

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูล คุณสมบัติของทรายถมจากแหล่งต่างๆ ที่ใช้มากในกรุงเทพมหานคร

DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF PROPERTIES OF SAND FILL

SOURCES WHICH FREQUENTLY USED IN BANGKOK



ร.บ.
ร317ก
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**62671**
วัน,เดือน,ปี.....**21 ส.ค. 2549**

b.....**11628180**
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูล คุณสมบัติของทรายถมจากแหล่งต่างๆ ที่ใช้มากในกรุงเทพมหานคร
DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF PROPERTIES OF SAND FILL
SOURCES WHICH FREQUENTLY USED IN BANGKOK



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF PROPERTIES OF SAND FILL
SOURCES WHICH FREQUENTLY USED IN BANGKOK**



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

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูล คุณสมบัติของทรายถมจากแหล่งต่างๆ ที่ใช้
มากในกรุงเทพมหานคร

นักศึกษา นายรังสิมันต์ กุลมามาก รหัสประจำตัว 45010637
นายพิศาล หมอปาน รหัสประจำตัว 45010545

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สุพจน์ ศรีนิล
ผศ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สฤต	ท้าวโนทยาน	
อาจารย์อุษะ	ศิริแก้ว	
ดร.อุมา	ศรีบุญเรือง	
ผศ.สุพจน์	ศรีนิล	
ผศ.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วัน.....เดือน.....พ.ศ.....

ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การวิเคราะห์และจัดทำฐานข้อมูล คุณสมบัติของทรายถมจากแหล่งต่างๆที่ใช้ มากในกรุงเทพมหานคร	
	DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF PROPERTIES OF SAND FILL SOURCES WHICH FREQUENTLY USED IN BANGKOK	
นักศึกษา	นายรังสิมันต์	กุลมามาก
	นายพิศาล	หมอปาน
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศส.แหลมทอง	เหล่าคงถาวร
	ศส.สุพจน์	ศรีนิต
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

ทรายเป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญ ซึ่งนำมาใช้เป็นวัสดุถมปรับที่และผสมคอนกรีต สำหรับการเลือกแหล่งทรายถมจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติของทราย อาทิเช่น ขนาดการกระจายตัวของเม็ดดิน ค่าปริมาณความชื้นสูงสุดในการบดอัด ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ค่ากำลังรับน้ำหนักของดินที่บดอัด ก่อนนำทรายมาใช้งาน ทรายในแต่ละแหล่งจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลแหล่งทรายถมและทดสอบคุณสมบัติแหล่งทรายถมที่นำมาใช้ในกรุงเทพได้แก่ ทรายถมในจังหวัดอยุธยา จังหวัดนครปฐม จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดปทุมธานี และจังหวัดชลบุรี เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของคุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบ

Title : DATABASE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF PROPERTIES OF SAND
FILL SOURCES WHICH FREQUENTLY USED IN BANGKOK

Name : MR.RANGSIMANT KULMAMAK
MR.PISAN MORPAN

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : ASST.LAEMTHONG LAOKHONGTHAVORN
ASST.SUPOJ SRINIL

ABSTRACT

Sand is an important component that we need in the construction. It can be used as a material to adjust the surface of the land and to used as a material to mix with concrete for building. To choose the right sand at the right place, we need to understand the characteristics of the sand, for example, the dispersed of the sand, the optimum moisture content (OMC) and etc. The aim in this projet is to gi ve information to the user of sand that before using any kind of sand, you need to classify and indentify the characteristics of each sand.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มิได้เกิดจากผู้เขียนเพียงลำพัง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณบุคคลผู้มีส่วนในรายงานฉบับนี้ที่ทำให้โครงการพิเศษบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีรายนามดังนี้

บุพการีที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์

อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ โครงการพิเศษในครั้ง นี้ จะไม่สามารถดำเนินได้ถ้าขาดอาจารย์ที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ อาทิเช่น คำนรณในการเก็บตัวอย่าง และคำปรึกษาในการทำโครงการพิเศษ

อาจารย์อุษะ สิริแก้ว ผศ.ดร.สฤต ห่อวโนทยาน ดร. อูมา ศรี บุญเรือง อาจารย์ที่ให้คำแนะนำ ในทำงานพิเศษในครั้ง นี้

คุณพิสิฐ สุวรรณชัย อบต. กำแพงแสน จ. นครปฐม ที่คอยให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวกในทุกๆเรื่อง อาหาร ที่พักอาศัย การเก็บตัวอย่างข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการพิเศษ

พี่วุฒัน ศรีเศรษฐกุล เจ้าของร้านวัดศุก่อสร้าง ในจังหวัดอยุธยา ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวข้องในการทำโครงการพิเศษ

พี่ธรินทร์ วัชรินทร์วรารุณ กรมพัฒนาที่ดิน และพี่ๆกรมธรณีวิทยาทุกท่าน ที่ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการพิเศษ

น้ำเงาะ กรมทางหลวงจังหวัดปทุมธานี ที่ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการพิเศษ

เจ้าของบ่อทรายทุกๆบ่อที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างทรายในการทดสอบ

เพื่อนๆ น้องๆ ชมรมรักบี้ และชมรมฟุตบอลที่คอยช่วยเหลือ เหน็ดเหนื่อยในการไปขนทราย และช่วยในการทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วง

จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีและกราบขออภัยบุคคลผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวถึง ณ ที่นี้แต่ยังคงระลึกถึงตลอดไป

นายรังสิมันต์ ฤลมามาก

นายพิศาล หมอปาน

ผู้ประพันธ์

๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฎ
	สารบัญรูป	ฏ
	คำอธิบายคำย่อ	ท
1	บทนำ	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์	2
	1.4. ขอบเขตการศึกษา	2
	1.5. วิธีการศึกษา	2
2	วรรณกรรมปริทัศน์	
	2.1. ความหมายและประเภทของทราย	4
	2.2. การทดสอบการบดอัด	5
	2.2.1. ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength และ Density	6
	2.2.2. ผลจากการใช้ดินตัวอย่างทดสอบการบดอัดซ้ำหลายครั้ง	7
	2.2.3. ผลจากการทดสอบการบดดิน	8
	2.3. การจำแนกประเภทของดิน โดยระบบ Unified	9

๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
3	วิธีดำเนินการศึกษา	
	3.1. อุปกรณ์การทดสอบและสถานที่ดำเนินการศึกษา	13
	3.1.1. อุปกรณ์การทดสอบ	13
	3.1.2. สถานที่ดำเนินการศึกษา	13
	3.2. ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา	13
	3.2.1. การเตรียมการ	13
	3.2.2. การเก็บตัวอย่าง	13
	3.2.3. การทดสอบและคำนวณ	14
	3.2.3.1. การทดสอบ Sieve Analysis	14
	3.2.3.2. การทดสอบ Compaction Test	17
	3.2.3.3. การทดสอบ California Bearing Ratio	24
4	ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะคุณสมบัติของทราย	
	4.1. โครงสร้างของทราย	33
	4.2. คุณสมบัติของทรายที่ใช้ในส่วนทางและรองพื้นทาง	35
	4.3. ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะทางธรณีวิทยา	36
	4.3.1. ลักษณะภูมิประเทศบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง	36
	4.3.1.1. ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน	36
	4.3.1.2. ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง	37
	4.3.2. ธรณีวิทยาบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง	37
	4.3.2.1. ธรณีวิทยาทั่วไป	37
	4.3.2.2. ลำดับชั้นหินทั่วไป	38
	4.3.3. บริเวณภาคตะวันออกเฉียง	42

๗

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
5	ผลการศึกษาและการวิเคราะห์	
	5.1. ผลการทดลอง	43
	5.2. วิเคราะห์ผลการทดลอง	46
	5.2.1. จังหวัดชลบุรี	46
	5.2.2. จังหวัดนครปฐม	50
	5.2.3. จังหวัดอุษายา	55
	5.2.4. จังหวัดปทุมธานี	59
	5.2.5. จังหวัดฉะเชิงเทรา	63
	5.3. วิเคราะห์เปรียบเทียบ	68
	5.4. สรุป	71
	หนังสืออ้างอิง	72
	ภาคผนวก ก. แสดงผลข้อมูลผลการทดลองทรายถมจากจังหวัดชลบุรี	ผก1
	ก1. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายพ่นสนิม	ผก2
	ก2. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายหนองปรือ	ผก12
	ก3. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายหนองรี	ผก22
	ก4. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายผู้ใหญ่วัด(หนองเลง)	ผก32
	ภาคผนวก ข. แสดงผลข้อมูลผลการทดลองทรายถมจากจังหวัดนครปฐม	ผข1
	ข1. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายทอง	ผข2
	ข2. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายฟ้าบาดาล	ผข12
	ข3. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายเกล้า	ผข22
	ข4. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายโชค	ผข32
	ข5. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายสำราญ	ผข42

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ภาคผนวก ค. แสดงผลข้อมูลผลการทดลองทรายถมจากจังหวัดอุษายา	ผค1
	ค1. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายลุงคำ	ผค2
	ค2. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายเคเอส	ผค12
	ค3. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายพูนผล	ผค22
	ค4. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายรวีวรรณ	ผค32
	ค5. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายกิติ	ผค42
	ภาคผนวก ง. แสดงผลข้อมูลผลการทดลองทรายถมจากจังหวัดปทุมธานี	ผง1
	ง1. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายอรุณ	ผง2
	ง2. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายบึงบา	ผง12
	ง3. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายเงิน	ผง22
	ง4. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายเขาย้อน	ผง32
	ภาคผนวก จ. แสดงผลข้อมูลผลการทดลองทรายถมจากจังหวัดฉะเชิงเทรา	ผจ1
	จ1. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายแจ้แฉ็ค	ผจ2
	จ2. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายบางน้ำเปรี้ยว	ผจ12
	จ3. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายท่าทราย	ผจ22
	จ4. ใบประกอบผลการทดลองบ่อทรายชนกิต	ผจ32

ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1.	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทดิน โดยระบบ Unified	10
3.1.	แสดงค่าแรงมาตรฐานที่ Penetration ต่างๆ	30
5.1.	แสดงข้อบ่งชี้และสถานที่ตั้งในจังหวัดชลบุรี	43
5.2.	แสดงข้อบ่งชี้และสถานที่ตั้งในจังหวัดนครปฐม, อุทยา	44
5.3.	แสดงข้อบ่งชี้และสถานที่ตั้งในจังหวัดฉะเชิงเทรา, ปทุมธานี	45
5.4.	แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดชลบุรี	47
5.5.	แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดนครปฐม	52
5.6.	แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดอุทยา	56
5.7.	แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดปทุมธานี	60
5.8.	แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดฉะเชิงเทรา	64
5.9.	แสดงเปรียบเทียบค่าที่ได้ในแต่ละจังหวัด	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1.	วิธีการศึกษางานวิจัย	3
2.1.	ผลการบดอัดดินประเภท CL, ML, SM โดยวิธีมาตรฐาน AASHTO	5
2.2.	การเพิ่มพลังงานการบดอัดมีผลให้ γ_d สูงขึ้นและ w ลดน้อยลง	6
2.3.	ความสัมพันธ์ระหว่าง CBR และ γ_d ของดินเหนียว	7
2.4.	เปรียบเทียบผลการใช้ดินตัวอย่างซ้ำในการบดอัดในห้องปฏิบัติการกับการเปลี่ยนดินตัวอย่างใหม่ทุกครั้งที่ยบอัด	8
2.5.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง DRY DENSITY และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่ได้รับการบดอัด	9
2.6.	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified	11
2.7.	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของเม็ดดินหยาบ	12
4.1.	โครงสร้างแบบ Single Grained Structure	33
4.2.	โครงสร้างในสภาพหลวม	34
4.3.	โครงสร้างในสภาพแน่น	34
4.4.	ปรากฏการณ์ Capillary Action	34
4.5.	การจัดเรียงตัวของเม็ดทรายในสถานะต่างๆ	35
5.1.	แผนที่จังหวัดชลบุรี	46
5.2.	กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จังหวัดชลบุรี	48
5.3.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ Dry Density จังหวัดชลบุรี	48
5.4.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับ OMC จังหวัดชลบุรี	49
5.5.	แผนที่จังหวัดนครปฐม	50
5.6.	กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จังหวัดนครปฐม	52
5.7.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ Dry Density จังหวัดนครปฐม	53
5.8.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับ OMC จังหวัดนครปฐม	54
5.9.	แผนที่จังหวัดอุษายา	55

ฎ

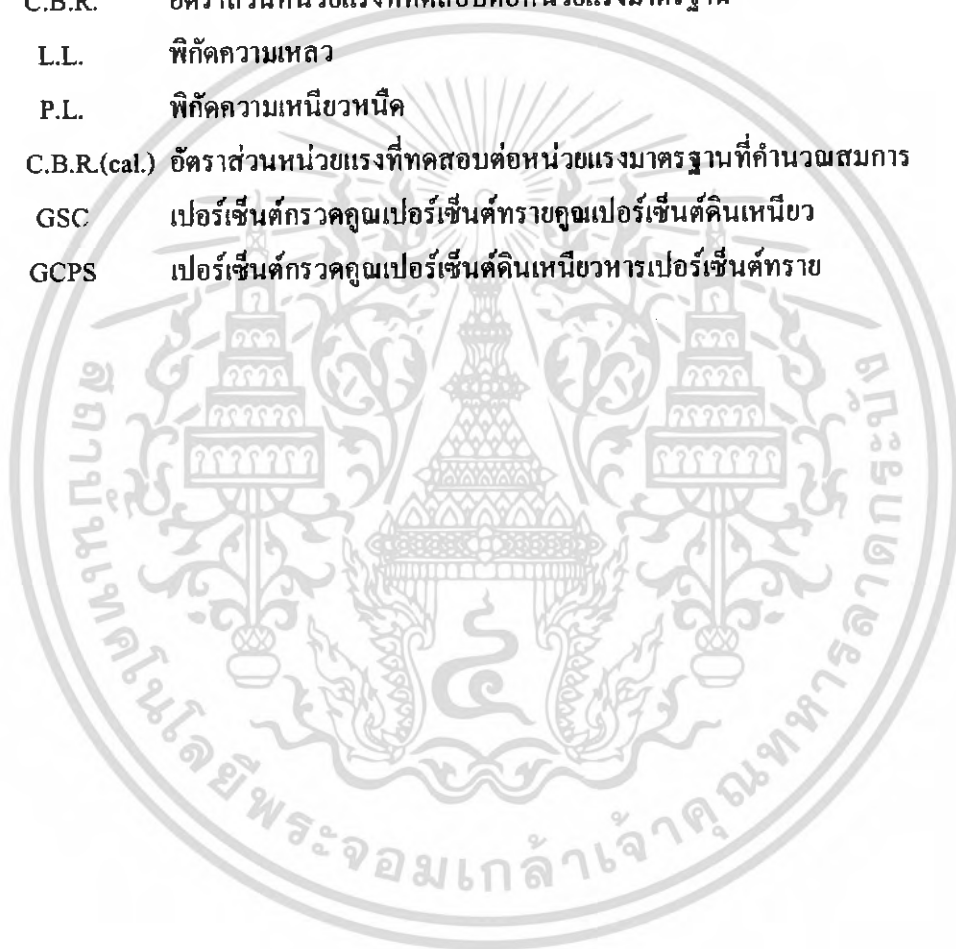
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
5.10.	กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จังหวัดอุรุษยา	57
5.11.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ Dry Density จังหวัดอุรุษยา	57
5.12.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับ OMC จังหวัดอุรุษยา	58
5.13.	แผนที่จังหวัดปทุมธานี	59
5.14.	กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จังหวัดปทุมธานี	61
5.15.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ Dry Density จังหวัดปทุมธานี	62
5.16.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับ OMC จังหวัดปทุมธานี	62
5.17.	แผนที่จังหวัดฉะเชิงเทรา	63
5.18.	กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จังหวัดฉะเชิงเทรา	65
5.19.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ Dry Density จังหวัดฉะเชิงเทรา	66
5.20.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับ OMC จังหวัดฉะเชิงเทรา	66
5.21.	แสดงเปรียบเทียบค่า CBR และ Dry Density ในแต่ละจังหวัด	69
5.22.	แสดงเปรียบเทียบค่า CBR และ OMC ในแต่ละจังหวัด	70
5.23.	แสดงตัวอย่างเปรียบเทียบค่าระหว่าง Dry Density และ Zero Air Void	71

คำอธิบายคำย่อ

สัญลักษณ์	ชื่อเต็ม
O.M.C.	ปริมาณความชื้นสูงสุด
P.I.	ดัชนีความเหนียวพูนิด
C.B.R.	อัตราส่วนหน่วยแรงที่ทดสอบต่อหน่วยแรงมาตรฐาน
L.L.	พิกัดความเหลว
P.L.	พิกัดความเหนียวพูนิด
C.B.R.(cal.)	อัตราส่วนหน่วยแรงที่ทดสอบต่อหน่วยแรงมาตรฐานที่คำนวณสมการ
GSC	เปอร์เซ็นต์กรวดคูณเปอร์เซ็นต์ทรายคูณเปอร์เซ็นต์ดินเหนียว
GCPS	เปอร์เซ็นต์กรวดคูณเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวหารเปอร์เซ็นต์ทราย



บทที่ 1

บทนำ

1.1. กล่าวนำ

การก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคในอดีตถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างมาก มีการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่มากมาย เช่น โครงการสนามบิน โครงการบ้านเอื้ออาทร โครงการรถไฟฟ้า และยังมี การสร้าง ถนน สะพาน อุโมงค์ คอนโดมิเนียม บ้านจัดสรร เพื่อเป็นการรองรับการขยายตัวของ เศรษฐกิจในอนาคต

การขยายตัวของโครงการก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคเหล่านี้ ทำให้เกิดความต้องการ ในการใช้วัสดุก่อสร้างในปริมาณมาก และทรายก็เป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่ง ที่ถือว่าเป็นปัจจัยพื้นฐาน ของงานก่อสร้างอาคารและระบบสาธารณูปโภคต่างๆ อาทิเช่น การใช้ทรายในการถมที่ปรับระดับ การ ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต และใช้เป็นน้ำหนักกดทับเพื่อเร่งการทรุดตัวของดิน เราสามารถเห็นได้ว่า ทรายมีความสำคัญมาก เพราะเป็นปัจจัยพื้นฐานของการก่อสร้าง ดังนั้นการวิเคราะห์คุณสมบัติของทราย จึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรทราบและมีความรู้ไว้

1.2. ที่มาของปัญหา

ทรายที่ใช้ต้องมีการทดสอบ เพื่อให้ได้คุณสมบัติตรงกับการใช้งาน ซึ่งคุณสมบัติ สำหรับทรายถมนั้นจะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติ CBR , COMPACTION , SIEVE แต่ทรายเป็นวัสดุ ที่ต้องใช้ความประณีตในการทดสอบคุณสมบัติเหล่านี้เป็นอย่างมาก เพราะมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการบด อัดทรายให้แน่นตัวดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำทรายถมจากแต่ละแหล่งที่มีการใช้งาน ในกรุงเทพมหานครมาเพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติได้แก่ CBR , COMPACTION , SIEVE เพื่อจัดทำ เป็นฐานข้อมูลและนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ โดยมีสมมุติฐานว่าทรายแต่ละแหล่งนั้นจะมี คุณสมบัติเฉพาะตัว เช่นค่าความถ่วงจำเพาะ ค่า Maximum Dry Density และคุณสมบัติเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กันกับขนาดของการกระจายตัวของเม็ดทรายด้วย

1.3. วัตถุประสงค์

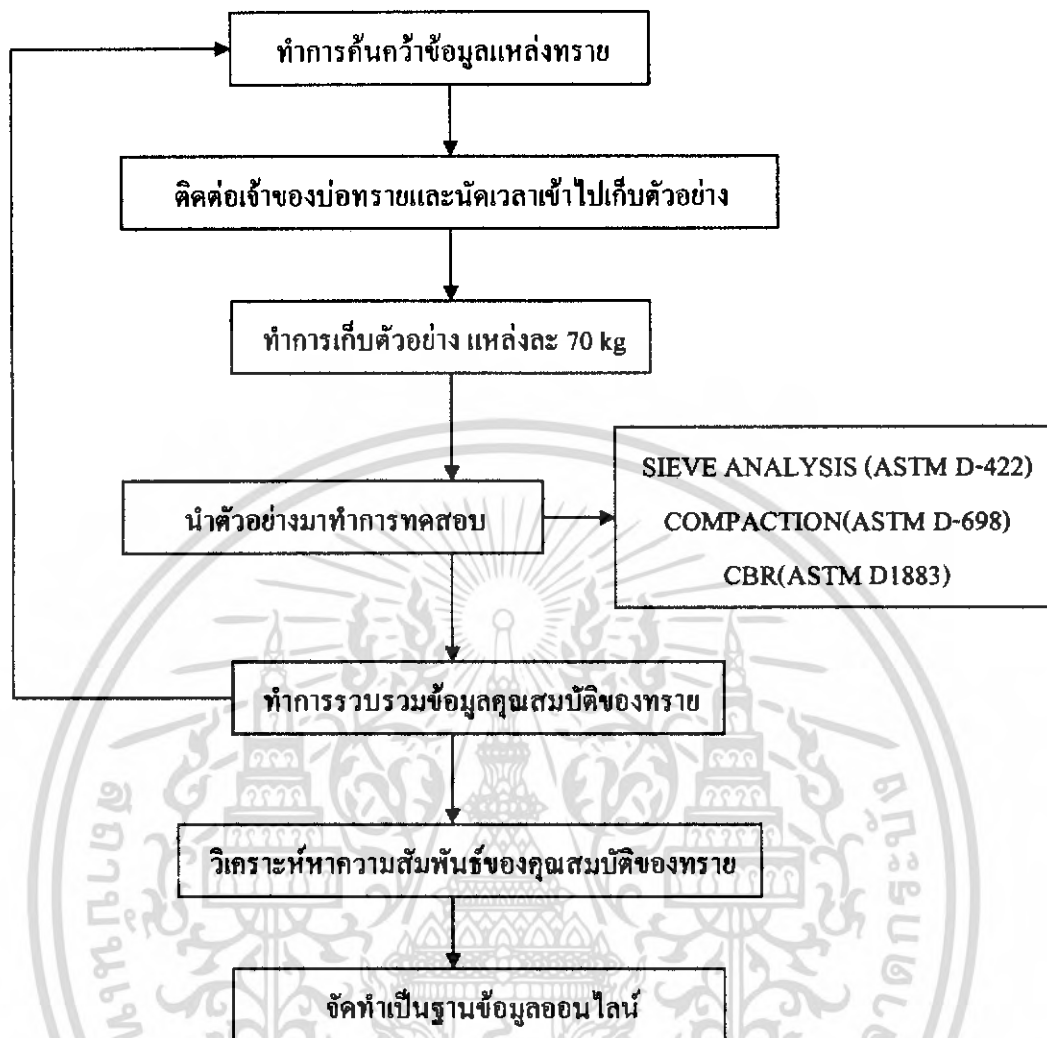
1. เพื่อรวบรวมจัดทำฐานข้อมูลคุณสมบัติของทรายถมจากแหล่งต่างๆ
2. เพื่อหาความสัมพันธ์คุณสมบัติ CBR , Compaction , Sieve Analysis , ของทรายถมจากฐานข้อมูลที่ได้จัดทำขึ้น

1.4. ขอบเขตการศึกษา

เพื่อศึกษาคุณสมบัติของทรายถมจากแหล่งทรายในเขต จังหวัดชลบุรี จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดอยุธยา จังหวัดนครปฐม และจังหวัดปทุมธานี จังหวัดละ 2 แหล่ง แหล่งละ 3 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นแหล่งทรายที่รองรับการใช้งานในงานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร โดยทำการศึกษาในส่วน ของ CBR, Compaction , Sieve Analysis เพื่อจัดทำขึ้นเป็นฐานข้อมูล และหาแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้

1.5. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาของงานวิจัยนี้สามารถสรุปเป็นผังขั้นตอนการศึกษาได้ดังรูปที่ 1.1 และแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.1 วิธีการศึกษางานวิจัย

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. ความหมายและประเภทของทราย

ทรายเป็นวัตถุของเศษหิน เศษแร่ขนาดเล็ก มีลักษณะร่วนซุย ไม่เกาะกัน เกิดจากกระบวนการผุพัง สลายตัวทางธรรมชาติทั้งจากปฏิกิริยาทางเคมี และทางกายภาพของหินที่เป็นต้นกำเนิด เช่น หินอัคนี หินตะกอนหรือหินชั้น และหินแปร จากส่วนประกอบของหินต้นกำเนิดเหล่านี้ แร่เขียวหยาบหรือควอร์ตซ์เป็นแร่ที่มีความแข็งแกร่งต่อการกัดกร่อน และคงสภาพอยู่ได้ในสภาพเม็ดที่ใหญ่และก็เป็นส่วนประกอบสำคัญของทราย โดยทั่วไป เม็ดทรายมีขนาดระหว่าง 1/16 – 2 มิลลิเมตร

ทรายเป็นทรัพยากรธรณีประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญ มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากภายในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น ใช้เป็นวัสดุในการปรับถมสภาพพื้นที่, ใช้เป็นมวลรวมผสมปูนซีเมนต์ เป็นต้น

แหล่งทรายในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นทรายที่ได้มาจากแม่น้ำและที่ราบลุ่มน้ำเก่า หรือที่เรียกกันว่าทรายน้ำจืดมากกว่าทรายที่ได้จากชายฝั่งและในทะเลซึ่งเป็นทรายที่เรียกกันว่าทรายทะเล

ทรายน้ำจืดเกิดจากการพัดพาของกระแสน้ำจากแหล่งต้นกำเนิดสะสมอยู่ตามร่องน้ำของบริเวณฝั่ง และตามที่ราบลุ่มทั่วไป

สามารถแบ่งประเภทของทรายตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด ได้แก่ ทรายแม่น้ำ และทรายนก

1. ทรายแม่น้ำ

ทรายแม่น้ำเป็นทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำแล้วค่อยๆตกตะกอนสะสมกลายเป็นแหล่งทรายอยู่ใต้ท้องน้ำ โดยทรายที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก จะตกตะกอนอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนทรายละเอียดนั้นก็จะถูกกระแสน้ำพัดพารวมกันบริเวณท้ายน้ำ

2. ทรายนก

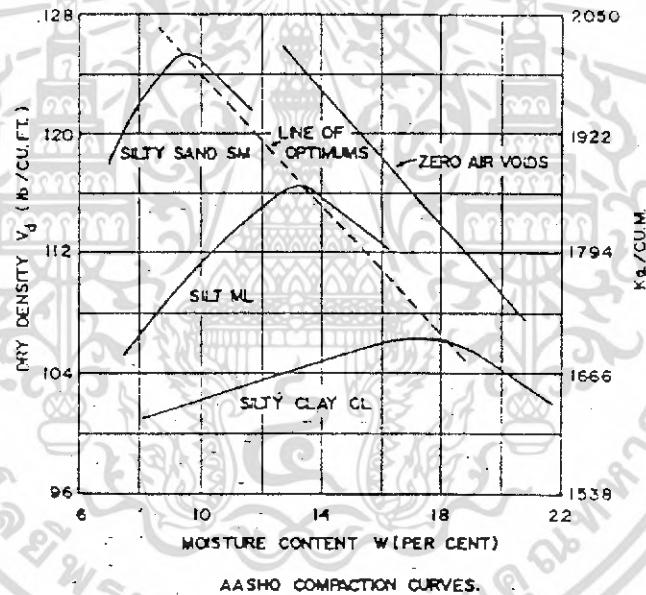
ทรายนกเป็นทรายที่เกิดจากการตกตะกอนที่ทับถมกันของลำน้ำเก่าที่แปรสภาพเป็นพื้นดิน โดยมีซากพืชและซากสัตว์ทับถมกันบริเวณผิวหน้าซึ่งเราเรียกกันว่าหน้าดิน มีความหนาประมาณ 2 - 10 เมตร

2.2. การทดสอบการบดอัด

เป็นการทดสอบที่สำคัญยิ่งสำหรับงานก่อสร้างถนนหรือสนามบิน การบดอัดเป็นการเพิ่มความแน่นของและเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน รูปที่ 2.1 แสดงความสำคัญระหว่างความแน่นแห้ง (γ_d) กับปริมาณความชื้น (w) ของ Silt, Silty Sand, Silty Clay โดยวิธี Standard AASHTO Compaction Test ค่าความแน่นที่ปราศจากความชื้น (w) ได้จาก

$$\gamma_d = \gamma_w / 1 + w \quad \dots(2.1)$$

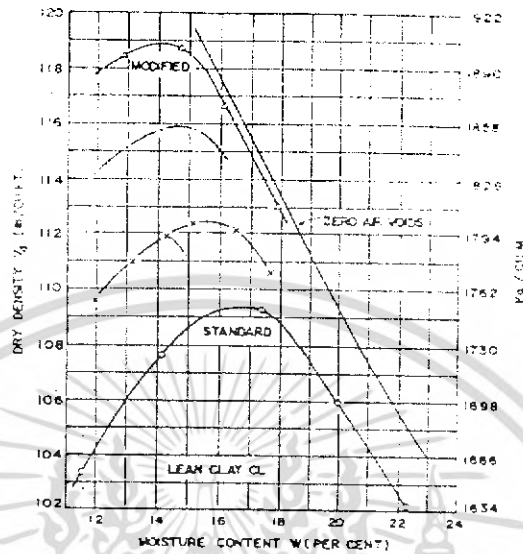
เมื่อ γ_w = Mass Unit Weight กก./ลบ.ม.
 w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน



รูปที่ 2.1. ผลการบดอัดดินประเภท CL, ML, SM โดยวิธีมาตรฐาน AASHTO (จิรพัฒน์ โชติกไกร, 2529)

การเพิ่มน้ำหนักหรือเพิ่มพลังงานการบดอัดให้สูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมหรือ OMC ลดต่ำลง ขณะเดียวกันความแน่นแห้ง γ_d จะเพิ่มสูงขึ้นดังรูปที่ 2.2 วัสดุประเภทมวลหยาบ (Granular Soil) จะมีค่า γ_d สูง และ w ต่ำกว่าวัสดุประเภทมวลละเอียด เช่นดินเหนียว

เส้นกราฟผลการบดอัดของทรายจะชันกว่าของดินเหนียวมาก รูปที่ 2.1 ซึ่งมีผลถึงการควบคุมความชื้นของดินทรายในช่วง OMC ในการบดอัดในสนามมากกว่าของดินเหนียว

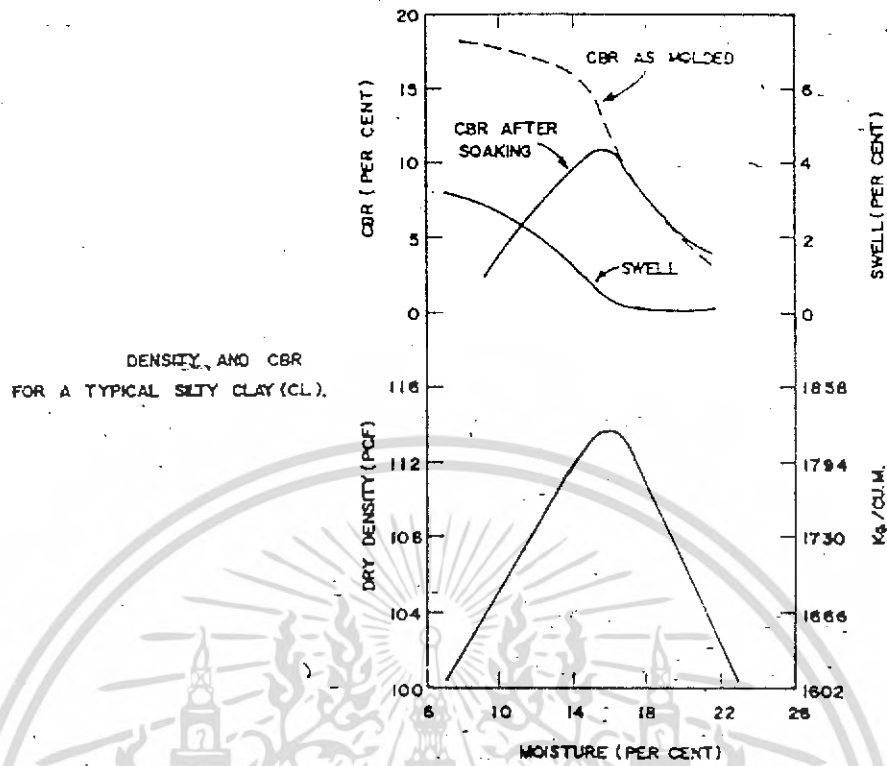


EFFECT OF COMPACTIVE EFFORT ON OPTIMUM MOISTURE CONTENT AND MAXIMUM DENSITY.

รูปที่ 2.2. การเพิ่มพลังงานการบดอัดมีผลให้ γ_d สูงขึ้น และ w ลดน้อยลง (จิรพัฒน์ โชติโกกร, 2529)

2.2.1. ความสัมพันธ์ระหว่าง Strength และ Density

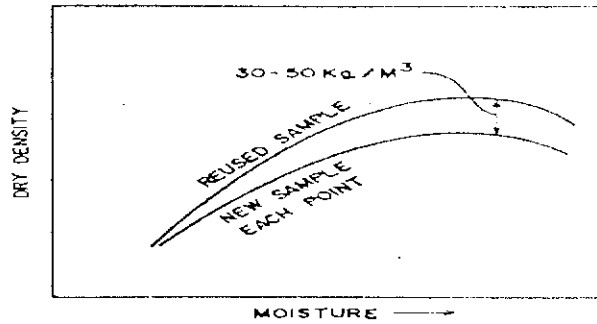
รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ γ_d ของดินเหนียว จะเห็นว่ากำลังการรับน้ำหนักของดินขึ้นกับค่าความแน่นและความชื้นของดินที่บดอัด ค่า CBR ขณะเมื่อบดอัดเสร็จใหม่ มีค่าสูงกว่าค่า Soaked CBR หลังจากแช่น้ำ 4 วัน ลักษณะเส้นกราฟคล้ายกับเส้นกราฟของ γ_d กับ w โดยมีจุดสูงสุดตรงกัน ในระหว่างแช่ดินตัวอย่างในน้ำดินจะดูดซึมน้ำจนอิ่มตัวและเกิดการบวมตัว (swell) มากบ้างเล็กน้อยตามคุณสมบัติของดินแต่ละชนิด ดินบางชนิดถ้าบดอัดที่ w ต่ำ (Dry Side) จะมีค่าการบวมตัวสูง ขณะเดียวกันความสามารถในการรับน้ำหนักก็ลดลงมากเช่นกัน อัตราการบวมตัวจะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นใกล้เคียงกับ OMC ดังนั้นในบริเวณดินที่มีอัตราการบวมตัวสูงควรพยายามควบคุมการบดอัดให้ w ใกล้เคียงกับ OMC มากที่สุด



รูปที่ 2.3. ความสัมพันธ์ระหว่าง และ ของดินเหนียว
(จिरพัณน์ โชติกไกร, 2529)

2.2.2. ผลจากการใช้ดินตัวอย่างทดสอบการบดอัดซ้ำหลายครั้ง

ตามวิธีทดสอบในห้องปฏิบัติการจะใช้ดินตัวอย่างเดิมแล้วบดอัดซ้ำจนได้กราฟของ γ_d และ จุด OMC ซึ่งมีผลให้ค่า γ_d ในห้องปฏิบัติการสูงกว่าค่า γ_d ที่บดอัดในสนาม 30-50 กก./ลบม. เพราะขนาดของเม็ดดินและหินที่บดอัดซ้ำแตกย่อยลงไป ดูรูปที่ 2.4 โดยเฉพาะดินประเภทมวลหยาบ



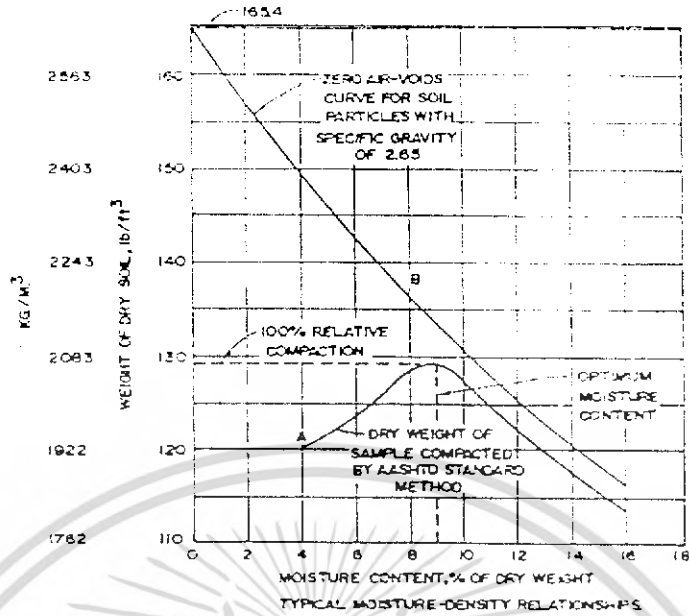
EFFECT OF REUSING
SAMPLE IN LABORATORY TEST.

รูปที่ 2.4. เปรียบเทียบผลการใช้ดินตัวอย่างซ้ำในการบดอัดในห้องปฏิบัติการกับการเปลี่ยนดินตัวอย่างใหม่ทุกครั้งที่ยัด (จิรพัฒน์ โชติกไกร, 2529)

2.2.3. ผลจากการทดสอบการบดอัด (Compaction Test)

การบดอัดดินเป็นกระบวนการที่ใช้น้ำหนักจากเครื่องกลหรือการตบกระแทก ทำให้เม็ดดินเบียดชิดเพื่อเพิ่มความแน่น เพิ่มความสามารถในการรับแรงเฉือน และน้ำหนักบดทับได้สูงขึ้น ขณะเดียวกันก็ลดการทรุดตัว ลดการซึมผ่านน้ำในดิน กระบวนการบดอัดนี้ใช้น้ำเป็นตัวหล่อลื่น ถ้าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินมีพอเหมาะก็สามารถบดอัดดินได้ความแน่นสูงสุด รูป 2.5 แต่ถ้าดินมีความชื้นมากเกินไปน้ำจะไปหุ้มเคลือบรอบๆเม็ดดินทำให้อนุภาคดินแยกห่างจากกัน หรือถ้ามีน้ำน้อยเกินไปการหล่อลื่นไม่พอคือพอที่จะช่วยให้การบดอัดเม็ดดินเบียดตัวได้ชิดเท่าที่ควร ดินแต่ละแหล่งจะมีความหนาแน่นไม่เท่ากันถึงแม้จะใช้พลังงานในการบดอัดเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากดินมีส่วนประกอบไม่เหมือนกัน คุณสมบัติโดยทั่วไปของดินในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นมีดังนี้

1. ความถ่วงจำเพาะของดินค่าเฉลี่ยประมาณ 2.5-2.8
2. คุณสมบัติในการกระจายของเม็ดดิน ถ้าดินมีลักษณะกลมและมีขนาดเท่ากันหมด เมื่อบดอัดแล้วจะมีอัตราส่วนระหว่าง Solid กับ Void ประมาณ 74% และ 26% ตามลำดับ แต่ถ้ามวลดินมีขนาดกละจากเล็กไปหาใหญ่ลดหลั่นกันไป การบดอัดจะช่วยเพิ่มให้มวลดินเบียดชิดกันแน่นและมีช่องว่างน้อยที่สุด
3. รูปร่างลักษณะของเม็ดดินมีผลต่อการบดอัด ถ้าดินมีเหลี่ยมมุมก็จะบดอัดได้ง่ายและแน่นรับน้ำหนักได้สูงกว่าดินที่ไม่มีเหลี่ยมมุม หรือดินมีลักษณะแบน



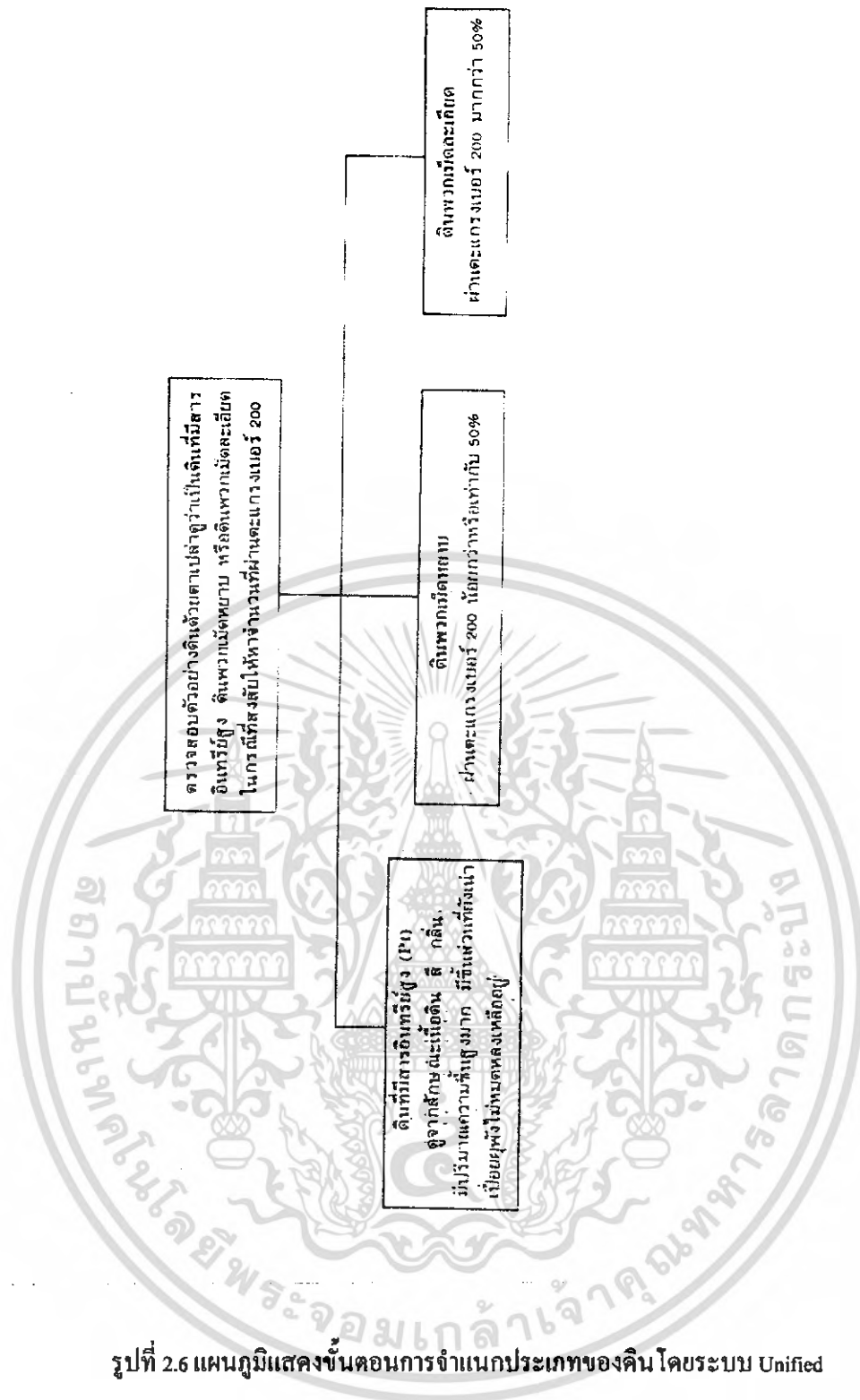
รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างและเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่ได้รับการบดอัด
(จิริพัณน์ โชติไกร, 2529)

2.3. การจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified

การจำแนกประเภทของดินโดยวิธีการนี้เป็นที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีการอื่น เหมาะสมกับงานวิศวกรรมโดยทั่วไป โดยแบ่งดินออกเป็นกลุ่มๆ ใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์ แทนชื่อกลุ่มดินแต่ละกลุ่มจะมีอักษรอย่างน้อย 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลัก และตัวที่สองจะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมายในตัวเอง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดิน โดยระบบ Unified
(มณฑิเยร กังศศิเทียม, 2538)

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



รูปที่ 2.6 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดิน โดยระบบ Unified
(มณเฑียร กิ่งศิริเทียม, 2538)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1. อุปกรณ์การทดสอบ และ สถานที่ดำเนินการศึกษา

3.1.1. อุปกรณ์การทดสอบ

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

3.1.2. สถานที่ดำเนินการศึกษา

แหล่งทรายถมในจังหวัด ชลบุรี ฉะเชิงเทรา นครปฐม อยุธยา และ ปทุมธานี

3.2. ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

3.2.1. การเตรียมการ

1. ทำการ Calibrate ชุดเครื่องมือทดสอบต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ
2. วางแผนการเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์
3. ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลออนไลน์และนำมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า % CBR กับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ

3.2.2. การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างทรายถม จากแหล่งทรายถมในจังหวัดต่างๆ แหล่งละ 70 กิโลกรัม แล้วนำกลับมาตากให้เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง (1 วัน)

3.2.3. การทดสอบและการคำนวณ

3.2.3.1. การทดสอบ Sieve Analysis

การทดลองการหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง(เทียบเท่า AASHTO T 27-70)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ สำหรับหาขนาดเม็ด (Particle Size Distribution) ของ Aggregate ทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบ โดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กมีขนาดช่องผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) แล้วเปรียบเทียบมวลของตัวอย่างที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆกับมวลทั้งหมดของตัวอย่าง วิธีการทดลองนี้ปรับปรุงจาก AASHTO T 27-70

2. วิธีทำ

2.1. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างอาจจะเป็นดิน หินคลุก หรือ Soil Aggregate หรือวัสดุอื่นใดที่ต้องการทดลอง นำตัวอย่างมาตุกให้เข้ากันและแยกด้วยวิธี Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างในขณะที่ตัวอย่างยังมีความชื้น เพื่อลดการแยกตัว

2.2. การทดลอง

2.2.1 การทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

1. ถ้าตัวอย่างมีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนต้องทำให้ส่วนละเอียดที่จับกันเป็นก้อนแยกจากกันให้หมด แล้วนำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °ซ. ชั่งหามวลตัวอย่างแห้งหรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณหามวลตัวอย่างแห้ง นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับใช้ล้างตัวอย่าง เติมน้ำหรือน้ำยาลงไปในภาชนะจนท่วมดินตัวอย่าง แช่ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปเขย่าประมาณ 10 นาที ขณะเขย่าระวังอย่าให้น้ำระลอกออกจากภาชนะ ถ้าไม่ใช้เครื่องเขย่าควรเขย่าไว้ในภาชนะสำหรับล้างตัวอย่างด้วยมือนานประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง เทตัวอย่างลงบนตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) ถ้าหากมีตัวอย่างขนาดใหญ่ป็นอยู่มาก ควรใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 200 (0.075 มม.) ใช้ล้างจนกว่าไม่มีวัสดุผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) อีกต่อไปเทตัวอย่างลงในภาชนะ แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5 °ซ.

2. นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆตามต้องการ การเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวตั้ง รวมทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่าจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละชนิดใน 1 นาทีไม่เกิน 1% ของตัวอย่างในตะแกรงนั้น หรือใช้เวลาเขย่าจนทั้งหมดประมาณ 15 นาที เมื่อเขย่าเสร็จแล้ว ถ้ามีตัวอย่างก้อนใหญ่กว่าตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.) ต้องไม่

มีก้อนตัวอย่างซ้อนกันในแต่ละแ่งและตัวอย่างที่มีเม็ดเล็กกว่าตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.) ต้องมีตัวอย่างค้างตะแกรงแต่ละขนาดไม่เกิน 6 กรัมต่อ 1,000 ตร.มม. หรือไม่เกิน 200 กรัม สำหรับตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มม. (8 นิ้ว) นำตัวอย่างที่ค้างแต่ละขนาดไปชั่ง

2.2.2. การทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุสำหรับวัสดุที่มีขนาดทั้งใหญ่และเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.) อาจทำได้ 2 วิธี

1. ถ้าตัวอย่างมีส่วนละเอียดจับก้อนใหญ่หรือมีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อนต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่ และส่วนละเอียดที่จับกันเป็นก้อนหลุดออกจากกันให้หมด โดยใช้ก้อนยางทุบ แล้วนำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.) เพื่อแยกส่วนที่ค้างและผ่านตะแกรง ถ้าตัวอย่างมีมากให้แบ่งทำหลายๆ ครั้ง นำส่วนที่ค้างตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.) ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^{\circ}$ ซ. ชั่งหามวลของตัวอย่างแห้ง หรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณมวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆตามต้องการ นำส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 4 (4.75 มม.) ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^{\circ}$ ซ. ชั่งหามวลของตัวอย่างแห้ง หรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณมวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดหรือแยกตัวอย่างเพียงบางส่วนดำเนินการทดลองตามข้อ 2.2.1

2. นำตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากข้อ 2.1 ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^{\circ}$ ซ. ชั่งหามวลของตัวอย่างแห้ง หรือจะหาความชื้นของตัวอย่าง เพื่อคำนวณมวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างไปดำเนินการทดลองตามข้อ 2.2.1 ถ้ามีขนาดก้อนใหญ่มากควรจัดตะแกรงที่จะล้างให้มีขนาดต่างๆลดหลั่นกัน

3. การคำนวณ

3.1. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

3.1.1. หามวลที่ค้าง (Mass Retained) บนตะแกรงแต่ละขนาด โดยชั่งหามวลของตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรงมวลที่หายไป (เมื่อเอามวลของตัวอย่างที่ค้างในทุกตะแกรงรวมกันแล้วหักออกจากมวลของตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดลอง) คือ มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มม.) รวมกับน้ำหนักที่ค้างบน Pan

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

3.1.3. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม (Percent Passing) ได้ดังนี้

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

3.2. กำหนดหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดทั้งใหญ่และเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

3.2.1. กำหนดหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดใหญ่มากกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

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

2. หามวลที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด เช่นเดียวกับข้อ 3.1.2.

3. กำหนดหาเปอร์เซ็นต์รวมผ่านตะแกรงต่อมวลรวม โดยใช้สูตรเช่นเดียวกับข้อ 3.1.3

3.2.2. กำหนดหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุ ซึ่ง มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

3.2.3. กำหนดหาเปอร์เซ็นต์รวมผ่านตะแกรงต่อมวลรวม (Total Percent Passing) ของวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.) ได้ดังนี้

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

เมื่อ X = เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75 มม.)

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

4. ข้อควรระวัง

4.1. การแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องมือแบ่งตัวอย่าง ต้องใช้เครื่องมือที่มีขนาดช่องกว้างประมาณ 1 ½ เท่าของก้อนโตที่สุด

4.2. ห้ามใส่ตัวอย่างลงในตะแกรงขณะที่ยังร้อนอยู่

4.3. ควรตรวจสอบตะแกรงอยู่เสมอ โดยเฉพาะเบอร์ 200 (0.075 มม.)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2.3.2. การทดสอบ Compaction Test

การทดลอง Compaction Test มาตรฐาน (เทียบเท่า AASHO T99)

1. ขอบข่าย

การทดลอง Compaction วิธีนี้เป็นการทดลองโดยวิธี Dynamic Compaction เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดทับ เมื่อทำการบดทับดินในแบบ (Mold) ตามขนาดข้างล่างนี้ ด้วยก้อนหนัก 2.494 กิโลกรัม (4.5 ปอนด์) ระยะปล่อยตก 304.8 มิลลิเมตร (12 นิ้ว)

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

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

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

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

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้วิธี ก.

2. วิธีทำ

2.1. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่าง ได้แก่ ดิน หินคลุก หรือ Soil-Aggregate หรือวัสดุอื่นที่ต้องการทดลองให้ดำเนินการดังนี้

2.1.1. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนที่ใหญ่ที่สุด (Maximum Size) มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้เตรียมตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. นำตัวอย่างมาทำให้แห้ง โดยวิธีการตากแห้งผึ่งอากาศให้แห้ง และทำ Quartering หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง เมื่อให้เห็นแห้งพอเหมาะสมแล้วมีน้ำประมาณ (2-3%) แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงแบ่งเป็น 3 ขนาด คือ

-ขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)

-ขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ถึงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)

-ขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. (เบอร์ 4)

2. ทำการหามวลของวัสดุแต่ละขนาดที่เตรียมไว้จากข้อ 2.4.1(1) ก็จะทราบว่ามีมวลของตัวอย่างแต่ละขนาดมีจำนวนอยู่ขนาดละเท่าใด

3. ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้ทิ้งไป

4. แทนที่มวลของตัวอย่างในข้อ 2.4.1 (3) ด้วยตัวอย่างที่มีขนาดระหว่าง 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ถึงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ด้วยมวลที่เท่ากับตัวอย่างเช่นมีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. อยู่ 2,650 กรัม ก็ให้ใช้ตัวอย่างขนาดระหว่าง 19.0 มม. ถึงขนาด 4.75 มม. เพิ่มเข้าไปอีก 2,650 กรัม ที่เหลือจะเป็นขนาดที่เล็กกว่า 19.0 มม. ตามที่มีจริง

5. คลุกตัวอย่างที่ได้จากข้อ 2.1.1 (4) ให้เข้ากัน

2.1.2. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนที่ใหญ่ที่สุดมีขนาดเล็กกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้ง โดยวิธีการตากแห้งผึ่งอากาศให้แห้ง (มีน้ำประมาณ 2-3%) และทำ Quartering หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) และคลุกตัวอย่างให้เข้ากัน

2.1.3. ถ้าต้องการทดลองตามวิธี ค. หรือ ง. ดังกล่าวในขอบข่าย ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีการตากแห้งผึ่งอากาศ แล้วใช้ก้อนขนาดหยาบให้ก้อนหลุดจากกันและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) คลุกตัวอย่างให้เข้ากัน

2.1.4. ชั่งตัวอย่างที่ได้เตรียมจากข้อ 2.1.1 หรือ 2.1.2 หรือ 2.1.3 แล้วแต่กรณีให้ได้มวลดังต่อไปนี้

1. ถ้าใช้แบบขนาดเล็กตามข้อ 2.1.1 (1) ให้ใช้มวลประมาณ 3,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง

2. ถ้าใช้แบบขนาดใหญ่ตามข้อ 2.1.1 (2) ให้ใช้มวลประมาณ 6,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง

2.1.5. ปริมาณตัวอย่างตามข้อ 2.1.4 ให้เตรียมตัวอย่างเพื่อทดลองได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง

2.2. การทดลอง

การทดลอง Compaction Test จะใช้แบบขนาดใดก็ได้แล้วแต่ความต้องการวิธีต่างๆ ดังกล่าวในขอบข่าย แล้วให้ดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

2.2.1. นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้วมาคลุกเคล้าจนเข้ากันได้ดี

2.2.2. เติมน้ำจำนวนหนึ่ง โดยปกติมักเริ่มต้นประมาณ 4% ต่ำกว่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content)

2.2.3. คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้วด้วยมือ หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากัน

2.2.4. แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบซึ่งมีปลอกสวมเรียบร้อย โดยให้ดินแต่ละชั้น เมื่อบดทับแล้วมีความสูงประมาณ 1 ใน 3 ของ 127 มม. (4 นิ้ว)

2.2.5. ทำการบดทับโดยค้อนดังนี้

- ตามวิธี ก. และ ค. จำนวน 25 ครั้ง

- ตามวิธี ข. และ ง. จำนวน 56 ครั้ง

2.2.6. คำเนิการบดทับจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 3 ชั้น มีความสูงประมาณ 127 มม. (5 นิ้ว) (สูงกว่าแบบประมาณ 10 มม.)

2.2.7. ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่ากับระดับของตอบนบนของแบบ (เหลือความสูงเท่ากับ 116.4 มม.) กรณีหตุบนหน้าให้เติมดินตัวอย่างและมวลของแบบหักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของดินตัวอย่างเปียก (A)

2.2.8. ในขณะที่เดียวกับที่ทำการบดทับตัวอย่างในแบบ ให้นำดินใส่กระป๋องอบดิน เพื่อนำไปทดลองการหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละมวลของดินที่นำไปหาปริมาณน้ำในดินให้ใช้ดังนี้

- ขนาดก้อนที่ใหญ่สุด 19.0 มม. ใช้ประมาณ 300 กรัม

- ขนาดก้อนที่ใหญ่สุด 4.75 มม. ใช้ประมาณ 100 กรัม

2.2.9. คำนวณหาค่าความแน่นเปียก γ_w (Wet Density) และความหนาแน่นแห้ง γ_d (Dry Density) เมื่อทราบปริมาณน้ำในดิน w (Moisture Content)

2.2.10. คำเนิการตามข้อ 2.2.1 ถึงข้อ 2.2.9 โดยเพิ่มปริมาณน้ำในดินขึ้นอีกครั้งละ 2 % จนกว่าจะได้ความหนาแน่นลดลง จึงหยุดการทดลองหรืออาจลดน้ำที่ผสม ในกรณีที่เพิ่มน้ำแล้วได้ความหนาแน่นลดลงเพื่อให้เขียน Curve ได้

2.2.11. เขียน Curve ระหว่างความหนาแน่นแห้ง γ_d และปริมาณน้ำในดิน (w) ก็จะทราบความแน่นแห้งสูงสุด $\text{Max. } \gamma_d$ (Maximum Dry Density) และปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นแห้งสูงสุด OMC. (Optimum Moisture Content)

3. การคำนวณ

3.1. คำนวณหาค่าปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} * 100 \quad \dots(3.6)$$

เมื่อ w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

M_1 = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

M_2 = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

3.2. คำนวณหาค่าความหนาแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{A}{V} \quad \dots(3.7)$$

เมื่อ ρ_t = ความหนาแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

A = มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

3.3. กำหนดหาค่าความหนาแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + \frac{w}{100}} \quad \dots(3.8)$$

เมื่อ ρ_t = ความหนาแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_d = ความหนาแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

4. ข้อควรระวัง

4.1. การประมาณปริมาณน้ำที่ใช้ผสมสำหรับดินเหนียว (Cohesive Soil) ควรใช้ปริมาณต่ำกว่าและสูงกว่าปริมาณน้ำที่ให้ค่าความแน่นสูงสุดที่ประมาณไว้ สำหรับดินทราย ควรเริ่มจากดินตากแห้งแล้วค่อยๆเพิ่มปริมาณน้ำขึ้นทีละน้อย เพื่อให้ได้จำนวนจุดที่จะไปเขียน Curve มากที่สุด

4.2. ในการใช้ก้อนทำการบดทับให้วางแบบบนพื้นที่ที่มั่นคง แข็งแรง ราบเรียบ เช่น คอนกรีต เพื่อให้แบบกระดอนขึ้นขณะทำการตอก

4.3. ให้ใช้จำนวนตัวอย่างให้เพียงพอ โดยให้มีตัวอย่างทดลองทางด้านแห้งกว่าจำนวนน้ำที่ให้ค่าความแน่นสูงสุดประมาณ ไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง และให้มีจุดทดลองทางด้านเปียกกว่าจำนวนน้ำที่ให้ค่าความแน่นสูงสุดประมาณ 1 ตัวอย่าง

4.4. สำหรับดินที่เหนียวมากหลังจากการตากแล้ว ให้ทุบด้วยก้อนยาง หรือนำเข้าเครื่องบดจนได้ตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

4.5. ปริมาตรของแบบ (V) ให้ทำการวัดและทำการคำนวณ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบ

การทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน (เทียบเท่า AASHTO T180)

1. ขอบข่าย

การทดลอง Compaction วิธีนี้เป็นการทดลองโดยวิธี Dynamic Compaction เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดินกับปริมาณที่ใช้ในการบดทับ เมื่อทำการบดทับในแบบ (Mold) ตามขนาดข้างล่างนี้ด้วยก้อนหนัก 4.537 กิโลกรัม (10.0 ปอนด์) ระยะปล่อยก้อนตก 457.2 มม. (18 นิ้ว)

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

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

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

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

หมายเหตุ ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้วิธี "ก"

2. วิธีทำ

2.1. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่าง ได้แก่ ดินหรือหินคลุก หรือ Soil-Aggregate หรือ วัสดุอื่นใดที่การทดลองให้ดำเนินการดังนี้

2.1.1. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนใหญ่ที่สุด (Maximum Size) มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้เตรียมตัวอย่างดังนี้

1. นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง และทำ Quartering หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง เมื่อแห้งพอเหมาะแล้ว (มีน้ำประมาณ 2-3%) นำมาร่อนผ่านตะแกรงเป็น 3 ขนาด คือ

- ขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)

- ขนาดระหว่าง 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ถึงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)

- ขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. (เบอร์ 4)

2. ทำการชั่งหามวลของวัสดุแต่ละขนาดที่เตรียมได้จากข้อ 2.1.1 (1) ก็จะทราบว่ามวลของตัวอย่างแต่ละขนาดมีอยู่ขนาดเท่าใด

3. ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้ทิ้งไป

4. แทนที่ของตัวอย่างในข้อ 2.1.1 (3) ด้วยตัวอย่างที่มีขนาดระหว่าง 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ถึงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) ด้วยมวลที่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น มีขนาด ใหญ่กว่า 19.0 มม. อยู่ 2,650 กรัม ก็ให้ใช้ตัวอย่างขนาดระหว่าง 19.0 มม. ถึงขนาด 4.75 มม. เพิ่มเข้าไปอีก 2,650 กรัม ก็ให้ใช้ตัวอย่างขนาดระหว่าง 19.0 มม. ตามที่มีจริง

5. คลุกตัวอย่างที่ได้จากข้อ 2.1.1(4) ให้เข้ากัน

2.1.2. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนที่ใหญ่ที่สุด มีขนาดเล็กกว่า 19.0 มม. (3/4 นิ้ว) ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้ง โดยวิธีตากแห้ง (มีน้ำประมาณ 2-3%) และทำ Quartering หรือใช้เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง แล้วคลุกตัวอย่างให้เข้ากัน

2.1.3. ถ้าต้องการทดลองตามวิธี ค. หรือ ง. คั่งกล่าวในขอบข่าย ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง แล้วใช้ค้อนยางทุบให้ก้อนหลุดออกจากกัน และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4) แล้วคลุกตัวอย่างให้เข้ากัน

2.1.4. ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.1.1 หรือ 2.1.2 หรือ 2.1.3 แล้วแต่กรณีให้ได้มวลประมาณดังนี้

1. ถ้าใช้แบบขนาดเล็กตามข้อ 2.1.1 (1) ให้ใช้มวล 3,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง

2. ถ้าใช้แบบใหญ่ตามข้อ 2.1.1 (2) ให้ใช้มวล 6,000 กรัม สำหรับการทดลอง 1 ครั้ง

2.1.5. ปริมาณตัวอย่างตามข้อ 2.1.4 ให้เตรียมตัวอย่างเพื่อทดลองได้ไม่น้อยกว่า 4 ครั้ง

2.2. การทดลอง

การทดลอง Compaction Test จะใช้แบบขนาดใดก็ได้แล้วแต่ความต้องการตามวิธีต่างๆ คั่งกล่าวในขอบข่าย และให้ดำเนินการทดลองดังนี้

2.2.1. นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้วมาคลุกเคล้าจนเข้ากันดี

2.2.2. เติมน้ำปริมาณหนึ่ง โดยปกติมักเริ่มต้นที่ประมาณ 4% ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่ให้ความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content)

2.2.3. คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้ว หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากันดี

2.2.4. แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบซึ่งมีปลอกสวมเรียบร้อย โดย ประมาณให้ดินแต่ละชั้น เมื่อบดทับแล้วมีความสูงประมาณ 1 ใน 4 ของ 127 มม. (5 นิ้ว)

2.2.5. ทำการบดทับโดยค้อนดังนี้

- ตามวิธี ก. และ ค. จำนวน 25 ครั้ง

- ตามวิธี ข. และ ง. จำนวน 56 ครั้ง

2.2.6. ดำเนินการบดทับจนได้ตัวอย่างที่ทำการบดทับแล้วเป็นชั้นๆ จำนวน 5 ชั้น มีความสูงประมาณ 127 มม. – 5 นิ้ว (สูงกว่าแบบประมาณ 10 มม.)

2.2.7. ถอดปลอกออก ใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่าระดับของตอนบนของแบบ (เหลือความสูงเท่ากับ 116.4 มม.) กรณีมีหลุมบนหน้า ให้เติมดินตัวอย่างแล้วใช้ค้อนยางทุบให้แน่นพอควร นำไปชั่งจะได้มวลของดินตัวอย่างและมวลของแบบ หักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของดินตัวอย่างเปียก (A)

2.2.8. ในขณะที่เดียวกับที่ทำการบดทับตัวอย่างในแบบ ให้นำดินใส่กระป๋องอบดิน เพื่อนำไปทดลองหาปริมาณน้ำในดินด้วย มวลของดินที่นำไปหาปริมาณน้ำในดินให้ใช้ ดังนี้

- ขนาดก้อนใหญ่สุด 19.0 มม. ใช้ประมาณ 300 กรัม

- ขนาดก้อนใหญ่สุด 4.75 มม. ใช้ประมาณ 100 กรัม

2.2.9. กำหนดหาค่าความแน่นเปียก γ_w (Wet Density) และความแน่นแห้ง γ_d (Dry Density) เมื่อทราบปริมาณน้ำในดิน w (Moisture Content)

2.2.10. ดำเนินการตามข้อ 2.2.1 ถึง ข้อ 2.2.9 โดยเพิ่มน้ำขึ้นอีกครั้งละ 2% จนกว่าจะได้รับความแน่นลดลงจึงหยุดการทดลอง หรืออาจลดน้ำที่ผสม ในกรณีที่เมื่อเพิ่มน้ำแล้วได้รับความแน่นลดลง เพื่อให้เขียน curve ได้

2.2.11. เขียน curve ระหว่างความแน่นแห้ง γ_d และปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ w ก็จะทราบความแน่นแห้งสูงสุด $\text{Max. } \gamma_d$ (Maximum Dry Density) และปริมาณน้ำในดินที่ทำให้ความแน่นแห้งสูงสุด OMC (Optimum Moisture Content)

3. การคำนวณ

3.1. กำหนดหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} * 100 \quad \dots(3.9)$$

เมื่อ w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

M_1 = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

M_2 = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

3.2. กำหนดหาค่าความหนาแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_w = \frac{A}{V} \quad \dots(3.10)$$

เมื่อ ρ_w = ความหนาแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

A = มวลของดินเปียกที่ค้ำในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของแบบ หรือปริมาตรของดินเปียกที่ค้ำในแบบ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร

3.3. กำหนดหาค่าความหนาแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_w}{1 + w} \quad \dots(3.11)$$

เมื่อ ρ_c = ความหนาแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

γ_d = ความหนาแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

4. ข้อควรระวัง

4.1. การประมาณปริมาณน้ำในดินเมื่อใช้ผสมสำหรับดินจำพวก Cohesive Soil ควรใช้ระยะต่ำกว่าและสูงกว่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นสูงสุดที่ประมาณไว้ สำหรับดินจำพวก Cohesion less Soil ควรใช้ปริมาณน้ำในดินจากสภาพดินตากแห้ง จนกระทั่งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

4.2. ในการใช้ก้อนทำการบดทับ ให้วางแบบบนพื้นที่มั่นคง แข็งแรง ราบเรียบ เช่น คอนกรีต ไม่ให้แบบกระดอนขึ้นขณะทำการตอก

4.3. ให้ใช้จำนวนตัวอย่างให้เพียงพอ โดยให้มีตัวอย่างทดลองทางด้านแห้งกว่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นสูงสุดไม่น้อยกว่า 2 ตัวอย่าง และให้มีจุดทดลองทางด้านเปียกกว่าปริมาณน้ำในดินที่ให้ความแน่นสูงสุด 1 ตัวอย่าง

4.4. สำหรับดินจำพวกดินเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากตากแห้งแล้ว ให้ทุบด้วยก้อนยาง หรือนำเข้าเครื่องบด จนได้ตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

4.5. ปริมาตรของแบบ (V) ให้ทำการวัดและคำนวณ เพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการบดอัด

3.2.3.3. การทดสอบ California Bearing Ratio

การทดลองเพื่อหาค่า CBR (เทียบเท่า AASHTO T 193)

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลอง CBR วิธีนี้เป็นวิธีการทดลองที่กำหนดขึ้นเพื่อหาค่าเปรียบเทียบ Bearing Value ของวัสดุตัวอย่างกับวัสดุหินมาตรฐาน เมื่อทำการบดทับวัสดุอย่างนั้นโดยใช้ก้อนบดทับในแบบที่ Optimum Moisture Content หรือปริมาณในดินใดๆ เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนนใช้ควบคุมงานในการบดทับให้ได้ความแน่นและความชื้นตามต้องการ

การทดลอง CBR อาจทำได้ 2 วิธี

วิธี ก. การทดลองแบบแช่น้ำ (Soaked)

วิธี ข. การทดลองแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked)

ถ้าไม่ระบุวิธีใดให้ใช้ “วิธี ก”

2. วิธีทำ

2.1. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่าง ได้แก่ ดิน หินคลุก หรือ วัสดุอื่นใดที่ต้องการทดสอบ ให้ดำเนินการดังนี้

2.1.1. ถ้าขนาดของตัวอย่างก้อนที่ใหญ่ที่สุด มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. ให้เตรียมตัวอย่างดังต่อไปนี้

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

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

2. ทำการชั่งหามวลของแต่ละขนาด ที่เตรียมได้จากข้อ 2.1.1 (1) ก็จะทราบว่ามวลของตัวอย่างแต่ละขนาดมีอยู่ขนาดละเท่าใด

3. ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า 19.0 มม. ให้ทิ้งไป

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

5. คลุกตัวอย่างที่ได้จากข้อ 2.1.1 (4) ให้เข้ากัน

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

2.1.3. ถ้าต้องการทดลองโดยใช้ตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม.ให้นำตัวอย่างมาทำให้แห้งโดยวิธีตากแห้ง แล้วใช้ก้อนขยงทุบให้หลุดออกจากกันและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. คลุกตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงให้เข้ากัน

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

2.1.5. ปริมาณตัวอย่างตามข้อ 2.1.4 ให้เตรียมไว้ 3 ตัวอย่างในการทดลองแต่ละครั้ง

2.2. การทดลอง

2.2.1. การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดลอง

1. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วจากข้อ 2 มาคลุกเคล้าจนเข้ากันดี

2. โดยวิธีการทดลอง Compaction Test จะทราบปริมาณน้ำในดินที่ความแน่นสูงสุดให้ใช้ปริมาณน้ำในดินดังนี้

- เปรียบเทียบปริมาณน้ำในดินของตัวอย่างกับปริมาณน้ำในดินที่คำนวณได้จากกา
รอบตัวอย่าง จะทราบปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง
ดังกล่าวเป็นค่าปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่าง เพิ่มน้ำเข้าไปในตัวอย่างที่เตรียมไว้จนได้ปริมาณน้ำใน
ดินที่ความแน่นสูงสุด

- กรณีที่คาดว่าปริมาณน้ำในดินของตัวอย่างที่เตรียมไว้ เพื่อทำการทดลอง CBR อาจจะ
ไม่เท่ากับที่หา Compaction Test ให้หาปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่จริงโดยการอบหรือคั่วให้แห้ง ก็จะทราบ
ปริมาณน้ำในดินที่มีอยู่ในตัวอย่าง ให้เพิ่มน้ำจนได้ปริมาณน้ำในดินที่ความแน่นสูงสุด

3. เติมน้ำตามที่คำนวณได้จากข้อ 2.2.1 (2)

4. คลุกเคล้าตัวอย่างที่เติมน้ำแล้ว หรือนำเข้าเครื่องผสมจนเข้ากันดี

5. นำแท่งโลหะรองใส่ลงในแบบ ซึ่งสวมปลอกเรียบร้อยแล้วและใส่กระดาษกรองลง
บนแท่งโลหะรอง 6. แบ่งตัวอย่างใส่ลงในแบบ โดยประมาณให้ตัวอย่างแต่ละชั้นเมื่อบดทับแล้ว มีความ
สูงประมาณ 1 ใน 4 ของ 127.0 มม. (5 นิ้ว)

7. ทำการบดทับโดยใช้ค้อน จำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยการบดทับให้สม่ำเสมอเต็มหน้าที
บดทับ

8. ดำเนินการบดทับจนได้ตัวอย่างที่ทำกรบดทับแล้วเป็นชั้น ๆ จำนวน 5 ชั้น มีความ
สูงประมาณ 127.0 มม. (5 นิ้ว) หรือสูงกว่าแบบประมาณ 10.0 มม.

9. ถอดปลอก (Collar) ออกใช้เหล็กปาดแต่งหน้าให้เรียบเท่าระดับตอนบนของแบบ
(เหลือความสูงเท่ากับ 116.4 มม.) กรณีที่หลุมบนหน้าให้เติมตัวอย่างใช้เหล็กปาดวางทับแล้วใช้ค้อนขย
ทุบจนกระทั่งเหล็กปาดขยบลงถึงขอบแบบ

10. กลายสกรูที่ยึดระหว่างแผ่นฐาน (Base Plate) และแบบ ยกแบบพร้อมตัวอย่างที่บด
ทับแล้วออกนำแท่งโลหะรองออกจากแผ่นฐาน วางกระดาษกรองแผ่นใหม่ลงบนแผ่นฐาน พลิกแบบ
โดยให้ด้านล่างของแบบอยู่ด้านบน นำเข้าประกอบกับแผ่นฐาน ขันสกรูและใส่ปลอกเข้าที่ก็จะได้
ตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับทำการทดลองเพื่อหาค่า CBR ต่อไป

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

2.2.2. การหาความแน่นในการบดทับและปริมาณน้ำในดิน

1. นำตัวอย่างพร้อมแบบที่เตรียมไว้จากข้อ 2.2.1 (11) ไปชั่งจะได้มวลของตัวอย่างและ
มวลของแบบหักมวลของแบบออกก็จะได้มวลของตัวอย่างเปียก (A)

2. ในขณะที่เดียวกับที่ทำการบดทับตัวอย่างในแบบตามข้อ 2.2.1 ให้นำตัวอย่างใส่กระป๋องอบตัวอย่าง เพื่อนำไปทดลองหาปริมาณน้ำในดินด้วย มวลของตัวอย่างที่นำไปหาปริมาณน้ำในดินใช้ดังนี้

- ขนาดก้อนใหญ่สุด 19.0 มม. ใช้ประมาณ 300 กรัม

- ขนาดก้อนใหญ่สุด 4.75 มม. ใช้ประมาณ 100 กรัม

3. คำนวณค่าความแน่นเปียก γ_w (Wet Density) และค่าความแน่นแห้ง γ_d (Dry Density) เมื่อทราบปริมาณน้ำในดิน w (Moisture Content)

2.2.3. การหาค่าการขยายตัว (Swell)

1. นำแผ่นวัดการขยายตัว (Swell Plate) พร้อมแผ่นดั่งน้ำหนักจำนวน 2 อัน สำหรับวัสดุพื้นทาง (Base) วัสดุรองพื้นทาง (Subbase) และวัสดุคัดเลือก (Selected Materials) และ 3 อันสำหรับวัสดุ Subgrade วางลงบนตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วตามข้อ 2.2.1 (10) ให้แนบสนิทกับตัวอย่างโดยขยับไปมา แล้วนำลงแช่น้ำให้ท่วมตัวอย่างให้หมด วางก้านสามขา (Tripod) ลงบนปลอกของแบบ จัดให้ก้านของ Dial Gauge อยู่กึ่งกลางบนก้านของแผ่นวัดการขยายตัว จด Initial Reading ที่อ่านได้จาก Dial Gauge แช่น้ำทิ้งไว้ บันทึกวันและเวลาที่อ่าน Reading บน Dial Gauge และอ่าน Reading บน Dial Gauge ทุกๆวัน เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การขยายตัว (Swell) ในการอ่าน Reading บน Dial Gauge แต่ละครั้ง ถ้าจำเป็นต้องตั้งสามขาใหม่ ให้พยายามตั้งให้ขาของสามขาและแกนของ Dial Gauge อยู่ที่เดิม เช่นเดียวกับการอ่าน Initial Reading โดยทำเครื่องหมายไว้ที่ปลอก

2. เมื่อครบกำหนด 4 วัน ถึงแม้ว่าการขยายตัวยังเพิ่มอยู่เรื่อยๆ เช่น ดินเหนียว หรือ อาจจะเร็วกว่า 4 วัน เมื่อปรากฏว่าไม่มีการขยายตัว เช่น ทราย (เมื่ออ่านค่าการขยายตัวแต่ละวันแล้ว) ให้นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ยกแผ่นวัดการขยายตัวพร้อมแผ่นดั่งน้ำหนักออก ตะแคงแบบให้น้ำไหลออก ประมาณ 15 นาที ระมัดระวังอย่าให้ผิวหน้าของตัวอย่างเสียหาย โดยเฉพาะวัสดุจำพวก Granular Material เสร็จแล้วทำการชั่งหามวล เมื่อหักมวลของแบบออกก็จะทราบมวลของตัวอย่างภายหลังแช่น้ำแล้ว นำตัวอย่างที่เตรียมไว้เพื่อทดลอง Penetration Test คို့ ไปโดยทันที

2.2.4. การทดลอง Penetration Test เพื่อหาค่า CBR

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

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

3. นำตัวอย่างขึ้นตั้งบนที่ตั้งของเครื่องกด ตั้งให้ท่อนกดอยู่ตรงพอดีกับกึ่งกลางรูของแผ่นถ่วงน้ำหนัก

4. หมุนเครื่องหรือเค้นเครื่องหรือบีบ แล้วแต่ลักษณะของเครื่องกดให้แผ่นฐานเคลื่อนขึ้นหรือท่อนกดเคลื่อนลงจนท่อนกดสัมผัสกับผิวหน้าของตัวอย่างมีแรงกดประมาณ 4 กก. (40 นิวตัน) ตั้งหน้าปิดของ Proving Ring หรือหน้าปิดของเครื่องวัดแรงให้เป็นศูนย์ พร้อมทั้งตั้งหน้าปิดของ Dial Gauge ที่วัด Penetration ให้เป็นศูนย์ด้วย การที่ให้ให้มีแรงกดประมาณ 4 กก. (40 นิวตัน) เพื่อให้แน่ใจว่าท่อนกดได้สัมผัสผิวของตัวอย่างและไม่นำมาคิดในการหา Stress VS. Penetration

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

6. ทำการบันทึกแรงกด เมื่อ Penetration อ่านได้ที่

- 0.63 มม. (0.025 นิ้ว)

- 1.27 มม. (0.050 นิ้ว)

- 1.90 มม. (0.075 นิ้ว)

- 2.54 มม. (0.100 นิ้ว)

- 3.17 มม. (0.125 นิ้ว)

- 3.81 มม. (0.150 นิ้ว)

- 4.44 มม. (0.175 นิ้ว)

- 5.08 มม. (0.200 นิ้ว)

- 6.35 มม. (0.250 นิ้ว)

- 7.62 มม. (0.300 นิ้ว)

- 8.89 มม. (0.350 นิ้ว)

- 10.16 มม. (0.400 นิ้ว)

- 11.43 มม. (0.450 นิ้ว)

- 12.70 มม. (0.500 นิ้ว)

เสร็จแล้วคลายแรงที่กดออก นำตัวอย่างพร้อมแบบออกจากแท่นของเครื่องกดยกแผ่นถ่วงน้ำหนักออก

7. นำตัวอย่างบริเวณที่ถูกท่อนกดลงไปเป็นรูปไปหาปริมาณน้ำในดินปริมาณตัวอย่างให้ใช้ตามข้อ 2.2.2(2)

8. ดำเนินการทดลอง Penetration Test ของตัวอย่างที่เตรียมไว้อีก 2 ตัวอย่างโดยวิธีเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

9. เขียน Curve ระหว่างแรงกดและระยะที่ท่อนกดจมลงในตัวอย่าง (Stress VS. Penetration) เพื่อหาค่า CBR ต่อไป

10. เมื่อได้ค่า CBR ของแต่ละตัวอย่างแล้ว เขียน Curve ระหว่างค่า CBR กับค่าความแน่นแห้ง (Dry Density) เพื่อหาค่า CBR ที่เปอร์เซ็นต์ของการบดทับที่ต้องการต่อไป

หมายเหตุ

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

3. การคำนวณ

3.1. คำนวณหาปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละ

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} * 100 \quad \dots(3.12)$$

M_2

เมื่อ w = ปริมาณน้ำในดินเป็นร้อยละคิดเทียบกับมวลของดินอบแห้ง

M_1 = มวลของดินเปียก มีหน่วยเป็นกรัม

M_2 = มวลของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

3.2. คำนวณหาค่าความหนาแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{A}{V} \quad \dots(3.13)$$

เมื่อ ρ_t = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

A = มวลของดินเปียกที่บดทับในแบบ มีหน่วยเป็นกรัม

V = ปริมาตรของดินเปียกที่บดทับในแบบหรือปริมาตรของแบบ มีหน่วยเป็น

มิลลิลิตร

3.3. คำนวณหาค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + w} \quad \dots(3.14)$$

$1 + w$

100

เมื่อ ρ_t = ความแน่นเปียก มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

ρ_d = ความแน่นแห้ง มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

w = ปริมาณน้ำในดิน มีหน่วยเป็นร้อยละ

3.4. คำนวณหาค่าการขยายตัว (Swell)

$$\text{Swell} = \frac{S}{H} * 100 \quad \dots(3.15)$$

เมื่อ S = ผลต่างระหว่างการอ่าน Reading ครั้งแรกและครั้งสุดท้ายของ Dial

Gauge ที่วัด Swell มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

H = ความสูงเริ่มต้น (Initial Height) ของตัวอย่างก่อนแช่น้ำ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

3.5. คำนวณหาค่า CBR

ในการคำนวณหาค่า CBR ให้ถือแรงมาตรฐาน (Standard Load) ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าแรงมาตรฐาน (Standard Load) ที่ Penetration ต่างๆ
(วารสาร ไม้เรียง, 2525)

Penetration (mm.)	Standard Load (Kg.)	Standard Unit Load (Kg./ cm.)
2.54 (0.1")	1360.8 (3000 lb)	70.3 (1000 lb/in)
5.08 (0.2")	2041.2 (4500 lb)	105.46 (1500 lb/in)
7.62 (0.3")	2585.5 (5700 lb)	133.59 (1900 lb/in)
10.16 (0.4")	3129.8 (6900 lb)	161.71 (2300 lb/in)
12.70 (0.5")	3538.0 (7800 lb)	182.81 (2600 lb/in)

หมายเหตุ พื้นที่หน้าตัดของท่อขนาด = 1935.5 ตร.มม. (3 ตร.มม.) คำนวณค่า CBR เป็น

ร้อยละ

จากสูตร

$$CBR = \frac{X}{Y} * 100 \quad \dots(3.16)$$

เมื่อ X = ค่าแรงกดที่อ่านได้ต่อหน่วยพื้นที่ของท่อนกด (สำหรับ Penetration ที่ 2.54 มม. หรือ 0.1 นิ้ว และที่เพิ่มขึ้นอีกทุกๆ 2.54 มม.)

Y = ค่าหน่วยแรงมาตรฐาน (Standard Unit Load) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (จากตารางข้างบน)

4. ข้อควรระวัง

4.1. สำหรับดินจำพวกดินเหนียวมาก (Heavy Clay) หลังจากตากแห้งแล้ว ให้ทุบด้วยก้อนยางหรือนำเข้าเครื่องบด จนได้ตัวอย่างผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

4.2. ในการใช้ก้อนทำการบดทับให้วางแบบบนพื้นที่มีมั่นคง แข็งแรง ราบเรียบ เช่น พื้นคอนกรีต เพื่อไม่ให้แบบกระดก หรือกระดอนขึ้น ขณะทำการบดทับ

4.3. ปริมาตรของแบบ (V) หลังจากหักปริมาตรของโลหะรองออกแล้ว ให้ทำการวัดและคำนวณเพื่อให้ได้ปริมาตรที่แท้จริงของแต่ละแบบไป ห้ามใช้ปริมาตรโดยประมาณ

4.4. ปริมาณของน้ำที่ใช้ผสม เพื่อเตรียมตัวอย่างทำ CBR ถ้าต้องการใช้ค่าต่างๆ นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในวิธีการทดลอง วิธีนี้ยอมทำได้สำหรับงานวิจัยหรืองานอื่นใด

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

4.6. เมื่อทำการทดลอง Penetration เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในการ Plot Curve ระหว่าง Unit Load และค่า Penetration จำเป็นจะต้องแก้จุดศูนย์ สำหรับ Curve ที่หงายขึ้น เนื่องจากความไม่ราบเรียบหรือเกิดจากการอ่อนยุบที่ผิวหน้าของตัวอย่าง เนื่องจากการแช่น้ำ ให้ทำการแก้โดยลากเส้นตรงกับเส้นที่ชันที่สุดของ Curve ไปตัดกับแกนตามแนวราบ คือ เส้นที่ลากผ่าน Unit Load เท่ากับศูนย์ ต่อจากนั้นให้เลื่อนค่าศูนย์ของ Penetration ไปที่จุดที่ตัด แล้วจึงดำเนินการหาค่า CBR ต่อไปเรียกว่า Corrected CBR Value

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

Penetration 5.08 มม. ถ้าหากไม่เป็นคั้งนั้นคือค่า CBR ที่ 5.08 มม. สูงกว่าที่ 2.54 มม. ให้ทำการเตรียมตัวอย่างทดลองใหม่ทั้งหมด แต่ถ้ายังสูงกว่าอยู่อีกให้ใช้ค่า CBR ที่ 5.08 มม.

4.8. ในการทำตัวอย่างเพื่อทดลอง ในกรณีที่ต้องการบดทับมากกว่า หรือน้อยกว่าที่ ต้องการตามวิธีทดลองนี้ อาจจะมีการบดทับเป็นชั้นละ 75 ครั้ง หรือลดการบดทับเป็นชั้นละ 8 ครั้ง เพื่อให้ได้ตัวอย่างมากขึ้นในการนำมาเขียน Curve

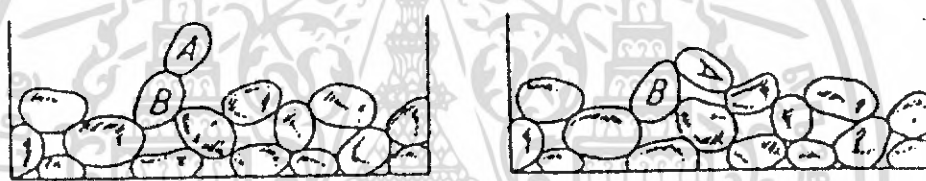


บทที่ 4

ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะคุณสมบัติของทราย

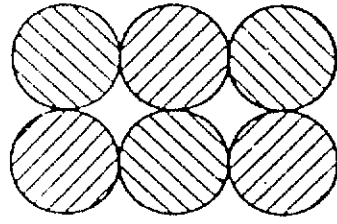
4.1. โครงสร้างของทราย

การจัดเรียงตัวของทรายมีลักษณะเป็น โครงสร้างที่แต่ละอนุภาคจะสัมผัสกับอนุภาคอื่น ๆ มาก ซึ่งเป็นการถ่ายเทแรงเพื่อรับน้ำหนักเท่านั้น โดยแต่ละจุดที่สัมผัสกันจะไม่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค โครงสร้างชนิดนี้เรียกว่า Single Grained Structure ดังภาพที่ 4.1 โครงสร้างแบบ Single Grained นี้ บางครั้งอาจจัดเรียงตัวในสภาพหลวม ดังภาพที่ 4.2 หรืออยู่ในสภาพที่แน่น ดังภาพที่ 4.3 สำหรับแบบจำลองอนุภาคทรงกลม เมื่อจัดเรียงตัวในสภาพแน่นที่สุดจะมีอัตราส่วนช่องว่างประมาณ 0.35 และเมื่อจัดเรียงตัวในสภาพหลวมที่สุดจะมีอัตราส่วนช่องว่างสูงถึง 0.91

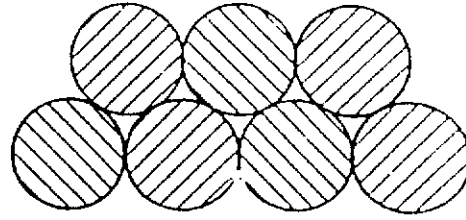


รูปที่ 4.1 โครงสร้างแบบ Single Grained Structure (Mean and Parcher, 1963)

โครงสร้างแบบ Single Grained จะต้องแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของแต่ละอนุภาคได้ ซึ่งแต่ละจุดสัมผัสนี้เองที่มีการส่งผ่านแรง ทำให้โครงสร้างชนิดนี้ไม่มีการยุบตัวมากนัก การจัดเรียงตัวของเม็ดทรายจะถูกต้านด้วยแรงเสียดทานที่ผิวอนุภาค (Surface Friction) ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงดันในแนวตั้งฉาก ณ จุดสัมผัส (Normal Contact Pressure)

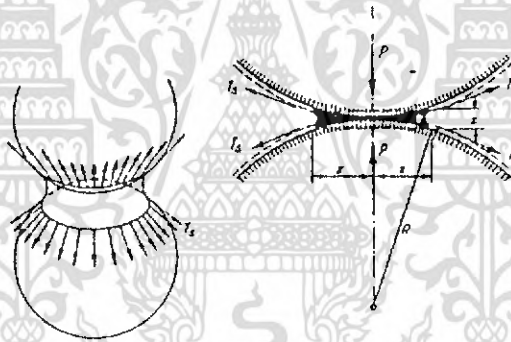


รูปที่ 4.2 โครงสร้างในสภาพหลวม
(Mean and Parcher, 1963)



รูปที่ 4.3 โครงสร้างในสภาพแน่น
(Mean and Parcher, 1963)

หากมีแรงภายนอกมากระทำจนทำให้มุมของผิวเม็ดทรายที่กระทำกับเส้นปกติ(Normal Line) มีค่ามากกว่ามุมเสียดทานภายในของเม็ดทราย จะส่งผลให้เม็ดทรายเลื่อนไถลลงสู่ด้านล่างในลักษณะของการทับถมแบบสุ่ม(Random)ซึ่งทำให้อยู่ในสภาพที่ค่อนข้างหลวม

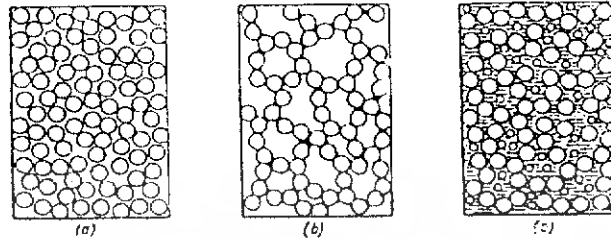


รูปที่ 4.4 ปรากฏการณ์ Capillary Action (Mean and Parcher, 1963)

เมื่อทรายได้รับความชื้นจะเกิดปรากฏการณ์สำคัญที่มีผลต่อการรับน้ำหนักของโครงสร้างโดยรวม เรียกว่า Capillary Action ปรากฏการณ์นี้จะเกี่ยวข้องกับแรงดึงผิวของน้ำ โดยแรงดึงผิวเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างผิววัตถุที่แตกต่างกัน คือ เม็ดทราย น้ำ และอากาศ

ถ้าพิจารณาที่จุดสัมผัสระหว่างเม็ดทรายจะเห็นว่าล้อมรอบไปด้วยปริมาณความชื้นที่เรียกว่า Contact Moisture ดังภาพที่ 4 ซึ่งมีลักษณะเป็นผิวโค้งสัมผัสกับผิวอนุภาคทรงกลมและจะอยู่ตลอดแนวของจุดสัมผัส แรงดึงผิวของน้ำ ณ จุดสัมผัสนี้จะช่วยยึดเหนี่ยวเม็ดทรายให้ติดกับดินเหนียว เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า แรงยึดเหนี่ยวปรากฏ (Apparent Cohesion)ซึ่งทำให้ทรายสามารถรับแรงกดและ

แรงดึงได้ แต่เมื่อเม็ดทรายอยู่ในสภาพแห้งหรือการอิมตัวด้วยน้ำ Contact Moisture จะหายไป ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดทรายหายไปด้วย



รูปที่ 4.5 การจัดเรียงตัวของเม็ดทรายในสภาวะต่างๆ (Mean and Parcher, 1963)

โครงสร้างที่มีเพียงเม็ดทรายกับอากาศ หรือเม็ดทรายกับน้ำ จะแสดงดังภาพที่ 4.5(a) โดยเม็ดทรายและช่องว่างระหว่างอนุภาคจะกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งโครงสร้าง (Uniformly Dispersed)

โครงสร้างที่ช่องว่างระหว่างเม็ดทรายประกอบด้วยอากาศจำนวนมากและน้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จะแสดงดังภาพที่ 4.5(b) พบว่าแรงดัน ณ จุดสัมผัสระหว่างเม็ดทรายเหล่านี้สามารถจัดเรียงตัวอยู่ในสภาวะที่หลวมมากๆ โดยบางครั้งช่องว่างระหว่างเม็ดทรายอาจมีขนาดใหญ่กว่าตัวเม็ดทรายเองก็ได้

4.2 คุณสมบัติของทราย (Soil Aggregate Mixtures) ที่ใช้ในเส้นทางและรองพื้นทาง

1. ขนาดและวัสดุ (Grain Size Distribution) ที่เหมาะสม ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้ วัสดุมวลหยาบล้วน ผิวของหินแต่ละก้อนจะไม่สัมผัสกันข้างเคียงโดยรอบ วัสดุประเภทนี้มีความแน่นต่ำ เพราะมีช่องว่างมาก มีคุณสมบัติระบายน้ำได้ดี ไม่มีแรงยึดเกาะระหว่างผิวทำให้การบดอัดทำได้ยาก วัสดุมวลหยาบผสมมวลละเอียดอย่างเหมาะสม ผิวของวัสดุแต่ละก้อนจะสัมผัสกันโดยรอบ ช่วยให้รับและถ่ายน้ำหนักถึงกันได้ดี บดอัดได้ความแน่นสูงมาก น้ำซึมผ่านได้ยาก สามารถรับแรงเฉือนได้สูง การบดอัดทำได้ง่าย วัสดุมวลหยาบที่มีมวลละเอียดผสมอยู่มาก ผิวของวัสดุแต่ละก้อนไม่ได้สัมผัสกันมีมวลละเอียดเล็กๆหุ้มโดยรอบ บดอัดแล้วได้ความแน่นต่ำ น้ำซึมผ่านได้ยากมาก เมื่อมีความชื้นมากความแข็งแรงจะลดลง การบดอัดกระทำได้ง่าย

2. ความสัมพันธ์ระหว่าง γ_d , CBR และขนาดของวัสดุ ค่าความแน่น γ_d และ CBR จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของวัสดุใหญ่ขึ้น ค่า CBR จะเพิ่มปริมาณ เมื่อเปอร์เซ็นต์มวลละเอียดน้อยกว่าจุดสูงสุดของ $\gamma_{d(max)}$ เล็กน้อย

3. วัสดุที่มีมวลละเอียดน้อยกว่า (Lean Mix) จะได้ค่า CBR สูงกว่าวัสดุที่มีมวลผสมอยู่จำนวนมาก (Rich Mix) นั้นหมายความว่ามีความ Stabliity สูงกว่า

4.3. ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะทางธรณีวิทยา

4.3.1. บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง (The Central Plain)

บริเวณที่ราบลุ่มนี้อยู่ตอนกลางของประเทศครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของที่ราบลุ่มเจ้าพระยาตอนบนและตอนล่างซึ่งเกิดจากการกระทำของแม่น้ำทั้งหมดที่ไหลลงสู่อ่าวไทย ประกอบด้วยแม่น้ำสายสำคัญคือ แม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำปิง วัง ยม น่าน ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาที่ไหลจากภูเขาสูงทางภาคเหนือของประเทศ โดยพัดพาตะกอนมาสะสมตัวในพื้นที่ตอนล่างที่เคยอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลมาก่อน จนกลายเป็นพื้นที่ราบกว้างใหญ่โผล่เหนือระดับน้ำทะเล การทับถมและสะสมตัวของตะกอนนี้ไม่เพียงแต่จะเกิดจากการกระทำของแม่น้ำที่ไหลจากที่สูงทางภาคเหนือเท่านั้น หากยังเกิดจากการกระทำของแม่น้ำที่ไหลจากที่สูงทางด้านตะวันตกและตะวันออกที่ล้อมรอบที่ราบภาคกลางด้วย แม่น้ำทางด้านตะวันตกที่สำคัญได้แก่ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำสะแกกรัง เป็นต้น ส่วนแม่น้ำทางด้านตะวันออกที่สำคัญได้แก่ แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำลพบุรี และแม่น้ำบางปะกง เป็นต้นจนในที่สุดเกิดต่อเนื่องเป็นที่ราบผืนเดียวกันทั้งบริเวณตอนบนและตอนล่าง ที่ราบลุ่มภาคกลางเป็นที่ราบกว้างใหญ่ที่สุดในประเทศไทยมีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ส่วนที่แคบที่สุดอยู่ทางด้านทิศเหนือและยาวต่อเนื่องลงมาจนถึงอ่าวไทย โดยมีแนวเนินเขาและเขาโคดๆ ปรากฏให้เห็นเป็นหย่อมๆ ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ แนวเนินเขาและเขาโคดๆ เหล่านี้ จะใช้เป็นแนวในการแบ่งที่ราบลุ่มภาคกลางออกเป็น 2 บริเวณ คือ ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน (Upper Central Plain) และที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง (Lower Central Plain)

4.3.1.1. ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน (Upper Central Plain)

ขอบเขตของบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบนครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก พิจิตร กำแพงเพชร ต่อเนื่องลงมาจนถึงบริเวณปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ ที่ซึ่งแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ไหลมาบรรจบกันเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบนนี้มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ลอนลาด (undulating terrain) มีความสูงโดยเฉลี่ยระหว่าง 40 - 60 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ประกอบด้วยตะกอนที่เกิดจากการกร่อน (erosion) และหุพัง

(weathering)ของหินเดิมหลังจากนั้นถูกพัดพา (transport) มาสะสมตัว (deposition) โดยทางน้ำ เกิดเป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) ตะพักลุ่มน้ำ (terrace) และ ที่ลุ่มน้ำขัง (swamp) โดยทั่วไป

4.3.1.2. ที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่าง (Lower Central Plain)

ขอบเขตของบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างครอบคลุมพื้นที่ตอนล่างของจังหวัดนครสวรรค์ ตั้งแต่บริเวณปากน้ำโพเรื่อยลงมาจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดสมุทรปราการ ระดับความสูงของบริเวณนี้ต่ำกว่าที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน และแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ เช่น ขอบตลิ่งแม่น้ำเจ้าพระยา ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ ชัยนาท สิงห์บุรี มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 20 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง จากนั้นระดับความสูงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 2.5 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างบริเวณที่อยู่ใกล้แม่น้ำเจ้าพระยาจะเห็นร่องรอยของการเคลื่อนที่ของแม่น้ำสายนี้จากลักษณะของทะเลสาบรูปแอก (oxbow lake) และรอยทางน้ำโค้งตัว (meander scar) ตั้งแต่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลงมาจนถึงกรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ห่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 21 กิโลเมตร มีระดับความสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 1.5 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยทั่วไปบริเวณนี้มีลักษณะแบนราบแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างเกิดจากการไหลบ่าเข้ามาของทะเลโบราณ แล้วถอยร่นออกไปในช่วงเวลาต่อมา จากหลักฐานของชนิดตะกอนที่มาสะสมตัวและลักษณะภูมิประเทศพบว่าในที่ราบนี้ยังประกอบไปด้วยที่ลุ่มชื้นแฉะ (marsh) ที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง (tidal flat) ดินดอนสามเหลี่ยม (delta) เช่น ที่จังหวัดนครปฐมและทางทิศใต้ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา หาดทราย (beach) และสันดอนทราย (sand bar) ซึ่งส่วนใหญ่จะพบเห็นได้เด่นชัดในบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและบางบริเวณของกรุงเทพมหานคร

4.3.2. ธรณีวิทยาบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง

4.3.2.1. ธรณีวิทยาทั่วไป

ที่ราบลุ่มภาคกลางเกิดจากการเคลื่อนไหวของรอยเลื่อนใหญ่ ได้แก่ รอยเลื่อนแม่ปิง(ต่อเลยไปเกือบเชื่อมกับรอยเลื่อนเมย) รอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (น้ำปาด) และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคเทอร์เชียรี ซึ่งต่อเนื่องจากการเปิดตัวของอ่าวไทยทางใต้และการเกิดแอ่งเทอร์เชียรีในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกตอนบนและตามด้วยการเกิดรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ (Bunopas, 1981) การสะสมตัวเกิดขึ้นบนบกแบบเนินตะกอนน้ำพารูปพัด ที่ราบตะกอนน้ำพา ทางน้ำ ทะเลสาบ และแบบกึ่งทางน้ำกับทะเลสาบ ชั้นหินไม่มีความต่อเนื่องกัน โผล่ปรากฏไม่มากนัก อัตราการผุพังสูง

และพบซากดึกดำบรรพ์น้อยทำให้ความเห็นทางด้านการให้อายุหินโดยนักธรณีวิทยามีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะในช่วงตะวันตกสุดบริเวณจังหวัดชลบุรีและบริเวณใกล้ชายแดนประเทศกัมพูชาในช่วงอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดสระแก้วและจังหวัดจันทบุรี

ชั้นหินในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ หินมีอายุตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียนจนถึงตะกอนยุคควอเทอร์นารี โดยหินมหายุคพรีแคมเบรียนปรากฏให้เห็นบริเวณตอนกลางของภาค ทางด้านตะวันตกมีขอบเขตของหินมหายุคพาลีโอโซอิก โผล่บ้างเล็กน้อย ส่วนทางด้านตะวันออกปกคลุมด้วยชั้นหินมหายุคพาลีโอโซอิกเป็นบริเวณกว้าง หินยุคไทรแอสซิกพบทั้งพวกหินชั้นและหินอัคนี โผล่เป็นแนวจากบริเวณจังหวัดสระแก้วถึงจังหวัดจันทบุรี และคลุมอยู่บนแนวตะเข็บรอยต่อธรณีสระแก้ว-โอฟีโอไลต์ ส่วนหินมหายุคมีโซโซอิกที่เป็นหินภูเขาไฟ และหินชั้นลักษณะเทียบเคียงได้กับกลุ่มหินโคราชนั้น ปรากฏอยู่ตามบริเวณชายฝั่งด้านทิศตะวันออกและเกาะทางด้านทิศใต้ของจังหวัดตราด หินอัคนีส่วนใหญ่เป็นมวลหินแกรนิตพบมากในเขตจังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดจันทบุรี ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกมีแนวรอยเลื่อนซึ่งมีทิศขนานกับแนวการคดโค้ง ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีแนวรอยเลื่อนที่ต่อแนวจากแนวรอยเลื่อนแม่ปิงในแนวตะวันออก-ตะวันตกบริเวณจังหวัดสระแก้ว

4.3.2.2. ลำดับชั้นหินทั่วไป

การจัดลำดับชั้นหินในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางค่อนข้างลำบาก เนื่องจากชั้นหินต่างๆขาดความต่อเนื่อง

หินมหายุคพรีแคมเบรียน หินที่เชื่อว่าเป็นหินยุคพรีแคมเบรียนหรือก่อนยุคคาร์บอนิเฟอรัส ได้แก่ หินในชลบุรี (Bunopas, 1981) ในเขตจังหวัดชลบุรี ประกอบด้วยหินแปรพวกไบโอไทต์ไนส์ หินออร์โทไนส์ หินฮอร์นเบลนด์-ไบโอไทต์ไนส์ หิน ควอร์ตซ์ไมกาชีสต์ หินแอมฟิไบโลต์ชีสต์ หินควอร์ตซ์ไมกา โกลาไนต์ชีสต์ และหินแคลก์ซิลิเกต ซึ่งจัดอยู่ในชั้นลักษณะปรากฏแอมฟิไบโลต์วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มีแนวสัมผัสแบบรอยเลื่อนกับหินแปรเกรดต่ำยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน หินยุคนี้เทียบสัมพันธ์ได้กับหินไนส์ลานสาง ที่บริเวณภาคตะวันตกตอนบน

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง หินยุคแคมเบรียน-ออร์โดวิเซียน พบอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลและเกาะนอกฝั่ง ในเขตอำเภอสัตหีบและอำเภอเมืองจังหวัดชลบุรี เช่นที่ เกาะล้าน เกาะสีชัง เกาะลอย และเกาะขามใหญ่ เป็นต้น หินยุคนี้ประกอบด้วยหินควอร์ตซ์ไนต์ หินทรายเนื้อควอร์ตซ์ หินชนวน หินควอร์ตซ์ชีสต์ และหินปูนเนื้อดิน หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน และอาจต่อเนื่องขึ้นไปถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัสแบ่งได้เป็น 2 แนว แนวแรกอยู่ทางด้านตะวันตก และตอนกลางของพื้นที่ซึ่งค้นพบด้วยหินมหายุคพรีแคมเบรียนและหินแกรนิตชลบุรี-ระยอง หินตะกอนที่อยู่บนฝั่งทะเลด้านจังหวัดชลบุรีและ

บริเวณเกาะแก้ว อำเภอสตึกหีบ ด้านตะวันตกของพื้นที่ ได้แก่ หินดินดานสตึกหีบ (Bunopas, 1981 และ 1983) ซึ่งประกอบด้วยหินดินดาน หินเชิร์ต หิน ควอร์ตไซต์ และมีหินปูนรูปเลนส์ หินถูกเปลี่ยนแปลงและถูกแปรสภาพเป็นหินแปรเกรดต่ำ บางบริเวณพบการแปรสภาพแบบสัมผัสกับหินแกรนิต แนวที่สองอยู่ทางด้านตะวันออกของแนวหินมหายุคพรีแคมเบรียนและมีแนวหินแกรนิตคั่นอยู่เป็นบริเวณกว้าง ตั้งแต่เขตอำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ลงมาในเขตอำเภอแกลง จังหวัดระยอง เช่น ที่บริเวณเขาใหญ่และเขาชะเมา ประกอบด้วยหินแปรเกรดต่ำชั้นกรีนชีสต์ จำพวกหินควอร์ตไซต์ หินชีสต์และหินฟิลไลต์ ซึ่งบางส่วนสัมผัสอยู่กับหินไนส์ ยุคพรีแคมเบรียนและหินปูนยุคเพอร์เมียนแบบรอยเลื่อนสัมผัส หินทั้งสองแนวนี้ไม่อาจจะอายุที่แน่นอนได้ เนื่องจากพบว่ามีหินบางส่วนวางตัวอยู่ใต้ชั้นหินปูนยุคเพอร์เมียน เช่น ที่เขาเรวดี บริเวณอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี และที่บริเวณอำเภอแกลง จังหวัดระยอง ดังนั้นอายุของหินเหล่านี้อาจแก่ลง ไปถึงช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัส

หินมหายุคพาลีโอโซอิกคอนบน ในหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ไม่พบซากดึกดำบรรพ์ที่บอกอายุได้แน่นอน ดังนั้นอายุหินส่วนหนึ่งอาจจะคาบเกี่ยวลงไปถึงยุคดีโวเนียนตอนปลาย หรือขึ้นไปถึงยุคเพอร์เมียนตอนต้นก็ได้ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสมีอยู่ 3 แนวคือ แนวชลบุรี-สตึกหีบ แนวพนัสนิคม-แกลง และแนวบึงบัว-สระแก้ว-จันทบุรี-ตราด แนวชลบุรี-สตึกหีบ อยู่ทางตะวันตกของหินไนส์ชลบุรี วางตัวต่อเนื่องมาจากหินดินดานสตึกหีบขึ้นไปจนถึงหินปูนและหินดินดานที่อ่างเก็บน้ำบางพระ ยุคเพอร์เมียนตอนกลาง แนวพนัสนิคม-แกลง แยกจากแนวชลบุรี โดยหินพื้นฐานซับซ้อน หรือ กลุ่มหินไนส์ หินไมกาชีสต์ คั่นระหว่างกลางของแนวที่สอง ที่บริเวณตอนเหนือของเขาใหญ่ หินดินดาน และหินทรายมีแนวเรียงตัวสีเทาดำ หินปูนเป็นรูปเลนส์และหินเชิร์ต มีแนววางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ พบซากดึกดำบรรพ์ไบรโอซัว (bryozoa) ชื่อ Penniretepora sp., Fenestella cf. F. triserialis, Fenestella sp., Polypora sp., และแบรคิโอพอด ชื่อ Cleiothyridina sp. รวมทั้งซากดึกดำบรรพ์ก้านไครนอยด์ (crinoid stem) ยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนต้น (สมัย Early Viséan-Late Tournaisian) แนวจันทบุรี-ตราด บริเวณตะวันออกของฝั่งทะเลตะวันออกในเขตระหว่างจังหวัดสระแก้ว-ปองน้ำร้อน-จันทบุรี ใกล้ชายแดนประเทศกัมพูชา มีแนวของหินแอมฟิไบไลต์ชีสต์ หินฮอร์นเบลนด์ชีสต์ หินควอร์ตซ์ชีสต์ และหินทัฟท์แปรสภาพ หินอ่อนรูปเลนส์ หินเมตาเชิร์ต (เรดิโอลาเรียน-เชิร์ต) และหินฟิลไลต์สีแดง พบซากดึกดำบรรพ์ยุคเพอร์เมียน ในหินปูน บริเวณจังหวัดสระแก้ว

หินยุคเพอร์เมียน แบ่งออกได้เป็น 3 แนว คล้ายกับหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ได้แก่ แนวชลบุรี-สตึกหีบ ที่เขาเรวดีใกล้อ่างเก็บน้ำบางพระ ประกอบด้วยชั้นของหินทราย หินดินดาน หินปูนและมีหินเชิร์ตชั้นบางแทรกสลับ ในหินปูนมีซากดึกดำบรรพ์ Pseudoschwagerina cf. P. regularis (วีรศักดิ์ นิตินทร์บดี และคณะ 2519) ฟอแรมินิเฟอรา และสาหร่าย ยุคเพอร์เมียนตอนกลาง (Bunopas et al., 1983) แนวพนัสนิคม-แกลง ในหินดินดานที่เขาวัง มีซากดึกดำบรรพ์ Leptodus sp. ยุคเพอร์เมียนตอนปลาย (Bunopas et al., 1983) สำหรับแนวชลบุรี-สตึกหีบ และพนัสนิคม-แกลง ทั้งสองแนวนี้เรียกรวมกัน

ว่า แนวศรีราชา-แกลง แนวจันทบุรี-สระแก้ว แบ่งได้เป็น 2 ตอน คือ ทางด้านจังหวัดสระแก้ว-อรัญประเทศ และกบินทร์บุรี-โป่งน้ำร้อน-จันทบุรี-ตราด เป็นบริเวณที่ชั้นหินวางตัวกันซับซ้อนเพราะเป็นเขตธรณีวิทยาฐานประกอบด้วย หินเชิร์ตที่มีซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรีย หินปูน หินทราย หินภูเขาไฟและหินบะซอลต์รูปหมอน วางตัวอยู่บนหินอัลตราเมฟิก กลุ่มหินทั้งหมดเรียกรวมกันว่า สระแก้ว โอไฟโอไลต์ (Bunopas, 1981, 1983)

หินมหายุคมีโซโซอิก ประกอบไปด้วยหมวดหินเนินโพธิ์ยุคไทรแอสซิกและหมวดหินโป่งน้ำร้อนและหมวดหินเนินผู้ใหญ่เหนือ ซึ่งเชื่อว่าสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมตะกอนน้ำพารูปพัดใต้ทะเล (submarine fans) ของกระแสน้ำโบราณที่ไหลจาก ทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก และในหมวดหินแหลมสิงห์ หมวดหินภูกระดึง และหมวดหินพระวิหารประกอบด้วยชั้นหินสีแดงซึ่งเชื่อว่ามีภาวะแวดล้อมการสะสมตะกอนแบบตะกอนแม่น้ำบนบก โดยมีทิศทางการไหลของกระแสน้ำโบราณจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ตามลำดับ

หินอัคนีบริเวณภาคตะวันออกแบ่งได้เป็น 3 แนว แนวแรกอยู่ทางด้านตะวันตกของภาค ปกคลุมพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดชลบุรีลงมายังจังหวัดระยอง เป็นหินแกรนิตมวลไพศาล เนื้อหินหยาบปานกลางถึงเนื้อ คอก แนวที่สองอยู่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอแกลง จังหวัดระยองเป็นหินแกรนิตเช่นกัน สำหรับแนวที่สามส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตมวลไพศาล ปกคลุมพื้นที่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของจังหวัดจันทบุรี นอกจากนั้นเป็นหินอัคนีพวกหินไรโอไลต์ ปรากฏอยู่ทางด้านตะวันออกของภาคห่างจากชายแดนกับพม่าประมาณ 5-10 กิโลเมตร และหินโอลิวีนบะซอลต์ เนื้อหินแสดงลักษณะรูฟองอากาศ ปรากฏเป็นแนวอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี และทางด้านทิศเหนือของจังหวัดตราด

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่างหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน พบบริเวณรอบ ๆ จังหวัดนครสวรรค์ ประกอบด้วย หินทัฟฟ์ บริเวณเขาหลวงด้านตะวันตกของอำเภอเมืองนครสวรรค์ หินปูนบริเวณเขาขาด เขามโน ในเขตอำเภอสลกบาตร จังหวัดกำแพงเพชร นอกจากนี้ยังมีหินเชิร์ต เช่น ที่บริเวณอำเภอขาณุวรลักษบุรี จังหวัดกำแพงเพชร เขากบ อำเภอเมืองกำแพงเพชร และบริเวณเขาเล็ก ๆ ด้านทิศใต้ของจังหวัดนครสวรรค์ และนอกจากนั้นยังพบเป็นแนวเขาสั้น ๆ บริเวณขอบแอ่งเจ้าพระยา ด้านตะวันตกอีกด้วย

หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสส่วนใหญ่ เป็นหินทรายสีแดง มีหินดินดาน และหินทรายแป้งสีแดงแทรกสลับ พบบริเวณอำเภอตากดี จังหวัดนครสวรรค์ และบริเวณจังหวัดชัยนาท เช่น หินทรายบริเวณเขาตากดี อำเภอตากดี เป็นต้น

หินยุคเพอร์เมียนมัก โคลให้เห็นเป็นเขาโดดๆ หรือต่อเป็นแนวสั้นๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 บริเวณ คือ บริเวณด้านตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ แนวบ้านไร่-ทับทัน จังหวัดอุทัยธานี ซึ่งส่วน

ใหญ่เป็นหินปูน หินดินดานและหินทราย ส่วนอีกแนวหนึ่งคือ แนวนครสวรรค์-ลพบุรี ประกอบด้วยหิน ทราย หินดินดานและหินปูน

หินมหายุคมีโซโซอิก ในมหายุคมีโซโซอิกตอนต้นเป็นหินตะกอนภูเขาไฟแทรกสลับ กับหินปูน ซึ่งถูกปิดทับแบบไม่ต่อเนื่องด้วยชั้นหินแข็งของกลุ่มหินโคราช หินเหล่านี้วางตัวในแนว ประมาณทิศเหนือ-ใต้ บริเวณขอบที่ราบภาคกลางด้านตะวันออกและพบอยู่น้อยมากบริเวณขอบด้าน ตะวันตก

หินมหายุคซีโนโซอิก หินยุคเทอร์เชียรีในที่ราบลุ่มภาคกลางพบถูกปิดทับโดยตะกอนค วอเทอร์นารีทั้งแอ่ง ข้อมูลทางธรณีวิทยาจึงได้มาจากการเจาะสำรวจและข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ พบเป็น แอ่งขนาดใหญ่ 3 แอ่ง คือ แอ่งพิษณุโลก แอ่งสุพรรณบุรี และแอ่งธนบุรี โดยในแต่ละแอ่งยังสามารถ แบ่งเป็นแอ่งย่อยได้อีกหลายแอ่ง แอ่งพิษณุโลกเป็นแอ่งที่มีศักยภาพของปิโตรเลียมค่อนข้างสูง ตัวแอ่ง ด้านเหนือและใต้ถูกขนาบด้วยแนวรอยเลื่อนแม่ปิงแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้และ รอยเลื่อนอุตรดิตถ์แนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งต่างก็เป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับ ชั้นหินในแอ่งแบ่งออกได้เป็น 5 หมวดหิน โดยมีลำดับจากล่างขึ้นบน ดังนี้ หมวดหินหนองบัว หมวด หินลานกระบือ หมวดหินประจักษ์ศิลปาคม หมวดหินยม และหมวดหินปิง ซึ่งมีหน่วยตะกอนยุคควอเทอร์นารี ปิดทับด้านบนสุด ตะกอนยุคควอเทอร์นารีสมัยไพลสโตซีนส่วนใหญ่พบอยู่ตามบริเวณที่ราบลุ่ม เจ้าพระยา มีความหนาของชั้นตะกอนประมาณ 650 เมตร ถึง 1,830 เมตร ซึ่งสะสมตัวอย่างต่อเนื่องอยู่ใน แอ่งของบึงร้อยเอ็ดที่จมตัวลงอย่างช้าๆ จากลักษณะของตะกอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 หน่วย ชั้นตะกอน ได้แก่

1. หน่วยชั้นตะกอนเจ้าพระยา ประกอบด้วย ตะกอนชุดสมุทรปราการ อยู่ล่างสุดเป็น ชั้นหินโคลนวางตัวอยู่บนหินดินดานสีแดงอาายุเทอร์เชียรี ตะกอนชุดพระนคร เป็นชั้นทรายสลับชั้นดิน เหนียว วางตัวแบบรอยสับสัสมันต่อเนื่องบนชั้นตะกอนชุดสมุทรปราการ ตะกอนชุดพระประแดง อยู่ บนสุดเป็นชั้นตะกอนทรายและกรวดมีเศษเปลือกหอยไม้หรือพืชปนอยู่ด้วย

2. หน่วยชั้นตะกอนดินเหนียวกรุงเทพ ประกอบด้วย ตะกอนดินเหนียวกรุงเทพ คอนล่าง เป็นตะกอนทรายที่สะสมตัวในบริเวณปากแม่น้ำไหลลงสู่ทะเล และตะกอนดินเหนียวกรุงเทพ คอนบน ซึ่งเป็นตะกอนดินเหนียวที่สะสมตัวในทะเล ช่วงบริเวณตะพักสูงระหว่างเขตจังหวัดลพบุรีและ จังหวัดสระบุรี มี หน่วยหินมาร์ลลพบุรี ซึ่งเกิดจากการผุร้อนของกลุ่มหินปูนสระบุรี ในช่วงสมัยไพลส โตซีนสะสมตัวเป็นชั้นหนาประมาณ 15-20 เมตร

หินอัคนีที่พบทางด้านทิศใต้จังหวัดนครสวรรค์ลงมาทางจังหวัดอุทัยธานีและทางทิศ ตะวันออกของจังหวัดนครสวรรค์ ส่วนใหญ่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ มีทั้งหินอัคนีแทรกซอนพวกหินแกร โน ไดออไรต์ หินแกรนิตและหินไดออไรต์ ซึ่งเกิดเป็นมวลหินขนาดเล็กวางตัวสัมพันธ์กับชั้นหินยุคไซลู เรียน-ดีโวเนียนแบบรอยเลื่อนสัสมัน ส่วนหินอัคนีที่เป็นพวกหินแอนดีไซต์ หินเคโซไซต์และหินไรโอไลต์

ที่เกิดเป็นแบบพนักหินตัดผ่านหินไดออไรต์และหินแกรโนไดออไรต์ และแบบที่ไหลหลากทับอยู่บนชั้น หินยุคเพอร์เมียนและหินยุคที่แก่กว่ายุคเพอร์เมียน นอกจากนี้ยังพบหินที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ อาทิเช่น หินทัฟไฟและหินกรวดภูเขาไฟ ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นหินไรโอไลต์รวมอยู่ด้วย อายุของหินอัคนี เหล่านี้คาดว่าเกิดช่วงหลังยุคเพอร์เมียนแต่ก่อนยุคจูแรสซิก (Bunopas, 1980)

4.3.3. บริเวณภาคตะวันออก (The Eastern Region)

บริเวณภาคตะวันออกครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ตอนใต้ของเทือกเขาเพชรบูรณ์และขอบที่ราบสูงโคราชต่อเนื่องลงมาจนถึงขอบอ่าวไทยตอนบน บริเวณนี้อยู่ในเขตจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด รวมทั้งบางบริเวณของจังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี นครนายก และสระแก้ว โดยมีทิวเขาบรรทัดทางตอนบนของภาคตะวันออกมีลักษณะเป็นที่ราบและพื้นที่ลอนลาดอยู่ระหว่างเทือกเขา ที่เป็นขอบที่ราบสูงโคราชกับเทือกเขาตอนกลางของภาคตะวันออก พื้นที่ลอนลาดในบริเวณนี้มีความสูงประมาณ 50-150 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางทางตอนกลางของภาคตะวันออกมีลักษณะเป็นเทือกเขาและภูเขาสูงสลับกับที่ราบและพื้นที่ลอนลาด วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ เทือกเขาสูง ได้แก่ เทือกเขาจันทบุรี มียอดเขาสอยดาวเป็นยอดสูงสุด คือสูง 1,640 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พื้นที่ราบบริเวณนี้ขนานเป็นแนวไปกับแม่น้ำสาขาสายหลักซึ่งประกอบด้วยที่ราบตะกอนน้ำพาและลานตะพักลำน้ำซึ่งมีระดับที่แตกต่างกัน ลานตะพักลำน้ำขั้นต่ำมีความสูงประมาณ 5-20 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลานตะพักลำน้ำขั้นกลางมีความสูง 20-30 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และลานตะพักลำน้ำขั้นสูงมีความสูงประมาณ 30-100 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางทางตอนล่างของภาคตะวันออกมีลักษณะเป็นพื้นที่ลอนลาดสลับกับที่ราบ ซึ่งต่อเนื่องมาจากบริเวณที่เป็นภูเขา ปรากฏเป็นแนวแคบๆ ขนานไปกับชายฝั่งทะเล ตั้งแต่จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี จนถึงจังหวัดตราด พื้นที่โดยทั่วไปมีความสูงประมาณ 1-50 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณชายฝั่งทะเล เป็นที่ราบเรียบอยู่ระหว่างพื้นที่เชิงเขาหรือพื้นที่ลอนลาดขนานกับชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก เกิดจากการสะสมตัวของชั้นตะกอนจากน้ำทะเลที่รุกเข้ามาในแผ่นดินในบริเวณที่เป็นที่ราบเชิงเขาหรือพื้นที่ลอนลาดเดิม มีความกว้างประมาณ 5-10 กิโลเมตรจากขอบอ่าวไทยปัจจุบัน ประกอบด้วยพื้นที่สันทราย (sand ridge) ทั้งเก่าและใหม่ ซึ่งเกิดจากการกระทำของน้ำทะเลและลม พื้นที่ชะวากทะเล (estuary) พื้นที่ลากูน (lagoon) ดินดอนสามเหลี่ยมและลานตะพักทะเล พื้นที่เหล่านี้มีความสูงประมาณ 1-10 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พื้นที่ชะวากทะเลและดินดอนสามเหลี่ยม พบอยู่บริเวณปากแม่น้ำทางด้านตะวันออกของภาค ได้แก่ ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำระยอง ปากแม่น้ำประแส ปากแม่น้ำจันทบุรี และปากแม่น้ำเวฬุ เป็นต้น

บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

5.1. ผลการทดลอง

จากที่ได้ทำการเดินทางไปเก็บตัวอย่างทราย ในจังหวัดต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการทำการทดสอบ โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างทรายถม มาในบริเวณ จังหวัดชลบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดอยุธยา จังหวัดปทุมธานี และ จังหวัดฉะเชิงเทรา รวมแล้ว 5 จังหวัด ซึ่งมีรายชื่อปอและสถานที่ตั้งได้แสดงไว้ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงชื่อปอและสถานที่ตั้งในจังหวัดชลบุรี

จังหวัด	ชื่อปอทราย	สถานที่ตั้ง	ระยะทางที่ห่างจาก อ.เมือง (กม.)	ความลึกของตำแหน่งตัวอย่างจากผิวดิน (ม.)
ชลบุรี	พนัส	ต.หมอนนาง อ.พนัสนิคม	22	4
	หนองปรือ	ต.คลองแก้ว อ. บ้านบึง	14	5
	หนองรี	ต.หนองรี อ. เมือง	-	4
	ผู้ใหญ่ชวด	ต.เขาขันตรง อ.ศรีราชา	24	4

จังหวัด	ชื่อพ่อทราย	สถานที่ตั้ง	ระยะทางที่ห่างจาก อ.เมือง (กม.)	ความลึกของตำแหน่งตัวอย่างจากผิวดิน (ม.)
นครปฐม	โชค	ต.คอนรอก อ.คอนตูม	31	3
	ทอง	ต.ทุ่งลูกนก อ.กำแพงแสน	26	2
	ฟ้าบาดาล	ต.นราภิรมย์ อ.บางเลน	46	2
	สำราญ	ต.คลองนกกระทิง อ.บางเลน	46	2
	เกล้า	ต.คอนยายหอม อ.เมือง	-	3
อยุธยา	ลุงคำ	ต.ภาษี อ.ภาษี	25	3
	เคเอส	ต.สำตาเสา อ.วังน้อย	20	2
	พูนผล	ต.วัดขยม อ.บางบาล	10	2
	รวีวรรณ	ต.กุฎี อ.ผักไห่	29	3
	กิติ	ต.บ้านกุ่ม อ.บางบาล	10	2

ตารางที่ 5.2 แสดงชื่อพ่อและสถานที่ตั้งในจังหวัด นครปฐม,อยุธยา

จังหวัด	ชื่อบ่อทราย	สถานที่ตั้ง	ระยะทางที่ห่างจาก อ.เมือง (กม.)	ความลึกของตำแหน่งตัวอย่างจากผิวดิน (ม.)
ฉะเชิงเทรา	เจ้าแฉ็ค	ต.เขาหินซ้อน อ.พนมสารคาม	20	3
	บางน้ำเปรี้ยว	ต.บึงน้ำรักษ์ อ.บางน้ำเปรี้ยว	35	3
	ท่าทราย	ต.หนองบัว อ. บ้านโพธิ์	45	3
	ชนกิต	ต.ท่ากระดาน อ.สนามชัยเขต	25	4
ปทุมธานี	อรุณ	ต.คูบางหลวง อ.ลาดหลุมแก้ว	16	2
	บึงบา	ต.บึงบา อ. หนองเสือ	47	3
	ทรายเงิน	ต.บ่อเงิน อ. ลาดหลุมแก้ว	16	2
	เขาย้อน	ต.คลองสี อ. คลองหลวง	22	2

ตารางที่ 5.3 แสดงชื่อบ่อและสถานที่ตั้งในจังหวัด ฉะเชิงเทรา,ปทุมธานี

โดยได้มีการทดสอบตัวอย่าง อยู่ 3 วิธีนั่นคือ การทดสอบ Sieve Analysis (ASTM D-422) , Compaction Test (ASTM D-698) , California Bearing Ratio (CBR) (ASTM D1883) ได้ผลการทดลองโดยละเอียดแสดงอยู่ในใบประกอบผลการทดลอง ซึ่งแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวกด้านหลัง แต่ในบทนี้จะแสดงผลการทดลองอยู่ในรูปแบบของตารางที่สรุปค่าสำคัญ ๆ เอาไว้ ดังที่จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

5.2. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ทำการทดสอบ ในหัวข้อนี้จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะทำการหาความสัมพันธ์ ของค่า CBR กับค่าต่าง ๆ เช่น ค่า Drydensity , ค่า OMC , ขนาด และ การกระจายตัวของเม็ดทราย โดยที่จะพิจารณาถึงลักษณะ ภูมิประเทศโดยทั่วไปของแต่ละจังหวัดด้วย โดยจะสรุปเป็นตารางที่ 5.4 - 5.8 ซึ่งก็มาจากผลการทดลองอย่างละเอียดในภาคผนวกที่ ก-จ

5.2.1. จังหวัดชลบุรี

จังหวัดชลบุรี เป็นจังหวัดที่อยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยที่มีลักษณะภูมิประเทศ อยู่ในบริเวณฝั่งทะเลตะวันออก มีอาณาเขตจังหวัดประมาณ 4,363 ตร.กม

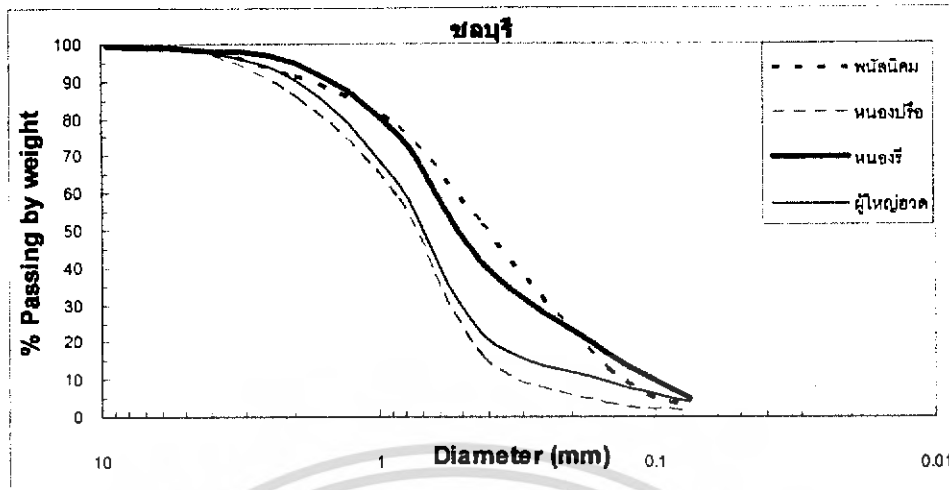


รูปที่ 5.1 แผนที่จังหวัดชลบุรี

ซึ่งลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดชลบุรีจะมีลักษณะ เป็นที่ราบลอนคลื่นสลับกันกับภูเขา โดยจะมีที่ราบชายฝั่งทะเลอยู่ตามขอบ และ ถัดเข้ามาบริเวณส่วนกลางจังหวัดจะเป็น ที่สูง และภูเขา ลักษณะทางธรณีวิทยา จะค่อนข้างมีความซับซ้อน ที่เกิดจากการแทรกตัวของชั้นหิน แกรนิตเกิดเป็นทิวเขา ขึ้น และ นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างหินพวก หินชั้น และ หินแปรด้วย

จ.ชลบุรี	% Passing	Accumulative Retained	% Retained	Type Of Sand	Cu,Cc	Density, OMC	CBR%
ปอทรายพินัส นิคม							
3/8" (9.50)	100	0.00			3.71	1.77	18.23
No.4 (4.75)	98.43	1.57			0.79	12.3	
No.10 (2.00)	91.23	8.77	8.77		SP		
No.20 (0.85)	77.83	22.17					
No.50 (0.425)	51.52	48.48	39.71	Fine			
No.100 (0.15)	13.35	86.65					
No.200 (0.075)	1.34	98.66					
Pan	0	100.00	51.52				
ปอทรายหนอง ปรือ							
3/8" (9.50)	99.69	0.31			4.38	2.16	34.06
No.4 (4.75)	98.67	1.33			1.03	5	
No.10 (2.00)	85.97	14.03	14.03		SP		
No.20 (0.85)	58.58	41.42					
No.50 (0.425)	15.99	84.01	69.97	Medium			
No.100 (0.15)	3.67	96.33					
No.200 (0.075)	1.49	98.51					
Pan	0.00	100.00	15.99				
ปอทรายหนองรี							
3/8" (9.50)	99.45	0.55			6.1	2.117	33.58
No.4 (4.75)	98.58	1.42			1.29	5.49	
No.10 (2.00)	95.02	4.98	4.98		SW		
No.20 (0.85)	75.82	24.18					
No.50 (0.425)	41.45	58.55	53.56	Medium			
No.100 (0.15)	17.32	82.68					
No.200 (0.075)	4.97	95.03					
Pan	0	100.00	41.45				
ปอทรายหนอง เลง							
3/8" (9.50)	99.77	0.23			2.87	1.88	26.08
No.4 (4.75)	98.72	1.28			1.18	8	
No.10 (2.00)	90.61	9.39	9.39		SP		
No.20 (0.85)	62.55	37.45					
No.50 (0.425)	22.3	77.70	68.32	Medium			
No.100 (0.15)	9.62	90.38					
No.200 (0.075)	4.07	95.93					
Pan	0	100.00	22.30				

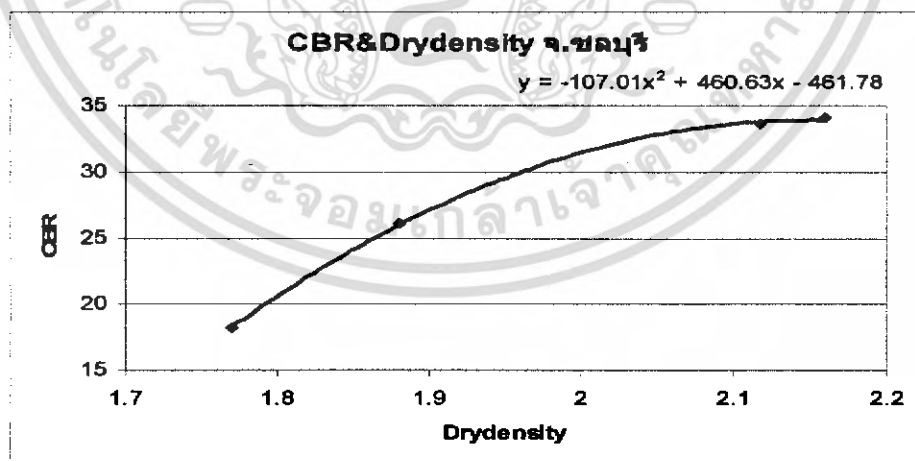
ตารางที่ 5.4 แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดชลบุรี



รูปที่ 5.2 กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จ.ชลบุรี

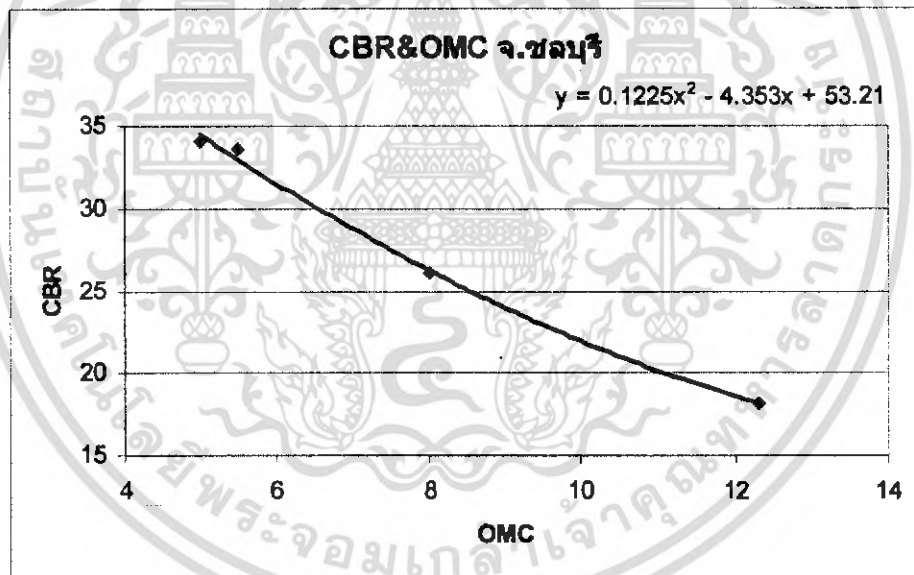
จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจําแนกว่าเป็นทราย ที่มีการกระจายตัวเป็นประเภท SP หรือ SW และมีขนาดเป็นอย่างไร ละเอียด หรือว่า หยาบ คึ่งตาราง และ รูปข้างต้น โดยที่จําแนกบ่อที่ได้ทำการเก็บข้อมูล มีอยู่ 4 บ่อ คือ บ่อหนองรี ต.หนองรี อ.เมือง , บ่อผู้ใหญ่ฮวด ต.เขานันทรง อ.ศรีราชา ห่างจาก อ.เมือง 24 กิโลเมตร , บ่อหนองปรือ ต.คลองกิว อ.บ้านบึง ห่างจาก อ.เมือง 14 กิโลเมตร , บ่อหนนงรี ต.หนอนนาง อ.หนนงรี ห่างจาก อ.เมือง 22 กิโลเมตร

จากนั้นได้ทำการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CBR กับค่า Drydensity ได้กราฟดังรูป



รูปที่ 5.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ CBR กับ Drydensity จ.ชลบุรี

จากแนวโน้มของกราฟพบว่าเมื่อค่า Drydensity เพิ่มมากขึ้น ค่า CBR ก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า เมื่อความหนาแน่นของทรายมากกว่าก็จะมีความสามารถในการรับกำลังที่สูงกว่าซึ่งก็ต้องคำนึงถึงสมบัติของวัสดุด้วย ซึ่งข้อมูลที่ได้นำมาพล็อตนั้นก็ข้อมูลจากบ่อทรายที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างมาทั้ง 4 บ่อโดยที่เมื่อนำมา พล็อตกราฟแล้วหาความสัมพันธ์ จะพบว่า ขอบเขตข้อมูลของค่า CBR อยู่ที่ 18-34 % และ ค่าDrydensity อยู่ที่ 1.75-2.16 g/cc ซึ่งช่วงของข้อมูลค่อนข้างกว้าง และจากข้อมูล ของการจำแนกประเภทของดินพบว่า ช่วงขนาดของเม็ดทรายที่มีเม็ดค่อนข้างหยาบนั้น จะให้ค่าCBR แนวโน้มค่อนข้างมาก ซึ่งจากช่วงของข้อมูล และ ประเภทการจำแนกของดิน ว่าเป็น SP หรือ SW ถ้าลองยกตัวอย่างในแง่ของการใช้งานก็จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเหมาะสม แก่การใช้งานประเภทไหน เช่น ถ้าเป็นทราย ประเภท SP และมีช่วงข้อมูลคั่งที่ได้กล่าวมานี้ก็จะพอทราบได้ว่าทรายประเภทนี้สามารถนำมาใช้งานฐานรากได้หรือไม่ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในงานฐานรากจะใช้กันอยู่ที่ 1.6-1.92 g/cc โดยคุณภาพจะ ดีมากน้อยขนาดไหนขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่น ถ้าความหนาแน่นยิ่งมาก ความสามารถในการรับน้ำหนักก็จะยิ่งมากตาม ไปด้วย และ จากกราฟยังสามารถทำนายค่า CBR ได้จากค่า Drydensity ซึ่งค่าที่ได้นั้นก็ค่อนข้างใกล้เคียงอีกด้วย



รูปที่ 5.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CBR กับ OMC จ.ชลบุรี

จากเส้นแนวโน้มของกราฟพบว่ายิ่งค่า OMC ยิ่งมากขึ้นค่า CBR ที่ได้ก็จะมีค่าแนวโน้มที่ลดลงซึ่ง ก็เพราะเนื่องมาจากการที่มีน้ำเข้าไปแทนที่ ช่องว่างระหว่างเม็ดดินนั่นเองทำให้เกิดแรงผลึกขึ้นของน้ำระหว่างเม็ดดิน ทำให้ความหนาแน่นของทรายลดลง ค่าความสามารถในการรับแรงก็จะลดลง

โดยที่ปกติแล้ว จะมีค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมอยู่หรือที่เรียกว่า Optimum Moisture Content นั้นเอง แต่เมื่อเรานำค่าระหว่าง CBR กับ OMC มาพล็อตกราฟ ทำให้เราทราบแนวโน้มได้ว่า ในจังหวัดชลบุรีนี้นั้น ถ้าทราบค่า OMC ก็น่าที่จะพอทราบได้อย่างคร่าว ๆ ว่า ค่า CBR จะเป็นเท่าไรได้จากสมการความสัมพันธ์ ที่ได้จากกราฟ ซึ่งช่วงข้อมูลที่ได้นั้น ค่า CBR ก็อยู่ที่ 18-34 % และ ค่า OMC จะอยู่ที่ 5-12% และ ยังสามารถทำนายค่า CBR ได้จากสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากเส้นกราฟ เมื่อทราบค่า OMC ได้ค่อนข้างใกล้เคียงด้วย

ส่วนทางด้านของข้อมูลทางธรณี ของจังหวัดชลบุรี ที่มีลักษณะเป็นที่ราบลอนคลื่น สลับกับภูเขาและประเภทของหินที่เป็นโครงสร้างหลักของจังหวัด สภาพการเกิดของทรายที่แตกต่างกัน ในจุดนี้ก็จะต้องนำมาพิจารณาด้วยว่าทำไมช่วงของค่า Drydensity ค่า OMC และค่า CBR ค่อนข้างที่จะแตกต่างกัน ก็น่าจะมาจากมีสาเหตุมาจากลักษณะสูง ๆ ต่ำ ๆ ของพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป ทำให้ช่วงของข้อมูลทรายอบบางบ่อค่อนข้างกว้าง ไม่ใกล้เคียงกัน นั่นก็คือสาเหตุทางวัสดุนั่นเอง

5.2.2. จังหวัดนครปฐม

จังหวัดนครปฐม เป็นจังหวัดที่อยู่ในภาคกลางของประเทศไทย โดยที่มีลักษณะภูมิประเทศอยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลาง มีอาณาเขตจังหวัดประมาณ 2,168 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 5.5 แผนที่จังหวัดนครปฐม

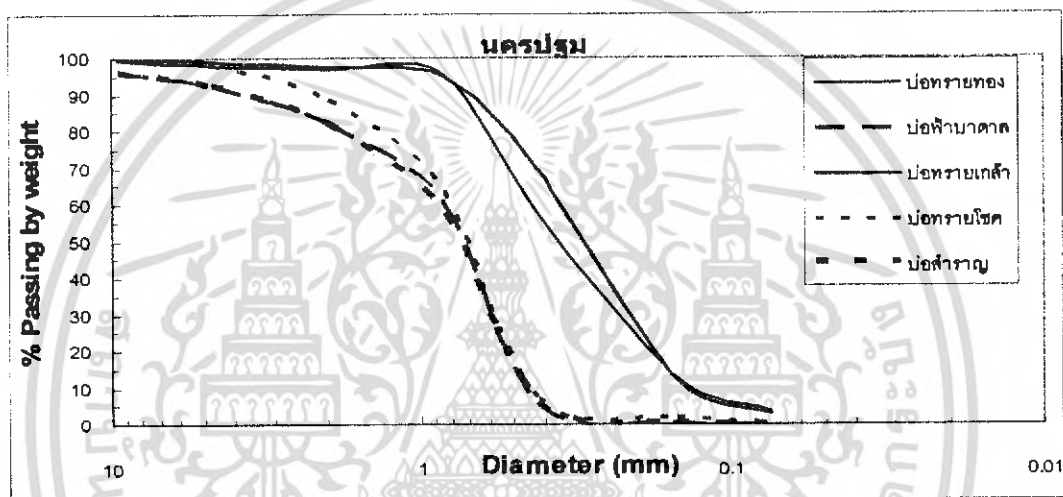
ทางด้านลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดนครปฐมนั้น เนื่องจากอยู่ในภูมิภาคแบบที่ราบภาคกลาง ในส่วนของบริเวณที่ราบลุ่มตอนล่าง หรือ ที่เรียกว่าที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งลักษณะภูมิประเทศเกิดจากการทับถมของตะกอนแม่น้ำเจ้าพระยา และ สาขาแม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง พื้นที่ในบริเวณนี้จะมีความสูงกว่าระดับน้ำทะเล เพียงแค่ 1.5-2 เมตร เท่านั้น

ตารางที่ 5.5 แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดนครปฐม

จ.นครปฐม	% Passing	Accumulative Retained	% Retained	Type Of Sand	Cu,Cc	Density, OMC	CBR%
ปอทรายทอง							
3/8" (9.50)	99.36	0.64			3.29	1.753	20.99
No.4 (4.75)	98.07	1.93			0.89	14.9	
No.10 (2.00)	97.05	2.95	2.95		SP		
No.20 (0.85)	95.59	4.41					
No.50 (0.425)	57.79	42.21	39.26	Fine			
No.100 (0.15)	12.78	87.22					
No.200 (0.075)	3.54	96.46					
Pan	0	100	57.79				
ปอฟ้ามาตาล							
3/8" (9.50)	96.08	3.92			1.77	1.906	24.06
No.4 (4.75)	92.51	7.49			0.88	14.10	
No.10 (2.00)	82.23	17.77	17.77		SP		
No.20 (0.85)	59.77	40.23					
No.50 (0.425)	5.88	94.12	76.34	Medium			
No.100 (0.15)	0.58	99.42					
No.200 (0.075)	0.11	99.89					
Pan	0	100.00	5.88				
ปอทรายเกสร							
3/8" (9.50)	99.80	0.20			2.64	1.71	20.06
No.4 (4.75)	98.80	1.20			0.93	15.3	
No.10 (2.00)	97.36	2.64	2.64		SP		
No.20 (0.85)	94.81	5.19					
No.50 (0.425)	69.92	30.08	27.44	Fine			
No.100 (0.15)	12.35	87.65					
No.200 (0.075)	3.10	96.90					
Pan	0.00	100.00	69.92				
ปอทรายโชค							
3/8" (9.50)	99.82	0.18			1.72	1.93	24.66
No.4 (4.75)	97.76	2.24			0.91	12.87	
No.10 (2.00)	88.78	11.22	11.22		SP		
No.20 (0.85)	63.41	36.59					
No.50 (0.425)	7.32	92.68	81.46	Medium			
No.100 (0.15)	1.88	98.12					
No.200 (0.075)	0.69	99.31					
Pan	0	100	7.32				

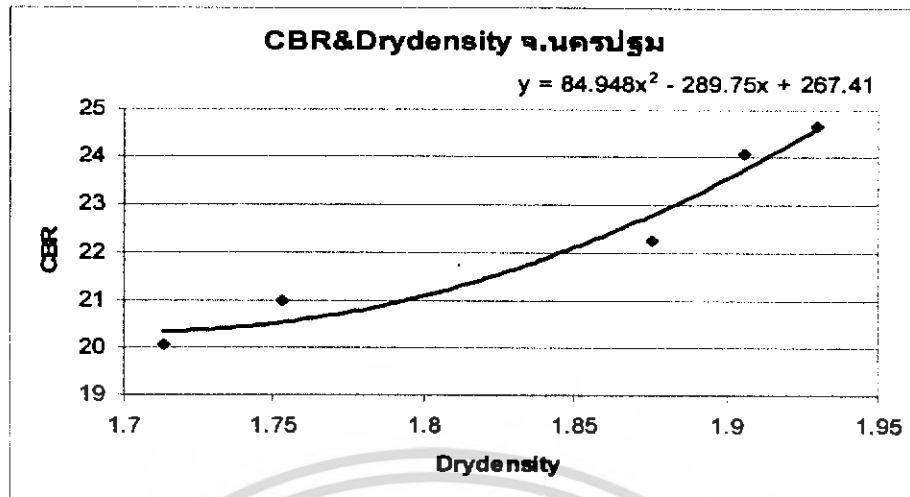
ตารางที่ 5.5 แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดนครปฐม (ต่อ)

จ.นครปฐม	% Passing	Accumulative Retained	% Retained	Type Of Sand	Cu,Cc	Density, OMC	CBR%
บ่อสำราญ							
3/8" (9.50)	96.08	3.92			1.81	1.876	22.27
No.4 (4.75)	92.52	7.48			0.86	14.5	
No.10 (2.00)	82.13	17.87	17.87		SP		
No.20 (0.85)	58.17	41.83					
No.50 (0.425)	5.94	94.06	76.19	Medium			
No.100 (0.15)	0.76	99.24					
No.200 (0.075)	0.20	99.80					
Pan	0	100.00	5.94				



รูปที่ 5.6 กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จ.นครปฐม

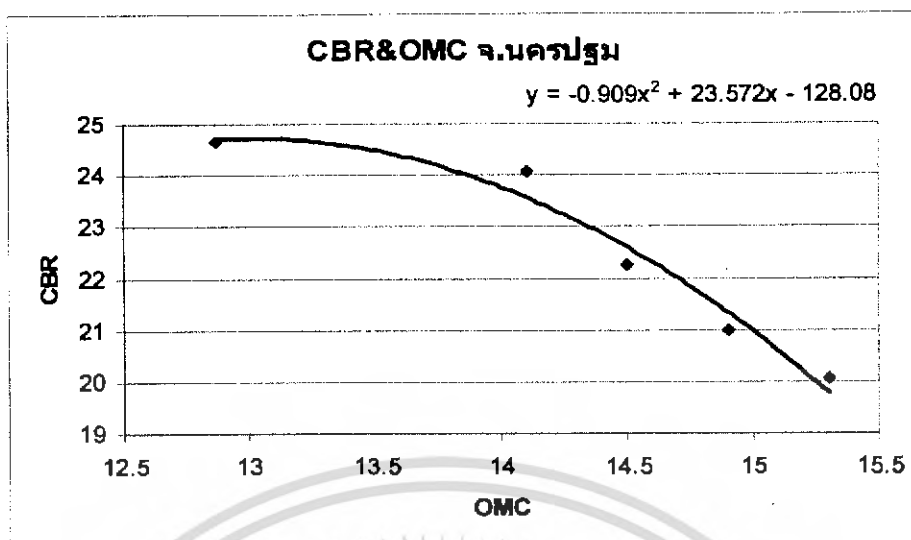
จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจำแนกว่าเป็นทราย ที่มีการกระจายตัวเป็นประเภท SP หรือ SW และมีขนาดเป็นอย่างไร ละเอียด หรือว่า หยิบ ดังตาราง และ รูปข้างต้นพบว่าจะมีลักษณะใกล้เคียงกันอยู่ 2 บ่อน่าจะมาจากแหล่งตัวอย่างมาจากบริเวณที่ใกล้เคียงกัน โดยที่จำนวนบ่อที่ได้ทำการเก็บข้อมูล มีอยู่ 5 บ่อ คือ บ่อทรายโชค ต.คอนรอก อ.คอนคาบ ห่างจาก อ. เมือง 31 กิโลเมตร , บ่อทรายทอง ต.ทุ่งลูกนก อ. กำแพงแสน ห่างจาก อ. เมือง 26 กิโลเมตร , บ่อฟ้าบาดาล ต.นราภิรมย์ อ.บางเลน ห่างจาก อ.เมือง 46 กิโลเมตร , บ่อทรายเกล้า ต.คอนขาบหอม อ.เมือง , บ่อสำราญ ต.คลองนกกระทุง อ.บางเลน ห่างจาก อ.เมือง 46 กิโลเมตร



รูปที่ 5.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ CBR กับ Drydensity จ.นครปฐม

จากแนวโน้มของกราฟ ความสัมพันธ์ ระหว่าง CBR กับ Drydensity นั้น ก็เป็น เหมือนกับ จังหวัดก่อนหน้านี้ ก็คือ มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ถ้าหากว่าค่า Drydensity เพิ่ม ซึ่งถ้าลอง วิเคราะห์ดูจากกราฟจะพบว่า ช่วง ของค่า CBR นั้นจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรกนั้นผลของค่า CBR จะ อยู่ที่ 20-21% และ ช่วงที่ 2 นั้น อยู่ที่ 22-25 % ตรงจุดนี้อาจจะอธิบายได้จาก การกระจายตัวของเม็ดดิน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็น SP และ มีลักษณะเม็ดค่อนข้างหยาบกว่า ซึ่งทรายในช่วงแรกๆ ให้ค่า CBR ต่ำ จะมี ลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดิน เป็นพวก SP เหมือนกัน แต่มีขนาดเม็ดดิน ไปทางที่ละเอียดกว่า ซึ่งใน จุดนี้ก็จะสามารถบอกได้ว่าช่วงทรายที่เม็ดทรายที่ละเอียดกว่า และเป็น SP อาจจะให้ค่าที่น้อยกว่าก็ เป็นได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นช่วงของข้อมูลก็ยังคงใกล้เคียงกันมาก ซึ่งก็คงต้องลองพิจารณาที่ลักษณะทางวัสดุ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ลักษณะการเกิดของเม็ดทราย ที่เกิดจากการทับถมกักร่อน ของตะกอนน้ำพา ประกอบกับการที่พื้นที่จังหวัดที่ค่อนข้างเล็ก และสามารถพบเห็นบ่อทรายได้หลาย แห่ง และ อยู่ใกล้ นำเป็นสาเหตุที่จะทำให้คุณสมบัติทางวัสดุ ของทรายใกล้เคียงกันทำให้ช่วงข้อมูลของ ค่า CBR ค่อนข้างแคบ และ ถ้ารู้ค่า Drydensity ก็สามารถทำนายค่า CBR ได้อย่างคร่าวๆ จากสมการ ความสัมพันธ์ที่ได้จากเส้นกราฟได้อีกด้วย

ในส่วนของการใช้งาน ช่วงข้อมูลของค่า Drydensity ของตัวอย่างนี้จะอยู่ ในช่วง 1.7 – 1.9 g/cc โดยที่ช่วงของข้อมูลนี้ ก็เหมือนกับข้อมูลในจังหวัดของชลบุรี นั่นก็คือเหมาะสมที่จะใช้ในงาน ฐานรากได้ ที่ช่วง 1.6 – 1.92 g/cc โดยคุณภาพจะดีมาน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ซึ่งยิ่งดีก็จะ ยิ่งมาก ซึ่งจากตัวอย่างนี้นั้นค่าเริ่มต้น ที่ตั้งแต่ 1.7 ขึ้นไป เพราะฉะนั้นคุณภาพที่ได้ก็ค่อนข้างที่จะดีใน งานทรายถมรองฐานราก



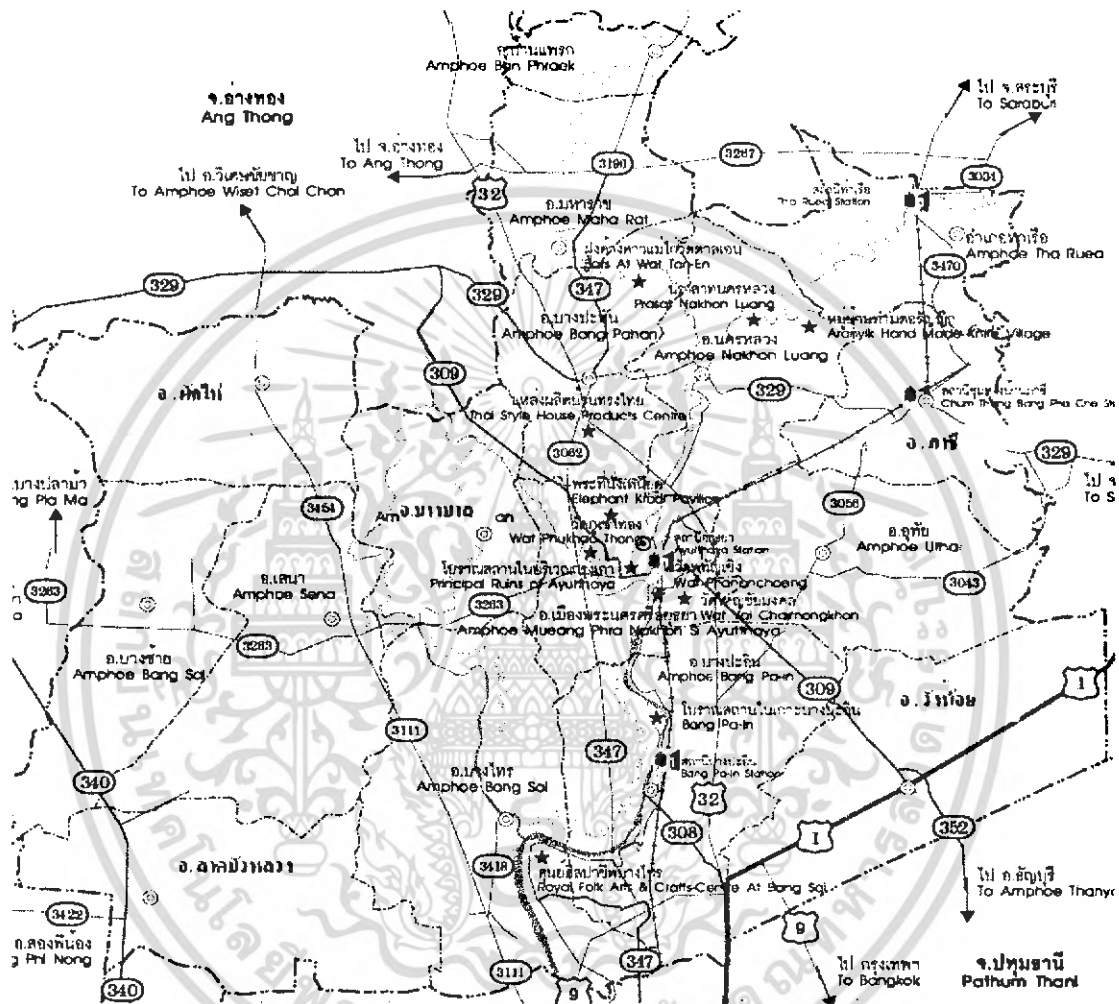
รูปที่ 5.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CBR กับ OMC จ.นครปฐม

จากแนวโน้มของกราฟพบว่า ค่า CBR จะลดลง ถ้าหากว่าค่า OMC เพิ่มขึ้น โดยที่จากในกราฟนั้น ช่วงของค่า OMC จะอยู่ที่ 12.5 - 15.5 g/cc โดยที่จะมีช่วงหนึ่ง ที่มีค่าที่โคดออกไป ซึ่งในจุดนี้ ก็อาจจะลองวิเคราะห์ ไปถึงขนาดของเม็ดทรายว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไรซึ่งพบว่า ทรายในช่วงที่มีค่า OMC ที่ต่ำหรือในทีนี้คือ ช่วง 12-13 % จะมีขนาดของเม็ดทราย อยู่ในช่วงที่ หยาบกว่า พวกเม็ดทรายที่ให้ค่า OMC ที่ 14-15.5 % ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ว่าขนาดของเม็ดทรายที่ต่างกัน จำพวกเม็ดทรายที่หยาบกว่าจะใช้ค่า OMC น้อยกว่าพวกเม็ดทรายที่ละเอียดกว่านั่นเอง ก็เนื่องมาจากน้ำจะมีผลต่อความหนาแน่นของพวกเม็ดทรายหยาบน้อยกว่าทรายพวกเม็ดละเอียด

ส่วนในด้านทางลักษณะทางภูมิศาสตร์ ที่เป็นลักษณะ ที่ราบภาคกลางโดยที่ตัวอย่างทรายในแต่ละบ่อที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างมา แทบไม่พบความเหลื่อมล้ำทางภูมิศาสตร์เลย หมายถึงว่า เป็นที่ราบระดับเดียวกันหมด โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เป็นแบบ ลักษณะถูกปิดทับด้วยตะกอนยุคเก่า ทำให้ไม่สามารถมองเห็นลักษณะโครงสร้างได้ ลักษณะการเกิดของทรายจึงเกิดจากตะกอนทับถมกันมา ทำให้คุณสมบัติลักษณะทางวัสดุ ก็ใกล้เคียงกัน ผลของข้อมูลของทรายถมชุดนี้ จึงมีช่วงของข้อมูลค่อนข้างใกล้เคียงกัน

5.2.3. จังหวัดอยุธยา

จังหวัดนครปฐม เป็นจังหวัดที่อยู่ในภาคกลางของประเทศไทย โดยที่มีลักษณะภูมิประเทศอยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลาง มีอาณาเขตจังหวัดประมาณ 2,168 ตารางกิโลเมตร

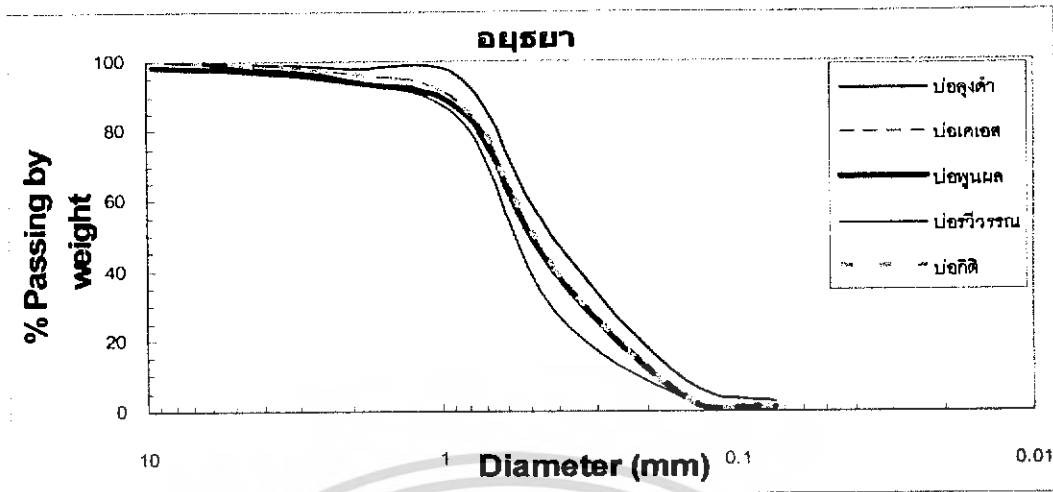


รูปที่ 5.9 แสดงแผนที่จังหวัดอยุธยา

ทางด้านลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดอยุธยานั้น เนื่องจากอยู่ในภูมิภาคแบบที่ราบภาคกลาง ในส่วนของบริเวณที่ราบลุ่มตอนล่าง หรือ ที่เรียกว่าที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งลักษณะภูมิประเทศเกิดจากการทับถมของตะกอนแม่น้ำเจ้าพระยา และ สาขาแม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง พื้นที่ในบริเวณนี้จะมีความสูงกว่าระดับน้ำทะเล เพียงแค่ 1.5-2 เมตรเท่านั้น เช่นเดียวกับจังหวัดนครปฐม

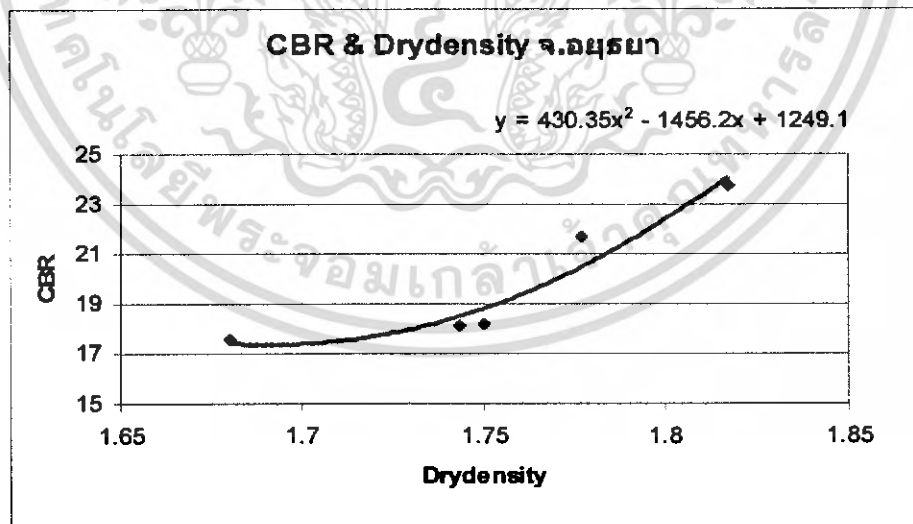
ตารางที่ 5.6 แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดอยุธยา

จ.อยุธยา	% Passing	Accumulative Retained	% Retained	Type Of Sand	Cu,Cc	Density, OMC	CBR%
ปลอญดำ							
3/8" (9.50)	99.98	0.02			3.16	1.68	17.57
No.4 (4.75)	99.32	0.68			0.97	16.5	
No.10 (2.00)	97.73	2.27	2.27		SP		
No.20 (0.85)	94.44	5.56					
No.50 (0.425)	49.71	50.29	48.03	Fine			
No.100 (0.15)	8.4	91.60					
No.200 (0.075)	2.61	97.39					
Pan	0	100.00	49.71				
ปลอเคเอส							
3/8" (9.50)	99.55	0.45			2.64	1.75	18.17
No.4 (4.75)	98.66	1.34			1.52	15.35	
No.10 (2.00)	96.02	3.98	3.98		SP		
No.20 (0.85)	87.20	12.80					
No.50 (0.425)	40.89	59.11	55.12	Medium			
No.100 (0.15)	4.04	95.96					
No.200 (0.075)	1.40	98.60					
Pan	0.00	100.00	40.89				
ปลอหุนผล							
3/8" (9.50)	98.13	1.87			2.86	1.743	18.11
No.4 (4.75)	97.41	2.59			1.27	15.9	
No.10 (2.00)	94.29	5.71	5.71		SP		
No.20 (0.85)	85.59	14.41					
No.50 (0.425)	40.09	59.91	54.20	Medium			
No.100 (0.15)	3.86	96.14					
No.200 (0.075)	1.22	98.78					
Pan	0.00	100.00	40.09				
ปลอรวรรณ							
3/8" (9.50)	100.00	0.00			3.31	1.817	23.73
No.4 (4.75)	98.57	1.43			1.07	15.00	
No.10 (2.00)	94.53	5.47	5.47		SP		
No.20 (0.85)	82.36	17.64					
No.50 (0.425)	29.09	70.91	65.44	Medium			
No.100 (0.15)	3.49	96.51					
No.200 (0.075)	0.83	99.17					
Pan	0.00	100.00	29.09				
ปลอกิติ							
3/8" (9.50)	99.70	0.30			3.19	1.777	21.69
No.4 (4.75)	98.94	1.06			1.11	15.1	
No.10 (2.00)	96.04	3.96	3.96		SP		
No.20 (0.85)	87.22	12.78					
No.50 (0.425)	40.71	59.29	55.33	Medium			
No.100 (0.15)	3.79	96.21					
No.200 (0.075)	1.03	98.97					
Pan	0.00	100.00	40.71				

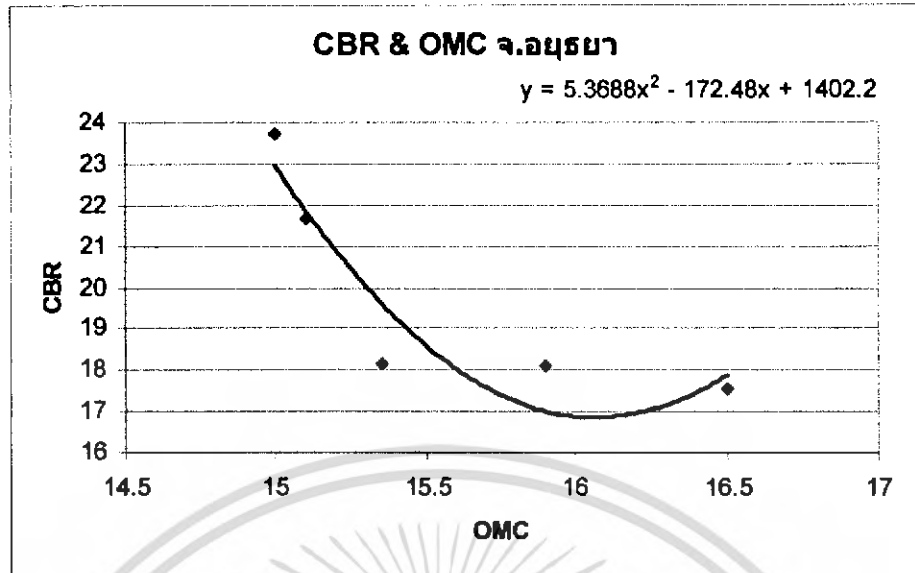


รูปที่ 5.10 กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จ.อุบลราชธานี

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจำแนกว่าเป็นทราย ที่มีการกระจายตัวเป็นประเภท SP หรือ SW และมีขนาดเป็นอย่างไร ตะเือก หรือว่า หยาบ คึ่งตาราง และ รูปข้างต้น โดยที่จำนวนบ่อที่ได้ทำการเก็บข้อมูล มีอยู่ 5 บ่อ คือ บ่อลุงคำ ต.ภาชี อ.ภาชี ห่างจาก อ.เมือง 25 กิโลเมตร , บ่อเคเฮต ต.สำตาสอ อ.วังน้อย ห่างจาก อ.เมือง 20 กิโลเมตร , บ่อพูนผล ต.วัดขม อ.บางบาล ห่างจาก อ.เมือง 10 กิโลเมตร , บ่อรวีวรรณ ต.กุฎี อ.ผักไห่ ห่างจาก อ.เมือง , บ่อกิติ ต.บ้านกุ่ม อ.บางบาล ห่างจาก อ.เมือง 10 กิโลเมตร



รูปที่ 5.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ CBR กับ Dry Density จ.อุบลราชธานี



รูปที่ 5.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CBR กับ OMC จ.อุตรดิตถ์

แนวโน้มของกราฟ ก็มีลักษณะเหมือนกับที่กล่าวมาแล้วในจังหวัดก่อนหน้านี้ ก็คือ ค่า CBR เพิ่มขึ้น ค่า Drydensity ก็จะเพิ่มตามไปด้วย โดยที่ช่วงของค่า CBR ในจังหวัดนี้ จะอยู่ที่ 17-23 % และ ค่า Drydensity อยู่ที่ 1.68 - 1.82 g/cc โดย ที่การกระจายตัวของเม็ดดิน ให้ผลเป็น SP หมดทุกตัวอย่าง และมีขนาดเม็ดทรายส่วนใหญ่ที่เป็นเม็ดหยาบ ซึ่งจากกราฟก็จะเป็นช่วงตั้งแต่ ค่า Drydensity 1.74 ขึ้นไป ซึ่งขนาดและการกระจายตัวของเม็ดดินก็ค่อนข้างใกล้เคียง กันมาก และสามารถทำนายค่า CBR ได้ จากค่า Drydensity ซึ่ง ผลออกมาค่อนข้างใกล้เคียง

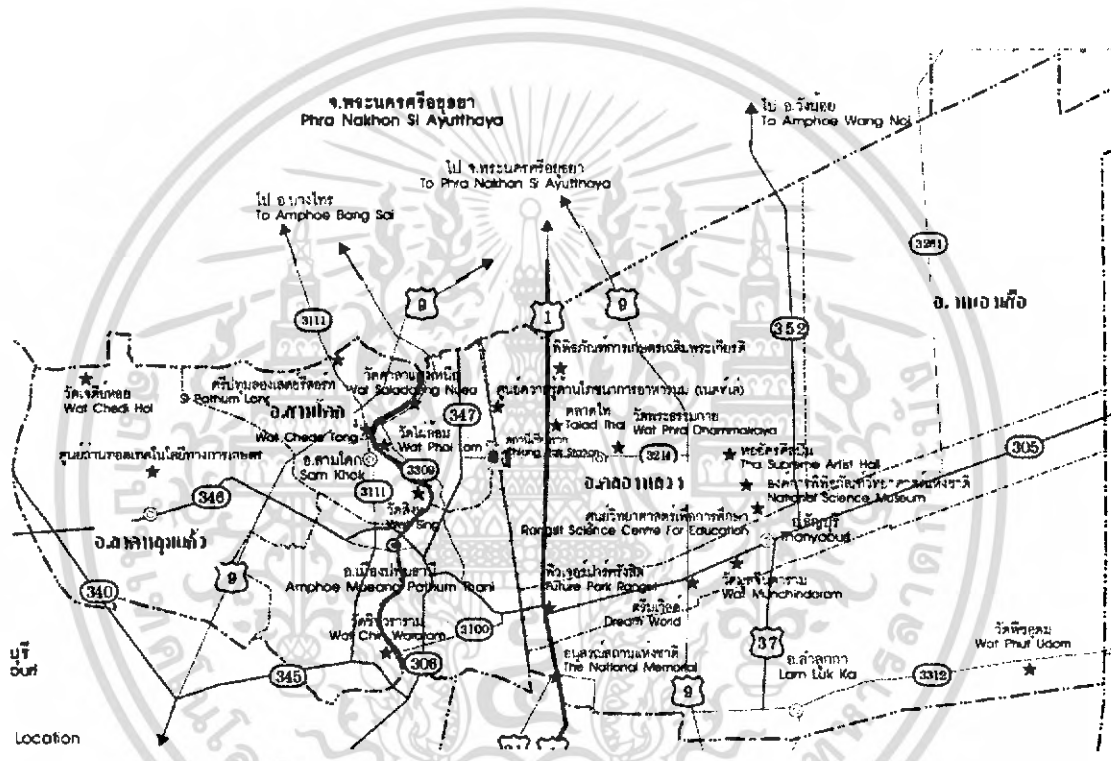
ค่า OMC มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ ค่า CBR ลดลง โดยที่ช่วงของข้อมูลของค่า OMC อยู่ที่ 15-16.5 % และ ค่า CBR อยู่ที่ 17-23 % โดยในช่วงข้อมูลช่วงแรก ที่กราฟแสดงให้เห็นว่า ค่า OMC ค่อนข้างน้อยก็เนื่องมาจาก ขนาดของเม็ดทรายที่ ค่อนข้างหยาบ และมีขนาดค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่ ได้ ค่า OMC อยู่ในช่วงสั้น ๆ คือ 15-15.5 % แต่ในช่วง หลังจากนั้น เป็นข้อมูลชุดทรายที่มีขนาดเม็ดทรายค่อนข้างละเอียด จึงทำให้ค่า OMC ค่อนข้างสูงขึ้นไป ถึง 16.5 % เลขทีเดียว

จากกราฟที่ได้ของข้อมูลจากจังหวัดอุตรดิตถ์นั้นพบว่า ค่าที่ได้ค่อนข้างที่จะมีช่วงข้อมูลใกล้เคียงกัน ก็คงเป็นเพราะว่าขนาดเม็ดดินของตัวอย่างที่ใกล้เคียงกันนั่นเอง ซึ่งถ้าลองวิเคราะห์ ถึง แหล่งที่มาของตัวอย่างก็จะพบว่า ในจังหวัดอุตรดิตถ์นั้นถ้าในบริเวณที่เป็นแหล่งทรายก็มักจะเป็นแหล่งทรายที่มีอาณาเขตค่อนข้างกว้าง เนื่องจากเป็นที่ราบใหญ่ ฉะนั้นขนาดของเม็ดทรายก็จะค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกัน ในบริเวณที่เป็นแหล่งทรายของจังหวัด การเก็บตัวอย่าง ถึงแม้จะมีการเก็บตัวอย่างในบริเวณที่ห่างกันออกไป ก็อาจจะให้ผลที่ใกล้เคียงกันก็เป็นได้เนื่องจากภูมิประเทศของจังหวัดที่เป็นที่ราบกว้าง

ใหญ่ ซึ่งลักษณะภูมิประเทศก็อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มตอนล่างเช่นเดียวกับจังหวัดนครปฐม ลักษณะทางธรณีวิทยาใกล้เคียงกัน แต่ถ้าเกิดว่าเป็นแหล่งทรายที่มีลักษณะ ภูมิประเทศของบริเวณนั้น ๆ สูง ๆ ต่ำ ๆ ต่างกันมาก ๆ ก็คาดว่าน่าจะมีช่วงของข้อมูลที่ต่างกันมากเกิดขึ้น

5.2.4. จังหวัดปทุมธานี

จังหวัดปทุมธานี เป็นจังหวัดที่อยู่ในภาคกลางของประเทศไทย โดยที่มีลักษณะภูมิประเทศอยู่ในบริเวณที่ราบภาคกลาง มีอาณาเขตจังหวัดประมาณ 1,525 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 5.13 แสดงแผนที่จังหวัดปทุมธานี

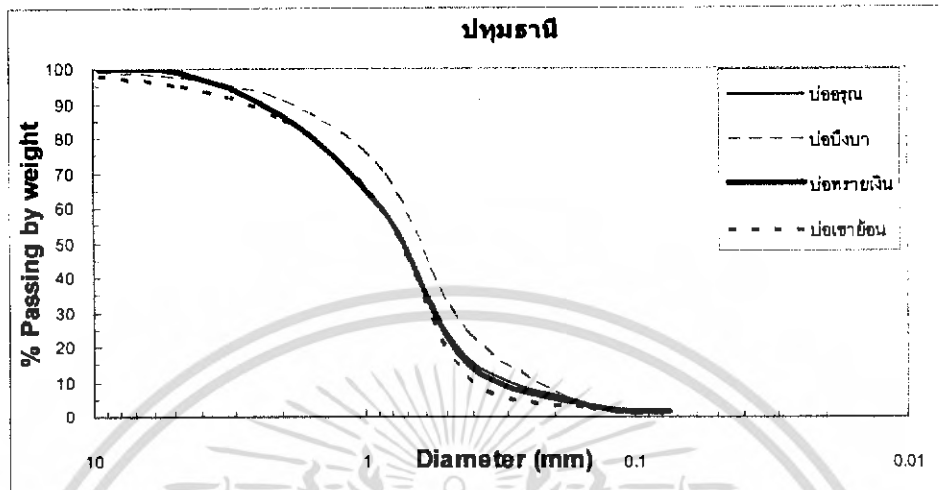
ทางด้านลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดปทุมธานีนั้น เนื่องจากอยู่ในภูมิประเทศแบบที่ราบภาคกลาง ในส่วนของบริเวณที่ราบลุ่มตอนล่าง หรือ ที่เรียกว่าที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งลักษณะภูมิประเทศเกิดจากการทับถมของตะกอนแม่น้ำเจ้าพระยา และ สาขาแม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำบางปะกง พื้นที่ในบริเวณนี้จะมีความสูงกว่าระดับน้ำทะเล เพียงแค่ 1.5-2 เมตร เป็นจังหวัดที่มีลักษณะ ภูมิประเทศคล้ายกับของ จ. อุตุยา และ จ. นครปฐม และ เนื่องจากมีอาณาเขตที่ค่อนข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็ก จึงค่อนข้างที่จะพบเจอ การทำธุรกิจบ่อทรายได้ยาก และมีค่อนข้างน้อยมาก จะมีอยู่เพียงบางแหล่ง
ในแถบชนบทเท่านั้น

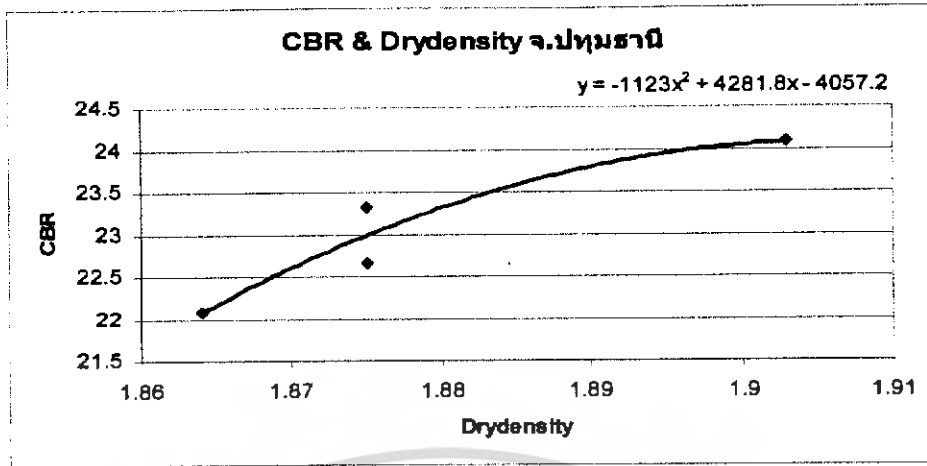
ตารางที่ 5.7 แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดปทุมธานี

จ.ปทุมธานี	% Passing	Accumulative Retained	% Retained	Type Of Sand	Cu,Cc	Density, OMC	CBR%
ปลทรายอรุณ							
3/8" (9.50)	99.87	0.13			2.81	1.875	23.33
No.4 (4.75)	99.22	0.78			1.2	14.20	
No.10 (2.00)	86.95	13.05	13.05		SP		
No.20 (0.85)	59.25	40.75					
No.50 (0.425)	17.07	82.93	69.88	Medium			
No.100 (0.15)	4.03	95.97					
No.200 (0.075)	1.78	98.22					
Pan	0.00	100.00	17.07				
ปลทรายบึงมา							
3/8" (9.50)	98.91	1.09			3.07	1.86	22.08
No.4 (4.75)	97.34	2.66			1.42	14.70	
No.10 (2.00)	90.73	9.27	9.27		SP		
No.20 (0.85)	69.71	30.29					
No.50 (0.425)	24.29	75.71	66.45	Medium			
No.100 (0.15)	3.05	96.95					
No.200 (0.075)	0.67	99.33					
Pan	0.00	100.00	24.29				
ปลทรายเงิน							
3/8" (9.50)	99.91	0.09			2.58	1.875	22.65
No.4 (4.75)	98.98	1.02			1.16	14.55	
No.10 (2.00)	86.39	13.61	13.61		SP		
No.20 (0.85)	58.91	41.09					
No.50 (0.425)	15.87	84.13	70.51	Medium			
No.100 (0.15)	3.51	96.49					
No.200 (0.075)	1.42	98.58					
Pan	0.00	100.00	15.87				
ปลเขาย้อน							
3/8" (9.50)	97.91	2.09			2.22	1.903	24.08
No.4 (4.75)	95.31	4.69			0.96	14.05	
No.10 (2.00)	85.39	14.61	14.61		SP		
No.20 (0.85)	58.73	41.27					
No.50 (0.425)	11.48	88.52	73.91	Medium			
No.100 (0.15)	2.66	97.34					
No.200 (0.075)	1.08	98.92					
Pan	0	100	11.48				



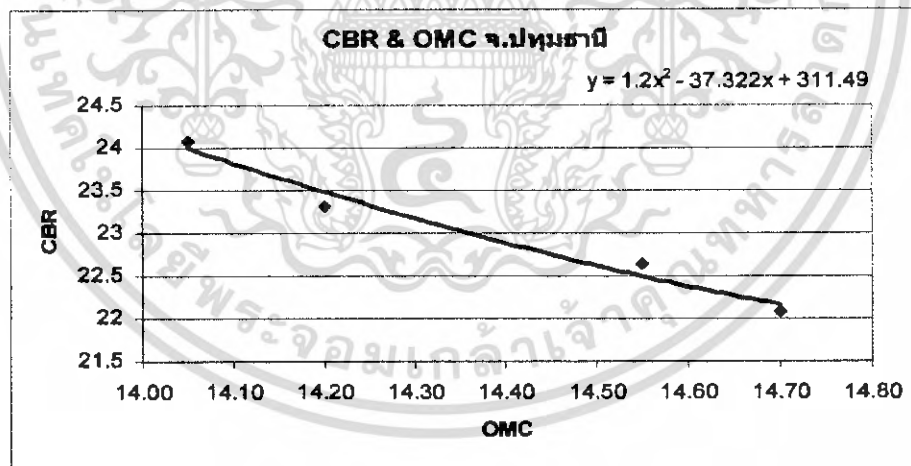
รูปที่ 5.14 กราฟการกระจายตัวของเม็ดทราย จ.ปทุมธานี

จากข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมจําแนกว่าเป็นทราย ที่มีการกระจายตัวเป็นประเภท SP หรือ SW และมีขนาดเป็นอย่างไร ละเอียด หรือว่า หยาบ ดังตาราง และ รูปข้างต้น โดยที่จํานวนบ่อที่ได้ทำการเก็บข้อมูล มีอยู่ 4 บ่อ คือ บ่ออรุณ ต.ตุมปางหลวง อ.ลาดหลุมแก้ว ห่างจาก อ. เมือง 16 กิโลเมตร , บ่อบึงบา ต.บึงบา อ.หนองเสือ ห่างจาก อ. เมือง 47 กิโลเมตร , บ่อทรายเงิน ต.บ่อเงิน อ.ลาดหลุมแก้ว ห่างจาก อ.เมือง 16 กิโลเมตร , บ่อเขาซ้อน ต.คลองสี่ อ.คลองหลวง ห่างจาก อ. เมือง 22 กิโลเมตร โดยที่จากข้อมูลจากกราฟจะพบ ว่าลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดินค่อนข้างใกล้เคียงกัน ก็เพราะว่าบริเวณการเก็บตัวอย่างไม่ห่างกันมาก เนื่องจากอาณาเขตของจังหวัดที่ค่อนข้างเล็กอีกด้วย



รูปที่ 5.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ CBR กับ Drydensity จ.ปทุมธานี

เส้นกราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ ก็คือ ค่า CBR เพิ่มขึ้น ถ้าหากว่าค่า Drydensity เพิ่มขึ้นเอง โดยที่ช่วงของข้อมูลของค่า CBR นั้นจะอยู่ที่ 22-24 % และ ช่วงของข้อมูลของค่า Drydensity จะอยู่ที่ 1.86-1.90 g/cc และ ช่วงขนาดคละของเม็ดทรายพบว่ามี ลักษณะค่อนข้างหยาบ จำแนกเป็นได้เป็น พวก SP หมดทุกตัวอย่าง และ ช่วงของค่า Drydensity สูงกว่า 3 จังหวัดข้างต้น

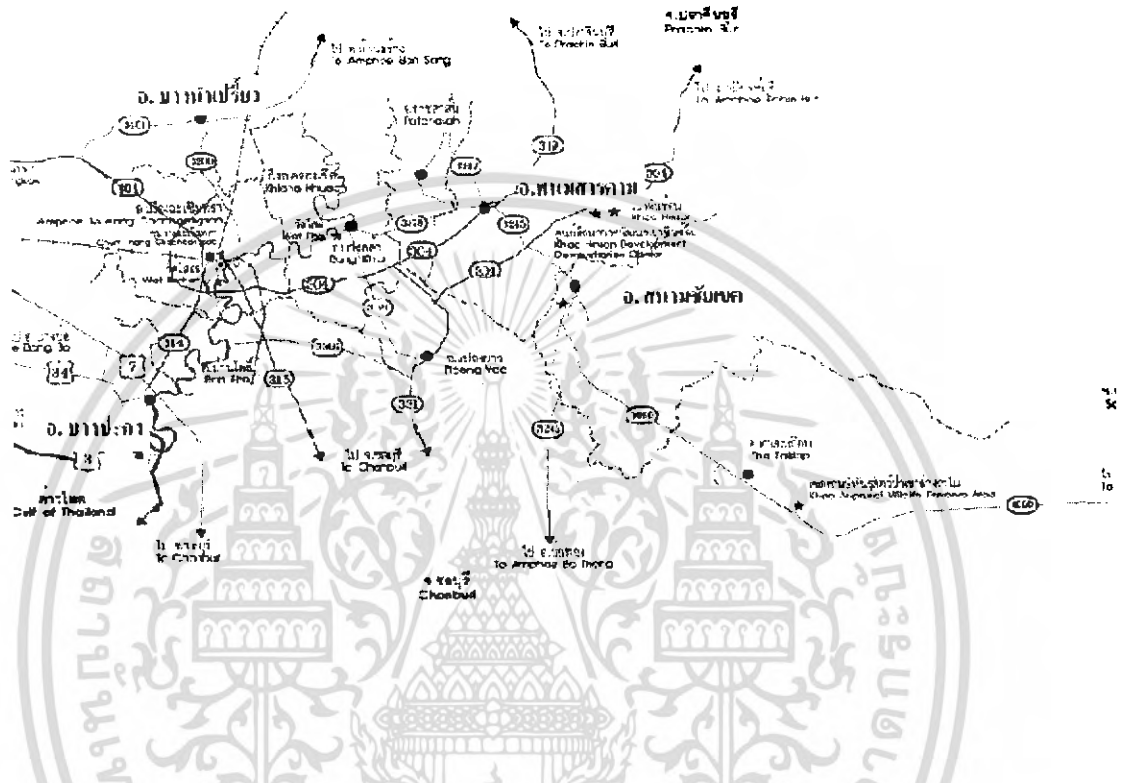


รูปที่ 5.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CBR กับ OMC จ.ปทุมธานี

ในส่วนของการทางด้านค่า OMC ก็มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น โดยที่ค่า CBR จะลดลง โดยที่ช่วง ข้อมูลของค่า OMC จะอยู่ที่ 14.0-14.7 % และ ในส่วนของการค่าของ CBR ก็จะอยู่ที่ 14-24 %

5.2.5 จังหวัดฉะเชิงเทรา

จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นจังหวัดที่อยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยที่มีลักษณะภูมิประเทศ อยู่ในบริเวณฝั่งทะเลตะวันออก มีอาณาเขตจังหวัดประมาณ 5,351 ตารางกิโลเมตร

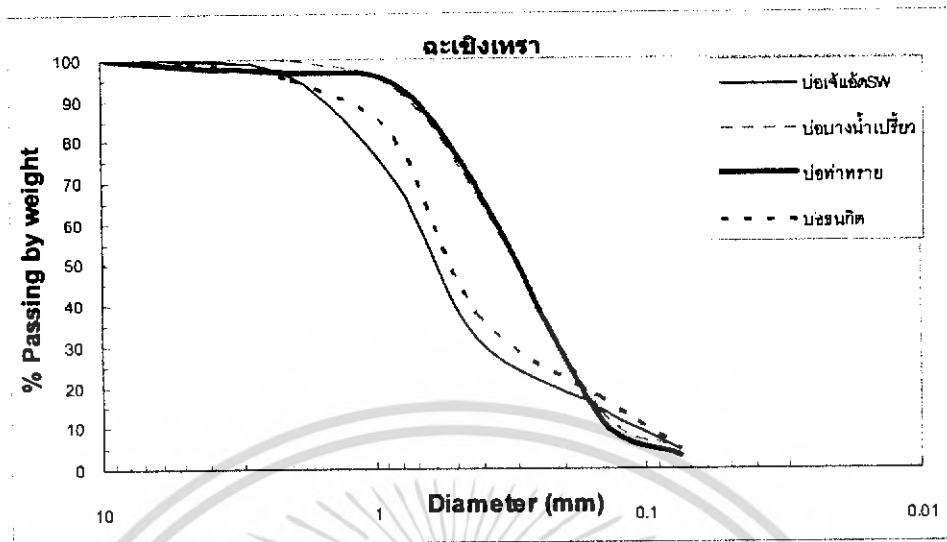


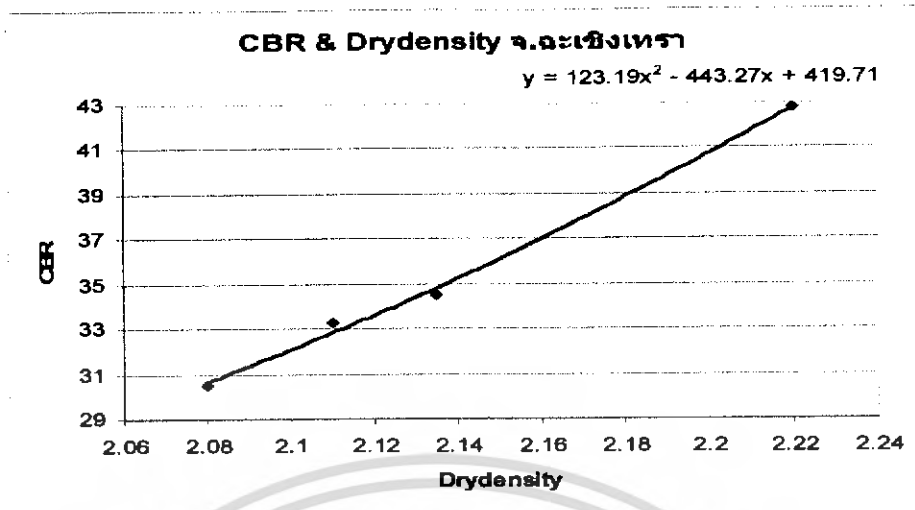
รูปที่ 5.17 แสดงแผนที่จังหวัดฉะเชิงเทรา

ซึ่งลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดฉะเชิงเทรามีลักษณะ เป็นที่ราบลอนคลื่นสลับกันกับภูเขา และ ถัดเข้ามาบริเวณส่วนกลางจังหวัดจะเป็น ที่สูง และ ภูเขา ลักษณะทางธรณีวิทยา จะค่อนข้างมีความซับซ้อน ที่เกิดจากการแทรกตัวของชั้นหิน แกรนิตเกิดเป็นทิวเขา ขึ้น และ นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างหินพวก หินชั้น และ หินแปรด้วย

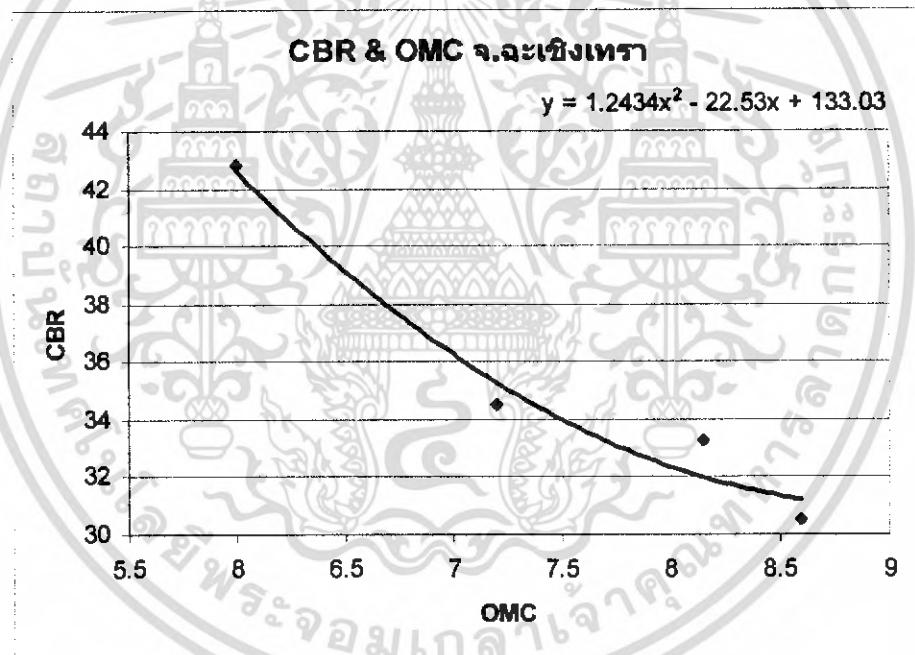
ตารางที่ 5.8 แสดงข้อมูลของทรายถมในจังหวัดฉะเชิงเทรา

จ.ฉะเชิงเทรา	% Passing	Accumulative Retained	% Retained	Type Of Sand	Cu,Cc	Compaction	CBR
ปอ เจ๊แอ๊ด 3/8" (9.50)	99.94	0.06			6.27	2.220	42.79
	No.4 (4.75)	99.65	0.35		2.11	6.00	
	No.10 (2.00)	95.77	4.23	4.23	SW		
	No.20 (0.85)	70.69	29.31				
	No.50 (0.425)	31.85	68.15	63.92	Medium		
	No.100 (0.15)	14.66	85.34				
	No.200 (0.075)	4.5	95.5				
Pan	0	100	31.85				
ปอบางน้ำเปรี้ยว 3/8" (9.50)	99.98	0.02			3.6	2.080	17.36
	No.4 (4.75)	99.8	0.2		1.11	8.60	
	No.10 (2.00)	99.31	0.69	0.69	SP		
	No.20 (0.85)	92.52	7.48				
	No.50 (0.425)	66.74	33.26	32.57	Fine		
	No.100 (0.15)	13.82	86.18				
	No.200 (0.075)	4.66	95.34				
Pan	0	100	66.74				
ปอท่าทราย 3/8" (9.50)	99.99	0.01			2.55	2.11	33.3
	No.4 (4.75)	98.35	1.65		0.82	8.15	
	No.10 (2.00)	96.67	3.33	3.33	SP		
	No.20 (0.85)	94.14	5.86				
	No.50 (0.425)	68.94	31.06	27.73	Fine		
	No.100 (0.15)	12.27	87.73				
	No.200 (0.075)	3.28	96.72				
Pan	0	100	68.94				
ปอชนกิต 3/8" (9.50)	99.79	0.21			6.05	2.135	34.52
	No.4 (4.75)	99.2	0.8		1.75	7.2	
	No.10 (2.00)	94.93	5.07	5.07	SW		
	No.20 (0.85)	80.63	19.37				
	No.50 (0.425)	37.42	62.58	57.51	Medium		
	No.100 (0.15)	17.73	82.27				
	No.200 (0.075)	4.77	95.23				
Pan	0	100	37.42				





รูปที่ 5.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ CBR กับ Drydensity จ.ฉะเชิงเทรา



รูปที่ 5.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่า CBR กับ OMC จ.ฉะเชิงเทรา

จากกราฟแรกนั้น ก็เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBR กับค่า Drydensity ของจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยที่มีแนวโน้มที่ ค่า CBR เพิ่มขึ้น ถ้าหากว่า ค่า Drydensity เพิ่มขึ้น ได้สมการความสัมพันธ์ ที่ใช้ทำนายค่า CBR ได้ หากว่าทราบค่า Drydensity โดยที่ในจังหวัดนี้นั้น จะมีช่วงข้อมูล

ของค่า CBR มากที่สุดนั้นก็คือ 30-42 % โดยที่ ค่า Drydensity จะมีช่วงของข้อมูลอยู่ที่ 2.0-2.2 g/cc ซึ่งก็มากที่สุดของชุดข้อมูลทั้ง 5 จังหวัดอีกด้วย โดยที่ในกราฟแรกนั้น จะมีค่าของ CBR ที่มีค่ามากที่สุดที่โคคออกไปถึง 42 % ในจุดนี้นั้นลองวิเคราะห์ถึงช่วงขนาดของเม็ดดิน ซึ่งผลที่ได้ออกมา นั้น ขนาดของเม็ดทรายค่อนข้างมีลักษณะไปในทางทรายหยาบ โดยที่เมื่อทำการจำแนก ขนาดละเอียดของเม็ดทรายแล้วพบว่า เป็นทรายประเภท SW ซึ่งในจุดนี้นั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่าสาเหตุที่ค่า CBR ทำไมจึงมีค่ามากที่สุดในตัวแบบนี้ ก็คงเป็นเพราะว่าเป็นทรายที่มีขนาดหยาบและมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน รวมไปถึงคุณสมบัติทางวัสดุที่มีคุณลักษณะ ทางธรณีวิทยาที่อยู่ในบริเวณฝั่งทะเลตะวันออกซึ่งลักษณะ โดยทั่วไปก็จะคล้ายคลึงกับทางด้านจังหวัดชลบุรีซึ่งก็ได้กล่าวไปในตอนต้นแล้ว

ส่วนในด้านกราฟต่อมานั้น ก็เป็นแนวโน้มที่ ลดลงของค่า CBR ถ้าหากว่าค่า OMC เพิ่มขึ้น นั่นเองโดยที่สามารถทำนายได้จาก ค่า OMC ที่ทราบค่า ซึ่งช่วงของข้อมูลนั้น ค่า CBR ก็อยู่ในช่วง 30 – 42% และในค่า ของ OMC นั้นก็อยู่ในช่วง 6-8 % ซึ่งในตัวแบบนี้ก็จะมีพวกเม็ดทรายที่เป็นพวกเม็ดละเอียด อยู่ 2 ตัวอย่าง และ ทรายพวกเม็ดหยาบอยู่ 2 ตัวอย่าง ซึ่งพวกเม็ดหยาบก็จะใช้ปริมาณน้ำ OMC ที่น้อยกว่าพวกเม็ด ละเอียด ก็เนื่องจากขนาดของเม็ดทรายที่ถ้ามีขนาดใหญ่ขึ้น น้ำก็จะมีผลน้อยลงเนื่องจากความหนาของ ฟิล์มน้ำ กับขนาดของเม็ดดินที่ต่างกันนั่นเอง

จากผลของการหาขนาด และ การกระจายตัวของเม็ดทราย ก็จะพบว่า มีขนาดแตกต่างกันไป ก็คงจะเนื่องมาจากแหล่งทรายในจังหวัด ฉะเชิงเทรานั้นมีลักษณะ ภูมิประเทศที่เป็นที่สูง ๆ ค่าที่ต่างกันประกอบกับการที่ต้องการ เก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมก็เลยให้ได้ลักษณะของเม็ดทรายที่ค่อนข้างแตกต่างออกไปคือ มีทั้งเม็ดละเอียด และ เม็ดหยาบนั่นเอง

5.3. วิเคราะห์เปรียบเทียบ

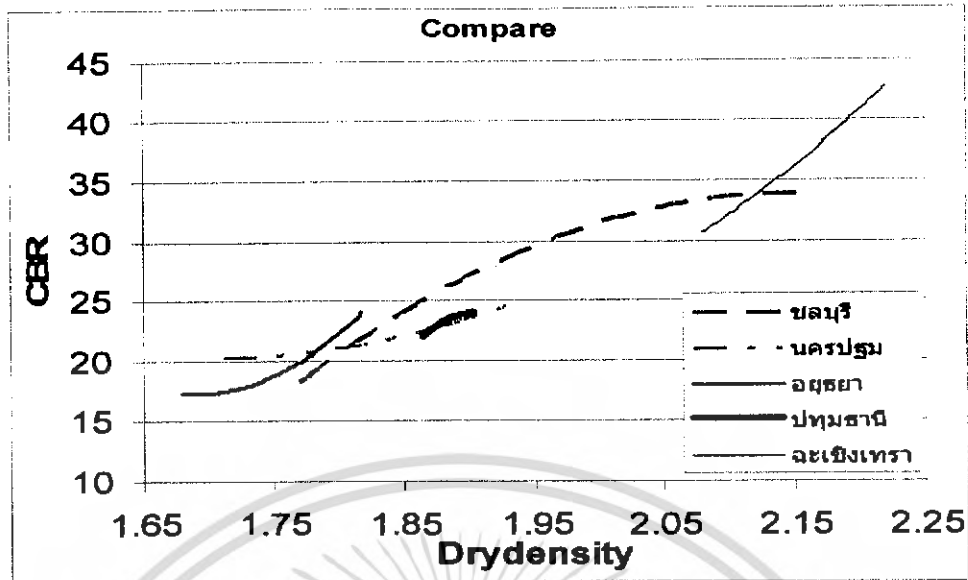
จากผลการทดลองที่ได้ และ ได้ทำการวิเคราะห์แยกในแต่ละจังหวัดข้างต้นแล้ว ในหัวข้อนี้จะนำค่าที่ได้มาทำการพล็อต กราฟเปรียบเทียบ กันในแต่ละจังหวัด โดยช่วงของข้อมูลจะเป็นในลักษณะดังข้างล่างนี้

ตารางที่ 5.9 แสดงเปรียบเทียบค่าที่ได้ในแต่ละจังหวัด

	Drydensity (g/cc)	OMC	Size	Type	CBR
จ.ชลบุรี	1.77 - 2.16	5.0-12.3 %	F,M,M,M	SP,SP,SW,SP	18-34%
จ.นครปฐม	1.71 - 1.93	12.9-15.3 %	F,M,F,M,M	SP	20-24%
จ.อยุธยา	1.68 - 1.78	15.0-16.5 %	F,M,M,M,M	SP	17-23%
จ.ปทุมธานี	1.86 - 1.90	14.0-14.7 %	M,M,M,M	SP	22-24%
จ.ฉะเชิงเทรา	2.08 - 2.22	6.0-8.6 %	M,F,F,M	SW,SP,SP,SW	30-42%

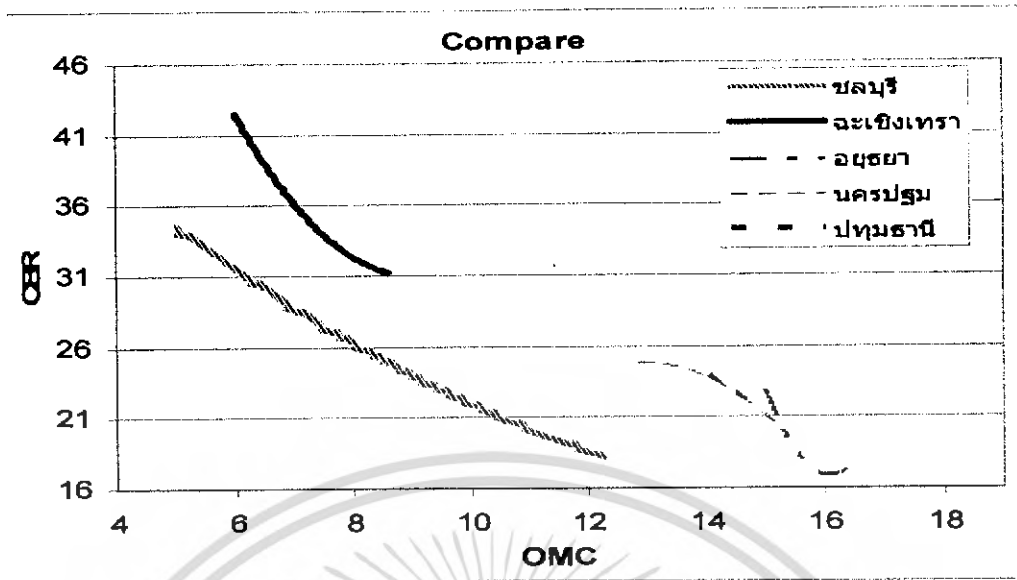
โดยที่ตารางข้างต้นจะสรุปให้เห็นภาพรวม และ ช่วงของข้อมูล ของในแต่ละจังหวัด ว่ามีค่าลักษณะเป็นอย่างไรบ้าง และ ในช่องของ Size ก็คือประเภทขนาดของเม็ดทราย ว่ามีขนาดเป็นประเภทไหน โดยที่ F ก็คือ Fine คือ ทรายพวกเม็ดละเอียด และ M ก็คือ Medium คือ ทรายพวกเม็ดหยาบปานกลาง และ ในช่องของ Type ก็จะไปบอกถึงลักษณะของการกระจายตัวของเม็ดดินว่าเป็นประเภทไหน เป็น Poor Grade หรือ ว่า Well Grade ซึ่งจากตารางจะเห็นได้ว่าแหล่ง ที่เป็น Well Grade หรือ SW จะมีเพียงแค่ 3 บ่อ เท่านั้น และ ในจังหวัด นครปฐม จังหวัดอยุธยา จังหวัดปทุมธานี จะมีขนาดกละของเม็ดดิน เป็นจำพวก Poor Grade หรือ SP หรือ พวกเม็ดทรายที่มีขนาดของเม็ดทรายขาดช่วง

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบรวมกันทุกจังหวัด ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า CBR กับ ค่า Drydensity ได้เส้นกราฟที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่ค่า CBR เพิ่ม ค่า Drydensity จะเพิ่มขึ้น โดยที่ จะมีช่วงที่แตกต่างกันไปดังนี้



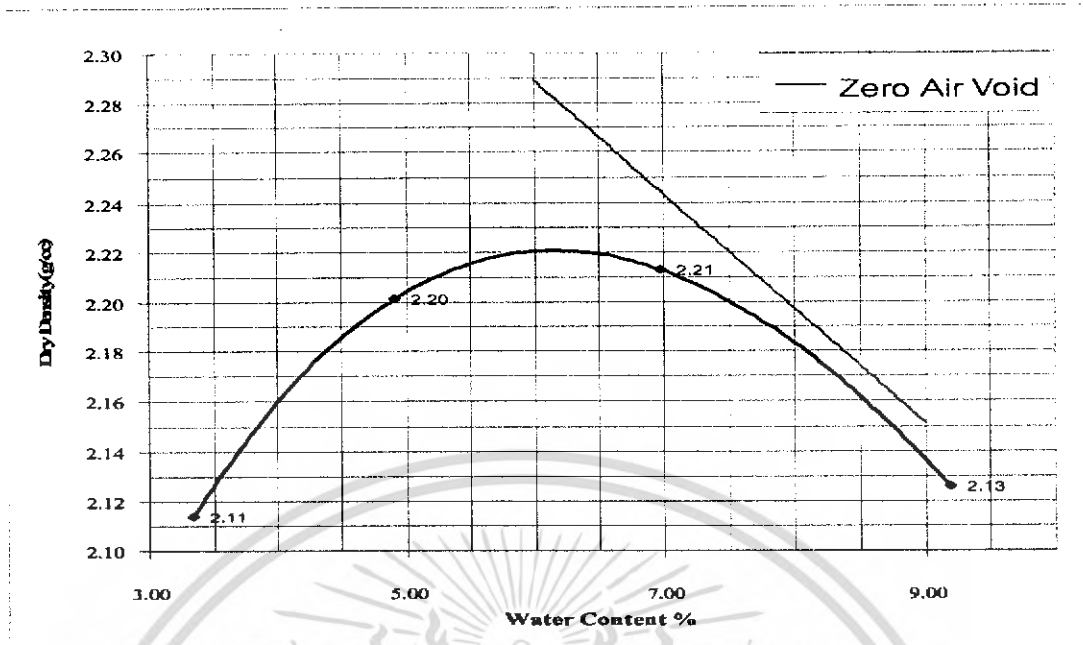
รูปที่ 5.21 แสดงเปรียบเทียบ ค่า CBR & Drydensity ในแต่ละจังหวัด

จากกราฟรูปนี้จะสังเกตเห็นได้ว่า เส้นกราฟของในแต่ละจังหวัดจะมีช่วงของข้อมูลที่แตกต่างกัน เนื่องจากขนาด และการกระจายตัวของเม็ดทรายที่ต่างกัน โดยที่ในจังหวัดฉะเชิงเทรา นั้น จะมีช่วงของค่า Drydensity และ ค่า CBR ที่สูงที่สุดกว่าในแต่ละจังหวัด และ ก็มีตัวอย่างที่มีการจำแนกขนาดคละของทรายเป็น ประเภท SW อยู่ด้วย ก็เนื่องมาจากบริเวณจังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างมีลักษณะภูมิฐาน เป็นที่ราบลอนคลื่นสลับภูเขา ประกอบกับขนาดของเม็ดทรายที่ค่อนข้างหยาบด้วย จึงทำให้ช่วงของค่า CBR ที่ได้ สูงกว่าจังหวัดอื่น ๆ และ ค่าความหนาแน่นที่ได้ก็มีค่าสูงที่สุดด้วย และ กลับกันในช่วงข้อมูลของจังหวัดอยุธยา จากกราฟจะเห็นได้ว่าช่วงของข้อมูลค่อนข้างแคบ มีขนาดคละของเม็ดทรายเป็นพวก SP และ ให้ช่วงของค่า Drydensity และ ค่า CBR ค่ำที่สุดก็ เพราะว่าด้วยขนาดคละของเม็ดทรายที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ด้วยภูมิฐานที่เป็นที่ราบภาคกลาง ทำให้ช่วงของข้อมูลที่ได้อ่อนข้างแคบ และ ใกล้กันลักษณะขนาดของเม็ดทรายค่อนข้างเล็ก และ ในจังหวัดชลบุรีที่มีช่วงของข้อมูลที่ค่อนข้างกว้างก็มาจากที่ขนาดของเม็ดทราย ที่มีขนาดที่แตกต่างกันจากตัวอย่างที่ได้เก็บมาทดสอบ



รูปที่ 5.22 แสดงเปรียบเทียบ ค่า CBR & OMC ในแต่ละจังหวัด

ส่วนกราฟรูปนี้ก็เป็นกรเอาข้อมูลของทุกจังหวัดมาเปรียบเทียบกัน ระหว่างค่า CBR กับค่า OMC โดยที่จะแสดงให้เห็นช่วงของค่า OMC และ ค่า CBR ในแต่ละจังหวัดว่าจังหวัดไหนมีช่วงข้อมูลของ ค่า OMC ที่มากกว่ากัน ซึ่งแนวโน้มก็จะเหมือน ๆ กัน นั่นก็คือค่า CBR จะลดลงถ้าหากว่ามีค่า OMC ที่เพิ่มมากขึ้น ก็เนื่องมาจากสาเหตุที่ว่ายังมีน้ำเข้าไป เพื่อช่วยในการเพิ่มความหนาแน่นที่มากเกินไป ก็จะทำให้เกิดแรงผลักดันระหว่างเม็ดดินกับน้ำเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะเป็นเหตุให้ค่า CBR ลดลงได้ และ สำหรับพวกเม็ดดินที่มีขนาดของเม็ดดินที่ต่างจำพวกกัน เช่น พวกเม็ดหยาบ หรือ พวกเม็ดละเอียด ปริมาณน้ำ OMC ในเม็ดดิน จำพวกเม็ดหยาบ จะมีผลน้อย กว่าพวกเม็ดละเอียดเนื่องจากขนาดที่ต่างกัน ของฟิล์มน้ำกับ ขนาดของเม็ดดิน กล่าวคือ ในพวกดินที่เป็นเม็ดหยาบจะใช้ปริมาณ OMC ที่น้อยกว่า พวกเม็ดละเอียด



รูปที่ 5.23 แสดงตัวอย่างเปรียบเทียบค่าระหว่าง Drydensity & Zero Air Void

จากรูปเป็นการลองตรวจสอบบ่อทรายจากจังหวัดจะแจ้งทราบว่าค่ากราฟการบดอัดที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ ดังที่ว่าค่าการบดอัดที่ได้จะไม่เท่ากับค่าการบดอัด ณ จุดที่ช่องว่างระหว่างเม็ดดินเป็นศูนย์ หรือที่เรียกว่า Zero Air Void นั่นก็คือเส้นกราฟทั้งสองเส้นจะไม่ตัดกันนั่นเอง

5.4. สรุป

จากผลการทดลองที่ได้ก็ทำให้ทราบถึงข้อมูลที่ได้ทำการทดสอบเก็บตัวอย่างทราย ในแต่ละจังหวัดต่าง ๆ ซึ่งก็ สามารถที่จะทำนายผลของค่า CBR ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง CBR กับ ค่า Drydensity และ กราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง CBR กับ ค่า Optimum Moisture Content ได้ผลออกมาค่อนข้างใกล้เคียง โดยที่ก็จะพอทำให้ทราบได้ว่าแหล่งทรายที่จังหวัด หนองคายมีค่าของข้อมูลมากน้อยเพียงใด และมีแนวโน้มเป็นอย่างไรบ้างสอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศหรือไม่ เพื่อที่จะได้นำมาเลือกใช้ในการพิจารณาเบื้องต้น ได้อย่างใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด

หนังสืออ้างอิง

- จิรพัฒน์ โชติคไกร, 2529. การออกแบบทาง. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์.
- จิรพัฒน์ โชติคไกร, 2531. วิศวกรรมทาง. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์.
- มนเชียร กังศศิเทียม, 2538. กลศาสตร์ของดินและทรายทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์.
- วรากร ไม้เรียง, จิรพัฒน์ โชติคไกร, และ ประทีป ดวงเคื่อน, 2525. ทฤษฎีและปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์. กรุงเทพฯ. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์.
- สุพจน์ ศรีนิล, แหสมทอง เหล่าคงดาวร, และ ชลธิ เร้นบ้านเกาะ, 2544. คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกลศาสตร์. กรุงเทพฯ. แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Lambe, T.W., 1951. Soil Testing for Engineering. New York : John Wiley & Sons.