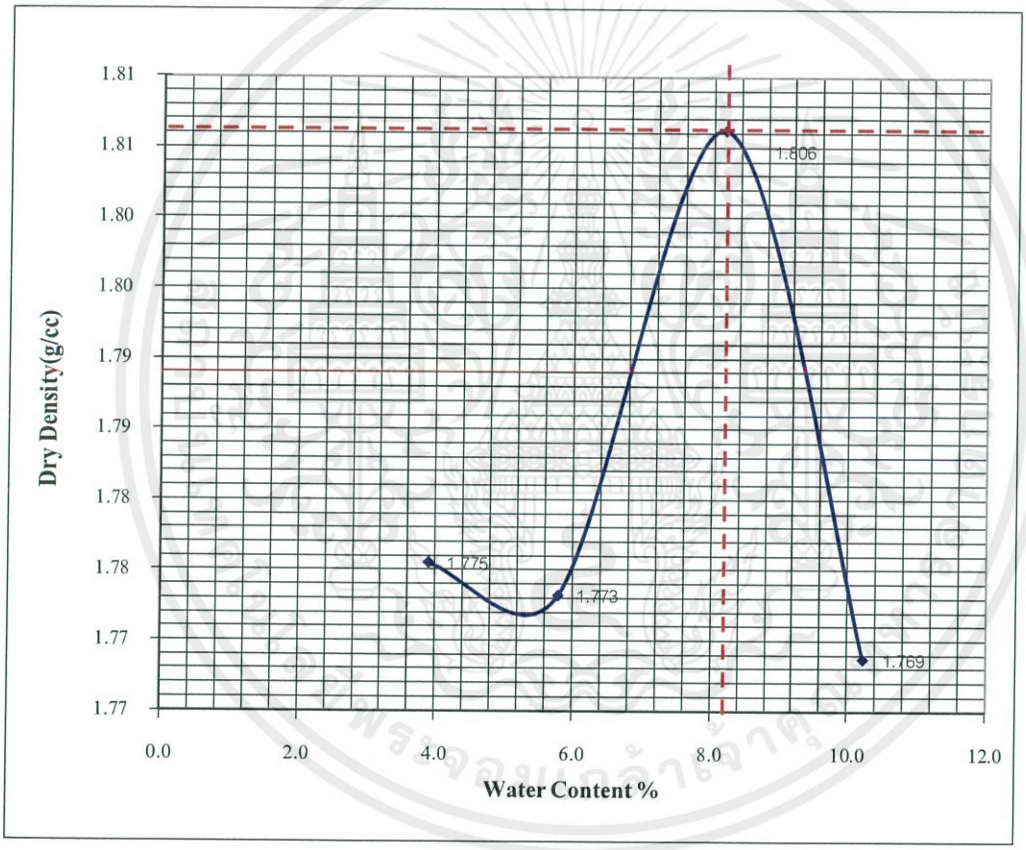
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modify



Maximum Dry Density	=	**1.810**	**g/cc**
Optimum Moisture Content =		**8.20**	**%**

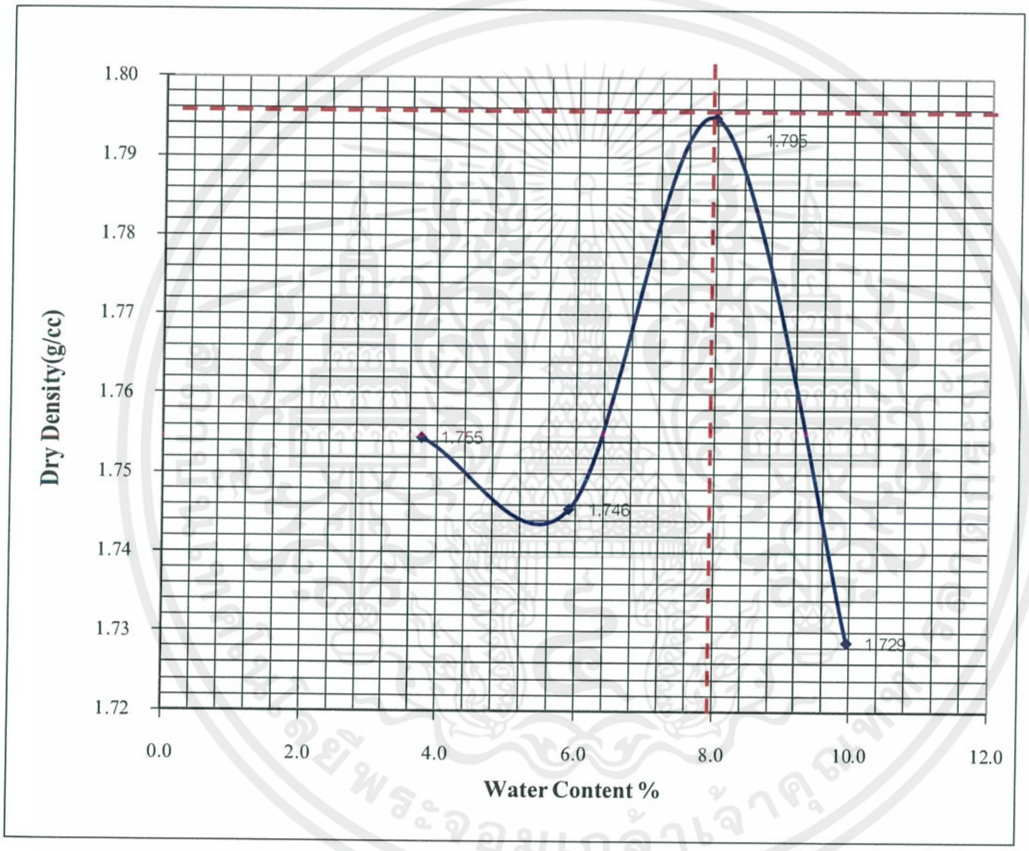
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modify



Maximum Dry Density = 1.790 g/cc

Optimum Moisture Content = 8.00 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

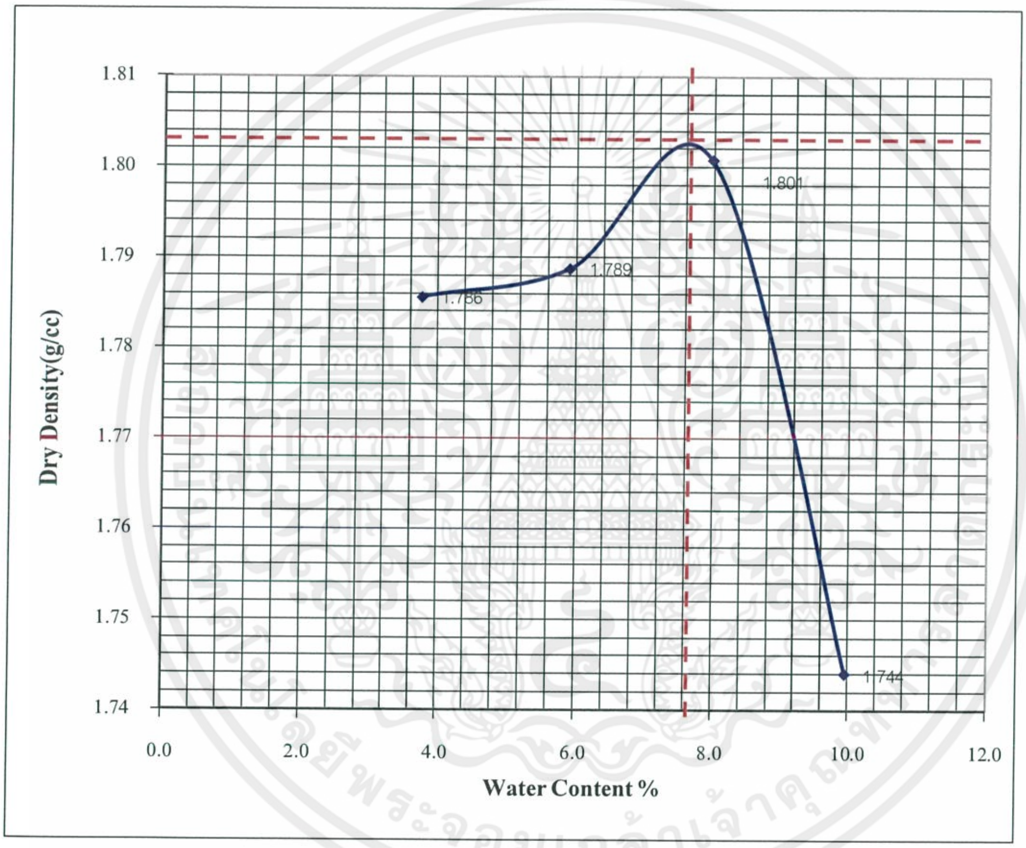
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 02 - 329 - 8333

COMPACTION TEST

(Refer to ASTM D698)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No :**	
Location :	-	**Date of Request :**	-
Sample From :	Lab 5 Compaction	**Date of Testing :**	
Sample Description :	ดินทราย	**Type of Testing**	Modify



Maximum Dry Density = 1.800 g/cc

Optimum Moisture Content = 7.90 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบ California Bearing Ratio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

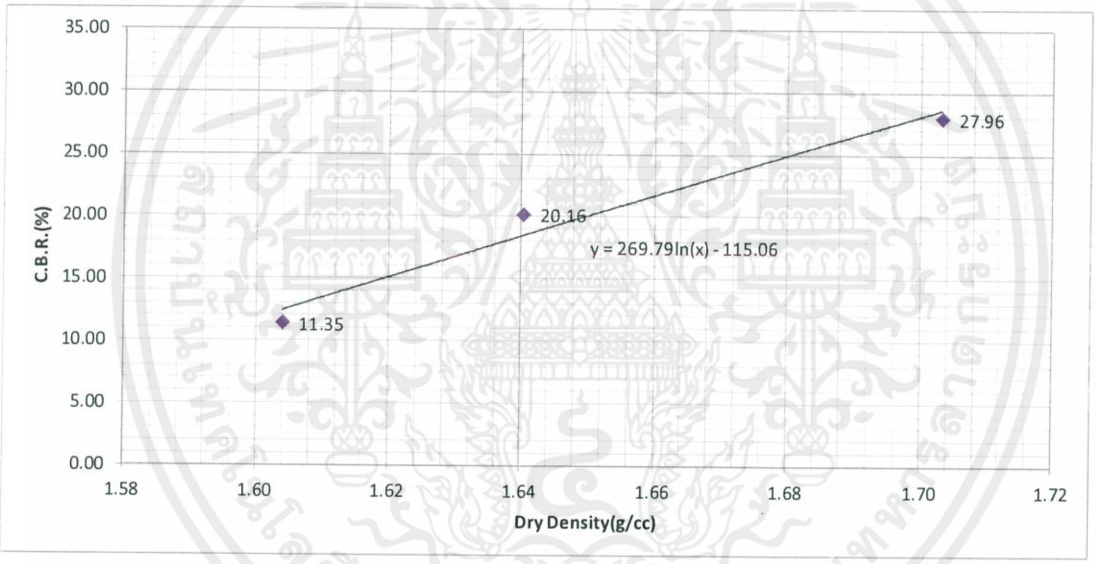
ตารางที่ ค 1 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทราย

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane
Location : -
Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)
Sample Description : ทราย
Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.60	11.35	-
25	1.64	20.16	-
56	1.70	27.96	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.790 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.701 g/cc. C.B.R. = 28 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

Location : -

Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)

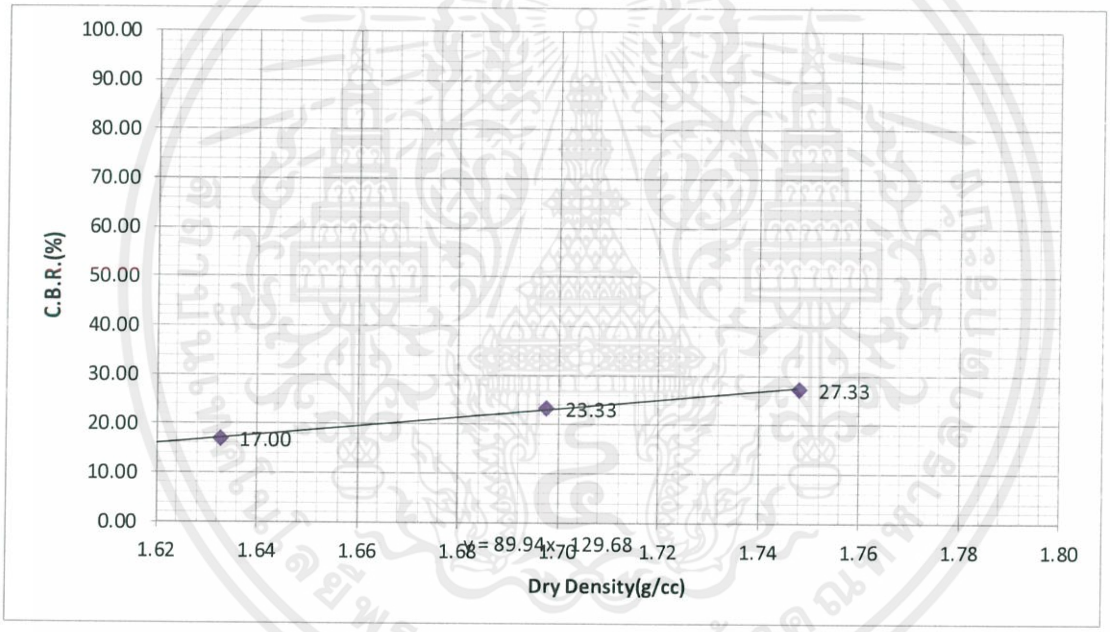
Sample Description : 0

Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.63	17.00	-
25	1.70	23.33	-
56	1.75	27.33	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.79 g/cc.

95% Compaction (Modified Proctor) 1.70 g/cc. C.B.R. 23 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

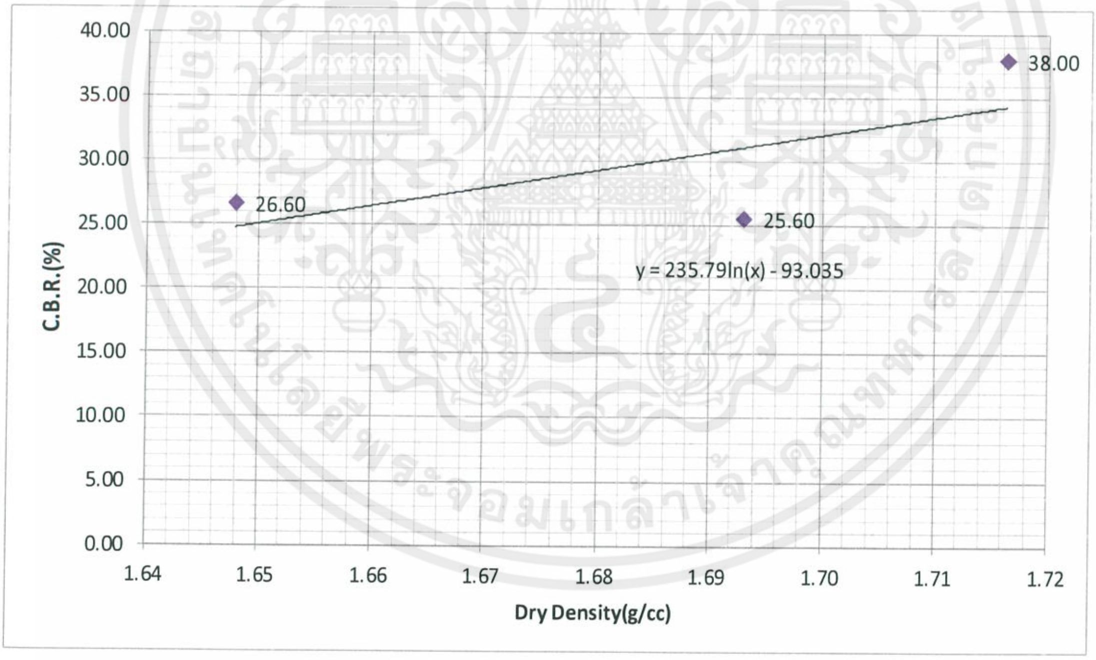
ตารางที่ ค 2 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 1 % หลังทิ้งไว้ 1 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane
Location : - -
Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)
Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.69	25.60	-
25	1.65	26.60	-
56	1.72	38.00	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.75 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.66 g/cc. C.B.R. 26.5 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

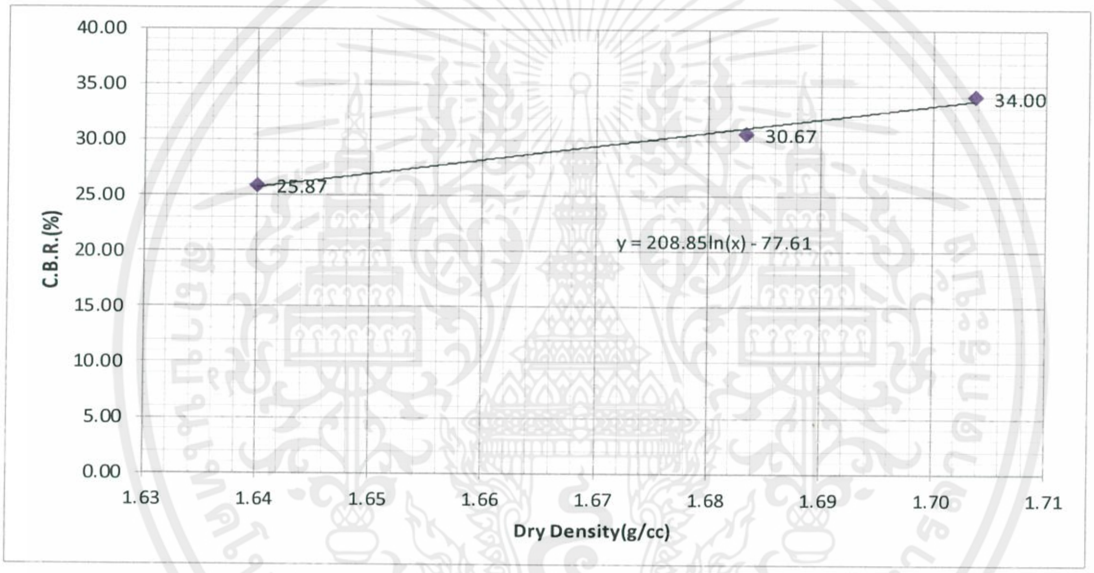
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane
Location : -
Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)
Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.64	25.87	-
25	1.68	30.67	-
56	1.70	34.00	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.75 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.66 g/cc. C.B.R. 28.2 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

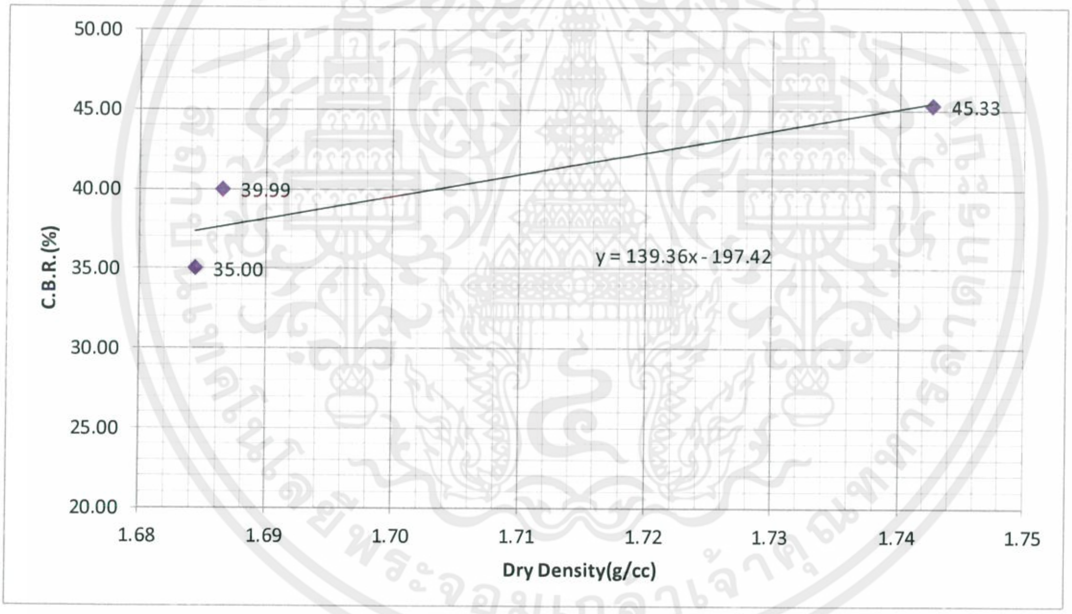
ตารางที่ ค 3 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 1 % หลังทิ้งไว้ 2 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane
Location : -
Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)
Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.68	35.00	-
25	1.69	39.99	-
56	1.74	45.33	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.75 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.66 g/cc. C.B.R. 33.9 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

Location : -

Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)

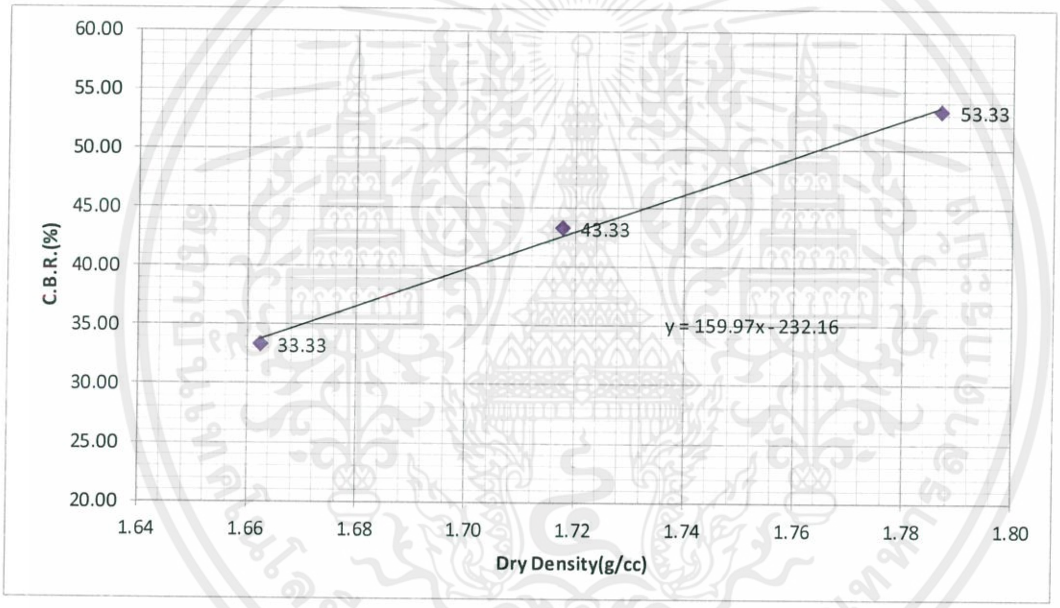
Sample Description : 0

Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.66	33.33	-
25	1.72	43.33	-
56	1.79	53.33	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.75 g/cc.

95% Compaction (Modified Proctor) 1.66 g/cc. C.B.R. 33.3 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

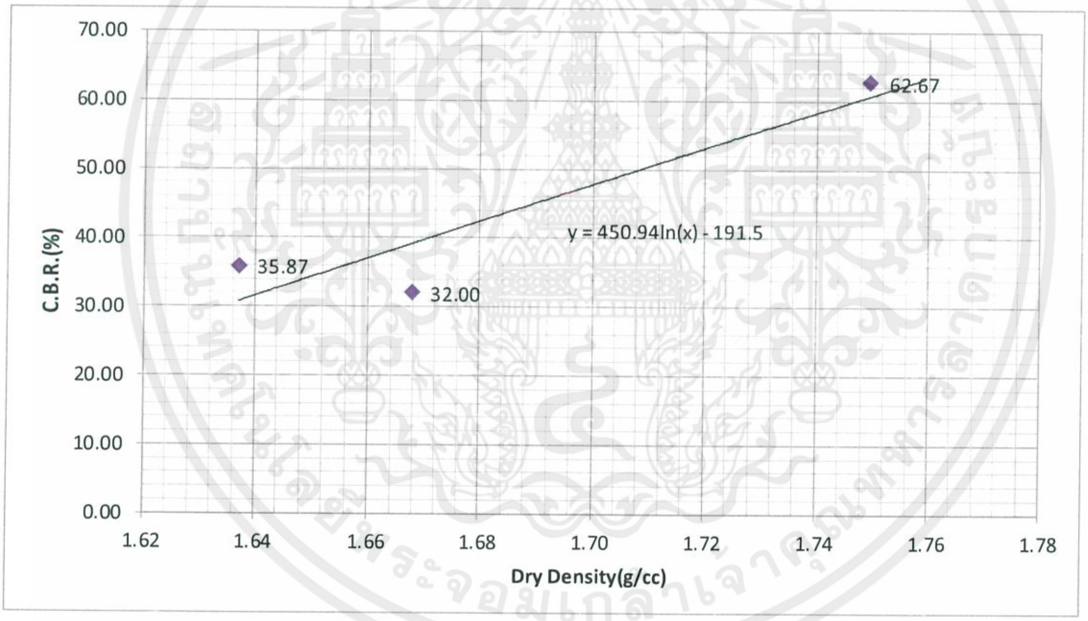
ตารางที่ ค 4 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 1 % หลังทิ้งไว้ 6 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane
Location : -
Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)
Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.64	35.87	-
25	1.67	32.00	-
56	1.75	62.67	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.75 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.66 g/cc. C.B.R. 37.7 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

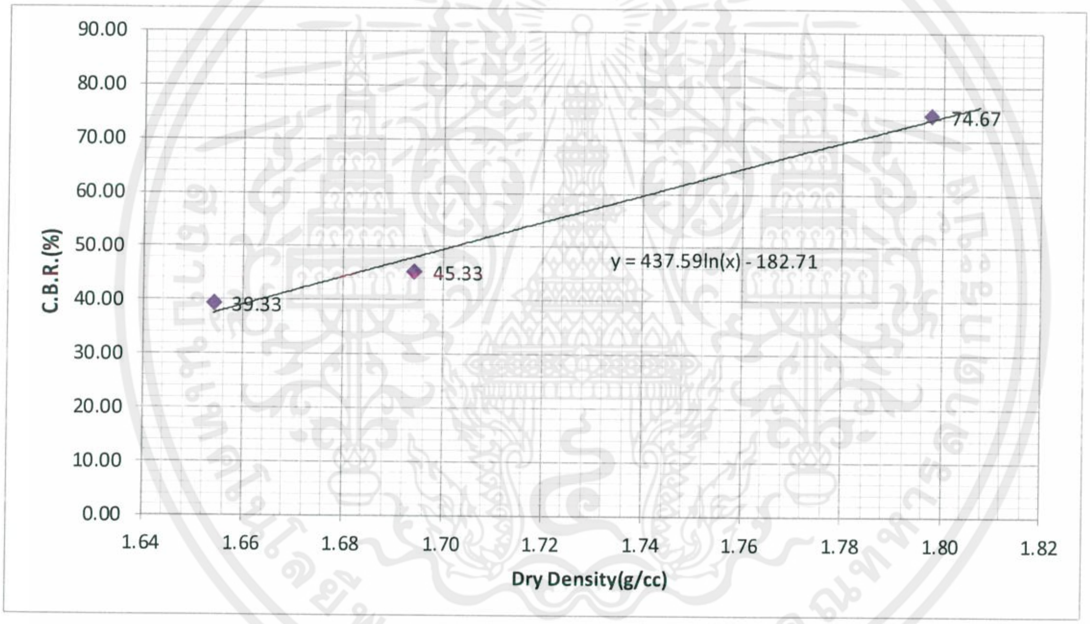
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane
Location : -
Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)
Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.65	39.33	-
25	1.69	45.33	-
56	1.80	74.67	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.75 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.66 g/cc. C.B.R. 39.1 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 5 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 3 % หลังทิ้งไว้ 1 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Mu

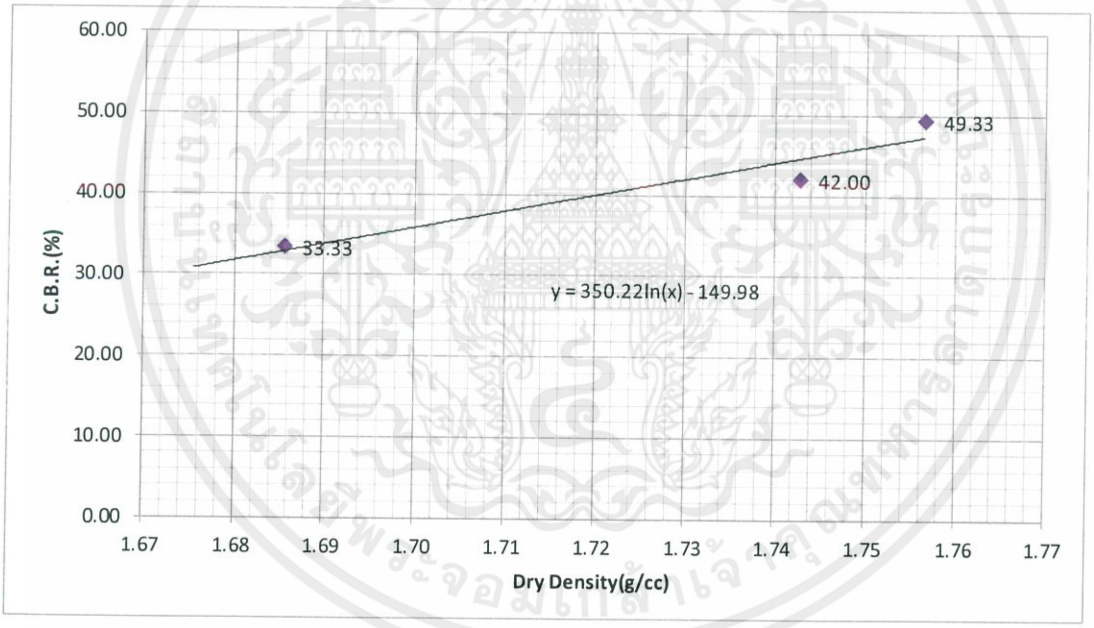
Location : -

Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)

Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.69	33.33	-
25	1.74	42.00	-
56	1.76	49.33	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.77 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.68 g/cc. C.B.R. 31.7 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Mu

Location : -

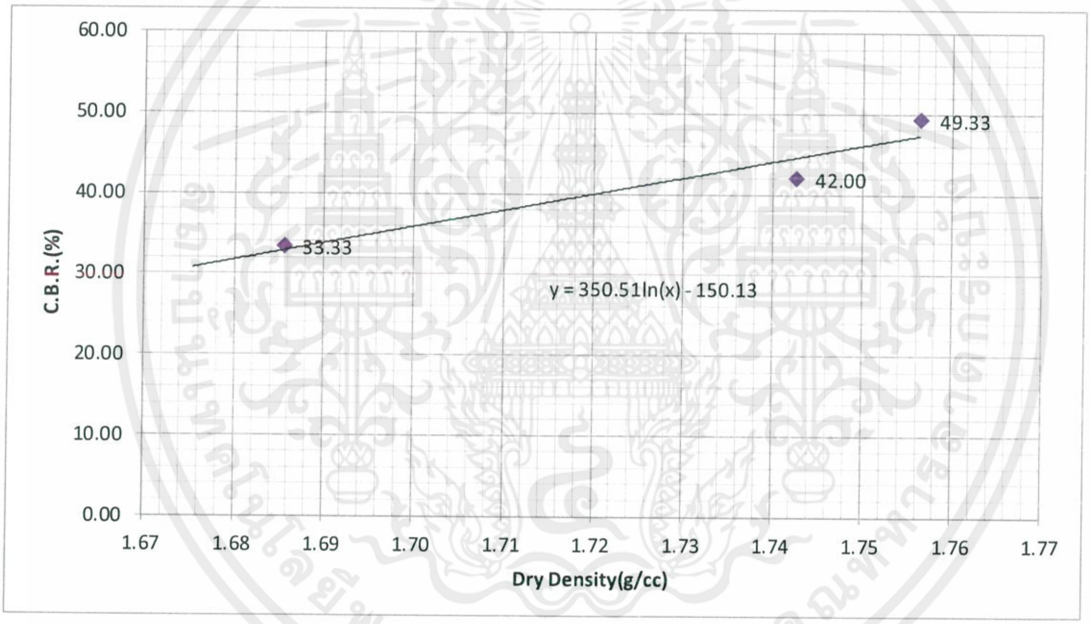
Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)

Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.69	33.33	-
25	1.74	42.00	-
56	1.76	49.33	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.77 g/cc.

95% Compaction (Modified Proctor) 1.68 g/cc. C.B.R. 31.7 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 6 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 3 % หลังทิ้งไว้ 2 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

Location : -

Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)

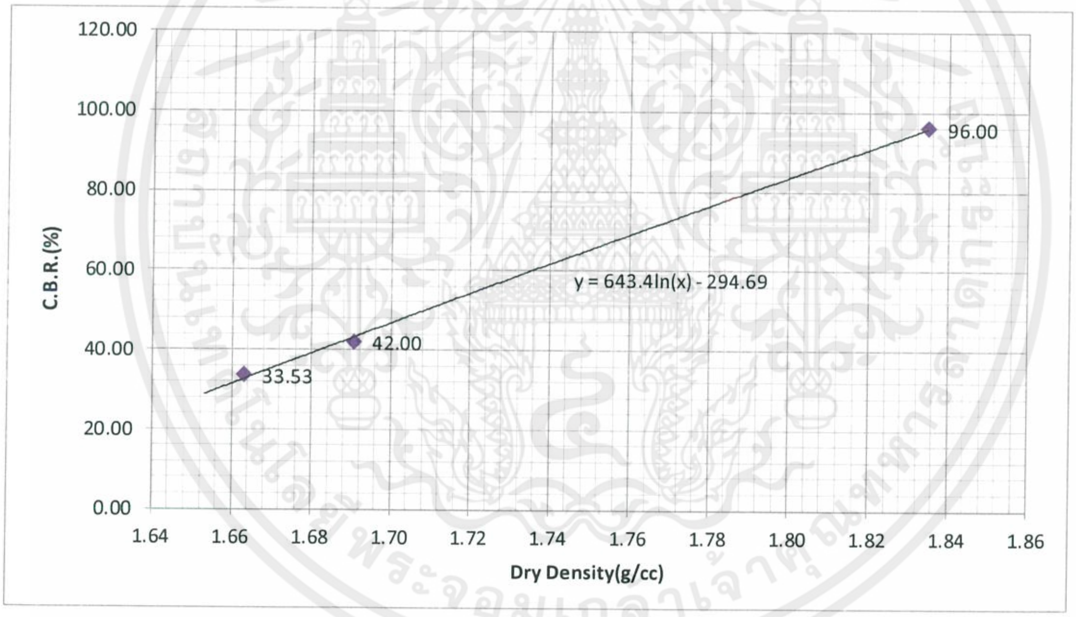
Sample Description : 0

Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.66	33.53	-
25	1.69	42.00	-
56	1.83	96.00	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.77 g/cc.

95% Compaction (Modified Proctor) 1.68 g/cc. C.B.R. 39.1 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

Location : -

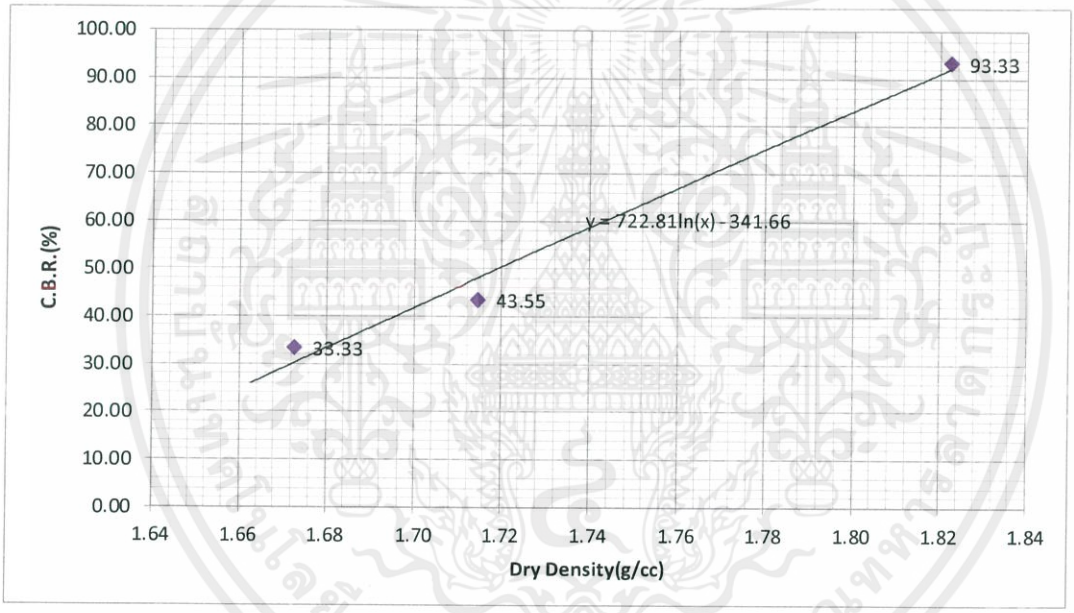
Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)

Sample Description : 0

Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.67	33.33	-
25	1.71	43.55	-
56	1.82	93.33	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.77 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.68 g/cc. C.B.R. 33.3 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 7 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 3 % หลังทิ้งไว้ 6 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

Location : -

Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)

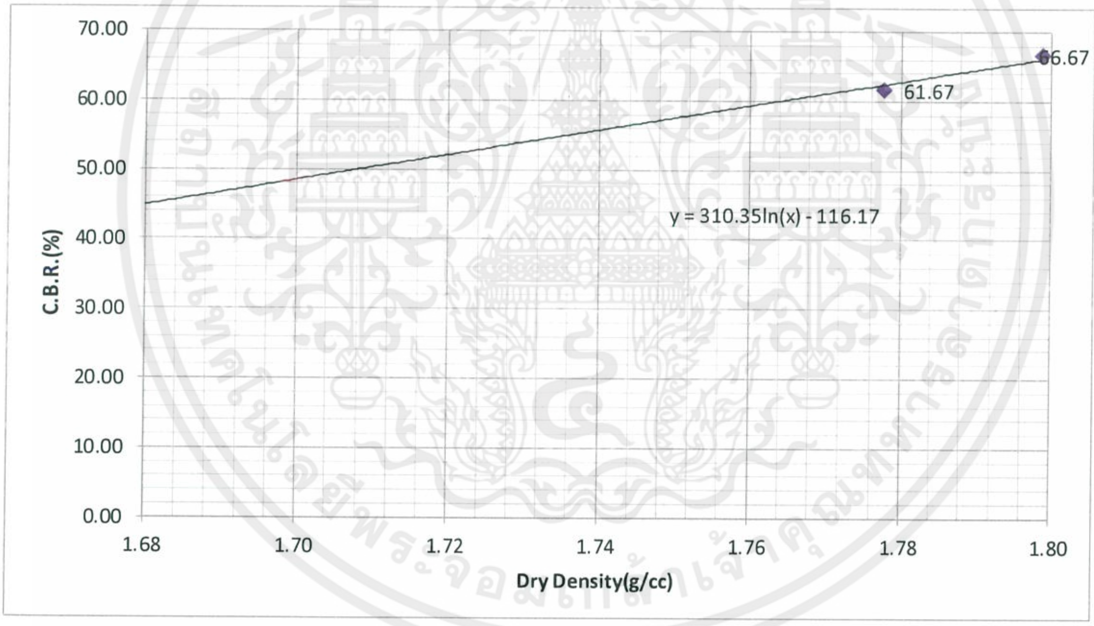
Sample Description : 0

Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.61	32.53	-
25	1.78	61.67	-
56	1.80	66.67	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.77 g/cc.

95% Compaction (Modified Proctor) 1.68 g/cc. C.B.R. 44.8 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

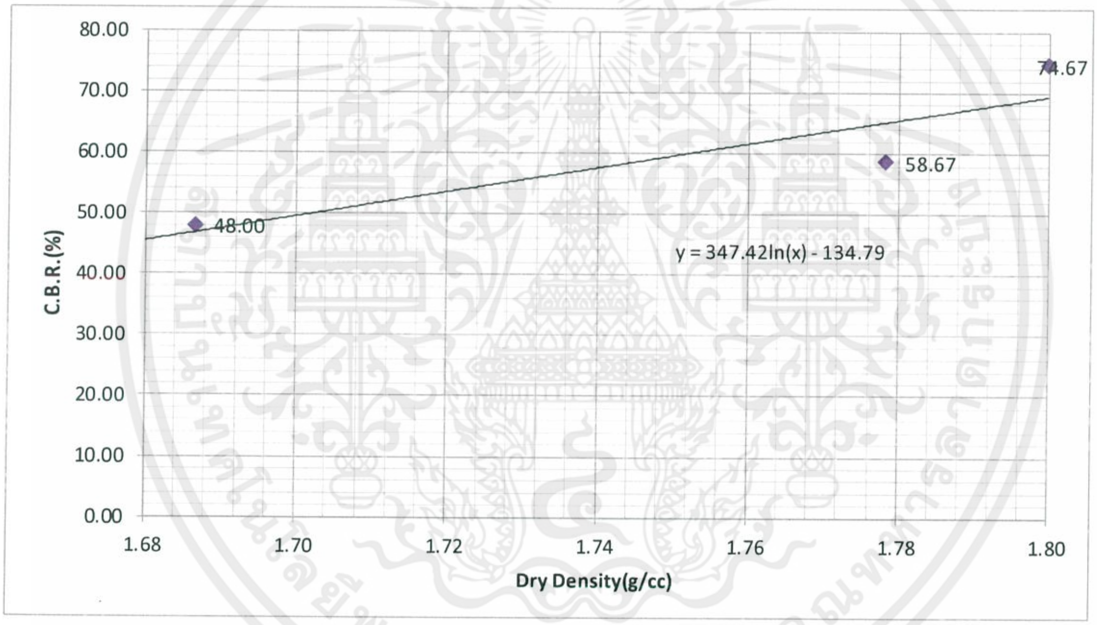
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project :	Soil Laboratory Testing	**Req. No.**	60
Location :	-	**Req. Date :**	-
Sample From :	Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)	**Date of testing :**	6/10/2561
Sample Description :	0	**Type of Compaction :**	Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.69	48.00	-
25	1.78	58.67	-
56	1.80	74.67	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.77 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.68 g/cc. C.B.R. 45.5 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

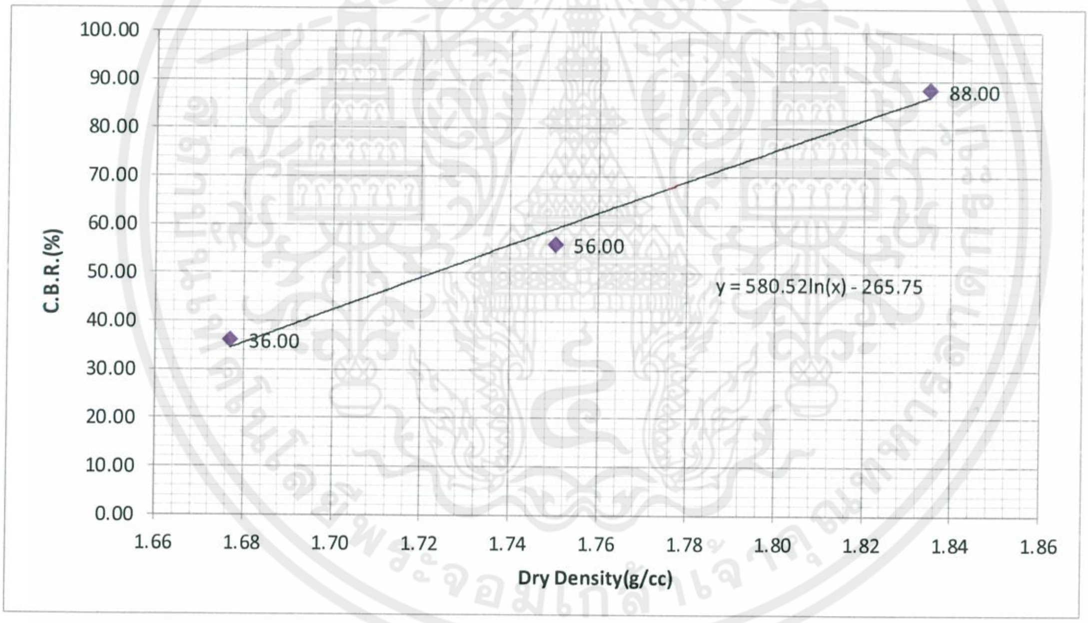
ตารางที่ ค 8 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 5 % หลังทิ้งไว้ 1 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane
Location : -
Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)
Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.68	36.00	-
25	1.75	56.00	-
56	1.83	88.00	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.80 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.71 g/cc. C.B.R. 45.7 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

Location : -

Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)

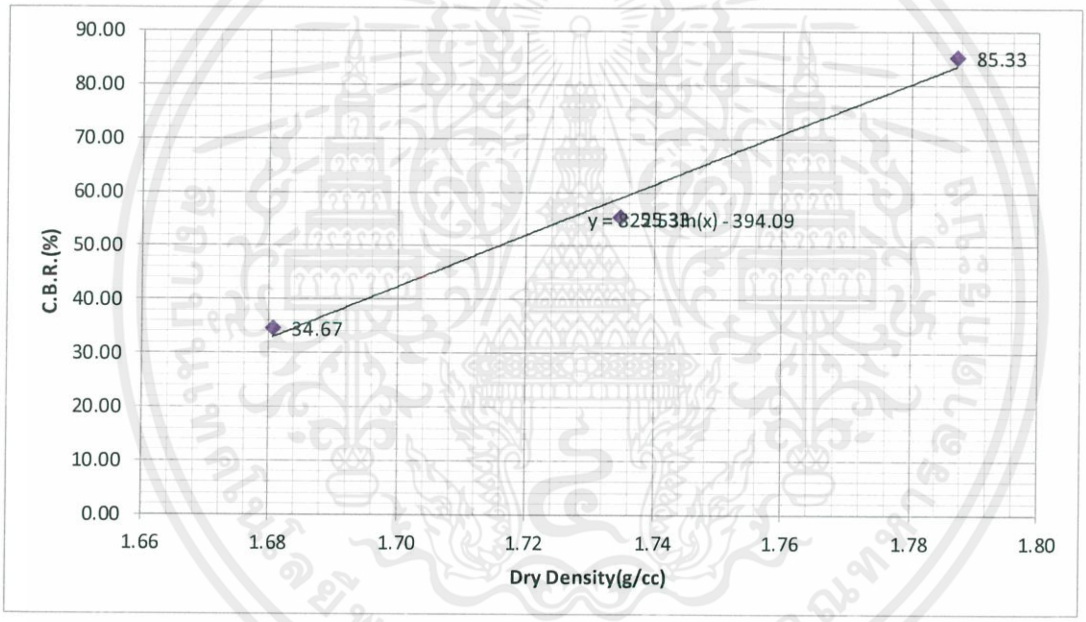
Sample Description : 0

Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.68	34.67	-
25	1.73	55.33	-
56	1.79	85.33	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.80 g/cc.

95% Compaction (Modified Proctor) 1.71 g/cc. C.B.R. 47 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 9 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 5 % หลังทิ้งไว้ 2 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

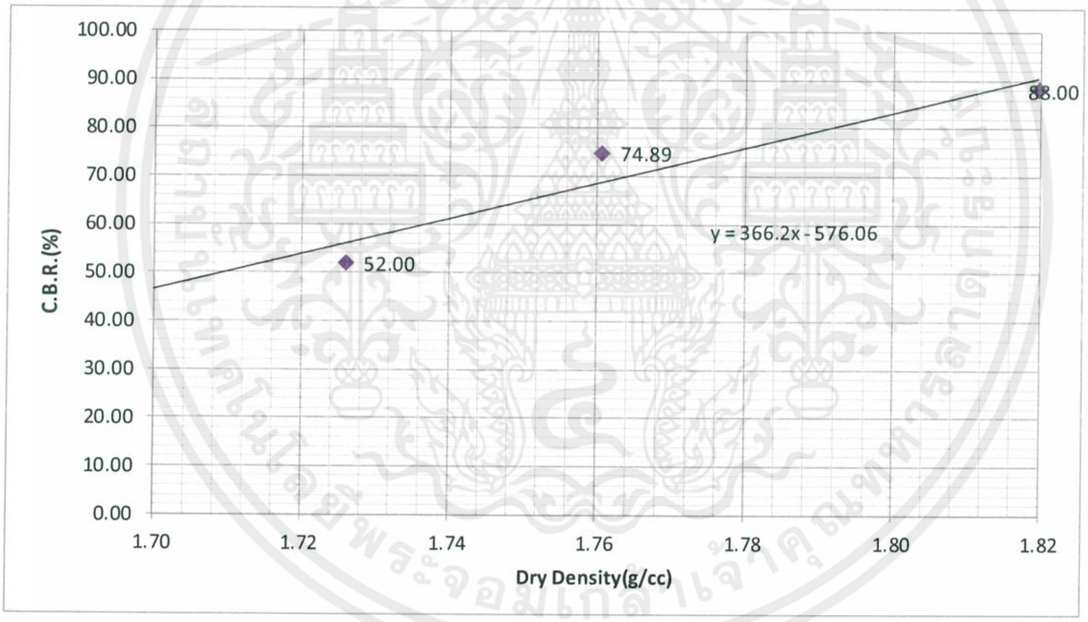
Location :

Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)

Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.73	52.00	-
25	1.76	74.89	-
56	1.82	88.00	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.80 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.71 g/cc. C.B.R. 50.1 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

Location : -

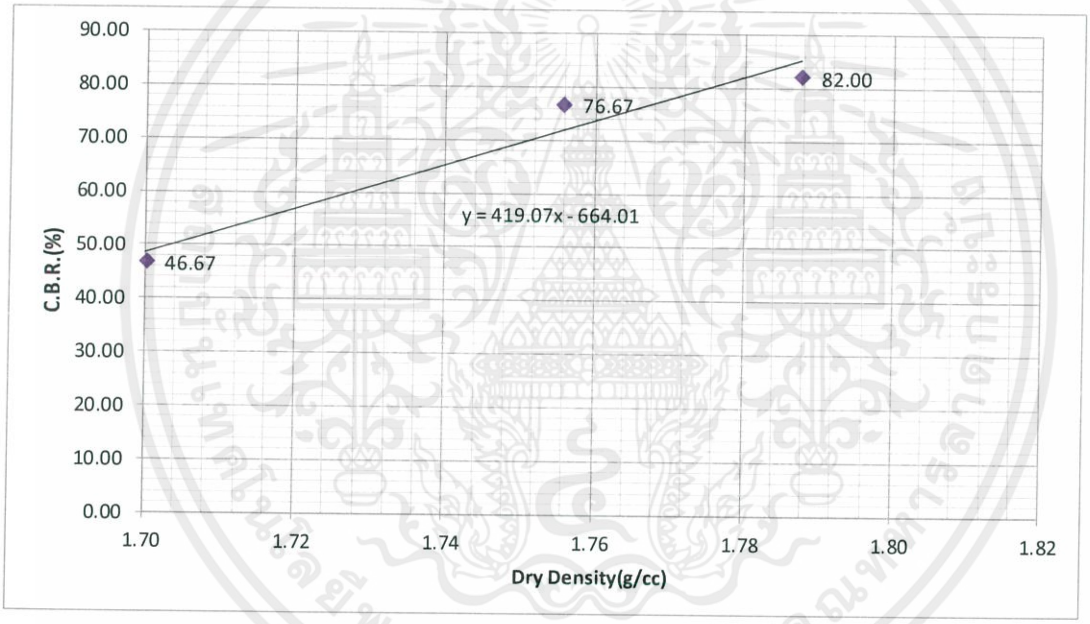
Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)

Sample Description : 0

Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.70	46.67	-
25	1.76	76.67	-
56	1.79	82.00	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.80 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.71 g/cc. C.B.R. 52 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

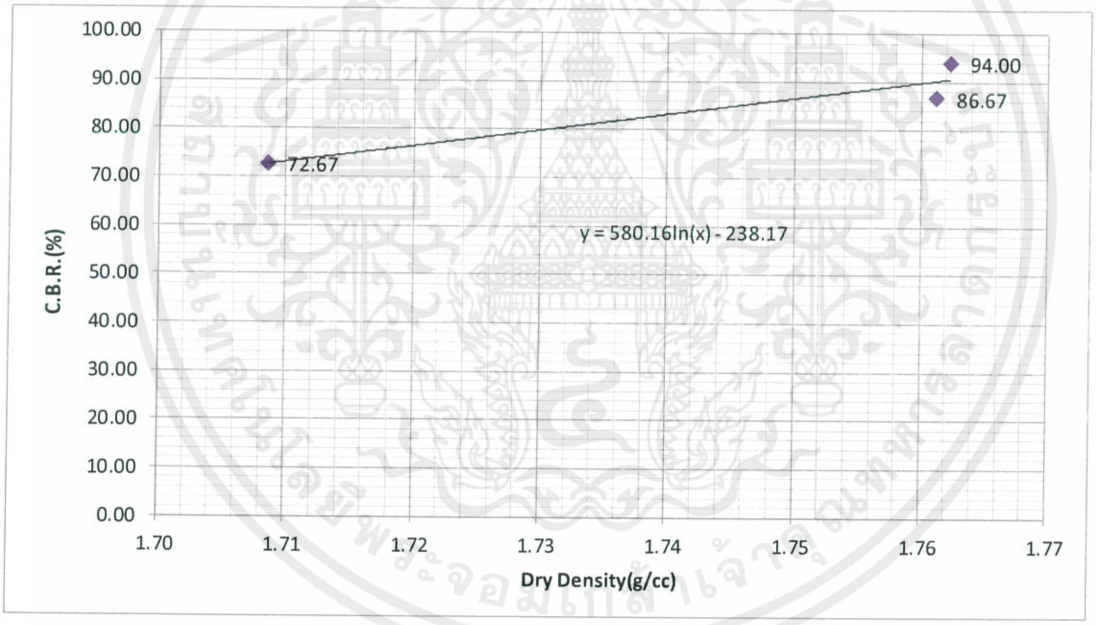
ตารางที่ ค 10 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 5 % หลังทิ้งไว้ 6 ชม.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane
Location :
Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)
Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.71	72.67	-
25	1.76	94.00	-
56	1.76	86.67	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.80 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.71 g/cc. C.B.R. 73.1 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

Location : -

Sample From : Lab 6 C.B.R. (Unsoaked)

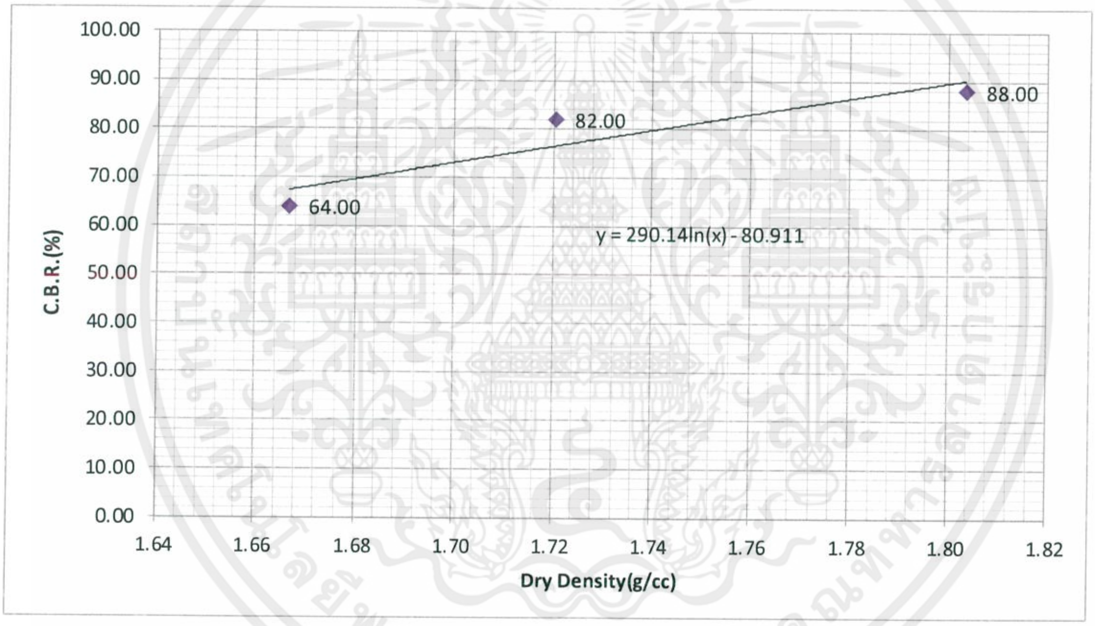
Sample Description : 0

Type of Compaction : Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.67	64.00	-
25	1.72	82.00	-
56	1.80	88.00	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.80 g/cc.

95% Compaction (Modified Proctor) 1.71 g/cc. C.B.R. 75 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค 11 ผลการทดสอบ C.B.R. Test ของดินทรายที่ผสมสาร PU 5 % หลังทิ้งไว้ 14 วัน

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
SUMMARY OF RESULTS (CBR-UNSOAKED)
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

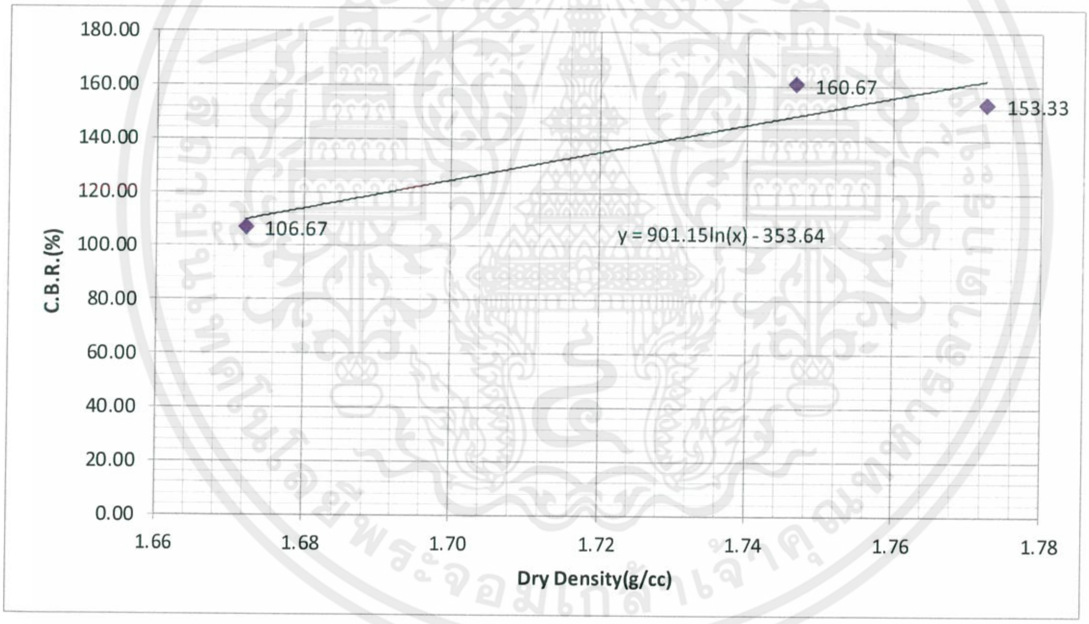
Location : -

Sample From : C.B.R.(UNSOAKED)

Sample Description : 0 **Type of Compaction :** Modified Proctor

No. of Blows	Density (g/cc.)	C.B.R. (%)	SWELL (%)
12	1.67	106.67	-
25	1.75	160.67	-
56	1.77	153.33	-

100% Compaction (Modified Proctor) 1.80 g/cc.
95% Compaction (Modified Proctor) 1.71 g/cc. C.B.R. 129.9 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบ Field California Bearing Ratio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 1 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test บนแปลงคอนกรีต

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.70
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	182.00	60.67
0.050	224.00	74.67
0.075	245.00	81.67
0.100	273.00	91.00
0.150	306.60	102.20
0.200	315.00	105.00
0.250	322.00	107.33
0.300	322.00	107.33
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.1" =	9.10	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.70
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	140.00	46.67
0.050	217.00	72.33
0.075	274.40	91.47
0.100	327.60	109.20
0.150	394.80	131.60
0.200	420.00	140.00
0.250	427.00	142.33
0.300	427.00	142.33
0.400	427.00	142.33
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.1" =	10.90	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 2 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 1 วันบนแปลงคอนกรีต

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.64
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	247.15	82.38
0.050	411.92	137.31
0.075	597.28	199.09
0.100	756.90	252.30
0.150	1040.10	346.70
0.200	1210.02	403.34
0.250	1297.55	432.52
0.300	1333.59	444.53
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.2" =	26.89	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	102.98	34.33
0.050	211.11	70.37
0.075	329.54	109.85
0.100	473.71	157.90
0.150	756.90	252.30
0.200	1004.06	334.69
0.250	1235.76	411.92
0.300	1287.25	429.08
0.400	0.00	0.00
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.2" =	23.67	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 3 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 3 วันบนแปลงคอนกรีต

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.64
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	329.54	109.85
0.050	602.43	200.81
0.075	782.65	260.88
0.100	988.61	329.54
0.150	1467.47	489.16
0.200	1441.72	480.57
0.250	0.00	0.00
0.300	0.00	0.00
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.1" =	32.99	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.56
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	205.96	68.65
0.050	386.18	128.73
0.075	520.05	173.35
0.100	720.86	240.29
0.150	875.33	291.78
0.200	901.08	300.36
0.250	901.08	300.36
0.300		
0.400		
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.1" =	24.01	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 4 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 7 วันบนแปลงคอนกรีต

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	386.18	128.73
0.050	720.86	240.29
0.075	1045.25	348.42
0.100	1343.89	447.96
0.150	1709.47	569.82
0.200	2075.05	691.68
0.250	2389.14	796.38
0.300	0.00	0.00
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.2" =	46.11	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.56
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	267.75	89.25
0.050	592.14	197.38
0.075	926.82	308.94
0.100	1220.31	406.77
0.150	1585.89	528.63
0.200	1905.13	635.04
0.250	0.00	0.00
0.300	0.00	0.00
0.400	0.00	0.00
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.2" =	42.34	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 5 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 14 วันบนแปลงคอนกรีต

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.56
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	396.47	132.16
0.050	746.61	248.87
0.075	952.57	317.52
0.100	1132.78	377.59
0.150	1544.70	514.90
0.200	1802.15	600.72
0.250	1956.62	652.21
0.300	0.00	0.00
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.2" =	40.05	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	484.01	161.34
0.050	834.14	278.05
0.075	1060.69	353.56
0.100	1379.93	459.98
0.150	1936.02	645.34
0.200	2214.07	738.02
0.250	2296.45	765.48
0.300	0.00	0.00
0.400	0.00	0.00
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.2" =	49.20	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 6 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 28 วันบนแปลงคอนกรีต

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	283.20	94.40
0.050	669.37	223.12
0.075	957.71	319.24
0.100	1400.53	466.84
0.150	1750.66	583.55
0.200	2100.79	700.26
0.250	2471.52	823.84
0.300	0.00	0.00
0.400	0.00	0.00
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.2" =	46.68	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	355.28	118.43
0.050	576.69	192.23
0.075	973.16	324.39
0.100	1292.40	430.80
0.150	1673.43	557.81
0.200	2183.18	727.73
0.250	2517.86	839.29
0.300	0.00	0.00
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.2" =	48.52	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 7 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test บนแปลงดินเหนียว

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.63
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	105.00	35.00
0.050	161.00	53.67
0.075	200.20	66.73
0.100	228.20	76.07
0.150	266.00	88.67
0.200	284.20	94.73
0.250	289.80	96.60
0.300	301.00	100.33
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.1" =	7.61	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.68
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	126.00	42.00
0.050	221.20	73.73
0.075	261.80	87.27
0.100	280.00	93.33
0.150	295.40	98.47
0.200	305.20	101.73
0.250	294.00	98.00
0.300	294.00	98.00
0.400	294.00	98.00
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.1" =	9.33	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 8 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 1 วันบนแปลงดินเหนียว

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.64
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	123.58	41.19
0.050	386.18	128.73
0.075	509.75	169.92
0.100	581.84	193.95
0.150	643.63	214.54
0.200	736.31	245.44
0.250	823.84	274.61
0.300	875.33	291.78
0.400	0.00	0.00
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.1" =	19.40	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.49
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	190.51	63.50
0.050	216.26	72.09
0.075	252.30	84.10
0.100	334.69	111.56
0.150	463.41	154.47
0.200	561.24	187.08
0.250	617.88	205.96
0.300	689.97	229.99
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.2" =	12.47	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 9 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 3 วันบนแปลงดินเหนียว

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muc

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	216.26	72.09
0.050	319.24	106.41
0.075	411.92	137.31
0.100	489.16	163.05
0.150	628.18	209.39
0.200	751.75	250.58
0.250	803.24	267.75
0.300	844.44	281.48
0.400	865.03	288.34
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.2" =	16.71	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	185.36	61.79
0.050	303.79	101.26
0.075	417.07	139.02
0.100	525.20	175.07
0.150	720.86	240.29
0.200	823.84	274.61
0.250	906.22	302.07
0.300	942.27	314.09
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.2" =	18.31	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 10 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 7 วันบนแปลงดินเหนียว

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.46
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	205.96	68.65
0.050	262.60	87.53
0.075	324.39	108.13
0.100	406.77	135.59
0.150	473.71	157.90
0.200	535.50	178.50
0.250	550.94	183.65
0.300	0.00	0.00
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.1" =	13.56	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	159.62	53.21
0.050	303.79	101.26
0.075	458.26	152.75
0.100	566.39	188.80
0.150	828.99	276.33
0.200	1024.65	341.55
0.250	1163.67	387.89
0.300	1276.95	425.65
0.400	1395.38	465.13
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.2" =	22.77	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 11 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 14 วัน บนแปลงดินเหนียว

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.56
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	190.51	63.50
0.050	329.54	109.85
0.075	463.41	154.47
0.100	556.09	185.36
0.150	669.37	223.12
0.200	767.20	255.73
0.250	0.00	0.00
0.300	0.00	0.00
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.1" =	18.54	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	154.47	51.49
0.050	283.20	94.40
0.075	494.30	164.77
0.100	689.97	229.99
0.150	823.84	274.61
0.200	968.01	322.67
0.250	1101.89	367.30
0.300	1132.78	377.59
0.400	0.00	0.00
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.2" =	23.00	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง 12 ผลการทดสอบ C.B.R. Field Test ของดินทรายผสมสาร PU 5% ที่เวลา 28 วัน บนแปลงดินเหนียว

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333
C.B.R TEST (UNSOAKED), 12 Blows
(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.56
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	159.62	53.21
0.050	278.05	92.68
0.075	422.22	140.74
0.100	514.90	171.63
0.150	689.97	229.99
0.200	865.03	288.34
0.250	968.01	322.67
0.300	1050.40	350.13
0.400	1081.29	360.43
0.500		
0.600		
% C.B.R. at 0.2" =	19.22	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดักแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT ' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY
LADKRABANG BANGKOK THAILAND. TEL. 0-2329-8333

C.B.R TEST (UNSOAKED), 56 Blows

(Refer ASTM D1883)

Project : Relationship between C.B.R. Laboratory Test and C.B.R Field Test of Muddy Sand improved by Polyurethane

COMPACTION DATA

WET DENSITY	g/cc	
DRY DENSITY	g/cc	1.60
SAMPLE WEIGHT BEFORE SOAKING	g	
% WATER CONTENT BEFORE SOAKING	%	
SAMPLE WEIGHT AFTER SOAKING	g	-
% WATER CONTENT AFTER SOAKING	%	-
% ABSORBTION	%	-

C.B.R. LOAD TEST DATA

PENETRATION, in.	LOAD, lbs.	LOAD, psi.
0.000	0.00	0.00
0.025	386.18	128.73
0.050	592.14	197.38
0.075	736.31	245.44
0.100	839.29	279.76
0.150	978.31	326.10
0.200	1045.25	348.42
0.250	1065.84	355.28
0.300	1107.04	369.01
0.400		
0.500	-	-
0.600	-	-
% C.B.R. at 0.1" =	27.98	%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบ Field Density (Sand cone Method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 1 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงคอนกรีตและดินเหนียวของทรายปกติ

FIELD DENSITY SANDCONE METHOD				
Sample No.	1	2	3	4
initial weight of jar+sand,W1 (g.)	7826	7993	8020	7428
Final weight of jar+sand,W2	3089	2846	2989	2419
Total weight of sand Used,W3=W1-W2	4737	5147	5031	5009
Weight of sand in cone,W4	2198	2198	2198	2198
weight of sand in hole,W5	2539	2949	2833	2811
Unit weight of sand	1.63	1.63	1.63	1.63
Volume of sand	1557.669	1809.202	1738.037	1724.54
Wet weight of soil+Pan	3372	4163	3777	3711
weight of Pan	541	541	541	541
Wet weight of soil,WT	2831	3622	3236	3170
Wet Unit weight of soil	1.81746	2.001987	1.861871	1.838171
Container Number	m250	m-16	m-58	m-236
Weight of wet soil+container	114.47	120.76	199.04	153.65
Weight of dry soil+container	105	108.5	181.36	138.08
Weight of water	9.47	12.26	17.68	15.57
weight of container	13.84	14.46	15.08	14.03
Weight of dry soil	91.16	94.04	166.28	124.05
Water content,w	10.38833	13.03701	10.63267	12.55139
Dry density of soil	1.646424	1.77109	1.68293	1.633184
Maximum dry density	1.8	1.8	1.8	1.8
Percent of compaction	91.46798	98.39389	93.49613	90.73245
	on concrete		on clay	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 2 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงคอนกรีตของดินทรายผสมสาร PU 5 %

FIELD DENSITY SANDCONE METHOD						
Sample No.	1	2	3	4	5	6
initial weight of jar+sand,W1 (g.)	8170	8436	8334	8308	8069	8131
Final weight of jar+sand,W2	3574	3846	3650	3635	3689	3831
Total weight of sand Used,W3=W1-W2	4596	4590	4684	4673	4380	4300
Weight of sand in cone,W4	2198	2198	2198	2198	2198	2198
weight of sand in hole,W5	2398	2392	2486	2475	2182	2102
Unit weight of sand	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Volume of sand	1471.166	1467.485	1525.153	1518.405	1338.65	1289.571
Wet weight of soil+Pan	3062	2816	2850	2991	2821	2792
weight of Pan	580	580	580	580	654	654
Wet weight of soil,WT	2482	2236	2270	2411	2167	2138
Wet Unit weight of soil	1.687098	1.523696	1.488375	1.587851	1.618795	1.657916
Container Number	P13	m-05	m-43	p4	m-02	m-03
Weight of wet soil+container	111.68	87.38	134.34	125.27	90	132.12
Weight of dry soil+container	109.35	85.97	132.45	123.44	87.4	128.06
Weight of water	2.33	1.41	1.89	1.83	2.6	4.06
weight of container	14.91	14.06	19.05	14.06	13.77	13.53
Weight of dry soil	94.44	71.91	113.4	109.38	73.63	114.53
Water content,w	2.467175	1.960784	1.666667	1.673066	3.531169	3.544923
Dry density of soil	1.646476	1.494394	1.463975	1.561722	1.563582	1.601157
Maximum dry density	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Percent of compaction	91.4709	83.02188	81.33196	86.76233	86.86566	88.95314

2	4	5
1	3	6
ON CONCRETE		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ 3 ผลการทดสอบ Field DensityTest บนแปลงดินเหนียวของดินทรายผสมสาร PU 5 %

FIELD DENSITY SANDCONE METHOD

Sample No.	1	2	3	4	5	6
initial weight of jar+sand,W1 (g.)	8131	8251	8031	8034	8011	8197
Final weight of jar+sand,W2	2745	3159	3410	3225	3056	3096
Total weight of sand Used,W3=W1-W2	5386	5092	4621	4809	4955	5101
Weight of sand in cone,W4	2198	2198	2198	2198	2198	2198
weight of sand in hole,W5	3188	2894	2423	2611	2757	2903
Unit weight of sand	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Volume of sand	1955.828	1775.46	1486.503	1601.84	1691.411	1780.982
Wet weight of soil+Pan	4012	3330	3133	3226	3412	3586
weight of Pan	580	580	654	654	580	580
Wet weight of soil,WT	3432	2750	2479	2572	2832	3006
Wet Unit weight of soil	1.754755	1.548894	1.667672	1.605653	1.674342	1.687833
Container Number	n1	p11	m-04	m-06	g11	36เย็น
Weight of wet soil+container	161.34	133.24	125.52	169.96	141.53	158.07
Weight of dry soil+container	152.58	126.77	121.05	160	133.11	151.57
Weight of water	8.76	6.47	4.47	9.96	8.42	6.5
weight of container	17.42	15.48	13.53	14.78	13.42	21.83
Weight of dry soil	135.16	111.29	107.52	145.22	119.69	129.74
Water content,w	6.481207	5.81364	4.157366	6.858559	7.03484	5.01002
Dry density of soil	1.647948	1.463795	1.601108	1.502597	1.564296	1.607307
Maximum dry density	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Percent of compaction	91.55269	81.32192	88.95047	83.47759	86.90533	89.29483
	ON CLAY					

1	2	5
4	3	6
ON CLAY		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้