



คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินที่ตำบลท่านาว อำเภอฝาง จังหวัดน่าน
 จากการขุดเจาะแบบล้าง (Wash Boring) และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
 Engineering Properties of soil in Tambon Tha Nao, Amphoe Phu
 Phiang, Nan Area form wash Boring Method & Laboratory testing

นางสาวนิภาพร พิมพา	รหัส 52363974
นางสาวเมทีดา แก้วพันธ์	รหัส 52354100
นางสาววารินทร์ วงษา	รหัส 52364162

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
 ปีการศึกษา 2555

วิชา วิศวกรรมศาสตร - 7 ส.ค. 2556 ได้รับ..... เลขทะเบียน..... 16340477 เลขเรียกหนังสือ..... มหาวิทยาลัยนเรศวร 96624

ชื่อหัวข้อโครงการ	คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินที่ตำบลท่าน้าว อำเภอกู่เพียง จังหวัดน่าน จากการเจาะแบบล้าง (Wash Boring) และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวนิภาพร พิมพ์า	รหัส 52363974
	นางสาวเมธิตา แก้วพันธ์	รหัส 52354100
	นางสาววารินทร์ วงษา	รหัส 52364162
ที่ปรึกษาโครงการ	นายกรกฎ นุสิทธิ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2555	

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของดิน ตำบลท่าน้าว อำเภอกู่เพียง จังหวัดน่าน โดยการเจาะสำรวจชั้นดิน และการนำตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ พื้นที่ในการเจาะสำรวจ ได้แก่ หมู่บ้านท่าน้าว หมู่บ้านหนองรัง และหมู่บ้านนาข้าย โดยใช้วิธีการเจาะแบบล้าง (Wash boring) ซึ่งผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และการเปรียบเทียบกับข้อมูลดินเดิมของจังหวัดน่าน จากแผนที่กรมทรัพยากรธรณี สามารถแบ่งประเภทดินได้เป็น 2 ประเภทคือ ดินเหนียวที่มีความเหนียวต่ำ และดินทรายปนตะกอนทราย (ดินทรายปนตะกอนทรายแป้ง) ซึ่งพิจารณาการเรียงตัวของชั้นดินหมู่บ้านหนองรังพบว่า มีดินตะกอนทรายแทรกอยู่ระหว่างชั้นดินเหนียวที่มีความเหนียวต่ำในระดับความลึก 0.95-2.35 เมตร จากความลึกทั้งหมดเจาะ 6.15 เมตร ชั้นดินมีความแข็งปานกลางค่า $SPT \leq 30$ ครั้ง/ฟุต หมู่บ้านนาข้าย เมื่อพิจารณาการเรียงตัวของชั้นดินพบว่าเป็นชั้นดินเหนียวที่มีความเหนียวต่ำมีการแทรกตัวของชั้นดินตะกอนทรายที่ความลึก 1.90-4.45 จากความลึกทั้งหมดเจาะ 5.40 เมตร ชั้นดินมีความแข็งปานกลางค่า $SPT \leq 30$ ครั้ง/ฟุต หมู่บ้านท่าน้าวพิจารณาการเรียงตัวของชั้นดินพบว่าเป็นชั้นดินทรายละเอียดสลับกับชั้นดินตะกอนทรายจากความลึกทั้งหมดเจาะ 5.20 เมตร ชั้นดินมีความแข็งปานกลางค่า $SPT \leq 30$ ครั้ง/ฟุต เนื่องจากพื้นที่ในการเจาะสำรวจอยู่ทางตอนกลางของจังหวัดน่านส่วนใหญ่อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำ ดังนั้นข้อมูลการเจาะสำรวจจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับงานด้านวิศวกรรมฐานราก หรือการนำไปศึกษาเพิ่มเติมในงานด้านอื่นๆ

Project title Engineering Properties of soil in Tambon Tha Nao, Anphoe Phu Phiang, Nan Area form wash Boring Method & Laboratory testing.

Name Ms. Niphaphon Pimpa ID. 52363974
Ms. Methida Kaewpan ID. 52364100
Ms. Warin Wongsa ID. 52364162

Project advisor Mr. Korakod Nosit

Major Civil Engineering

Department Civil Engineering

Academic year 2012

Abstract

The objective of this project is to study the Engineering Properties of soil in Tambon Tha Nao, Anphoe Phu Phiang, Nan Area form Wash Boring Method & Laboratory testing. The selected areas are Tha nao village, Nong rang village and Na khai village. The laboratory results compared with geological map provided by resources department Ministry of Natural Resources and Environmental can prove that there are two types of the soil in the area which are, low- plasticity clay and silty sand. In the Nong rang village, the subsoil exploration found that there are silt insert between low- plasticity clay layer at a depth of 0.95 – 2.35 meters. At the bottom of the borehole is medium hardness clay by SPT value of ≤ 30 blown/ft. In the Na khai village, the subsoil exploration found that there are sandy sediments insert between low- plasticity clay layer at a depth of 1.90 – 4.45 meters. At the bottom of the borehole is medium hardness clay by SPT value of ≤ 30 blown/ft. In the Tha nao village, the subsoil exploration found that there are sandy sediments insert between silt layer and there are sandy sediments layer at a depth of 5.20 meters. At the bottom of the borehole is medium hardness clay by SPT value of ≤ 30 blown/ft. Because of the drilling survey areas is the center of Nan province which is close to the water so, all of results are beneficial for the foundation engineering or other case study.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้ถ้าไม่ได้รับความกรุณาจาก อาจารย์กรกฎ นุสิทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำแนะนำที่ดี การปรับปรุงแก้ไข ให้การกำกับดูแลการเจาะสำรวจ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ตลอดมาจนโครงการเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พวงรัตน์ ขจิตวิษยานุกูล และดร. จิรภัทร์ อนันต์ ภัทรชัย ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำที่ดี ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไข

ขอขอบพระคุณ นางสาวลูกน้ำ มากลิ่น ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือในเรื่องการจัดทำเอกสารต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ครูช่างอภิชาติ สุโยธินรัตน์ ครูช่างกาลไกล วรินทร์ และครูช่างชัยวัฒน์ กล้าแย้ม ที่เป็นกำลังสำคัญ ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้วิชาความรู้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง เพื่อนๆ ที่ให้ความสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม รู้สึกสำนึกในความกรุณา ขอมอบคุณคุณงามความดีทั้งหมด แต่ผู้มีพระคุณทุกท่านและขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

หากมีข้อผิดพลาดประการใดที่ท่านอ่านพบในโครงการวิศวกรรมนี้ คณะผู้จัดทำโครงการวิศวกรรมขอรับผิดชอบทั้งหมด

คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม

นางสาวนิภาพร พิมพา

นางสาวเมธิตา แก้วพันธ์

นางสาววรินทร์ วงษา

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฎ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงการ.....	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	3
1.6 แผนการดำเนินงาน.....	3
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ.....	3
1.8 สถานที่ดำเนินโครงการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	5
2.1 ข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา.....	5
2.2 การขุดเจาะสำรวจดิน.....	24
2.3 การทดสอบคุณสมบัติดินในห้องปฏิบัติการ.....	31
2.4 การจำแนกดินทางวิศวกรรม.....	34
2.5 ข้อมูลดินที่เจาะสำรวจของกรมโยธาธิการและผังเมือง.....	45
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ.....	54
3.1 การเตรียมการและการวางแผนโครงการ.....	54
3.2 การเก็บตัวอย่างดิน.....	56
3.3 การทดสอบให้ห้องปฏิบัติการ.....	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....	107
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน.....	107
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกำลังความต้านทานของดิน.....	107
4.3 การจำแนกประเภทดินและรูปตัดชั้นดิน.....	108
4.4 รูปตัดชั้นดิน.....	111
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	112
5.1 สรุปผลและอภิปรายผล.....	112
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ.....	117
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	117
5.4 การนำไปใช้ประโยชน์.....	117
เอกสารอ้างอิง.....	119
ภาคผนวก ก ตาราง Summary of test results.....	120
ภาคผนวก ข ผลการทดลองการทดสอบขีดแอดเตอร์เบอร์ก.....	124
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบการทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน.....	143
ภาคผนวก ง ผลการทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์.....	162
ภาคผนวก จ ผลการทดสอบการหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน.....	181
ภาคผนวก ฉ ผลทดสอบการทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด.....	185
ภาคผนวก ช ตารางการจำแนกประเภทดิน ตามระบบ Unified Soil Classification.....	193
ภาคผนวก ซ รูปตัดชั้นดิน.....	195
ภาคผนวก ฌ รูป Boring log.....	199
ภาคผนวก ฎ ตารางประกอบการคำนวณต่างๆ.....	203

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2. 1 แสดงการจำแนกประเภทของดินตามขนาดของดิน.....	35
ตารางที่ 2. 2 แสดงการจำแนกประเภทของดินตามขนาดเม็ดดิน.....	37
ตารางที่ 2. 3 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified.....	38
ตารางที่ 2. 4 แสดงการจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified.....	40
ตารางที่ 2. 5 แสดงการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ AASHTO.....	43
ตารางที่ 3. 1 ขนาดน้ำหนักตัวอย่างทดสอบหาความชื้น (ASTM D-2216).....	54
ตารางที่ 3. 2 อัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกับความสูงของตัวอย่างในการทดสอบ.....	63
ตารางที่ 3. 3 ตารางค่า N และ $\left(\frac{N}{25}\right)^{0.12}$	83
ตารางที่ 3. 4 ตารางแสดงความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	89
ตารางที่ 3. 5 ลักษณะของดินที่มีขนาดเม็ดคละ.....	96
ตารางที่ 3. 6 ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	97
ตารางที่ 3. 7 ค่าคงที่ K_2	100
ตารางที่ 4. 1 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน.....	107
ตารางที่ 4. 2 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกำลังความต้านทานของดิน.....	108
ตารางที่ 4. 3 แสดงการจำแนกประเภทดิน (บ้านหนองรัง).....	108
ตารางที่ 4. 4 แสดงการจำแนกประเภทดิน (บ้านท่านาว).....	109
ตารางที่ 4. 5 แสดงการจำแนกประเภทของดิน(บ้านนาข้าย).....	109
ตารางที่ 4. 6 แสดงการจำแนกประเภทของดิน (บ้านหนองรัง) ตามระบบ USDA.....	110
ตารางที่ 4. 7 แสดงการจำแนกประเภทของดิน (บ้านท่านาว) ตามระบบ USDA.....	110
ตารางที่ 4. 8 แสดงการจำแนกประเภทของดิน (บ้านนาข้าย) ตามระบบ USDA.....	111
ตารางที่ 5. 1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดเม็ดดินในระบบ USCS และ ระบบ USDA.....	114
ตารางที่ ก1 ตาราง Summary of test results บ้านท่านาว.....	121
ตารางที่ ก2 ตาราง Summary of test results บ้านนาข้าย.....	122
ตารางที่ ก3 ตาราง Summary of test results บ้านหนองรัง.....	123
ตารางที่ ข1 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว HA-1.....	125
ตารางที่ ข2 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว SS-1.....	126
ตารางที่ ข3 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว SS-2.....	127
ตารางที่ ข4 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว SS-3.....	128
ตารางที่ ข5 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว SS-4.....	129
ตารางที่ ข6 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว SS-5.....	130

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ ข7 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข่าย SS-1	131
ตารางที่ ข8 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข่าย SS-2	132
ตารางที่ ข9 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข่าย SS-3	133
ตารางที่ ข10 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข่าย SS-4	134
ตารางที่ ข 11 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข่าย SS-5.....	135
ตารางที่ ข12 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-1	136
ตารางที่ ข13 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-2.....	137
ตารางที่ ข14 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-3.....	138
ตารางที่ ข15 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-4.....	139
ตารางที่ ข16 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-5.....	140
ตารางที่ ข17 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-6.....	141
ตารางที่ ข18 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-6.....	142
ตารางที่ ค1 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านทำน่าว HA-1.....	144
ตารางที่ ค2 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านทำน่าว SS-1	145
ตารางที่ ค3 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านทำน่าว SS-2	146
ตารางที่ ค4 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านทำน่าว SS-3	147
ตารางที่ ค5 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านทำน่าว SS-4	148
ตารางที่ ค6 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านทำน่าว SS-5	149
ตารางที่ ค7 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาข่าย SS-1	150
ตารางที่ ค8 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาข่าย SS-2	151
ตารางที่ ค9 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาข่าย SS-3	152
ตารางที่ ค10 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาข่าย SS-4	153
ตารางที่ ค11 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาข่าย SS-5	154
ตารางที่ ค12 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-1	155
ตารางที่ ค13 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-2.....	156
ตารางที่ ค14 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-3	157
ตารางที่ ค15 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-4	158
ตารางที่ ค16 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-5	159
ตารางที่ ค17 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-6	160
ตารางที่ ค18 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-7	161

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ ง1 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่าनाव HA-1.....	163
ตารางที่ ง2 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่าनाव SS-1.....	164
ตารางที่ ง3 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่าनाव SS-2.....	165
ตารางที่ ง4 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่าनाव SS-3.....	166
ตารางที่ ง5 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่าनाव SS-4.....	167
ตารางที่ ง6 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่าनाव SS-5.....	168
ตารางที่ ง7 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข่าย SS-1.....	169
ตารางที่ ง8 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข่าย SS-2.....	170
ตารางที่ ง9 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข่าย SS-3.....	171
ตารางที่ ง10 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข่าย SS-4.....	172
ตารางที่ ง11 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข่าย SS-5.....	173
ตารางที่ ง12 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-1.....	174
ตารางที่ ง13 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-2.....	175
ตารางที่ ง14 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-3.....	176
ตารางที่ ง15 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-4.....	177
ตารางที่ ง16 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-5.....	178
ตารางที่ ง17 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-6.....	179
ตารางที่ ง18 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-7.....	180
ตารางที่ จ1 ผลการทดสอบ Specific Gravity of Soil บ้านท่าनाव.....	182
ตารางที่ จ2 ผลการทดสอบ Specific Gravity of Soil บ้านนาข่าย.....	183
ตารางที่ จ3 ผลการทดสอบ Specific Gravity of Soil บ้านหนองรัง.....	184
ตารางที่ ฉ1 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-1.....	186
ตารางที่ ฉ2 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-2.....	187
ตารางที่ ฉ3 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-3.....	188
ตารางที่ ฉ4 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-4.....	189
ตารางที่ ฉ5 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-5.....	190
ตารางที่ ฉ6 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-6.....	191
ตารางที่ ฉ7 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-7.....	192
ตารางที่ ข1 ตารางการจำแนกประเภทดิน ตามระบบ Unified Soil Classification.....	194

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1. 1 แผนที่สถานที่ดำเนินโครงการ	4
รูปที่ 2. 1 แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย ย่อจากมาตราส่วน 1: 2,500,000	6
รูปที่ 2. 2 คำอธิบายแผนที่	7
รูปที่ 2. 3 แผนที่ภูมิประเทศและเขตการปกครองจังหวัดน่าน	19
รูปที่ 2. 4 แผนที่ธรณีวิทยา จำแนกชนิดตะกอนและหินจังหวัดน่าน	23
รูปที่ 2. 5 ส่วนมือสำหรับเจาะสำรวจดิน	27
รูปที่ 2. 6 Wash boring	28
รูปที่ 2. 7 Undisturbed Sampling	30
รูปที่ 2. 8 Split-Spoon Sampler	31
รูปที่ 2. 9 แสดงรูปสามเหลี่ยมของการจำแนกประเภทของดิน	36
รูปที่ 2. 10 แสดงแผนภูมิความเหนียว	44
รูปที่ 2. 11 แผนที่ตั้งโครงการเพื่อการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำน่านบริเวณสะพานพัฒนา ภาคเหนือ	45
รูปที่ 2. 12 Boring Log BH-1.1	46
รูปที่ 2. 13 Boring Log BH-1.2	47
รูปที่ 2. 14 Boring Log BH-1.3	48
รูปที่ 2. 15 Boring Log BH-1.4	49
รูปที่ 2. 16 แผนที่ตั้งโครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำน่านบริเวณบ้านป่าสัก	50
รูปที่ 2. 17 Boring Log BH-1.1	51
รูปที่ 2. 18 Boring Log BH-2.1	52
รูปที่ 2. 19 Boring Log BH-3.1	53
รูปที่ 3. 1 การเจาะโดยใช้การฉีดล้าง (Wash Boring)	56
รูปที่ 3. 2 การเก็บตัวอย่างดิน	57
รูปที่ 3. 3 Stress และ Mohr's Diagram	62
รูปที่ 3. 4 การตัดแต่งตัวอย่างดิน	63
รูปที่ 3. 5 การวัดขนาดตัวอย่างดิน	64
รูปที่ 3. 6 การทดสอบ Unconfined Compression Test	65
รูปที่ 3. 7 ตัวอย่างดินที่เกิดรอยเฉือน	66
รูปที่ 3. 8 การวัดขนาด (ซ้าย) ชั่งน้ำหนักของวงแหวน (ขวา)	69
รูปที่ 3. 9 สถานภาพต่าง ๆ ของมวลดินเหนียว	72

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3. 10 การเคลื่อนตัวของมวลดินบริเวณรอยบาก (ก่อนเคาะและหลังเคาะตามลำดับ).....	73
รูปที่ 3. 11 การทดสอบหาค่า Plastic limit.....	73
รูปที่ 3. 12 การหัดตัวของมวลดิน.....	74
รูปที่ 3. 13 การนำตัวอย่างดินมาผสมน้ำ.....	76
รูปที่ 3. 14 การปาดแต่งตัวอย่างดิน.....	77
รูปที่ 3. 15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเคาะ (N) และความชื้นโดยให้จำนวนการเคาะอยู่ในรูปของ log scale.....	78
รูปที่ 3. 16 การทดสอบหาพิกัดพลาสติก (Plastic Limit).....	79
รูปที่ 3. 17 ชีตท้องน้ำ (ซ้าย) การวัดอุณหภูมิ (ขวา).....	86
รูปที่ 3. 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักขวดที่มีน้ำเต็ม และอุณหภูมิ.....	87
รูปที่ 3. 19 ตัวอย่างดินที่ผสมแล้ว (ซ้าย) เครื่องปั้น (ขวา).....	87
รูปที่ 3. 20 การเทตัวอย่างดิน (ซ้าย) การต้มไล่ฟองอากาศ (ขวา).....	88
รูปที่ 3. 21 ขนาดตะแกรงมาตรฐาน.....	90
รูปที่ 3. 22 ตัวอย่างดินบนตะแกรง (sieve).....	91
รูปที่ 3. 23 ตัวอย่างดินขณะเข้าเครื่องเขย่า.....	92
รูปที่ 3. 24 การทดลองหาขนาดคละของดินแบบใช้น้ำช่วย (wet).....	93
รูปที่ 3. 25 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน.....	94
รูปที่ 3. 26 รูปร่างของเม็ดดินแบบต่างๆ.....	94
รูปที่ 3. 27 coarse gravel, fine gravel, coarse sand, medium sand, fine sand ตามลำดับ 95	98
รูปที่ 3. 28 การตกตะกอนของเม็ดดิน.....	98
รูปที่ 3. 29 แสดงสัญลักษณ์ของ Hydrometer.....	101
รูปที่ 3. 30 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ของ R_c และ h	102
รูปที่ 3. 31 วัดขนาดกระเปาะไฮโดรมิเตอร์และกระบอกตกตะกอน.....	103
รูปที่ 3. 32 การผสมสารกับน้ำและตัวอย่างดิน.....	104
รูปที่ 3. 33 เขย่าดินที่ตกตะกอนก่อนทดลอง.....	104
รูปที่ 3. 34 วัดการตกตะกอนตามเวลาที่กำหนดไว้.....	105
รูปที่ 3. 35 ทดลองแล้วนำเข้ตบอบเพื่อหาน้ำหนักดินแห้ง.....	105
รูปที่ 5. 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง UC และ SPT.....	116
รูปที่ ซ1 รูปตัดชั้นดิน บ้านท่าनाव.....	196
รูปที่ ซ2 รูปตัดชั้นดิน บ้านนาข่อย.....	197

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ ข 3 รูปตัดชั้นดิน บ้านหนองรัง	198
รูปที่ ฉ1 Boring log บ้านท่าน้ำาว.....	200
รูปที่ ฉ2 Boring log บ้านนาข้าย.....	201
รูปที่ ฉ3 Boring log บ้านหนองรัง.....	202
รูปที่ ญ1 ความสัมพันธ์ SPT-N Value กับความแข็งแรงของดินเม็ดละเอียด	204
รูปที่ ญ2 ความสัมพันธ์ SPT-N Value กับความแข็งแรงของดินเม็ดหยาบ.....	204
รูปที่ ญ3 ค่าของ Effective depth (L) based on Hydrometer and Sedimentation Cylinder	204
รูปที่ ญ4 การปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ (Temperature Correction, Ct).....	207
รูปที่ ญ5 ตารางค่า K ที่ใช้ในสมการสำหรับคำนวณ diameter ของ particle	208
รูปที่ ญ6 ตาราง Coorrection Factors	209



สารบัญสมการ

สมการที่	หน้า
สมการที่ 3. 1 สมการหาค่าความชื้นของดิน.....	60
สมการที่ 3. 2 สมการ Mohr-Coulumb	61
สมการที่ 3. 3 สมการค่า cohesion	61
สมการที่ 3. 4 สมการการหาพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน	66
สมการที่ 3. 5 สมการหาพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไปในระหว่างการทดสอบ.....	67
สมการที่ 3. 6 สมการหาแรงกดบนตัวอย่าง	67
สมการที่ 3. 7 สมการ Cohesion.....	68
สมการที่ 3. 8 สมการหา Sensitivity.....	68
สมการที่ 3. 9 สมการหาค่าน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร	70
สมการที่ 3. 10 สมการหาปริมาตรรวมแหวน	70
สมการที่ 3. 11 สมการหาค่าน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร	70
สมการที่ 3. 12 สมการการการหดตัวของมวลดิน	74
สมการที่ 3. 13 สมการหาค่า Liquidity Index.....	80
สมการที่ 3. 14 สมการหาค่า Flow Index	80
สมการที่ 3. 15 สมการหาค่า Toughness Index.....	81
สมการที่ 3. 16 สมการหาค่า Activity of Clay.....	81
สมการที่ 3. 17 สมการหาค่า Shrinkage limit.....	81
สมการที่ 3. 18 สมการการคำนวณหา Liquid Limit โดยการเคาะครั้งเดียว	82
สมการที่ 3. 19 สมการนิยามความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน	84
สมการที่ 3. 20 สมการการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน	89
สมการที่ 3. 21 สมการ Coefficient of Uniformity	95
สมการที่ 3. 22 Coefficient of Concavity.....	96
สมการที่ 3. 23 สมการความเร็วในการตกตะกอน.....	97
สมการที่ 3. 24 สมการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดิน	98
สมการที่ 3. 25 เปอร์เซนต์ของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า D	98
สมการที่ 3. 26 สมการค่าความถ่วงจำเพาะของสาร	99
สมการที่ 3. 27 เปอร์เซนต์ของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า D จากค่า R_c	99
สมการที่ 3. 28 เปอร์เซนต์ของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า D กรณีมีค่าน้ำหนักดินแห้งในสารผสม.....	99
สมการที่ 3. 29 สมการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดินเฉพาะกรณี (μ , γ_s , γ_w) คงที่.....	99
สมการที่ 3. 30 สมการปรับแก้ค่า R_c	101

สารบัญสุมการ (ต่อ)

สมการที่	หน้า
สมการที่ 3. 31	
หาค่าความสูงของไฮโดรมิเตอร์ในช่วง 0-2 นาที.....	101
สมการที่ 3. 32	
หาค่าความสูงของไฮโดรมิเตอร์ที่อ่านค่ามากกว่า 2 นาที	102
สมการที่ 3. 33	
สมการหาขนาดของเม็ดดิน	106
สมการที่ 3. 34	
เปอร์เซ็นต์ของดินที่มีขนาดเล็กกว่า (% Finer).....	106
สมการที่ 3. 35	
เปอร์เซ็นต์ของดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200	106
สมการที่ 5. 1	
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่ระบายน้ำของดิน (C_u) และค่า SPT มาตรฐาน (N_{60}).....	116



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมปฐพี ปัจจัยสำคัญที่ทำให้โครงสร้างต่างๆ สามารถยืนหยัดและตั้งมั่นอยู่ได้อย่างปลอดภัย คือ การมีฐานรากที่มั่นคง แข็งแรง และตั้งอยู่บนชั้นดินที่แข็งแรงเพียงพอ ซึ่งผ่านการสำรวจวิเคราะห์และได้ออกแบบฐานรากอย่างถูกต้องเหมาะสมตามหลักวิศวกรรม ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบสภาพชั้นดินควบคู่ไปกับการออกแบบอาคารหรือสิ่งก่อสร้างอย่างละเอียดรอบคอบ

การเจาะสำรวจดินเป็นวิธีการตรวจสอบสภาพชั้นดินเป็นการหาข้อมูลรายละเอียดของดินและขอบเขตการเปลี่ยนแปลงของชั้นดินแต่ละชั้น เพื่อนำมาใช้ประกอบการออกแบบและก่อสร้างฐานรากของอาคารตลอดจนอาคารโครงสร้างต่างๆ เพื่อให้การรับน้ำหนักของฐานรากเป็นไปอย่างถูกต้อง ฐานรากมีความมั่นคง ก่อสร้างได้ประหยัดและปลอดภัย และเพื่อให้สามารถอธิบายได้อย่างเข้าใจชัดเจนถึงการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาที่ได้ศึกษามานั้นจึงได้มีการเลือกพื้นที่จังหวัดน่านเป็นพื้นที่ตัวอย่าง

ดังนั้นจึงเกิดโครงการการศึกษาสภาพชั้นดิน จังหวัดน่าน โดยเจาะสำรวจ ทดสอบคุณสมบัติ และวิเคราะห์ดินเพื่อนำข้อมูลที่ได้นี้ไปออกแบบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อให้ทราบถึงการจัดเรียงตัวของชั้นดินบริเวณที่เจาะสำรวจ
- 1.2.2 เพื่อให้ทราบถึงสภาพดินของดินบริเวณที่เจาะสำรวจ
- 1.2.3 เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินบริเวณที่เจาะสำรวจ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทราบถึงลักษณะโครงสร้างของดิน และคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน
- 1.3.2 ทราบคุณสมบัติของดินที่เจาะสำรวจ และแปรผลออกมาในรูปแบบ Boring log
- 1.3.3 ใช้เป็นข้อมูลให้ผู้ที่มีความสนใจ สามารถนำไปศึกษาต่อได้

1.4 ขอบเขตของโครงการงาน

- 1.4.1 เจาะสำรวจดิน 3 หลุมที่จังหวัดน่าน
- 1.4.2 ทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานที่ศึกษา
- 1.4.3 ศึกษาวิธีการทดสอบคุณสมบัติของดินในสนาม
- 1.4.4 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ
 - 1.4.4.1 การหาปริมาณความชื้น (Water Content)
 - 1.4.4.2 การทดสอบหาน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight)
 - 1.4.4.3 การทดสอบขีดแอดเตอร์เบอร์ก (Atterberg's limits)
 - 1.4.4.4 การทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compression Test)
 - 1.4.4.5 การหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil)
 - 1.4.4.6 การทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน (Sieve Analysis)
 - 1.4.4.7 การทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis)

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 สำรวจเอกสารรวบรวมข้อมูล
- 1.5.2 การเขียนโครงร่างโครงการ
- 1.5.3 เก็บข้อมูลการการเจาะสำรวจดิน
- 1.5.4 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ
- 1.5.5 รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูล
- 1.5.6 สรุปโครงการ และจัดทำรูปเล่ม
- 1.5.7 การเสนอโครงการ

1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

ลำดับ	รายละเอียด	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1	สำรวจเอกสารรวบรวมข้อมูล	■							
2	การเขียนโครงร่างโครงการ	■	■						
3	เก็บข้อมูลการการเจาะสำรวจดิน		■	■					
4	การทดสอบให้ห้องปฏิบัติการ			■	■	■			
5	รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูล						■	■	
6	สรุปโครงการ และจัดทำรูปเล่ม							■	■
7	การเสนอโครงการ								■

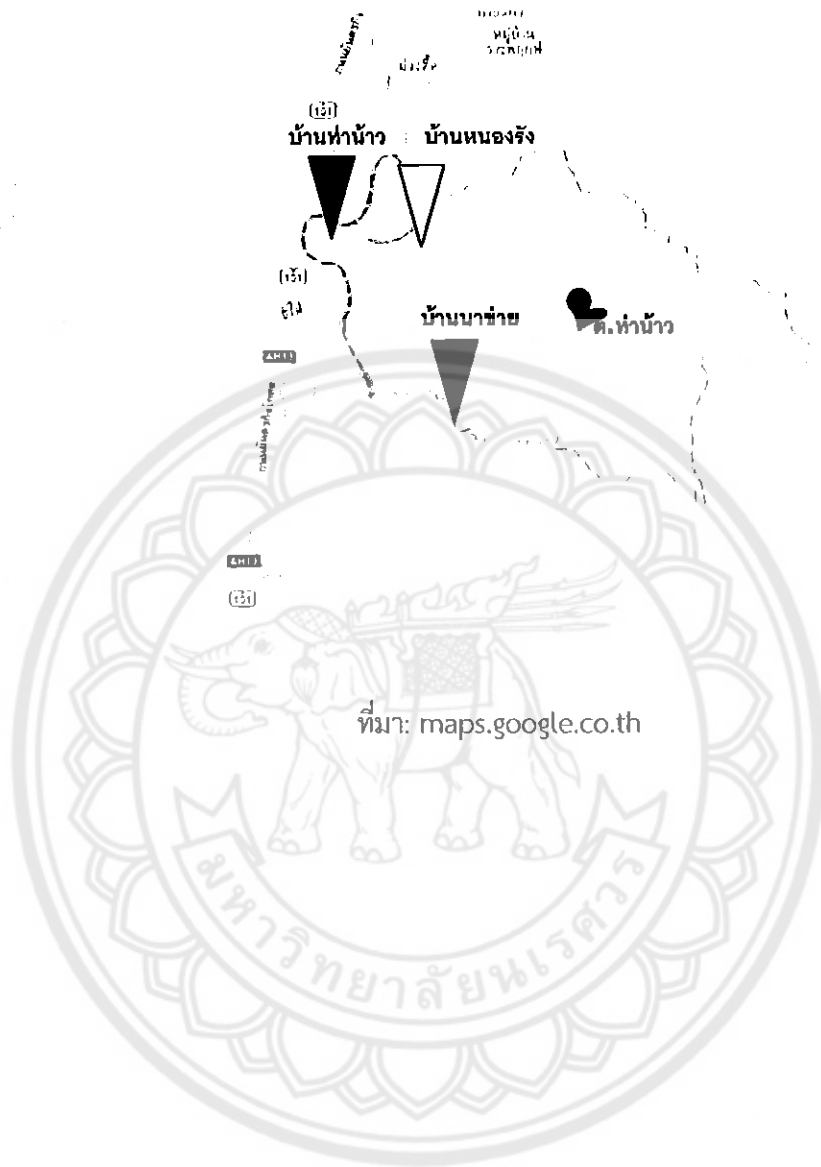
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1.7.1	ถ่ายเอกสารทุกรายการ	200	บาท
1.7.2	อุปกรณ์สำหรับใช้ให้ห้องปฏิบัติการ	500	บาท
1.7.3	ทำรูปเล่มโครงการ	1500	บาท
	รวมเป็นเงิน	2200	บาท (สองพันสองร้อยบาทถ้วน)

1.8 สถานที่ดำเนินโครงการ

- 1.7.1 บ้านท่านาว ตำบลท่านาว อำเภอกุเพียง จังหวัดน่าน
- 1.7.2 บ้านนาซ้าย ตำบลท่านาว อำเภอกุเพียง จังหวัดน่าน
- 1.7.3 บ้านหนองรัง ตำบลท่านาว อำเภอกุเพียง จังหวัดน่าน

รูปที่ 1.1 แผนที่สถานที่ดำเนินโครงการ



บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ที่ศึกษา

2.1.1 ประเทศไทย

ประเทศไทย หรือชื่อทางการว่า ราชอาณาจักรไทย เป็นรัฐชาติอันตั้งอยู่บนคาบสมุทรอินโดจีนและมลายู ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีพรมแดนด้านตะวันออกติดประเทศลาวและประเทศกัมพูชา ทิศใต้เป็นแดนต่อแดนประเทศมาเลเซียและอ่าวไทย ทิศตะวันตกติดทะเลอันดามันและประเทศพม่า และทิศเหนือติดประเทศพม่าและลาว มีแม่น้ำโขงกั้นเป็นบางช่วง ปกครองด้วยระบอบประชาธิปไตยแบบมีรัฐสภา มีศูนย์กลางการบริหารราชการแผ่นดินอยู่ที่กรุงเทพมหานคร และการปกครองส่วนภูมิภาค จัดระเบียบเป็น 77 จังหวัด

2.1.1.1 ลักษณะเปลือกโลก

ประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลก (ในภาษาอังกฤษมีหลายคำที่ใช้เรียก คือ plate, block, craton, microcontinent แต่ปัจจุบันนิยมคำว่า terrane) ขนาดเล็ก ซึ่งเป็นแนวรอยตะเข็บ (suture) ที่เชื่อมต่อกัน 2 แผ่นคือ แผ่นเปลือกโลกซาน-ไทย ซึ่งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกและ แผ่นเปลือกโลกอินโดจีน พื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกซาน-ไทยครอบคลุมบริเวณด้านตะวันออกของประเทศพม่า บริเวณภาคเหนือ-ภาคตะวันตก-ภาคใต้ของประเทศไทย รวมถึงบริเวณประเทศมาเลเซีย และบริเวณตอนเหนือของเกาะสุมาตราด้วย พื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนครอบคลุม บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ-ภาคตะวันออกของประเทศไทยบริเวณประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว บริเวณประเทศกัมพูชา รวมถึงบางส่วนของประเทศเวียดนามด้วย พื้นที่ประเทศไทยที่อยู่ในส่วนของแผ่นเปลือกโลกซาน-ไทยรองรับด้วยหินตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียน (544-4,500 ล้านปี) มหายุคพาลีโอโซอิก (245-544 ล้านปี) มหายุคมีโซโซอิก (65-245 ล้านปี) และมหายุคซีโนโซอิก (ปัจจุบัน-65 ล้านปี) เป็นส่วนใหญ่แต่ในส่วนของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนรองรับด้วยหินมหายุคพาลีโอโซอิก มหายุคมีโซโซอิก และมหายุคซีโนโซอิกเป็นส่วนใหญ่ แผ่นเปลือกโลกอินโดจีนและซาน-ไทย เคยมีประวัติว่าแยกตัวออกจากแผ่นเปลือกโลกก่อนคาวานาหรือประเทศออสเตรเลียในปัจจุบัน ซึ่งผู้ทำการวิจัยหลายคนมีความเห็นและแสดงทรรศนะต่างๆ กันว่าแผ่นเปลือกโลกแยกตัวออกมาในช่วงอายุไม่พร้อมกัน จากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอินเดียเข้ามาชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชียในช่วงยุคเทอร์เชียรีทำให้ชั้นหินของแนวสุโขทัย (Sukhothai Fold Belt) และ

ชั้นหินแนวเลย-เพชรบูรณ์ (Loei-Petchabun Fold Belt) ซึ่งอยู่ระหว่างขอบรอยต่อ ของแผ่นเปลือกโลกชาน -ไทยและอินโดจีนเกิดการคดโค้งตัว และพัฒนาเกิดแนวรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทยหลายแนวด้วยกัน อาทิ รอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike-slip fault) ในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เช่น รอยเลื่อนแม่ปิง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เช่น รอยเลื่อนอุตรดิตถ์-น่าน รอยเลื่อนระนอง รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย เป็นต้น



รูปที่ 2. 1 แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย ย่อจากมาตราส่วน 1: 2,500,000

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2544)

ข. หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง ประกอบด้วยหินยุคแคมเบรียนถึงหินยุคดีโวเนียน หินชั้นเป็นพวกหินทราย หินดินดาน หินคาร์บอนเนตและหินแปรเกรดต่ำ โดยจะโผล่ให้เห็นเป็นแนวยาวจากบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกตอนบน ผ่านลงมาทางบริเวณภาคตะวันตกตอนล่างจนถึงสุดเขตภาคใต้ และทางบริเวณภาคตะวันออก กลุ่มหินที่สำคัญในบริเวณภาคใต้ได้แก่ กลุ่มหินตระกูลยุคแคมเบรียน หินคาร์บอนเนตกลุ่มหินปูนทุ่งสงยุคออร์โดวิเซียน และกลุ่มหินตะนาวศรียุคไซลูเรียนถึงคาร์บอนิเฟอรัส

ค. หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน ประกอบด้วยหินยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงหินยุคเพอร์เมียน หินมหายุคนี้พบแผ่กระจายตัวอยู่เกือบทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ ยกเว้นบริเวณที่ราบสูงโคราชเท่านั้น หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสส่วนใหญ่เป็นพวกหินทราย หินดินดานและหินโคลนปนกรวด มีหินเชิร์ตและหินปูนบ้าง ในขณะที่หินยุคเพอร์เมียนส่วนใหญ่เป็นหินปูนมีหินดินดาน หินทรายและหินเชิร์ตบ้าง ขอบเขตของหินปูนยุคเพอร์เมียนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนว แนวที่ปรากฏอยู่ทางด้านซีกตะวันตกของประเทศรวมถึงบริเวณภาคใต้ด้วยนั้นกำหนดให้เป็นกลุ่มหินปูนราชบุรี ส่วนแนวที่ปรากฏทางตะวันออกครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดสระบุรี จังหวัดลพบุรีจังหวัดนครสวรรค์และพื้นที่ตามแนวขอบที่ราบสูงโคราชด้านตะวันตกซึ่งมักพบว่ามีหินภูเขาไฟและหินอัลตราเมฟิกปนอยู่ด้วยได้รับการกำหนดให้เป็นกลุ่มหินปูนสระบุรี กลุ่มหินปูนทั้งสองกลุ่มนี้ในปัจจุบันเป็นแหล่งหินอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์และก่อสร้างที่สำคัญของประเทศ สำหรับหินยุคเพอร์เมียนในบริเวณภาคเหนือใช้ชื่อเรียกว่ากลุ่มหินงาว

ง. หินมหายุคมีโซโซอิก ได้แก่ หินยุคไทรแอสซิก หินยุคจูแรสซิกและหินยุคครีเทเชียส ในช่วงยุคไทรแอสซิกเป็นการสะสมตัวของชั้นหินดินดาน หินปูน และหินทราย ในสภาพแวดล้อมภาคพื้นสมุทร ขอบเขตของหินยุคไทรแอสซิกที่พบส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตก ได้แก่กลุ่มหินลำปาง แต่ก็มีปรากฏให้เห็นทางด้านชายฝั่งทะเลตะวันออกและภาคใต้เช่นกัน สำหรับหินในช่วงยุคจูแรสซิก-ครีเทเชียส นั้นเป็นพวกหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดานและหินกรวดมน โดยชั้นหินมีลักษณะสีแดงบ่งบอกถึงสภาวะแวดล้อมภาคพื้นทวีป ขอบเขตหินยุคจูแรสซิก-ครีเทเชียสแผ่ปกคลุมบริเวณที่ราบสูงโคราชทั้งหมดจึงกำหนดชื่อให้เป็นกลุ่มหินโคราช ส่วนเป็นบริเวณด้านตะวันตกของภาคเหนือและในบางพื้นที่ของภาคตะวันตกตอนบน ภาคตะวันตกตอนล่างและบริเวณภาคใต้นั้นเป็นพวกหินดินดานและหินปูนยุคจูแรสซิก เกิดสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมภาคพื้นสมุทร

จ. หินมหายุคซีโนโซอิก ประกอบด้วยหินยุคเทอร์เชียรีและหินยุคควอเทอร์นารี หินมหายุคนี้เป็นหินที่สะสมตัวบนบกและในทะเลลึกของแอ่งที่จมตัวลงไปมีลักษณะเป็นบล็อกกิ้งกราเบนซึ่งวางตัวอยู่ในแนวเหนือใต้ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลการยกตัวของแผ่นดินและการเกิดรอยเลื่อนในช่วงที่แผ่นเปลือกโลกอินเดียเคลื่อนตัวขึ้นมาชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชียเมื่อประมาณ 40-50 ล้านปีที่ผ่านมา ชั้นหินภายในแอ่งเทอร์เชียรีประกอบด้วยพวกหินทราย หินดินดานและหินโคลน แอ่ง

เทอร์เชียรีที่พบกระจายอยู่ทั้งบนบกและในทะเลทั่วประเทศกว่า 60 แอ่งนี้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจด้านแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงเพราะเป็นแหล่งถ่านหิน บิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ พื้นที่ประมาณ 1 ใน 3 ของประเทศไทยปกคลุมด้วยชั้นตะกอนยุคควอเทอร์นารีซึ่งเป็นตะกอนสะสมตัวที่ยังไม่แข็งเป็นหิน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยตะกอน กรวด หทราย หทรายแป้ง ดินเหนียว ชั้นศิลาแลงและเศษหิน ที่ผุพังจากหินเดิม เนื่องจากขบวนการกัดกร่อนทำลายและพัดพาทางธรณีวิทยาโดยอิทธิพลของ กระแสน้ำและกระแสนลม แล้วเกิดการสะสมตัวบนตะพักลุ่มน้ำ บริเวณที่ราบน้ำท่วม ชายฝั่งทะเลและในทะเลสาบ หินอัคนี ในประเทศไทยเท่าที่สำรวจพบมีหลายชนิดและหลายช่วงอายุตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิกถึงมหายุคซีโนโซอิก แบ่งออกได้เป็นสามแนว ได้แก่ แนวตะวันออก แนวตอนกลางและแนวตะวันตก ส่วนใหญ่เป็นพวกหินแกรนิต และหินภูเขาไฟ โดยมีหินเมฟิกและอัลตราเมฟิกรวมอยู่ด้วย โผล่ให้เห็นเป็นบริเวณแคบๆ ตามแนวตะเข็บรอยต่อธรณี (suture) ในเขตจังหวัดน่าน จังหวัดอุดรดิตต์ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดสระแก้ว จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดนครราชสีมา

2.1.2 ภาคเหนือ

ขอบเขตของบริเวณนี้ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขาซึ่งมีอัตราส่วนที่สูงกว่าพื้นที่ราบประมาณ 4:1 ครอบคลุมพื้นที่บริเวณจังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง น่าน แพร่ และอุดรดิตต์ ซึ่งขอบเขตทางทิศใต้จะเป็นพื้นที่รอยต่อกับที่ราบลุ่มภาคกลาง สำหรับขอบเขตทางทิศตะวันออกจรดประเทศลาว โดยมีทิวเขาหลวงพระบางกั้นพรมแดน ซึ่งทิวเขานี้วางตัวทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย แล้วทอดผ่านลงมาทางทิศใต้ในเขตจังหวัดพะเยา แพร่ น่าน และอุดรดิตต์ รวมความยาว 590 กิโลเมตร ส่วนใหญ่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นทิวเขาสูงและหุบเขาแคบๆ มีความลาดชันมากและมีระดับความสูงมากกว่าภาคอื่นๆ ทิวเขานี้ปันน้ำส่วนหนึ่งลงสู่น้ำโขงทางทิศตะวันออกและปันน้ำลงสู่น้ำยมและแม่น้ำน่านทางทิศตะวันตกทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกของบริเวณนี้จรดเขตประเทศพม่า โดยมีทิวเขาแดนลาวและทิวเขาถนนธงชัยกั้นพรมแดน ทิวเขาเหล่านี้มียอดเขาจำนวนมากที่สูงกว่า 2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ทิวเขาแดนลาวมีความต่อเนื่องมาจากเทือกเขาสูงในประเทศพม่า ซึ่งในช่วงที่ เป็นแนวกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศพม่า มีความยาวประมาณ 120 กิโลเมตร และทอดตัวลงไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปบรรจบกับทิวเขาถนนธงชัย ซึ่งเป็นทิวเขาที่อยู่ทางทิศตะวันตกของภาคเหนือ ทิวเขาถนนธงชัยประกอบด้วยเทือกเขาที่สำคัญหลายเทือกเขา วางซ้อนกันอยู่ในแนวเหนือ-ใต้จากด้านตะวันตกไปตะวันออก รวมความยาวทั้งหมด 880 กิโลเมตร เช่น เทือกเขาสุเทพ เทือกเขาจอมทอง เทือกเขาอินทนนท์ซึ่งมียอดเขาที่สูงที่สุดในประเทศไทยคือ ยอดดอยอินทนนท์ ซึ่งสูงประมาณ 2,590 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระดับความสูงของบริเวณนี้จะมีความสูงมากด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกแล้วจะค่อยๆ ลดต่ำลงสู่แอ่งที่ราบเชียงใหม่-ลำพูน

สำหรับตอนกลางของบริเวณนี้ ประกอบด้วยทิวเขามีสลักษณะซับซ้อนเป็นสันยาวต่อเนื่องกันรวม 3 ทิว มีความยาวทั้งหมด 412 กิโลเมตร ส่วนใหญ่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ทิวเขาในบริเวณนี้โดยทั่วไปจะเรียกว่าทิวเขาผีปันน้ำ เนื่องจากทำหน้าที่เป็นสันปันน้ำให้ไหลไปทางทิศเหนือส่วนหนึ่งและไหลลงไปทางทิศใต้อีกส่วนหนึ่ง ตามลักษณะความลาดชันของแนวสันเขา ทางน้ำที่ไหลไปทางทิศเหนือ ได้แก่ แม่น้ำฝาง น้ำแม่กก น้ำแม่จัน และน้ำแม่อิง เป็นต้น ซึ่งแม่น้ำเหล่านี้จะไหลลงสู่แม่น้ำโขงต่อไป ส่วนทางน้ำที่ไหลลงทางทิศใต้นั้น ได้แก่ แม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ซึ่งแม่น้ำทั้งสี่สายนี้เป็นสาขาที่สำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณระหว่างแนวเขาเหล่านี้จะเป็นแอ่งที่ราบหุบเขา (valley plain) และที่ราบลุ่มริมน้ำ (fluvial plain) กระจายตัวอยู่ทั่วไปหลายแห่ง ซึ่งเป็นแหล่งที่ตั้งของชุมชนขนาดใหญ่ทางภาคเหนือ ที่สำคัญได้แก่ แอ่งเชียงราย บริเวณลุ่มแม่น้ำกกและแม่น้ำอิง แอ่งแพร่ บริเวณลุ่มแม่น้ำยม แอ่งลำปาง บริเวณลุ่มแม่น้ำวัง แอ่งเชียงใหม่-ลำพูน บริเวณลุ่มแม่น้ำปิง แอ่งปาย แอ่งฝาง ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้น โดยแอ่งเหล่านี้ทางด้านตะวันตกจะมีระดับความสูงมากกว่าด้านตะวันออก

2.1.2.1 ธรณีวิทยาบริเวณภาคเหนือ

ก. ธรณีวิทยาทั่วไป ธรณีวิทยาภาคเหนือและภาคตะวันตกตอนบน ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนต่อเนื่องกันในแนวเหนือ-ใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้นั้น ประกอบด้วยหินยุคต่างๆกัน โดยเทือกเขาเหล่านี้มักถูกกำหนดโดยลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและชนิดของหินที่ปรากฏ

ข. ธรณีวิทยาแนวแม่ฮ่องสอน - แม่สอ - ทองผาภูมิ ชั้นหินที่สำคัญในแนวนี้ประกอบด้วยหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส ส่วนใหญ่ได้แก่ หินเชิร์ต หินดินดาน หินทรายและหินทรายชนิดซับเกรย์แวก สลับกับชั้นหินปูน โดยมีหินทรายแดงและหินกรวดมนยุคคาร์บอนิเฟอรัส วางตัวอยู่ข้างบน แนวเทือกเขาที่ต่อลงมาทางใต้ในเขตอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบหินประเภทต่างๆ ที่มีอายุเกือบจะครบตลอดอายุทางธรณีกาล คือ ตั้งแต่ช่วงต้นยุคแคมเบรียนถึงช่วงปลายยุคเทอร์เชียรี หินส่วนใหญ่เป็นหินตะกอน มีหินอัคนีและหินแปรเพียงส่วนน้อย หินแปรเช่น หินไนส์ หินซีสต์ หินควอร์ตไซต์ หินแคลก์ซิลิเกตและหินอ่อน ซึ่งเชื่อว่าเป็นหินยุคแคมเบรียน พบเป็นแนวยาวอยู่สองบริเวณ คือ บริเวณน้ำตกคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชรและแนวระหว่างลำน้ำแควใหญ่กับลำน้ำแควน้อย ช่วงระหว่างอำเภอศรีสวัสดิ์กับอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยต่อเนื่องลงมาตามแนวลำน้ำแควใหญ่ถึงบริเวณด้านใต้ของอำเภอด่านช้าง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นหินปูนและหินตะกอนมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง ยุคออโรโดวิเซียน-ดีโวเนียน ที่ถูกแปรสภาพขั้นต่ำไม่รุนแรงนัก ส่วนหินยุคดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัสพบอยู่ด้านตะวันตกของลำน้ำแควน้อยต่อเนื่องลงไปทางใต้ ลักษณะเด่นประการหนึ่งในพื้นที่นี้คือ มีหินปูนยุคเพอร์เมียน หินทรายและ

หินทรายแปงสีแดงที่เกิดจากการสะสมตัวในทะเลมหาสมุทรไซไซอิกแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างขึ้นไปถึงเขตอำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก

ค. ธรณีวิทยาแนวคอยอินทนนท์ - ตาก แนวเทือกเขานี้ทอดยาวจากทางเหนือลงมาจดแนวรอยเลื่อนแม่น้ำปิงยาวประมาณ 300 กิโลเมตร กว้างมากกว่า 70 กิโลเมตร ซึ่งมีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างเป็นแกนรูปประทุนของภูมิภาค ประกอบด้วยหินแปรเกรดสูงพวก หินพาราไนส์ หินควอร์ตซิดิกซีสต์ หินไบโอไทต์ซีสต์ หินแคลก์ซิลิเกตซีสต์และหินอ่อน แนวชั้นหินด้านทิศเหนือวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ แล้วค่อยๆ เบนไปเป็นแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ใกล้กับแนวรอยเลื่อนแม่ปิงพบว่ามีหินอัคนีชนิดหินแกรนิต หินแกรโนไดออไรต์ และหินเพกมาไทต์ แทรกอยู่หลายๆ บริเวณตลอดแนวเทือกเขา หินแปรเกรดสูงทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอนและทางตะวันตกของอำเภोजอมทองและอำเภอฮอดจังหวัดเชียงใหม่ ถูกปิดทับด้วยหินทรายยุคแคมเบรียน หรือ หินปูนยุคออร์โดวิเซียนแบบไม่ต่อเนื่อง

ง. ธรณีวิทยาแนวเชียงราย - เชียงใหม่ - เถิน ชั้นหินที่สำคัญในแนวนี้ประกอบด้วยหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 แนว คือ แนวด้านตะวันตกที่ชั้นหินเป็นหินเชิร์ตและหินปูนมีซากดึกดำบรรพ์ซึ่งไม่ถูกแปรสภาพ ส่วนอีกแนวด้านตะวันออกเป็นหินแปรเกรดต่ำ ประกอบด้วยหินควอร์ตโซเฟลด์สปาทิกซีสต์ หินฟิลไลต์ หินควอร์ตไซด์และหินเชิร์ต ซึ่งแผ่กระจายปกคลุมบริเวณด้านตะวันออกของเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก บริเวณด้านตะวันออกของอำเภอเถิน คอยขุนตาล จังหวัดลำปาง และบริเวณคอยล้งกา จังหวัดเชียงราย โดยมีหินแกรนิตแทรกต้นตัวเข้ามาในบางพื้นที่ เช่น ที่คอยขุนตาล คอยหมอกและคอยล้งกา

จ. ธรณีวิทยาแนวลำปาง-แพร่-สุโขทัย ชั้นหินที่ปกคลุมบริเวณนี้ เป็นหินยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก และหินมหาสมุทรไซไซอิก ที่ตกตะกอนในสภาวะแวดล้อมในทะเลตื้นจนถึงทะเลลึก แอ่งที่สำคัญในการสะสมตะกอน ได้แก่ แอ่งลำปางโดยมีตะกอนคล้ายคลึงกับลักษณะปรากฏแบบฟลิชและตะกอนภูเขาไฟ แอ่งแพร่มีการสะสมตะกอนคล้ายแอ่งลำปาง แต่จะมีตะกอนภูเขาไฟปะปนน้อยกว่า

ฉ. ธรณีวิทยาแนวน่าน-แพร่ - อุดรดิตต์ บริเวณนี้ เริ่มตั้งแต่ทางตอนใต้และตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดแพร่ไปถึงแนวรอยเลื่อนอุดรดิตต์ ซึ่งตอนล่างของแนวนี้โค้งมาทางตะวันตกเฉียงใต้บริเวณ อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย ส่วนใหญ่เป็นหินยุคไซลูเรียน ดีโวเนียน คาร์บอนิเฟอรัส และเพอร์เมียน หินสองยุคแรกมักมีหินภูเขาไฟและตะกอนหินภูเขาไฟแทรกอยู่เสมอ ชั้นหินเหล่านี้วางตัวในแนวประมาณตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ชั้นหินคดโค้งตลบทับ มีหินเมฟิกและหินอัลตราเมฟิกเกิดอยู่ตามแนวรอยเลื่อนอุดรดิตต์ ในเขตจังหวัดน่านและอุดรดิตต์ หินยุคไทรแอสซิก-ครีเทเชียสแผ่ปกคลุมเป็นบริเวณกว้างทั้งด้านทิศตะวันออกและตะวันตก

2.1.2.2 ลำดับชั้นหินทั่วไป

ลำดับชั้นหินโดยทั่วไปบริเวณที่สูงภาคเหนือและภาคตะวันตกตอนบนค่อนข้างซับซ้อนและมีความแตกต่างกันเฉพาะบริเวณ กล่าวโดยทั่วไปแล้วบริเวณนี้ประกอบด้วยหินยุคต่างๆ เกือบทุกอายุทางธรณีกาล เรียงลำดับจากอายุแก่ไปอ่อนได้ ดังนี้

ก. หินมหายุคพรีแคมเบรียน หินพื้นฐานซับซ้อนที่เชื่อว่าเป็นหินมหายุคพรีแคมเบรียนบริเวณภาคเหนือนั้น ประกอบด้วยหินแปรเกรดสูงซึ่งเป็นหินแปรสภาพอย่างไพศาล โดยมีการเรียงลำดับหินจากล่างขึ้นบน ได้แก่ หินออร์โทไนส์ (หินแอนนาเท็กไซต์หรือหินมิกมาไทต์) หินพาราไนส์ หินซีสต์ หินแคลก์ซิลิเกตและหินอ่อน พบแผ่กระจายในเขตอำเภอปาย อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอแม่แตง อำเภอแม่ริม อำเภอสะเมิง อำเภอเมือง อำเภอหางดง อำเภอสันป่าตอง อำเภอจอมทอง อำเภอแม่แจ่ม อำเภอฮอด และอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ลงมาทางจังหวัดตาก หินแปรเกรดสูงกลุ่มนี้มักพบติดอยู่กับหินที่มีอายุอ่อนกว่าแบบมีรอยเลื่อนและแบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง ในเขตเทือกเขาตอยอินทนนท์ และตอยสุเทพหินแปรเกรดสูงเกิดขึ้นในลักษณะปรากฏของแร่แอมฟีโบล (amphibole facies) ภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิสูงแต่มีความกดดันต่ำ

ข. หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง หินยุคแคมเบรียน-ออร์โดวิเซียนชั้นล่างๆ เป็นหินทรายแสดงการวางชั้นเฉียงระดับและชั้นหินกรวดมน ถัดขึ้นมาเป็นหินดินดาน สลับชั้นหินปูนบางๆ จนเป็นชั้นหินปูนหนาที่พบซากดึกดำบรรพ์โคโนดอนต์ ความหนาของหินทรายแคมเบรียนและหินปูนออร์โดวิเซียน บริเวณภาคเหนือที่จังหวัดตาก ประมาณ 350-600 เมตร และ 600-950 เมตร ตามลำดับ

ค. หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนบริเวณแนวแม่ฮ่องสอน-แม่สอด-ทองผาภูมิ ประกอบด้วยหินเชิร์ต สีน้ำตาลถึงสีดำสลับกับหินทราย หินดินดานสีเทาและซับเกรย์เวกสลับกับหินปูนวางตัวต่อเนื่องบนหินยุคที่แก่กว่า หินปูนที่แทรกสลับอยู่นี้มีลักษณะคล้ายกับหินปูนยุคออร์โดวิเซียนแต่มีซากดึกดำบรรพ์โคโนดอนต์ บ่งอายุยุคไซลูเรียนตอนปลายถึงดีโวเนียนตอนปลาย และซากดึกดำบรรพ์แกรปโตไลต์ในหินดินดานสีดำซึ่งให้อายุช่วงดีโวเนียน ความหนาของชั้นหินเหล่านี้ประมาณ 500 เมตร ในชั้นหินเชิร์ตและหินปูนซึ่งไม่ถูกแปรสภาพบริเวณแนวเชียงราย-เชียงใหม่-เถิน พบว่ามีซากดึกดำบรรพ์เทนาทาคิวไลต์ ส่วนชั้นหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนด้านตะวันออก ที่ถูกแปรสภาพไปเป็นหินแปรเกรดต่ำ จำพวก หินควอร์ตซ์-เฟลสปาดิกซีสต์ หินฟิลไลต์ หินควอร์ตไซต์ หินแคลก์ซิลิเกตฟิลไลต์ หินอาร์จิลไลต์และหินเชิร์ต ซึ่งไม่พบซากดึกดำบรรพ์

ง. หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนล่างในแนวแม่ฮ่องสอน-แม่สอด และเชียงราย-เชียงใหม่-เถิน ส่วนใหญ่เป็นหินทรายเนื้อละเอียดมีกรวดปนบ้างเล็กน้อย และหินดินดาน โดยมีหินปูนและหินเชิร์ตแทรกสลับ ความหนาของหินเหล่านี้ประมาณ 300-400 เมตร การสะสมตัวของชั้นหินต่อเนื่องกันจนถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย

จ. หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสที่พบบริเวณภาคตะวันตกทั้งหมดส่วนใหญ่เป็น หินทราย และหินโคลนที่มีเม็ดกรวดปน บริเวณด้านตะวันตกของลำน้ำแควน้อย ชั้นหินแสดงชั้นไม่ ชัดเจนและไม่พบร่องรอยของซากดึกดำบรรพ์ในช่วงตอนล่างๆ ของชั้นหิน แต่จะเริ่มพบซากดึกดำ บรรพ์ ยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย ในช่วงตอนบนๆ ของชั้นหิน

ฉ. หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสบริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ ของจังหวัดสุโขทัย นั้น ชั้นหินช่วงล่างประกอบด้วยหินทรายสีเทาและสีน้ำตาลแดง หินทรายแป้ง หินดินดานและหิน กรวดภูเขาไฟสีเขียว ส่วนที่บริเวณเขาหลวงประกอบด้วยหินกรวดภูเขาไฟสีแดง หินทัพฟ์และหิน ทรายเนื้อทัพฟ์ ไม่พบร่องรอยความสัมพันธ์กับหินอื่นๆ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสช่วงล่างตามแนวจังหวัด น่าน-อุตรดิตถ์ ประกอบด้วยหินดินดานเนื้อทราย หินทราย หินกรวดภูเขาไฟ หินกรวดมนและหิน เชิร์ตสีแดง ส่วนช่วงบนเป็นพวกหินแกรนิต หินอาร์จิลไลต์และหินปูน หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสวางตัว แบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องเชิงมุมบนหินยุคที่แก่กว่า และถูกปิดทับแบบต่อเนื่องด้วยหินปูนที่มีซากดึกดำ บรรพ์หอยสองฝา และฟอสซิลินิด

ช. หินยุคเพอร์เมียนบริเวณภาคเหนือเป็นหินตะกอนและหินปูนเนื้อ ประสานแน่น บริเวณด้านตะวันตกของอำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ชั้นหินเพอร์เมียน ตอนล่างส่วนใหญ่เป็นชั้นหินกรวดมนปูน บางแห่งเป็นชั้นหินทรายที่มีหินเชิร์ตแทรกสลับบ้าง บริเวณ เขตอำเภอเมือง จังหวัดแม่ฮ่องสอน อำเภอปาย อำเภอฝางและอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ชั้น หินยุคเพอร์เมียนตอนล่างถึงยุคเพอร์เมียนตอนกลางเป็นพวกหินปูนชั้นหนา บริเวณน่าน-อุตรดิตถ์- พงส์เสียม หินยุคเพอร์เมียนเป็นพวกหินทราย หินดินดานและหินปูน สละสมตัวต่อเนื่องจากชั้นหินยุค คาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย แต่ในบริเวณทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดน่าน พบว่าชั้นหินปูนเริ่ม มีการสะสมตัวตั้งแต่ช่วงปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัส ส่วนบริเวณทางด้านเหนือของจังหวัดน่าน ชั้นหินปูน เริ่มสะสมตัวในช่วงต้นยุคเพอร์เมียน ในขณะที่บริเวณจังหวัดอุตรดิตถ์และสุโขทัย ชั้นหินยุคเพอร์ เมียนตอนล่างประกอบด้วยหินปูน หินดินดาน หินทราย และหินเชิร์ตปนในชั้นหินปูน ที่เขาหินปูนผา หินตั้ง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ พบซากดึกดำบรรพ์ของฟอสซิลินิด: ชื่อ *Schwagerina indica*, *Pseudofusulina* sp., *Pseudoschwagerina* cf., *P. muongthensis* บ่งอายุต้นยุคเพอร์เมียน และ ในชั้นหินเชิร์ตบริเวณเขาวงพระจันทร์ทางตะวันตกของอำเภอทุ่งเสลี่ยม จังหวัดสุโขทัย พบซากดึกดำ บรรพ์เรดิโอลาเรียบ่งอายุต้นยุคเพอร์เมียน ชั้นหินเพอร์เมียนตอนกลางประกอบด้วยหินปูน หินชั้น ภูเขาไฟ หินทัพฟ์ภูเขาไฟ หินกรวดภูเขาไฟ และหินเชิร์ตสีแดง ส่วนชั้นหินตอนบนๆ เป็นหินแกรนิต หินอาร์จิลไลต์ และมีหินปูนบ้าง บริเวณลำปาง-แพร่-สุโขทัย หินยุคเพอร์เมียนจัดอยู่ในกลุ่มหินงาว โดยแบ่งออกเป็น 3 หมวดหินเรียงลำดับจากล่างขึ้นบน คือ หมวดหินกิวลมประกอบด้วยหินทัพฟ์และ หินกรวดภูเขาไฟ หมวดหินผาหวด ประกอบด้วยหินปูนมวลหนาถึงชั้นบางและหินดินดานปนหินโคลน หมวดหินห้วยทาก ประกอบด้วยหินดินดาน หินโคลน มีหินทราย หินปูนและหินกรวดมนแทรกสลับ

เป็นช่วงๆ ความหนาของหมวดหินห้วยทากที่บริเวณดอยผาปลั่ง อำเภอางาว จังหวัดลำปาง ประมาณ 762 เมตร ซากดึกดำบรรพ์ที่พบ ในชั้นหินบ่งอายุปลายยุคเพอร์เมียน

ช. หินมหายุคมีโซโซอิก การสะสมตัวของหินมหายุคมีโซโซอิกในบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทยมีความแตกต่างกัน ชั้นหินส่วนใหญ่วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องอยู่บนชั้นหินยุคที่แก่กว่า หินมหายุคมีโซโซอิกแผ่กระจายในแนวแม่ฮ่องสอน-แม่สอด-อุ้มผาง-ทองผาภูมิ โดยจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มหินที่สะสมตัวแบบภาคพื้นทวีปประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้งและหินดินดาน ส่วนอีกกลุ่มเป็นหินที่สะสมตัวภาคพื้นสมุทรประกอบด้วย หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน หินโคลนและหินปูน ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหินมหายุคมีโซโซอิกบ่งอายุตั้งแต่ยุคไทรแอสสิกตอนกลางถึงยุคจูแรสสิกตอนกลาง หินยุคไทรแอสสิกทางด้านตะวันตกของอำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก เป็นพวกหินปูน หินทรายและหินโคลน บริเวณบ้านถ่อและบ้านปะละทะทางตะวันตกของอำเภออุ้มผางก็เช่นกัน ปกคลุมด้วยหินชั้นยุคจูแรสสิก ที่แสดงสภาวะการสะสมตัวของตะกอนในทะเลน้ำตื้น ประกอบด้วยชั้นหินเรียงจากล่างขึ้นบนดังนี้ หินโคลนสลับหินทรายชั้นบางๆ หินทรายเนื้อหยาบปานกลางที่มีเลนส์หินปูนเกิดปนอยู่ด้วย เหนือขึ้นไปเป็นพวกหินปูนชั้นหนาถึงมวลหนามีซากดึกดำบรรพ์ปะการัง(coral) มาก และตอนบนสุดเป็นชั้นหินทรายเนื้อละเอียดถึงหยาบแสดงลักษณะชั้นเฉียงระดับ ความหนาของหินยุคจูแรสสิกในเขตอำเภออุ้มผางมากกว่า 400 เมตรขึ้นไป ในแนวเชียงใหม่-ลำปาง-แพร่ การสะสมตัวของชั้นหินมหายุคมีโซโซอิกเกิดต่อเนื่องจากยุคเพอร์เมียนตอนบนขึ้นมา ส่วนใหญ่เป็นพวกหินดินดานสลับกับหินปูน หินตะกอนภูเขาไฟแอนดีไซต์ที่ฟัฟและหินไรโอไลต์ที่ฟัฟ โดยวางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องเชิงมุมบนหินตะกอนภูเขาไฟยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสสิก หรือหินปูนยุคเพอร์เมียน หินมหายุคมีโซโซอิกช่วงยุคไทรแอสสิกที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนทะเล ได้แก่ กลุ่มหินลำปาง ซึ่งประกอบด้วย หมวดหินพระธาตุ หมวดหินผาก้าน หมวดหินฮ้อย หมวดหินดอยลอง หมวดหินผาแดง หมวดหินกำปลา และหมวดหินวังซัน ซากดึกดำบรรพ์สำคัญที่พบในกลุ่มหินลำปาง คือ หอยกาบคู่ (pelecypod) *Halobia* sp., *Daonella* sp., *Posidonia* sp. และหอยกาบเดี่ยว (cephalopod) แอมโมไนต์ (ammonite) ชื่อ *Paratrachyceras* sp. ในช่วงยุคจูแรสสิกทางบริเวณด้านตะวันออกของจังหวัดเชียงใหม่-น่าน ทางตะวันออกของจังหวัดอุตรดิตถ์ มีการสะสมตัวของตะกอนบนบกของกลุ่มหินที่เทียบเท่ากับกลุ่มหินโคราช แต่ไม่ได้กำหนดชื่อกลุ่มหินไว้เพียงแบ่งออกเป็น หมวดหิน ms1, ms2, ms3 (เทียบเท่าหมวดหินภูกระดึง), ms4 (เทียบเท่าหมวดหินพระวิหาร) และ ms5 (เทียบเท่าหมวดหินเสาขัว) ตามลำดับ โดยมีหมวดหิน ms1 วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องเชิงมุมอยู่บนกลุ่มหินลำปาง หลังจากนั้นการสะสมตัวของชั้นตะกอนเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่เป็นพวกหินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมน หินดินดาน หินโคลนและ หินที่ฟัฟ

ณ. หินมหายุคซีโนโซอิก หินเทอร์เชียรีพบกระจายอยู่ทั่วไปตามบริเวณแอ่งที่ราบระหว่างภูเขาในเขตภาคเหนือและภาคตะวันตก แอ่งเทอร์เชียรีดังกล่าวนี้มีความสำคัญทางด้านทรัพยากรเชื้อเพลิงของประเทศอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นแหล่งสะสมตัวของแหล่ง

พลังงานเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ อาทิ น้ำมันดิบในแอ่งผาง ถ่านหินลิกไนต์ในแอ่งแม่เมาะ แอ่งลี่ แอ่งแม่ทาน และแอ่งนาฮ่อง หินน้ำมันในแอ่งแม่สอต และแหล่งแร่ดินเบาในแอ่งลำปาง เป็นต้น แอ่งแม่เมาะ จังหวัดลำปางนับว่าเป็นแอ่งเทอร์เชียรีขนาดใหญ่ที่สุดของภาคเหนือที่พบชั้นถ่านหินลิกไนต์ ชั้นหินในแอ่งประกอบด้วยหินโคลน หินทรายแป้ง หินทราย ถ่านหินลิกไนต์และหินกรวดมน กำหนดเป็นกลุ่มหินแม่เมาะ แบ่งออกเป็น 3 หมวดหิน เรียงลำดับจากล่างสุดขึ้นบนได้แก่ หมวดหินห้วยคิง หมวดหินนาแหมซึ่งมีชั้นถ่านหินลิกไนต์และหมวดหินห้วยหลวง ชั้นตะกอนเหล่านี้สะสมตัวในสภาวะแวดล้อมที่เป็นทะเลสาบ ในเขตจังหวัดแพร่มีแอ่งเทอร์เชียรีขนาดใหญ่คือแอ่งแพร่ ประกอบด้วยชั้นหินทราย หินโคลนและชั้นถ่านหินลิกไนต์ที่มีก่อนตะกอนเนื้อปูนปน สภาวะแวดล้อมการตกตะกอนเป็นแบบที่ราบตะกอนน้ำพารูปพัดและบริเวณที่ลุ่มน้ำขัง

ญ. ตะกอนยุคควอเทอร์นารีในภาคเหนือและภาคตะวันตกเป็นตะกอนที่เกิดจากแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน และส่วนใหญ่เป็นตะกอนแบบน้ำพารูปพัด ทางตอนเหนือในเขตของอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณที่เป็นตะพักสูงประมาณ 60 เมตร จากระดับพื้นราบของแม่น้ำปิงขึ้นไปนั้นถูกปกคลุมด้วย หน่วยชั้นตะกอนแม่แตง ซึ่งประกอบด้วยชั้นกรวดขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ โดยมีตะกอนทรายและดินเหนียวเป็นเนื้อพื้น นอกจากนั้นในบริเวณตะพักสูงทั่วไปของภาคเหนืออาจพบชั้นศิลาแลง ที่มีลักษณะค่อนข้างแข็งมีรูพรุนและมีเศษชิ้นส่วนของเทคไทต์ปนอยู่ด้วยในบางพื้นที่ ในเขตจังหวัดลำปาง หน่วยชั้นตะกอนน้ำแม่จาง ปกคลุมพื้นที่กว่า 200 ตารางกิโลเมตร ตลอดเส้นทางจากบ้านแม่ทะไปยังบ้านแม่เมาะ ประกอบด้วยตะกอนกรวดทรายหนาบางส่วนปิดทับด้วยบะซอลต์อายุได้ 0.69 ถึง 0.95 ล้านปี และตะกอนช่วงบนสุดเป็นชั้นศิลาแลง และดินแลงที่เกิดจากการผุพังของหินบะซอลต์ด้านล่าง

ฎ. หินอัคนี ในภาคเหนือและภาคตะวันตกตอนบนมีทั้งหินอัคนีแทรกซอนและหินอัคนีฟู หินอัคนีแทรกซอนเป็นพวกหินแกรนิตและหินไนส์ลิกแกรนิต แบ่งออกได้เป็น 3 แนว ได้แก่ แนวด้านตะวันออกผ่านเขตของจังหวัดเชียงราย-พะเยา-น่าน-อุตรดิตถ์ หินแกรนิตเป็นพลูตอนขนาดเล็ก ลักษณะเนื้อหินค่อนข้างหยาบ อายุหินประมาณ 208+4 ถึง 213+10 ล้านปี แนวตอนกลางผ่านทางด้านทิศตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่-ลำปาง และตาก หินแกรนิตเป็นแบบมวลไพศาล เนื้อหินแสดงลักษณะการเรียงตัวของผลึกแร่และในบางพื้นที่ผลึกแร่มีการหลอมตัวบางส่วน อายุหินประมาณ 212 +12 ถึง 236 + 5 ล้านปี และแนวหินแกรนิตด้านตะวันตก เป็นพลูตอนเล็กๆ ต่อกันเป็นแนวต้นแทรกผ่านชั้นหินมหายุคพาลีโอโซอิกและหินแกรนิตแนวที่อยู่ตอนกลางบางแห่ง เนื้อหินแสดงลักษณะผลึกแร่เนื้อดอกหยาบและเนื้อหยาบปานกลาง อายุหินประมาณ 130 ๓ 4 ล้านปี ส่วนหินอัคนีฟูนั้นปรากฏให้เห็นเป็นบริเวณกว้างตั้งแต่ทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดเชียงราย ผ่านพะเยา-ลำปาง-แพร่ลงไปถึงจังหวัดตาก หินส่วนใหญ่เป็นหินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินไรโอลิติกทัฟฟ์ หินแอนดีซิดิกทัฟฟ์ และหินบะซอลต์ โดยมีหินแกบโบรและหินไพรอกซิไนต์บ้าง อายุของหินอัคนีฟูมีตั้งแต่ยุค ไชลูเรียนถึงจูแรสซิก สำหรับหินบะซอลต์ที่พบในเขตอำเภอแม่ทะ อำเภอเกาะคา

และอำเภอสนปราบ จังหวัดลำปาง มีอายุประมาณ 5 ถึง 8 แสนปี ที่บริเวณบ้านเชียงเคี่ยน อำเภอเทิงและที่ริมแม่น้ำโขง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย มีอายุประมาณ 1.7+0.12 ล้านปี และที่บ้านบ่อแก้ว อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ มีอายุประมาณ 5.64+0.28 ล้านปี

2.1.3 จังหวัดน่าน

2.1.3.1 ประวัติความเป็นมา

น่าน หมายถึงนามเมือง เริ่มปรากฏขึ้นราว พ.ศ. 1825 ภายใต้การนำของพญาภูคา โดยมีศูนย์การปกครองอยู่ที่เมืองย่าง ซึ่งเชื่อกันว่าอยู่บริเวณริมฝั่งด้านใต้ของแม่น้ำย่าง ใกล้เทือกเขา ดอยภูคาในเขตบ้านเสี้ยว ตำบลยม อำเภอท่าวังผา เพราะปรากฏร่องรอยชุมชนในสภาพที่เป็นคูน้ำ คันดิน และกำแพงเมืองซ้อนกันอยู่ ต่อมาพญาภูคาได้ขยายอาณาเขตปกครองของตนออกไปให้ กว้างขวางยิ่งขึ้น จึงส่งราชบุตรบุญธรรม 2 องค์ไปสร้างเมืองใหม่ โดยขุนนุ่นผู้พี่ไปสร้างเมืองจันทบุรี (เมืองพระบาง) และ ขุนฟองผู้น้องสร้างเมืองวรนครหรือเมืองบัว ในสมัยของพญาการเมือง (กราน เมือง) ประมาณปี พ.ศ. 1895 ในสมัยโอรสของพญาผานอง เมืองบัวได้มีการขยายใหญ่ขึ้น พญา การเมืองได้ปรึกษากับพระมหาเถรธรรมบาลในการก่อสร้าง พระธาตุแช่แห้งขึ้นที่บนภูเพียงแช่แห้ง พร้อมทั้งได้อพยพผู้คนจากเมืองบัวลงมาสร้างเมืองใหม่ที่บริเวณพระธาตุแช่แห้ง เรียกว่าภูเพียงแช่ แห้ง ในปี พ.ศ. 1902 โดยมีพระธาตุแช่แห้งเป็นศูนย์กลางเมืองหลังจากพญาการเมืองถึงแก่พิราลัย โอรสคือพญาผากองได้ขึ้นครองเมืองแทน ต่อมาเกิดปัญหาความแห้งแล้งจึงได้ย้ายเมืองมาสร้างใหม่ที่ ริมแม่น้ำน่านด้านตะวันตก บริเวณบ้านห้วยไค้คือบริเวณที่ตั้งของจังหวัดน่านในปัจจุบัน เมื่อปี พ.ศ. 1911

ในปี พ.ศ. 1993 พระเจ้าติโลกราชกษัตริย์นครเชียงใหม่ มีความประสงค์จะ ครอบครองเมืองน่าน และแหล่งเกลือบ่อมาง (ต.บ่อเกลือใต้ อ.บ่อเกลือ) ที่มีอย่างอุดมสมบูรณ์ แต่หา ได้ยากในพื้นที่อื่นของภาคเหนือ จึงได้จัดกองทัพเข้ายึดเมืองน่าน พญาอินต๊ะแก่นท้าวไม่อาจต้านทาน ได้จึงอพยพหนีไปอาศัยอยู่ที่เมืองเซียง (ศรีสัชชนาลัย) เมืองน่านจึงถูกผนวกเข้าไว้ในอาณาจักรล้านนา ตั้งแต่นั้นมา ตลอดระยะเวลาเกือบ 100 ปี ที่เมืองน่านอยู่ในครอบครองของอาณาจักรล้านนา ได้ค่อย ๆ ซึมซับเอาศิลปวัฒนธรรมของล้านนามาไว้ในวิถีชีวิต โดยเฉพาะการรับเอาศิลปกรรมทางด้านศาสนา ปรากฏศิลปกรรมแบบล้านนาเข้ามาแทนที่ศิลปกรรมแบบสุโขทัยอย่างชัดเจน ในระหว่างปี พ.ศ. 2103 - 2328 เมืองน่านได้ตกเป็นเมืองขึ้นของพม่าหลายครั้งและต้องเป็นเมืองร้าง ไร้ผู้คนถึง 2 คราคือ ครั้ง แรก ปี พ.ศ. 2247 - 2249 ครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2321 - 2344 ในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์เมืองน่านมี ฐานะเป็นหัวเมืองประเทศราช ในปี พ.ศ. 2446 พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงมี พระกรุณาโปรดเกล้าฯ สถาปนาให้เจ้าสุริยพงษ์ ผลิตเดชะ เลื่อนยศฐานันดรศักดิ์ขึ้นเป็น "พระเจ้านคร น่าน" เป็นพระเจ้านครน่านองค์แรก และองค์เดียวในประวัติศาสตร์น่าน และในปี พ.ศ. 2474 เจ้า

มหาพรหมสุรธาตา เจ้าผู้ครองนครน่านได้ถึงแก่พิราลัย ตำแหน่งเจ้าผู้ครองนครจึงถูกยุบตั้งแต่นั้นมา สำหรับหอคำซึ่งเคยใช้เป็นศาลากลางจังหวัดน่านจนถึงปี พ.ศ. 2511 จังหวัดน่านได้มอบให้กรมศิลปากรใช้เป็นสถานที่จัดตั้งพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติน่านจนกระทั่งปัจจุบัน

2.1.3.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

จังหวัดน่าน จัดอยู่ในเขตภาคเหนือตอนบน ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 17 องศา 89 ลิปดาเหนือ ถึงละติจูดที่ 19 องศา 37 ลิปดาเหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ 100 องศา 24 ลิปดาตะวันออก ถึงลองจิจูดที่ 101 องศา 6 ลิปดาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 11,472 ตารางกิโลเมตร หรือ 7.17 ล้านไร่ โดยมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ข้างเคียง ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดพะเยา และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดแพร่ และจังหวัดอุตรดิตถ์

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัดพะเยา และจังหวัดแพร่

2.1.3.3 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดน่าน เป็นเนิน ที่ดอน และที่ราบระดับต่ำ โดยร้อยละ 35 ของพื้นที่ทั้งหมดเป็นที่ราบระดับต่ำ (สูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 300 เมตร) อยู่บริเวณที่ราบริมแม่น้ำน่าน ทางตอนกลางและตอนใต้ของพื้นที่จังหวัด ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมดเป็นพื้นที่เนิน ที่ดอน ที่ราบระดับสูง (สูงจากระดับน้ำทะเล 300-500 เมตร) อยู่บริเวณด้านตะวันตก ด้านตะวันออก และด้านใต้ของจังหวัดพื้นที่ที่เป็นภูเขาระดับกลางถึงต่ำ และลาดเชิงเขา (สูงจากระดับน้ำทะเล 500-750 เมตร) อยู่บริเวณด้านตะวันตกและตะวันออกของจังหวัด มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 20 พื้นที่ภูเขาสูง (สูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 750 เมตร) ส่วนใหญ่อยู่ทางตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ และพบกระจายเป็นกลุ่มทางทิศตะวันตก เทือกเขาที่สำคัญได้แก่ เทือกเขาผีปันน้ำ และเทือกเขาหลวงพระบาง มีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 25 สำหรับความลาดชันมีความสำคัญต่อลักษณะของพื้นที่มาก บริเวณที่มีความลาดชันน้อยที่ครอบคลุมบริเวณริมฝั่งแม่น้ำ จะมียักรากการพังทลายของดิน อันเนื่องมาจากการกระทำของแม่น้ำค่อนข้างต่ำ บริเวณที่มีความลาดชันปานกลางจะกระจายอยู่ในบริเวณลาดเขาของเทือกเขาผีปันน้ำและเทือกเขาหลวงพระบาง พื้นที่เหล่านี้ไม่สามารถทำการเกษตรแบบปกติได้ ต้องอาศัยเทคนิคการเกษตรบนที่ลาดมาประยุกต์ใช้

บริเวณที่มีความลาดชันมากจะมีพื้นที่เพียงเล็กน้อยส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณยอดเขาสูงไม่เหมาะแก่การเกษตรกรรม เนื่องจากมีการพังทลายของดินสูง

ภูเขาสำคัญ ได้แก่ ดอยผีปันน้ำ ดอยโล ดอนมะแอ ดอยขุนน้ำกอน ดอยภูคา ดอยสระพระแก้ว ดอยภูแว ดอยขุนน้ำน่าน ดอยภูสถาน และดอยผากิ

แหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ แม่น้ำน่าน น้ำออบ น้ำกัน น้ำปัว น้ำเลียง น้ำปอน น้ำหลุ น้ำพา น้ำยาว น้ำรัก น้ำแก่น น้ำงาว และน้ำแม่ว้า

2.1.3.4 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดน่านอยู่ในเขตร้อนชื้นตะวันตกเฉียงใต้ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแบบภูเขาสูง สลับกับที่ราบ ทำให้มีภูมิอากาศได้ 3 ฤดู คือ ฤดูหนาว (ตุลาคม-กุมภาพันธ์) ฤดูฝน (มิถุนายน-กันยายน) และฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม)



2.1.3.5 ธรณีวิทยาทั่วไป

พื้นที่จังหวัดประกอบด้วยเทือกเขา และที่ลุ่มล้อมรอบด้วยเทือกเขา ซึ่งรองรับด้วยหินอายุตั้งแต่ 408 ล้านปีจนถึงตะกอนปัจจุบัน สามารถแบ่งได้ 10 หน่วย

ก. ตะกอนทราย ดินเหนียว กรวดละเอียด ประกอบด้วย ชั้นทรายปนดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย กรวดละเอียด และลูกรังปะปนในบางชั้น เกิดจากน้ำพัดพา กรวด หิน ดิน ทราย ไปสะสมตัวอย่างไม่เป็นระบบ มีอิทธิพลของความลาดชันและน้ำผิวดินปะปนบ้างจึงได้ตะกอนหลากหลายชนิดปนกัน ลักษณะเป็นภูมิประเทศที่ราบริมน้ำ พื้นที่ราบนี้มักเป็นแหล่งสะสมตัวของ ชั้นทรายแม่น้ำ บางแห่งสามารถหาแหล่งทรายก่อสร้างและดินเหนียวสำหรับเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา โดยทั่วไปสภาพดินเป็นดินร่วนที่มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชอุดมสมบูรณ์ เหมาะต่อการเพาะปลูกมากที่สุด แต่เนื่องจากเป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมจึงมักประสบกับภัยน้ำท่วมขัง ในช่วงฤดูฝนเป็นประจำหน่วยตะกอนนี้โผล่ให้เห็นในบริเวณที่ราบริมน้ำสำคัญ คือ แม่น้ำน่าน ซึ่งเป็นแอ่งสะสมตะกอนขนาดใหญ่ด้านเหนือ ตอนกลาง และด้านใต้ ของจังหวัด ในเขตอำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง อำเภอปัว อำเภอท่าวังผา อำเภอเมือง อำเภอภูเพียง อำเภอเวียงสา และอำเภอนาน้อย นอกจากนั้นพบในแอ่งที่ราบริมน้ำแม่กาต ในเขตอำเภอบ้านหลวง

ข. ตะกอนกรวด ทราย ลูกรัง ประกอบด้วยชั้นกรวดค่อนข้างหนา สลับกับ ชั้นทรายและดินเหนียว กรวดมีลักษณะกลมมนดีมาก ขนาดตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรจนถึงใหญ่กว่า 1 เมตร บางแห่งมีสารละลายเหล็กออกไซด์เชื่อมประสานจนกลายเป็นลูกรังและแม่รัง มีภูมิประเทศแบบ ชั้นบันไดซึ่งเกิดจากการกัดเซาะทางดิ่งของแม่น้ำ ดินมีธาตุอุดมสมบูรณ์พอสมควรปลูกพืชได้บางชนิด พื้นที่บริเวณนี้ไม่อยู่ในเขตน้ำท่วมขังเหมาะสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยแต่อาจประสบกับการไหลหลากของ ทางน้ำตะกอนหน่วยนี้โผล่ให้เห็นต่อเนื่องจากหน่วยตะกอนทราย ดินเหนียว กรวดละเอียดเป็นระดับ ภูมิประเทศที่สูงต่อจากที่ราบริมน้ำขึ้นไป พบเป็นบริเวณแคบทางด้านตะวันตกตามแนวน้ำแม่กาต ในเขตอำเภอบ้านหลวง

ค. หินตะกอนชนิดหินเคลย์ ถ่านหิน ประกอบด้วย หินเคลย์ หินทรายแป้ง บอลล์เคลย์ ถ่านหิน และหินน้ำมัน มีลักษณะกึ่งแข็งตัว พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกหอยสองฝา น้ำจืด ปลา และสัตว์เลื้อยลูกด้วยนมมากมายอาจพบแหล่งซากดึกดำบรรพ์ลักษณะเดียวกับสุสานหอยจังหวัด กระบี่ เป็นแหล่งสะสมตัวของแร่เชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน และหินน้ำมัน นอกจากนี้ยังพบดินเบาและบอลล์เคลย์เกิดร่วมกับหินชนิดนี้เกิดและสะสมตัวในแอ่งสะสมตะกอน ระหว่างภูเขาที่มีสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบน้ำจืดหินหน่วยนี้โผล่ให้เห็นต่อเนื่องจากหน่วยตะกอน ทราย ดินเหนียว กรวดละเอียดกระจายตัวทางด้านเหนือของจังหวัดได้แก่ แอ่งทุ่งช้าง แอ่งเชียงกลาง แอ่งท่าวังผา แอ่งปัว แอ่งสันติสุข นอกจากนี้ยังพบอีกบริเวณแคบทางตอนกลางและตอนใต้ของ จังหวัด ได้แก่ แอ่งเวียงสาและแอ่งน่าน้อย ตามลำดับ

ง. หินตะกอนชนิดหินทราย ประกอบด้วยหินทรายหลายชนิด เช่น หินทรายเนื้อควอตซ์ หินทรายเนื้อเฟลด์สปาร์และหินทรายเนื้อป่นแก้วภูเขาไฟ นอกจากนี้ยังพบหินกรวดมนขนาดเล็ก หินทรายแป้ง หินดินดาน หินเชิร์ต หินตะกอนแก้วภูเขาไฟ และหินปูน แทรกสลับอยู่บ้าง ช่วง ในบริเวณที่เป็นหินทรายเนื้อละเอียดสามารถใช้เป็นแหล่งหินประดับและหินลั้บมีดได้ ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงที่ราบใกล้ภูเขาหินทรายใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ค่อนข้างดี เนื่องจากดินมีแร่ธาตุที่อุดมสมบูรณ์พอสมควรสำหรับพืช ยกเว้นบริเวณที่เป็นหินทรายเนื้อควอตซ์ ซึ่งจะมีแร่ธาตุค่อนข้างต่ำหินหน่วยนี้ไหลให้เห็นบริเวณเทือกเขาสูง แผ่กว้างกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ของจังหวัด ได้แก่ บริเวณดอยสระพระแม่้ว ดอยมะแฮ ในเขตอำเภอสองแคว เทือกดอยภูแว ดอยผาแก้ว แก้ว ดอยหมอนผีตาย ดอยขุนลาน และดอยห้วย ในเขตอำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอป่าเมรุ และอำเภอแม่จริม เทือกดอยขุนแมกาด ดอยหนองหลวง ดอยแม่จอก ในเขตอำเภอบ้านหลวง อำเภอเวียงสา และอำเภอนาน้อย เทือกดอยผากี้ ดอยปู่ฟ้า ดอยคงควาย ในเขตอำเภอบ้านหลวง อำเภอเมืองและอำเภอเวียงสา เทือกดอยผางาม ดอยหม้อต้ม ในเขตอำเภอเวียงสาและอำเภอนาน้อย

จ. หินตะกอนชนิดดินดาน ประกอบด้วย หินดินดาน หินเชิร์ต หินทรายแป้ง หินทราย หินปูน และหินตะกอน แก้วภูเขาไฟ ผุพังง่ายจึงไม่คงสภาพเป็นภูเขาสูง เนื่องจากเกิดดินถล่มในอดีตต่อเนื่องมาเป็นเวลานานส่วนใหญ่จึงพบเป็นลักษณะเนินเขาเตี้ย อย่างไรก็ตามในบริเวณที่ยังคงสภาพเป็นภูเขาสูงจะเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยต่อการเกิดแผ่นดินถล่มได้อีก ดินที่ผุพังมาจากหินดินดาน มีแร่ธาตุอุดมสมบูรณ์พอสมควรโดยเฉพาะแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับพืช จึงสามารถใช้ประโยชน์ในด้านการเพาะปลูกได้ค่อนข้างดี แต่ดินอาจมีความร่วนซุยต่ำหินหน่วยนี้ไหลให้เห็นในบริเวณต่อเนื่องตามแนวเหนือ-ใต้ของจังหวัดเป็นส่วนใหญ่ คือ เทือกดอยขุนน้ำกอน ดอยขุนสตุล ในเขตบริเวณอำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอเชียงกลาง และอำเภอป่าเมรุ เทือกดอยผาหลวง ดอยขุนวาว ดอยแปรขาว ดอยซอนแก่น ในเขตบริเวณอำเภอสองแคว อำเภอท่าวังผา อำเภอภูเพียง และอำเภอเวียงสา เทือกดอยสามสบ ดอยน้ำอุ่น ดอยสุโท ในเขตบริเวณ อำเภอนาน้อยและอำเภอนาหมื่น นอกจากนี้ยังพบเป็นบริเวณแคบๆ ทางด้านตะวันตกของจังหวัด คือดอยโตน บริเวณอำเภอบ้านหลวง

ข. หินตะกอนชนิดหินปูน ประกอบด้วย หินปูนสีเทาดำ บางบริเวณพบ หินดินดาน หินทราย และหินปูนเนื้อ โดโลไมต์แทรกสลับอยู่บ้าง ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงชัน มีหลายยอดก่อให้เกิดภูมิทัศน์ที่สวยงามแปลกตา หินปูนมีส่วนประกอบทางเคมี คือ CaCO_3 ใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบทั้งในอุตสาหกรรมเคมี นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้ดี หินปูนมีคุณสมบัติสามารถละลายได้ในน้ำที่มีสภาพเป็นกรดอ่อนๆดังนั้นจึงมักพบถ้ำที่มีหินงอกหินย้อยอยู่ในภูเขาหินปูน แม้ว่าภูเขาหินปูนจะมีความสูงชันและแสดงหน้าผาชัดเจนแต่เนื่องจากไม่มีดินสะสมตัวบนยอดเขา ดังนั้นจึงไม่ใช่พื้นที่เสี่ยงภัยต่อดินถล่ม แต่อาจพบปรากฏการณ์หลุมยุบในบริเวณที่ราบใกล้ภูเขาหินปูน ดินที่ผุพังมาจากหินปูนมีสีส้มแดง ที่เรียกว่า เทราโรซ่า (Ferrarosa) มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชหลายชนิด โดยเฉพาะธาตุเหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม ดังนั้นพื้นที่ราบที่อยู่ใกล้หินปูนจึงเป็นแหล่ง

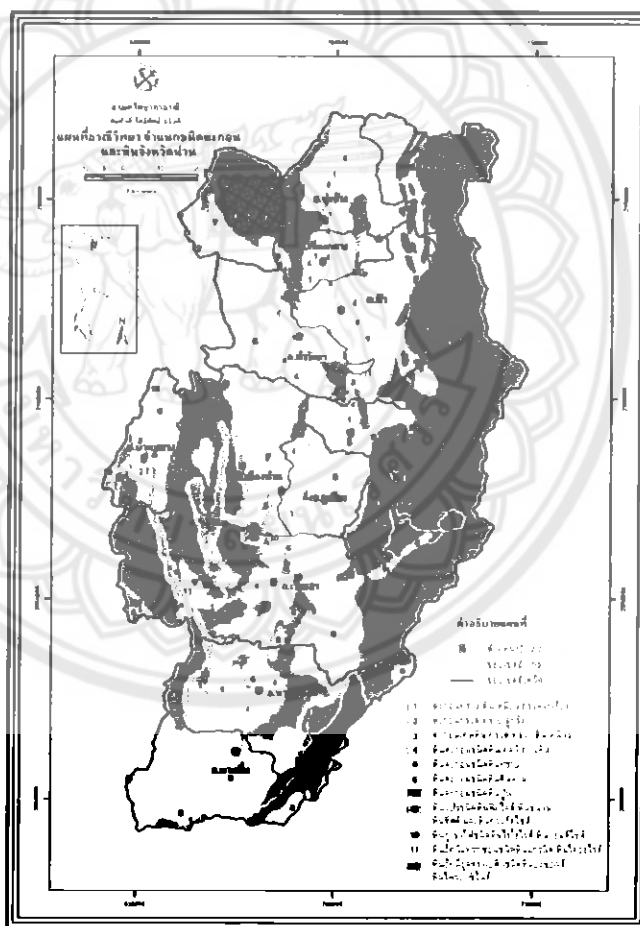
เพาะปลูกได้ดีหน่วยดินนี้โผล่ให้เห็นเป็นกลุ่มเล็กๆ กระจายตัวอยู่ทางบริเวณตอนเหนือของจังหวัด คือ บริเวณบ้านห้วยดง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ บ้านขุนน้ำแกง อำเภอทุ่งช้าง ดอยหินแก้วและดอยกระทิง อำเภอเชียงกลาง ดอยจี๋ บ้านผาหลัก บ้านน้ำเกาะน้อย อำเภอสองแคว ดอยถ้ำผาแก้ว บ้านน้ำมาว บ้านยอดดอยพัฒนา อำเภอบ่อเกลือ และยังพบอีกเป็นหย่อมเล็กๆ บริเวณบ้านใหม่ อำเภอเมือง ดอยดงควาย บ้านห้วยหลอด อำเภอบ้านหลวง

ฉ. หินแปรชนิดหินฟิลไลต์ หินชนวน หินซีสต์ และหินควอร์ตซ์ไซต์ ประกอบด้วยหินแปรเกรดต่ำชนิดหินฟิลไลต์ หินชนวน หินซีสต์ และ หินควอร์ตซ์ไซต์ หินฟิลไลต์ หินชนวนและหินซีสต์ ผุพังได้ง่าย ไม่คงสภาพเป็นภูเขาสูง เนื่องจากเกิดดินถล่มในอดีตต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน ส่วนใหญ่จึงพบเป็นลักษณะเนินเขาเตี้ย อย่างไรก็ตามในบางบริเวณยังคงสภาพเป็นภูเขาสูงจะเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มได้อีก ดินที่ผุพังมาจากหินฟิลไลต์ หินชนวนและหินซีสต์ มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางจึงสามารถใช้ประโยชน์ในด้าน การเพาะปลูกได้ค่อนข้างดีหินควอร์ตซ์ไซต์มีความแข็งแรงและทนทานต่อการผุพังสูง จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาดินถล่มดินทรายที่ผุพังมาจากหินชุดนี้จะมีแร่ธาตุในดินค่อนข้างต่ำ จึงใช้ประโยชน์ในด้านการเพาะปลูกได้อย่างจำกัดหน่วยดินนี้โผล่ให้เห็นในเขตรอยต่อของจังหวัดน่านกับบ่อตรดิดัล บริเวณดอยต้นยางและบ้านปากลี อำเภอนาหมื่น

ช. หินภูเขาไฟชนิดหินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินบะซอลต์ หินแก้วภูเขาไฟ และหินกรวด ภูเขาไฟ มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับแร่ทองคำและทองแดง และแร่โลหะหลายชนิด หินภูเขาไฟถูกกระบวนการผุพังทำลายได้ง่าย ดังนั้นบริเวณที่อยู่ใกล้ภูเขาสูงของหินภูเขาไฟจึงเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินถล่มสูง แต่ดินที่เกิดจากการผุพังจะอุดมสมบูรณ์ด้วยแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืช จึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรมมาก นอกจากนี้อาจพบแร่ทองคำในชั้นดินนี้ด้วยหน่วยดินนี้โผล่ให้เห็นบริเวณเทือกเขาทางตะวันตกของจังหวัด ได้แก่ บริเวณ บ้านนาก้า ภูนางกล้า ในเขตอำเภอบ้านหลวง และอำเภอเวียงสา เทือกดอยภูเค็ง ดอยปู่ฟ้า เทือกดอยปู่เลิม ในเขตอำเภอเมือง และอำเภอเวียงสา ดอยจวงปราสาท ในเขตอำเภอนาน้อย และดอยขุนแม่กาด ในเขตอำเภอบ่อเกลือ

ซ. หินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิต หินไดออไรต์ ประกอบด้วยหินแกรนิต หินไดออไรต์ ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง หินแกรนิตมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับการกำเนิดแร่เศรษฐกิจหลายชนิด เช่น แร่ดีบุก วุลแฟรม ฟลูออไรด์ และแบไรต์หน่วยดินนี้โผล่ให้เห็นในบริเวณด้านตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัด คือบ้านดอนมูลภูคา บ้านยอดดอยพัฒนา ในเขตอำเภอท่าวังผา และอำเภอบ่อเกลือ อีกทั้งพบบริเวณด้านใต้ของจังหวัด คือบ้านห้วยหลอด อำเภอเวียงสา และดอยหลวง อำเภอแม่จรม

ณ. หินอัคนีอุลตราเบสิกชนิดหินบะซอลต์ หินไพรอกซิไนต์ ประกอบด้วย หินบะซอลต์ หินไพรอกซิไนต์ หินเพอร์โดไทต์ และหินแปรชนิด หินเซอเพนทีนไนต์ มักมีสีดำเข้ม เขียวเข้ม สุกร่อนง่าย ทำให้ภูมิประเทศในบริเวณนี้ไม่คงสภาพเป็นภูเขาสูง แต่หินเหล่านี้เป็นต้นกำเนิดของแร่โลหะหลายชนิด เช่น นิกเกิล โคบอลต์ แมกนีเซียมและทองแดง นอกจากนี้หินที่ถูกกัดกร่อน สามารถทำเป็นหินประดับได้ หินบะซอลต์ นำมาใช้เป็นหินก่อสร้างทดแทนหินปูนได้ แต่จะมีความแข็งแรงคงทนต่ำกว่า ดินที่ได้จากการผุพังของหินบะซอลต์ มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารเสริมสำหรับพืชสูงมากกว่าหินทั่วไป เหมาะแก่การเกษตรกรรมมาก หน่วยหินนี้โผล่ให้เห็นใน 2 บริเวณ คือบริเวณ บ้านน้ำพางเหนือ บ้านแพะ อำเภอแม่จริมและบริเวณเทือกดอยบุกจำเป็ง-ดอยกุ่มข้าว-ดอยจำบุญ อำเภอนาน้อย



รูปที่ 3-1 แผนที่ธรณีวิทยา จำแนกชนิดตะกอนและหินจังหวัดน่าน

รูปที่ 2. 4 แผนที่ธรณีวิทยา จำแนกชนิดตะกอนและหินจังหวัดน่าน

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี (2544)

2.2 การขุดเจาะสำรวจดิน

ดิน หมายถึง วัสดุธรรมชาติเกิดจากการรวมตัวของอนุภาคต่างๆของหินที่ได้สลายตัวผุพังตามกระบวนการตามธรรมชาติ มีน้ำและสารอินทรีย์เป็นส่วนประกอบของมวลดินสภาพดินของแต่ละพื้นที่จะประกอบด้วย ดินของชั้นต่างๆเหล่านี้จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันเนื่องจากผลของกระบวนการผุพัง (Weathering Process) ไม่เท่ากันเนื่องจากดินในแต่ละพื้นที่ก็อาจมีลักษณะชั้นดินไม่เหมือนกันถึงแม้ว่าจะเกิดจากหินกำเนิด (Parent Rock) ชนิดเดียวกันก็ตาม การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างของงานวิศวกรรม หรือการพิจารณาการคัดเลือก วัสดุมวลดินที่เหมาะสมมาใช้กับงานแต่ละประเภทของดินถม จึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจพฤติกรรมของดินอย่างถ่องแท้ ก่อนวิศวกรทำการออกแบบฐานรากให้ดีและเหมาะสมนั้น ควรที่จะพิจารณาถึงสภาพของดินทั้งคุณสมบัติทางวิศวกรรม และการวางเรียงตัวของชั้นดิน การสำรวจหาสภาพของดินประกอบไปด้วยการเก็บตัวอย่างของดินในสนาม การทดสอบดินในสนามและในห้องปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินจากประสบการณ์และการสังเกต เป็นต้น เพื่อต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับดินในส่วนใดแล้ว จะต้องมีการวางแผนการสำรวจดิน ข้อมูลที่ถูกต้อง เนื่องจากดินเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จึงมีคุณสมบัติที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ต่างๆ ดังนั้นจึงไม่มีวิธีหนึ่งวิธีใดที่เหมาะสมที่สุดไปกับทุกสภาพของดิน การวางแผนการสำรวจดิน (soil exploratory program) เพื่อให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย พร้อมกับได้ข้อมูลที่ถูกต้อง การวางแผนการสำรวจดินในแต่ละสถานที่จึงไม่เหมือนกัน เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะโครงสร้างของสิ่งก่อสร้าง ลักษณะสภาพของดิน ระยะเวลาในการดำเนินงานค่าใช้จ่ายและลักษณะของเครื่องมือที่นำมาใช้ อนึ่งหากรู้ลักษณะสภาพของชั้นดินก่อนบ้างแล้ว จะช่วยให้การวางแผนการสำรวจได้ดีขึ้น

ในการสำรวจพื้นที่บริเวณจะทำการก่อสร้างโครงสร้างใดๆ เป็นสิ่งจำเป็นที่จะหลีกเลี่ยงไม่ได้ ข้อมูลต่างๆที่ได้จากการสำรวจจะนำมาใช้ในการพิจารณาถึงความเหมาะสมถึงสถานที่ที่จะใช้เป็นสถานที่ก่อสร้าง ตลอดจนนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างโดยเฉพาะฐานราก ซึ่งเป็นส่วนที่ถ่าน้ำหนักของโครงสร้างและแรงกระทำอื่นๆ บนโครงสร้างลงสู่ดินซึ่งรองรับฐานรากอยู่ ชนิดของฐานรากจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพของดิน โดยที่ไม่เกิดการวิบัติของมวลดินหรือเกิดการทรุดตัวที่มากเกินไป อันจะเป็นผลทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหายโดยโครงสร้างอาจจะเกิดการวิบัติหรือผลกระทบกระเทือนต่อการใช้งานโครงสร้าง โดยทั่วไปการสำรวจดิน จะประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่คือ

2.2.1 การสำรวจผิวดิน (Surface Survey)

ประกอบด้วยการศึกษาจากแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ทางธรณีวิทยา และจากข้อมูลของการทดสอบดินที่ได้จากการเจาะสำรวจของผู้ที่ได้ทำมาแล้วในบริเวณข้างเคียงกับที่จะทำการก่อสร้าง สิ่งเหล่านี้เป็นเครื่องช่วยให้ทราบถึงลักษณะภูมิประเทศ และความเป็นมาของดินบริเวณนั้น และระดับน้ำใต้ดินได้พอประมาณ และเพื่อการวางแผนการสำรวจดินต่อไป นอกจากนี้ การใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจะช่วยให้ได้มาก โดยเฉพาะในการเลือกแนวหรือเส้นทางสำหรับแต่ละชั้นอยู่ ลึกลงไปเท่าใด การสำรวจชั้นนี้ถือว่าการสำรวจและการทดสอบชั้นต้น ถ้าต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติม และคุณสมบัติที่แท้จริง จะต้องทำการเจาะสำรวจ (Subsurface Exploration) ซึ่งเป็นวิธีที่เสียเวลาและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

2.2.2 การสำรวจใต้ผิวดิน (Subsurface Survey)

เป็นการสำรวจเพื่อหาขอบเขตและธรรมชาติของชั้นดิน ชั้นหินหรืออยู่ลึกต่ำกว่าระดับดินเพื่อหาระดับน้ำใต้ดิน และเพื่อทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆของดิน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องในการพิจารณาออกแบบโครงสร้างและวิธีดำเนินการก่อสร้างที่เหมาะสม แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

2.2.2.1 การเจาะสำรวจชั้นต้น (preliminary exploration)

เพื่อต้องการทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของชั้นดินต่างๆ (Soil profile) ระดับของดินและกำลังของดินบริเวณที่จะทำการก่อสร้างอย่างคร่าวๆก่อน จำนวนและระยะห่างของหลุมที่เจาะตลอดจนความลึกของหลุมเจาะขึ้นอยู่กับความสำคัญของโครงสร้าง สำหรับงานฐานรากของอาคารสูงควรเจาะให้ลึกถึงฐานที่แข็งแรงหรือประมาณ 1-2 เท่าของด้านแคบที่สุดของอาคาร และจะต้องเจาะลึกต่อไปอีกถ้าพบว่าดินที่มีคุณภาพที่ไม่ดีในการรับน้ำหนักอยู่เป็นชั้นหนา

2.2.2.2 การเจาะสำรวจดินเพื่อหารายละเอียด (Detailed exploration)

เป็นการเจาะสำรวจต่อจากการเจาะสำรวจดินชั้นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องยิ่งขึ้นโดยเฉพาะงานออกแบบก่อสร้างใหญ่ๆ ที่รับน้ำหนักบรรทุกมาก การเจาะสำรวจในขั้นนี้จะทำการทดสอบในที่และเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติและกำลังต่างๆของดิน เช่น ปริมาณน้ำในมวลดิน ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะความต้านทานแรงเฉื่อย เป็นต้น

2.2.3 วิธีการเจาะตัวอย่างดิน (Soil Sampling)

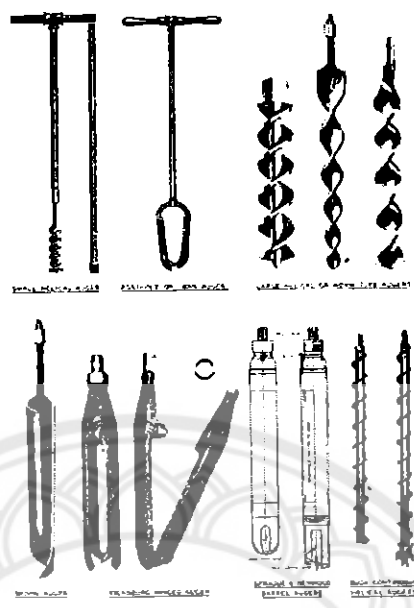
วิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการเจาะเก็บตัวอย่างมาวิจัยทดสอบ จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานและต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง ไม่กระทบกระเทือนต่อดินที่มาทดสอบโดยทั่วไปแล้ว มีวิธีการดังนี้

2.2.3.1 Trial pit test pit

เป็นการขุดและเก็บตัวอย่างจากบ่อทดสอบ ซึ่งมักจะขุดในความลึกที่ตื้นๆ บางครั้งก็ใช้เครื่องจักรบ้างเพื่อความรวดเร็ว ขนาดของหลุมที่เจาะก็ต้องใหญ่เพียงพอที่จะขุดได้อย่างสะดวก คนสามารถลงไปทำงานได้ ซึ่งสามารถเห็นลักษณะการเรียงตัวของชั้นดินและส่วนประกอบของดินได้อย่างชัดเจน แต่วิธีการนี้มักพบปัญหากับน้ำใต้ดินทำให้ทำงานลำบาก จึงต้องใช้เครื่องสูบน้ำออกมาในการขุดดินที่ลึกมากกว่า 2 เมตร นิยมทำผนังกันดินเพื่อไม่ให้ดินพังทลายลงมา ในการเก็บตัวอย่างทำโดยการขุดดินให้เป็นบ่อรอบก้อนดินที่ต้องการเก็บจากกันบ่อ แล้วตกแต่งดินให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20-30 เซนติเมตร ตามต้องการ ใช้มีดตัดก่อนดินแล้วหุ้มด้วยพาราฟิน หนาประมาณ 3 มิลลิเมตร หรือหาภาชนะที่แข็งแรงเก็บตัวอย่างดินแล้วหุ้มด้วยขี้ผึ้งเพื่อไม่ให้เกิดการกระแทก ทำให้สะดวกต่อการรักษาและขนส่ง

2.2.3.2 Auger boring

ก. Hand Auger boring เป็นเครื่องมือที่ง่ายและอาศัยแรงคนหมุน auger โดยใช้สว่านมือ ดังรูปที่ 2.4 โดยเหมาะสำหรับใช้เจาะดินที่มีแรงยึดเหนี่ยวหรือประเภทดินเหนียว เนื่องจากดินชนิดนี้เป็นดินที่ไม่พังทลายลงหลุมแบบดินทราย แต่วิธีนี้ก็ไม่สามารถเก็บดินส่วนที่อยู่ใต้ระดับน้ำได้ นิยมขุดเจาะลึก 5-7 เมตร ขนาดของ auger จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 - 4 นิ้ว การสำรวจด้วยวิธีนี้ เพื่อสำรวจและจำแนกประเภทของดินเท่านั้น เพราะดินตัวอย่างที่ได้ถูกรบกวนทำให้การทดสอบคุณสมบัติผิดไป



รูปที่ 2.5 ส่วนมือสำหรับเจาะสำรวจดิน
ที่มา: วรากร ไนเรียงและคณะ (2525)

ข. Mechanical auger boring เป็นการใช้เครื่องจักรแทนกำลังคน สำหรับ
 หมุน auger ทำให้ทำงานได้รวดเร็วและเจาะดินได้ลึกมากขึ้น ปกติจะใช้ helical auger เพราะหมุน
 ให้ลึกลงได้ดี ระบบการทำงานต่างๆได้กำลังมาจากเครื่องยนต์ โดยปกตินิยมใช้ไม่ต่ำกว่า 25 แรงม้า
 หัวส่วนเจาะดินเคลื่อนที่ขึ้นลงได้โดยอาศัยกระบอกไฮดรอลิค สามารถนำไปใช้ร่วมกับการทดสอบ
 ดินในสนามหรือการเก็บดินตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ นิยมใช้กันมากในประเทศไทย โดยนำไปใช้
 ประกอบกับเครื่องมืออื่นๆ

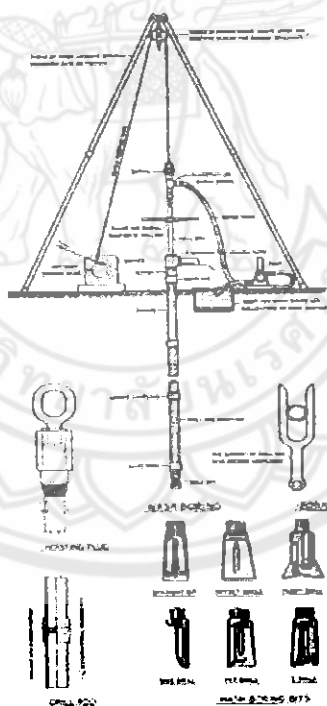
ค. Shell and auger boring เป็นการเจาะดินโดยใช้ helical auger
 ร่วมกับการใช้ casing สำหรับ cohesive soils เพื่อป้องกันการพังทลายด้านข้างของหลุมเจาะ แต่
 จะเปลี่ยนไป shell ท่อเหล็กเปิดที่มี cutting edge และ flap valve อยู่ด้านปลายด้านล่างแทน
 auger หากมีทรายหรือกรวดบนดินอยู่มาก ใช้ได้กับดินทุกชนิดบางครั้งจะใช้สิ่วหรือเหล็กแหลม
 กระแทกๆบนกรวดเพื่อให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆก่อนที่จะใช้ shell เก็บขึ้นมานิยมใช้น้ำเทลงไปในหลุมทั้ง
 shell boring และ auger boring เพื่อให้เก็บเศษทรายและกรวดที่อยู่ในดินได้ง่ายขึ้น

ง. Continuous – flight auger boring ใช้เจาะในดินที่เป็นดินเหนียวหรือ
 ทรายหรือกรวดเม็ดเล็ก มีลักษณะเป็นส่วนตั้งอยู่รอบด้าน เจาะตลอดโดยความยาว ซึ่งส่วนกลาง

ของก้านอาจเป็นเหล็กตัน (Solid stem) หรือกลม (Hollow stem) เพื่อใช้ประโยชน์ในการทดสอบหรือเก็บตัวอย่างดินในสนามมีข้อดีคือไม่ต้องใช้ casing จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้ในการเจาะดินโดยทั่วไป

2.2.3.3 Wash boring

เป็นการใช้ความดันของน้ำหรือ drilling mud ทำให้ดินหลวมและหลุดตัวเป็นเม็ดลอยขึ้นมา drilling mud ที่ผสมให้มีความหนาแน่นประมาณ 1.1-1.2 ตันต่อลูกบาศก์เมตร จะช่วยไม่ให้ดินด้านข้างพังทลายลงมาจึงสามารถใช้แทน casing ได้ แต่ถ้าหากใช้น้ำแล้วจำเป็นจะต้องใช้ casing ควบคุมไปด้วยปลายส่วนล่างของท่อฉีดน้ำ จะเป็น chopping bit หรือ fishtail bit เพื่อจะยกขึ้นลงเพื่อกระแทกดินหรือหมุนด้วยมือ ทั้งนี้จะช่วยให้ดินหลุดตัวลอยตัวขึ้นมาได้ง่ายของเหลวที่ขึ้นมาจากหลุมจะถูกนำไปใช้ใหม่ สรุปลแล้วใช้ได้สำหรับดินทรายและดินเหนียว แต่จะเกิดปัญหาเมื่อพบกรวด มีข้อดีคือจะได้ประโยชน์จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของดิน



รูปที่ 2. 6 Wash boring

ที่มา: วรากร ไหมเรียงและคณะ (2525)

2.2.3.4 Wash probing

เป็นการเจาะดินแบบง่าย ๆ โดยใช้ น้ำฉีดลงไป ในดินพร้อมกับยกท่อฉีดขึ้นและลง เนื่องจากไม่ได้ใช้ casing ประกอบการทำงานจึงไม่มีการเก็บตัวอย่าง หรือทดสอบดิน ใช้ประโยชน์ในการหาความเปลี่ยนแปลงของดิน จากดินที่อ่อนหรือหลวมไปหาดินที่แข็งหรือแน่น นิยมใช้กันมากในการหาระดับของการตอกเสาเข็มหรือสำรวจหาชั้นของหินหรือทรายที่แข็งแรงเพราะสามารถทำงานได้ง่าย ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายแต่ต้องอาศัยประสบการณ์ในการสังเกตและวิเคราะห์ดินจากความรู้สึกต่างๆ

2.2.3.5 Rotary boring , rotary drilling

เป็นการใช้ใบมีดหรือหัวเจาะหมุนลงไปในดินโดยอาศัยกำลังจากเครื่องยนต์ เจาะดินได้รวดเร็วที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมืออื่นๆ นิยมใช้สำหรับเจาะดินแต่ต้องใช้น้ำระบายความร้อนที่หัวเจาะ หากใช้ในการเจาะดินแล้วนิยมใช้ drilling mud ประกอบด้วย เพื่อไม่ให้เกิดการพังทลายของดินในหลุม ซึ่งจะทำให้การเจาะเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว บางครั้งก็ใช้ continuous - flight auger และ wash boring ร่วมกับ rotary drilling

2.2.3.6 Percussion boring , percussion drilling

เป็นการเจาะที่อาศัยแรงกระแทกของ Heavy Chisel หรือ Spud แล้วใช้ shell หรือ wash boring นำดินขึ้นจากหลุม เนื่องจากมีการกระแทกด้วยของที่หนักจึงทำให้มีการรบกวนต่อดินในชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นอย่างมาก จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญควบคุมการเจาะ ในการปล่อยน้ำหนักกระแทกดินเพื่อให้ดินถูกกวนน้อยที่สุด

2.2.3.7 การเจาะหาดินตัวอย่างแห้ง (Dry sample boring)

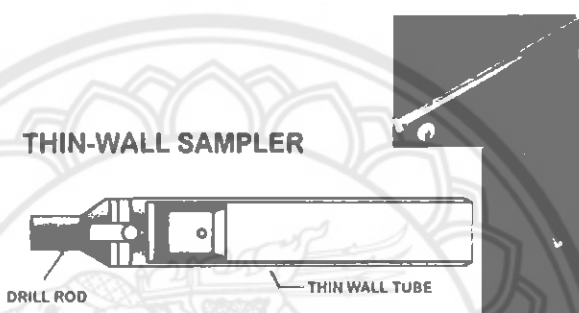
วิธีนี้คล้ายกับวิธีเจาะฉีดล้าง (wash boring) กระทำโดยใช้สว่านเจาะคว้านดินออกก่อน เมื่อถึงระดับที่ต้องการจะเก็บตัวอย่างก็ใช้กระบอกรับดิน (Sampling Spoon) ติดที่ปลายก้านเจาะแทนหัวเจาะ แล้วกดหรือดันกระบอกรับลงไปในดิน หมุนให้ดินขาดแล้วดึงด้านเจาะขึ้น วิธีนี้ใช้กันมากเพราะได้ตัวอย่างที่แน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงสภาพดิน (Undisturbed Sample)

2.2.4 วิธีเก็บตัวอย่างดิน (Soil Sampling)

การเก็บตัวอย่างดินมักเป็นเรื่องละเอียดอ่อน และต้องการความระมัดระวังและความชำนาญที่จะให้ได้ตัวอย่างดินที่มีคุณภาพ ตัวอย่างดินมักแยกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

2.2.4.1 ตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample)

คือ ตัวอย่างดินที่ถูกเก็บขึ้นมาโดยมีสภาพใกล้เคียงสภาพธรรมชาติ ได้แก่ ตัวอย่างดินที่เก็บได้จากกระบอกเปลือกบางที่มีขนาดตั้งแต่ 3 นิ้วขึ้นไป, กระบอกแบบลูกสูบ (Piston Sampler) หรือกระบอกเก็บตัวอย่างแบบ 2 ชั้น เป็นต้น ซึ่งมีการกระทบกระเทือนชั้นดินน้อยที่สุด คือ มีความชื้น ความหนาแน่น ลักษณะโครงสร้างไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับเมื่ออยู่ในชั้นดินเดิม ถือว่าเป็นตัวอย่างดินที่มีคุณภาพดีที่สุด และสามารถใช้ทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ในห้องทดลองได้เกือบทุกอย่าง



รูปที่ 2. 7 Undisturbed Sampling

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

2.2.4.2 ตัวอย่างเปลี่ยนสภาพ (Disturbed Sample)

ได้แก่ ตัวอย่างดินที่เก็บได้จากกระบอกผ่า (Split Spoon) ในการตอกทดลอง หรือกระบอกเปลือกบาง (Thin Wall หรือ Shelby Tube) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก จะได้ ตัวอย่างดินที่มีการเปลี่ยนสภาพไปบ้าง เช่น มีการอัดแน่น หรือ การจับตัวตามธรรมชาติถูกทำลาย เพราะแรงกระแทกแต่อาจใช้ในการทดลองได้บางอย่างเช่น Atterberg's limit, การหาขนาดเม็ดดิน



รูปที่ 2. 8 Split-Spoon Sampler

ที่มา: วรากร ไม้เรียงและคณะ (2525)

2.3 การทดสอบคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างดินที่เก็บจากสนามทั้งที่เป็นตัวอย่างคงสภาพ และตัวอย่างแปรสภาพควรจะได้รับการขนส่งและรักษาด้วยความระมัดระวัง ปกติจะทดสอบในห้องปฏิบัติการทันทีหรือเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นมาโดยไม่สามารถทราบสาเหตุ ข้อมูลที่ได้รับจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการจะต้องนำไปวิเคราะห์กับข้อมูลที่เก็บจากสนาม เนื่องจากดินที่มีความแปรผันในส่วนประกอบของเม็ดดินอยู่มากด้วยปริมาณที่ไม่แน่นอน จึงควรวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ด้วย วิจารณ์ญาณและประสบการณ์ เพราะการทดสอบบางอย่างอาจให้ข้อมูลที่ผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้น การนำตัวเลขไปใช้โดยไม่มี การกลั่นกรองให้รอบครอบก่อนจะก่อให้เกิดปัญหาตามมาอย่างมาก โดยเฉพาะการทดสอบที่ทำแต่เพียงจำนวนน้อยครั้ง ควรเลือกการทดสอบที่ง่ายและจำเป็นมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เพราะการทดสอบจำนวนมากหรือที่ยุ่งยากซับซ้อนจะทำให้เสียเวลาอันจะเกี่ยวโยงไปกับค่าใช้จ่าย แต่บางครั้งก็จำเป็นต้องใช้การทดสอบที่ค่อนข้างยุ่งยากเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดและลดอัตราการเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดความเสียหายหรือพังทลาย การทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ทำพอสรุปได้ดังนี้

2.3.1 Total Unit Weight

ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) มีความสำคัญ เป็นพื้นฐานในการคำนวณค่าหน่วยแรงกดทับของชั้นดินตามธรรมชาติที่ความลึกต่างๆ ซึ่งเป็นค่าคงตัวที่เป็นตัวแปรในสูตรการคำนวณต่างๆ เช่นการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกของฐานราก การคำนวณการทรุดตัวของ

ดิน เป็นต้น การทดลองหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) โดนทั่วไปจะจำกัดเฉพาะดินเหนียวที่สามารถตั้งรูปทรงได้ ตัวอย่างที่ทดสอบต้องเป็นตัวอย่างดินคงสภาพ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ไม่สามารถทดลองกับตัวอย่างทราย-กรวดได้ เพราะไม่สามารถเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพได้ (การเก็บตัวอย่างด้วยกระบอกโดยทั่วไปถือว่าตัวอย่างจะถูกรบกวนไปบ้างแล้ว) อย่างไรก็ตามในบางกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องได้ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) ของดิน

2.3.2 Water Content

ความชื้นของดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content) เป็นการทดสอบพื้นฐานที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของดิน เช่น แรงเฉือน อัตราส่วนช่องว่างในดิน การทรุดตัวของดิน เป็นต้น ค่าพิกัดแอตเตอร์เบิร์ก (Atterberg Limits) ต่างๆ ที่ทดสอบก็คือค่าความชื้นของดินนั่นเอง (ในสถานะต่างกับความชื้นตามธรรมชาติ) การทดสอบความชื้นของดินจึงมีความจำเป็นในงานทดสอบดินในทางปฏิบัติ ความชื้นของดินหาได้จากการนำตัวอย่างดินที่มีขนาดน้ำหนักมากพอ (สำหรับขนาดเม็ดดินแต่ละชนิด) ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105-5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 - 24 ชั่วโมง จนดินแห้งและมีน้ำหนักคงที่ แล้วคิดความชื้นของดินเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักดินแห้งเป็นเปอร์เซ็นต์ ดินที่มีเม็ดละเอียดจะมีความชื้นได้สูงกว่าดินที่มีเม็ดหยาบ เนื่องจากดินเม็ดละเอียดมีพื้นที่เฉพาะ (Specific Surface) ซึมซับน้ำได้มากกว่า

2.3.3 Atterberg's Limits

ความชื้นในมวลดินมีอิทธิพลสูงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน ทั้งในด้านการเปลี่ยนสถานะภาพ (เช่น น้ำมากดินเป็นของเหลว, น้ำน้อยดินเป็นของแข็ง) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางวิศวกรรม เช่น ความแข็งแรงของดินฐานรากมีค่าลดลงเมื่อมีน้ำมาก อิทธิพลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดังกล่าวมีผลมากต่อดินที่มีขนาดเม็ดละเอียด (Fine Grain Soil) ได้แก่ดินที่เรียกว่าดินเหนียว (Cohesive Soil) ทั้งนี้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดินหรือความเหนียวดังกล่าวเกิดจากการดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าที่อยู่ในเม็ดดิน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้น สำหรับดินที่มีขนาดเม็ดดินใหญ่ (Coarse Grain Soil) อิทธิพลของการดึงดูดเนื่องจากประจุไฟฟ้ามีค่าน้อย ความเหนียวจึงไม่มี (Cohesive Soil) ดินประเภทนี้จึงมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงไป

2.3.4 Specific Gravity of Soil

ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของวัตถุใดๆ คือ อัตราส่วนของน้ำหนักในอากาศของเนื้อวัตถุ นั้นต่อน้ำหนักน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่มีปริมาตรเท่าวัตถุนั้น ในมวลดินจะประกอบด้วยธาตุสารหลายอย่าง ดังนั้นความถ่วงจำเพาะในมวลดินก็คือ ค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของธาตุสารเหล่านั้น ดังจะเห็นได้ว่าดินลูกรังบางชนิดมีธาตุเหล็กอยู่มากจึงทำให้มีความถ่วงจำเพาะสูงถึง 3.00

หรือมากกว่า ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบสำคัญ ก็จะทำให้มี e_p ต่ำถึงประมาณ 2.00 แต่ค่าเฉลี่ยจะอยู่ในระหว่าง 2.60 ถึง 2.70 สำหรับดินทั่วไป ความถ่วงจำเพาะ จะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานสำคัญอีกค่าหนึ่ง ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาตรช่องว่าง (Void Volume) ความอิ่มตัว (Degree of Saturation) ความพรุน (Porosity) และอื่น ๆ ได้ ทั้งยังจะทำให้คาดได้ว่ามวลดินนั้นๆ ประกอบด้วยธาตุสารอะไรเป็นองค์ประกอบ

2.3.5 Sieve analysis

มวลดินหนึ่งคิวบิตฟูตอาจประกอบด้วยเม็ดดินหลายขนาด เช่น 10 เซนติเมตร ลงมาจนกระทั่ง 0.0002 มิลลิเมตร ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของมวลดินจะขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดดินอย่างมาก เช่น มวลดินที่มีเม็ดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 ส่วนมากจะไม่มี ความเหนียวหรือแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดิน ซึ่งเรียกว่าดินทราย (Granular Soil) ส่วนดินที่มีส่วนประกอบเป็นเม็ดเล็กมากก็จะเรียกว่าดินเหนียว (Cohesive Soil) นอกจากนั้นขนาดเม็ดดินยังมีอิทธิพลกับความซึมน้ำ (Permeability), การรับแรง (Strength), อัตราการทรุดตัว (Rate of Consolidation) และอื่นๆ อีกมาก การหาขนาดและการกระจายของเม็ดดินอาจทำได้ด้วยกันหลายวิธี แต่ที่นิยมปฏิบัติกันแพร่หลาย คือ วิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) ที่มีช่องขนาดต่างๆ กัน มักใช้กับดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.075 มิลลิเมตร ขึ้นไปวิธีตกตะกอนโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ หรือหลอดดูด (pipette) วัดการตกตะกอนเหมาะสำหรับเม็ดดินขนาด 0.2 มิลลิเมตร ถึง 0.0002 มิลลิเมตร ทั้งสองวิธีดังกล่าวอาจใช้ร่วมกันในการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่างเดียวกันได้

2.3.6 Hydrometer Analysis

วิธีนี้เหมาะสำหรับดินเม็ดละเอียดซึ่งมีขนาดกว่า 0.075 มิลลิเมตร หรือตะแกรงเบอร์ 200 เช่น ตะกอนทรายหรือดินเหนียว การทดสอบหา ได้โดยนำ ดินที่ต้องการ หาขนาดมาละลายน้ำ แล้วใส่ลงไปในหลอดแก้ว เพื่อให้เม็ดดินกระจายตัวและแขวนลอยอยู่ในน้ำ แล้วใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดอัตราการตกตะกอน หรือวัดความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินที่ละลายแขวนลอยอยู่ในน้ำที่ความลึก h ในช่วงเวลาต่างๆ กันซึ่งจะเป็นไปตามกฎของสโตค (Storke's Law) คือ ความเร็วของการตกตะกอนของเม็ดดินจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเม็ดดิน ความหนาแน่นของของเหลว ความหนืดของของเหลวและขนาดของเม็ดดิน กล่าวคือดินเม็ดใหญ่จะตกตะกอนเร็วกว่าดินเม็ดเล็ก เมื่อทราบความเร็วของการตกตะกอนก็สามารถหาขนาดของเม็ดดินได้

2.3.7 Unconfined Compression Test

ความแข็งแรงหรือกำลังของดินเหนียว (Cohesive soil) จะประกอบด้วย Cohesion ซึ่งเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้า-เคมี (Electro chemical bonds) ระหว่างเม็ดดินและ Friction ซึ่งเกิดขึ้นจากการขัดตัวของเม็ดดิน (Particle interlocking) และความฝืดระหว่างผิวของเม็ดดิน

(Surface friction) ในดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวปานกลาง (Soft และ Medium Clay) กำลังของดินส่วนใหญ่่มักจะเกิดจาก Cohesion การทดลอง Unconfined compression เป็นวิธีการหาค่าประมาณ Cohesion ของดิน โดยวิธีง่าย ๆ ซึ่งทำได้รวดเร็ว

2.4 การจำแนกดินทางวิศวกรรม

ดินเป็นวัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยสิ่งต่างๆ หลายอย่าง เช่น กรวด, ทราย, ดินเหนียว, อินทรีย์สาร เป็นต้น ทั้งนี้ เนื่องจากอิทธิพลของหินต้นกำเนิด, การกัดกร่อนผุพัง, การพัดพาและการตกตะกอนทับถม เพื่อที่จะจัดหมวดหมู่ของดินที่มีคุณสมบัติเฉพาะคล้ายกัน เข้าอยู่ในพวกเดียวกันตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การจำแนกประเภทของดินจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีผู้เกี่ยวข้องกับดินอยู่หลายสาขาด้วยกัน การจำแนกประเภทดินจึงแตกต่างกันออกไป แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานในแต่ละสาขา เช่น ทางด้านเกษตรศาสตร์จะจำแนกดินตามความอุดมสมบูรณ์ของธาตุสารที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ ทางด้านธรณีวิทยา อาศัยลักษณะหินต้นกำเนิดและการกัดกร่อนผุพัง เป็นปัจจัยในการจำแนก สำหรับทางวิศวกรรมโยธาพิจารณาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และกลศาสตร์ของดินเป็นหลัก เช่น ขนาดของเม็ดดิน, แรงยึดเกาะของมวลดิน เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอยทางวิศวกรรมแต่ละหมวดหมู่ของดินที่จัดเข้าไว้ จะมีอักษรย่อเฉพาะซึ่งจะเป็นที่เข้าใจได้โดยง่ายในหมู่วิศวกร หรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง การจำแนกจะขึ้นกับการกำหนดของแต่ละสถาบัน ทำให้การแบ่งขนาดของเม็ดดินมีความแตกต่างกัน ดังรวบรวมและเปรียบเทียบไว้ในตารางที่ 2.1 ประมาณ 9 สถาบันดังนี้

USBR คือ United State Bureau of Reclamation

ASTM คือ American Society for Testing and Materials

JIS คือ Japanese industrial Standard

CAA คือ Civil Aeronautics Administration

AASHTO คือ American Association of State Highway and Transportation Officials

BSI คือ British Standard Institution

DIN คือ Deutsh Industric Norm

MIT คือ Massachusetta Institute of Technology

USDA คือ United State Department of Agriculture

FAA คือ Federal Aviation Associatio

ตารางที่ 2.1 แสดงการจำแนกประเภทของดินตามขนาดของดิน

ระบบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง										
	3"	3/4"		#4	#10	#40	#200	ขนาดรูตะแกรงมาตรฐาน			
Unified และ USBR	หิน	กรวด			ทราย			ตะกอนทรายหรือดินเหนียว			
		หยาบ	ละเอียด		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด				
	75	19	4.75	2	0.425	0.075					
ASTM D422-63	หิน	กรวด			ทราย			ตะกอนทราย	ดินเหนียว	แฉวมลพิษ	
					หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด				
	75	19	4.75	2	0.425	0.075	0.005	0.001			
JIS	หิน	กรวด		ทราย			ตะกอนทราย	ดินเหนียว	แฉวมลพิษ		
		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ	ละเอียด					
	75	20	5	2	0.425	0.075	0.005	0.001			
CAA		กรวด			ทราย			ตะกอนทราย	ดินเหนียว		
		หยาบ	ละเอียด		หยาบ	ละเอียด					
				2	0.25	0.05	0.005				
ASSHTO M146-70	หิน	กรวด			ทราย			ตะกอนทราย	ดินเหนียว	แฉวมลพิษ	
		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ	ละเอียด					
	75	25	9.5	2	0.425	0.075	0.002	0.001			
BSI 1377-75	หิน	กรวด			ทราย			ตะกอนทราย		ดินเหนียว	
		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ	ปานกลาง		
	60	20	5	2	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	
DIN 4122-55	หิน	กรวด			ทราย			ตะกอนทราย			ดินเหนียว
		หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	
	60	20	5	2	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	
MIT	หิน	กรวด			ทราย			ตะกอนทราย			ดินเหนียว
					หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	หยาบ	ปานกลาง	ละเอียด	
	60			2	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	
USDA	หิน	กรวด		ทราย*					ตะกอนทราย	ดินเหนียว	
		หยาบ	ละเอียด	1	2	3	4	5			
	75	12.5	2	1	0.5	0.25	0.1	0.05			

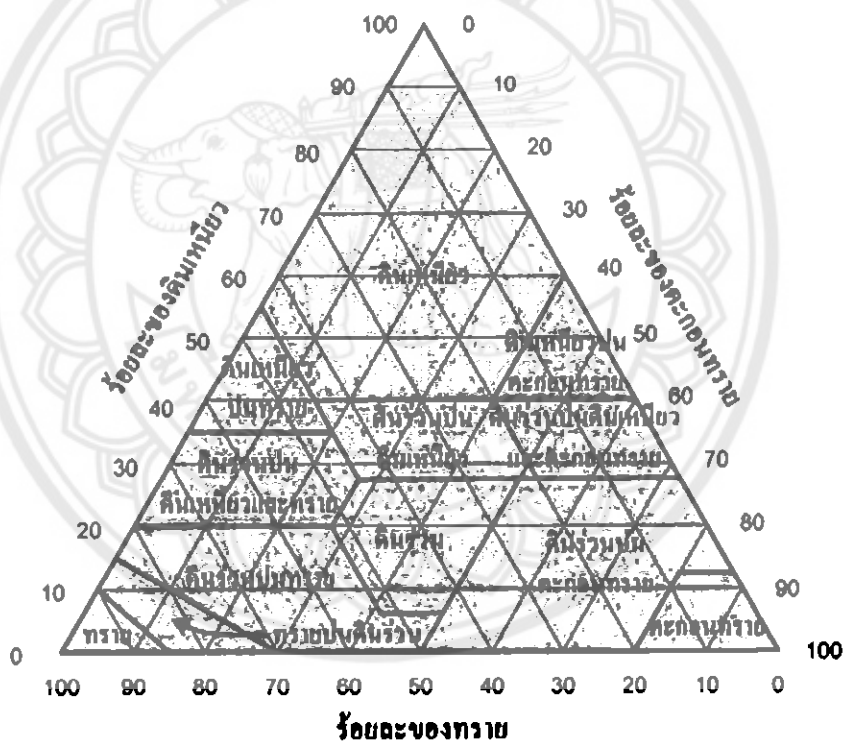
*หมายเหตุ 1 หยาบมาก และ 5 ละเอียดมาก

ที่มา: สราวุธ จริตงาม (2545)

2.4.1 ระบบการจำแนกประเภทของดิน

ระบบการจำแนกประเภทของดินมีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่นำไปใช้ การจำแนกประเภทของดินที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมี 3 วิธี ดังนี้

2.4.1.1 แผนภูมิสามเหลี่ยมจำแนกประเภทดิน (Triangular Soil Classification Chart) วิธีนี้จำแนกโดยอาศัยขนาดของเม็ดดินเป็นเกณฑ์ เหมาะสำหรับดินกรวดหรือทราย จากตารางจะพบว่าไม่ได้พิจารณาค่าขีดความเหลว ขีดความเหนียว และดัชนีสภาพพลาสติก การจำแนกประเภทของดินตามขนาดของเม็ดดินที่ง่ายที่สุดสามารถทำได้โดยอาศัยรูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ 2.9 ตัวอย่างเช่น มีตัวอย่างดินและแยกได้ดังนี้ มีดินเหนียวอยู่ 60%, มีทรายปนอยู่ 40% และมีตะกอนทรายผสมอยู่ 30% ในตัวอย่างดินกลุ่มนี้ จากภาพจะได้ดินประเภท ดินร่วนปนดินเหนียว



รูปที่ 2. 9 แสดงรูปสามเหลี่ยมของการจำแนกประเภทของดิน

ที่มา: สราวุธ จริตงาม (2545)

ตารางที่ 2.2 แสดงการจำแนกประเภทของดินตามขนาดเม็ดดิน

ชนิดดิน	ส่วนประกอบ (%)		
	ทราย	ดินตะกอน	ดินเหนียว
Sand	80-100	0-20	0-20
Sandy loam	50-80	0-50	0-20
Loam	30-50	30-50	0-20
Silt loam	0-50	50-100	0-20
Sandy clay loam	50-80	0-30	20-30
Clay loam	20-50	20-50	20-30
Silt clay loam	0-30	50-80	20-30
Sandy clay	55-70	0-15	30-45
Silt clay	55-70	0-50	30-45
Clay	0-55	0-55	30-100

ที่มา: มานะ อภิตนมนตรี (2543)

2.4.1.2 ระบบ U.S.C. ระบบนี้นิยมกันมากในงานวิศวกรรมฐานราก ซึ่งนอกจากจะพิจารณามวลคละของดินแล้ว ยังได้นำค่าขีดความเหลว ขีดความเหนียวและดัชนีสภาพพลาสติกของมวลดินมาเป็นเกณฑ์ในการเรียกชื่อ โดยใช้ตัวภาษาอังกฤษแทน เช่น G คือกรวด, S คือทราย, M คือดินตะกอน และ C คือดินเหนียว และเขียน 2 ตัวแทนชนิดของดินได้ GM หมายถึง กรวดปนดินตะกอน GC หมายถึง กรวดปนดินเหนียว การจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified นี้เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีอื่น เพราะเหมาะกับงานวิศวกรรมทั่วไปเช่น งานถมดินและงานฐานราก เป็นต้น โดยจะจำแนกประเภทของดินออกเป็นกลุ่มๆโดยใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทน การเรียกชื่อกลุ่มดินซึ่งจะแบ่งตามขนาดและลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดิน แต่ละกลุ่มจะมีอักษร 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลักและตัวที่ 2 จะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมายดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2. 3 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified

สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก	ลักษณะทั่วไปและขนาดของเม็ดดิน
G	พวกกรวด	Gravel	เม็ดกลมมนหรือเป็นเหลี่ยม ผ่านตะแกรงขนาด 80 มม. แต่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มม. ขนาดระหว่าง 80-200 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ และขนาดระหว่าง 4.75-20 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด
S	พวกทราย	Sand	เม็ดกลมมนหรือเป็นเหลี่ยม ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. แต่ค้างตะแกรงขนาด 0.075 มม. ขนาดระหว่าง 2.0-4.75 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ, ขนาดระหว่าง 0.425-2.0 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดปานกลางและขนาดระหว่าง 0.075-0.425 มม. ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด
M	พวกตะกอนทราย	Mo = Silt	ขนาดเล็กกว่า 0.075 mm ค่อนข้างจะมีความเหนียวและรับกำลังได้น้อยเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง
C	พวกดินเหนียว	Clay	ขนาดเล็กกว่า 0.075 mm มีความเหนียว โดยจะขึ้นกับค่าความชื้นในดินและรับกำลังได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง
O	พวกสารอินทรีย์	Organic	เป็นดินอินทรีย์ มีหลายขนาดขึ้นกับลักษณะการเกิดของดิน
Pt	มีสารอินทรีย์สูง	Peat	ดินโคลนสีดำ
W	มีขนาดกะทัดรัด	Well graded	-
P	มีขนาดกะทัดรัดไม่ดี	Poorly graded	-
L	L.L. น้อยกว่า 50%	Low Liquid Limit	-

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified

สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก	ลักษณะทั่วไปและขนาดของเม็ดดิน
H	L.L. มากกว่า 50%	High Liquid Limit	-

ที่มา: สราวุธ จริตงาม (2545)

การจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification ระบบนี้นิยมใช้กันมากผู้ที่คิดระบบนี้เป็นคนแรก คือ Arthure Casagrande (1942) ต่อมา U.S. Corps of Engineer ได้นำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำมาใช้ในการจำแนกดินในงานสร้างลานบินและนอกจากนี้ยังมีหน่วยงานอื่นนำเอาการจำแนกดินระบบนี้ไปแก้ไขเพิ่มเติม และตั้งเป็นระบบใหม่อีกหลายๆ ระบบในประเทศต่างๆ



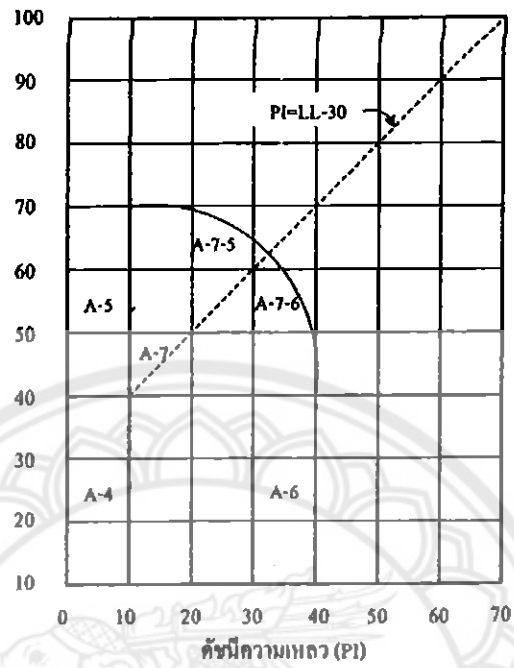
ตารางที่ 2.4 (ต่อ) แสดงการจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified

การจำแนกประเภททั่วไป		สัญลักษณ์	ชื่อกลุ่มดิน	ลักษณะดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท
ดินเหนียวถึงดินทราย ที่มีค่า $U < 10$ หรือค่า $U > 10$ และค่า $PI < 4$	ประเภทดินเหนียวถึงดินทราย ที่มีค่า $U < 10$	ML	ดินเหนียวถึงดินทรายละเอียด มาก นิ่มนุ่ม ทรายละเอียดเป็นตะกอนทราย หรือดินเหนียวที่มีความเหนียวเล็กน้อย	ตะกอนทรายอ่อนนิ่มที่ละเอียดและทรายละเอียด มาก นิ่มนุ่ม ทรายละเอียดเป็นตะกอนทราย หรือดินเหนียวที่มีความเหนียวเล็กน้อย	
		CL	ดินเหนียวถึงดินทรายปานกลาง ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวกึ่งเหนียว	ตะกอนทรายอ่อนนิ่มที่เหนียวและดินเหนียวปานกลาง ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวกึ่งเหนียว	
		OL	ดินเหนียวถึงดินทรายอ่อนนิ่มที่เหนียวและดินเหนียวปาน	ตะกอนทรายอ่อนนิ่มที่เหนียวและดินเหนียวปาน	
	ประเภทดินเหนียวถึงดินทรายที่มีค่า $U > 10$	MH	ดินเหนียวถึงดินทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไม่กึ่งเหนียว	ตะกอนทรายอ่อนนิ่มที่ละเอียดและทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไม่กึ่งเหนียว	
		CH	ดินเหนียวถึงดินเหนียวสูง ดินเหนียวมีความเหนียวสูง	ตะกอนทรายอ่อนนิ่มที่เหนียวสูง ดินเหนียวมีความเหนียวสูง	
	ประเภทดินเหนียวถึงดินทรายที่มีค่า $U > 10$ และค่า $PI > 4$	OH	ดินเหนียวถึงดินเหนียวสูงปานกลางถึงสูง ตะกอนทรายอ่อนกึ่งเหนียว	ดินเหนียวถึงดินเหนียวสูงปานกลางถึงสูง ตะกอนทรายอ่อนกึ่งเหนียว	
		PT	พืด โคนมีค่า และดินเหนียวถึงสูงอื่นๆ	พืด โคนมีค่า และดินเหนียวถึงสูงอื่นๆ	

ที่มา: มอนเทียร์ กังคศิเทียม (2543)

2.4.1.3 ระบบ AASHTO (Classification) การจำแนกดินระบบ AASHTO นิยมใช้ใน งานวิศวกรรมทาง โดยแบ่งดินเป็นกลุ่มใหญ่ 7 กลุ่ม ใช้สัญลักษณ์ A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 และ A-7 สำหรับดิน A-1, A-2, A-3 เป็นดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกิน 30% จัดเป็นดินมวล หยาบ ส่วนดินกลุ่ม A-4, A-5, A-6 และ A-7 เป็นดินผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 35% จัดเป็น พกดินมวลละเอียด คือดินตะกอนปนดินเหนียว ซึ่งในดินบางกลุ่มยังสามารถแบ่งย่อยได้ดังตารางที่ 2.5 โดยเรียงตามลำดับความเหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นดินคันทาง กล่าวคือดินกลุ่ม A-1 จะดีที่สุด และดินที่กลุ่ม A-7 จะไม่ดีที่สุด ดินกลุ่ม A-1 ถึง A-3 จะเป็นดินเม็ดหยาบ โดย A-1 เป็นพวกกรวด และทรายที่มีขนาดคละกัณฑ์แบ่งย่อยเป็น A-1-a และ A-1-b ดินกลุ่ม A-2 เป็นพวกกรวดและทรายที่ มีดินพวกเม็ดละเอียดเช่น ตะกอนทรายหรือดินเหนียวปนอยู่ แบ่งเป็นกลุ่มย่อยอีกคือ A-2-4, A-2-5, A-2-6 และ A-2-7 สำหรับดินกลุ่ม A-3 เป็นพวกทรายที่มีขนาดคละกัณฑ์ไม่ดี ดินกลุ่ม A-4 ถึง A-7 เป็น ดินเม็ดละเอียด เช่น ตะกอนทรายหรือดินเหนียว โดย A-4 และ A-5 เป็นพวกตะกอนทราย ส่วน A-6 และ A-7 เป็นพวกดินเหนียว สำหรับ A-7 ยังแบ่งย่อยออกไปเป็น A-7-5 และ A-7-6 ดินกลุ่ม A-4 ถึง A-7 สามารถจำแนกประเภทได้เลยจากค่า ชีดความเหลว และดัชนีสภาพพลาสติกโดยอาศัยแผนภูมิ ความเหนียวในรูปที่ 2.10 นอกจากนี้ยังมีดินอีกกลุ่มหนึ่ง คือ A-8 เป็นดินที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่ เช่น Peat ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานทางวิศวกรรมได้ และสามารถจำแนกประเภทได้ด้วยตาเปล่า จึงไม่ได้ แสดงไว้ในตารางที่ 2.5

พิกัดความเหลว (LL)



รูปที่ 2. 10 แสดงแผนภูมิความเหนียว

ที่มา: มณฑิเยร์ กังศศิเทียม (2543)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.5 ข้อมูลดินที่เจาะสำรวจของกรมโยธาธิการและผังเมือง

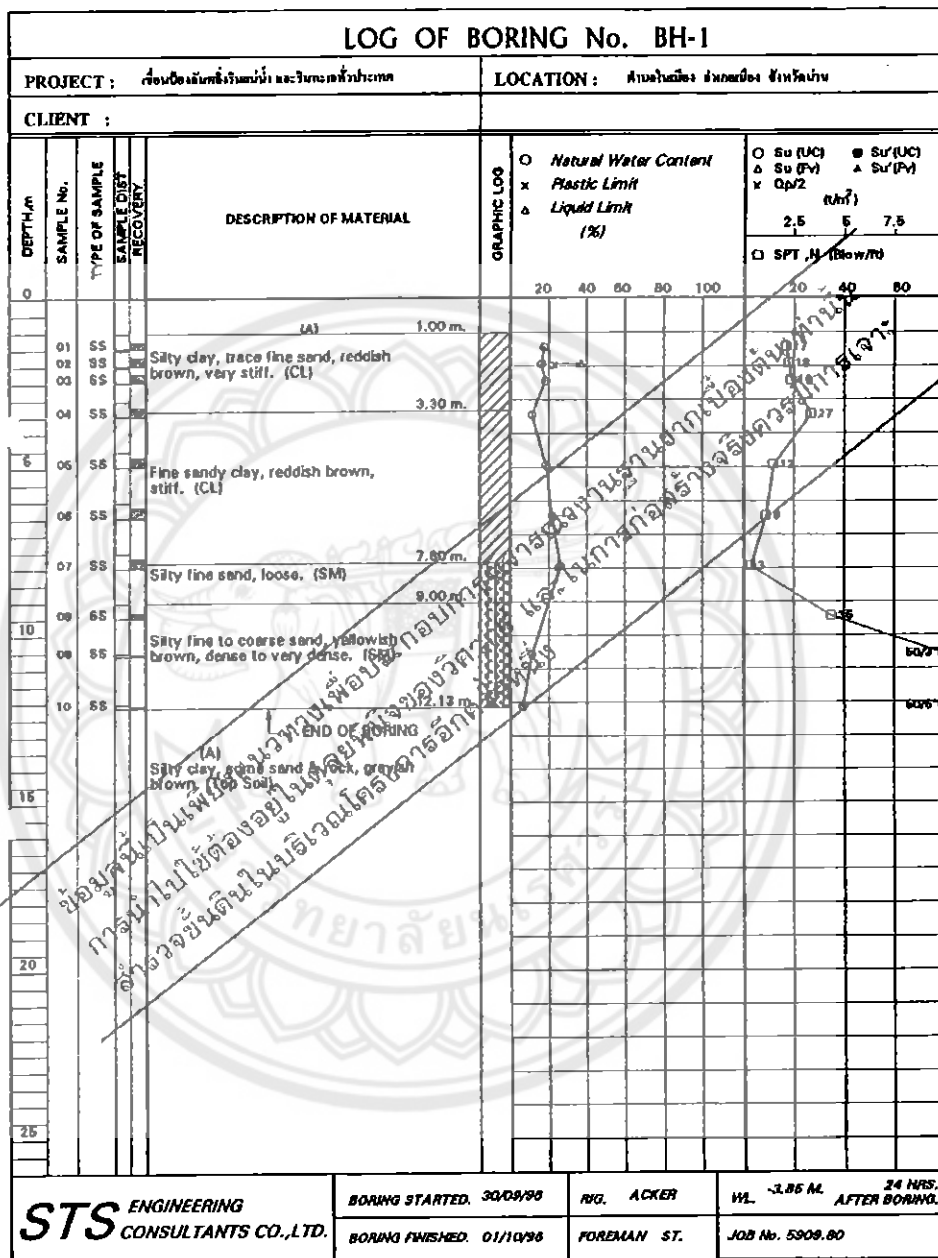
2.5.1 โครงการเพื่อการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำน่าน บริเวณสะพานพัฒนาภาคเหนือ (หน้าโรงพยาบาลจันทน์น่าน) ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน

(พื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ศึกษา)



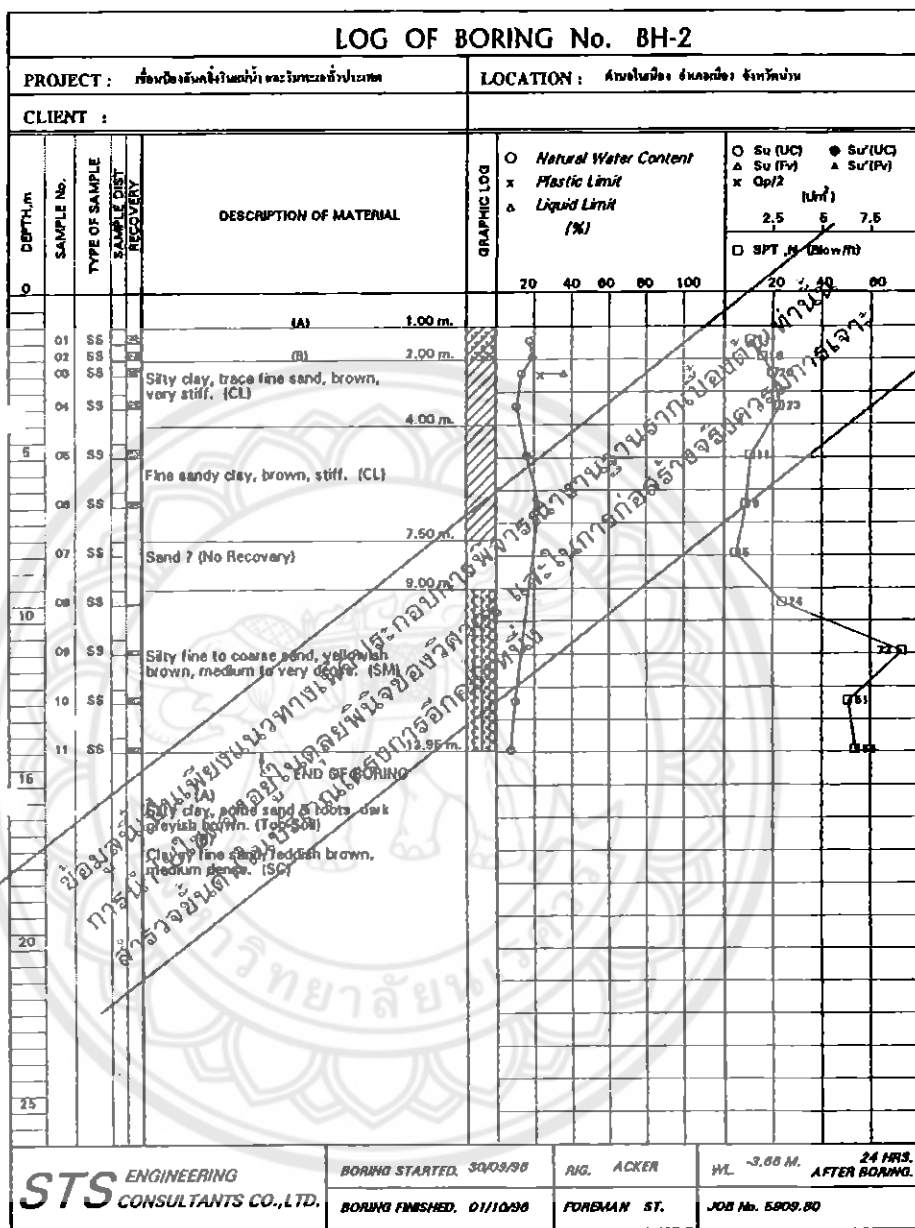
รูปที่ 2.11 แผนที่ตั้งโครงการเพื่อการออกแบบเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำน่านบริเวณสะพานพัฒนาภาคเหนือ

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2539)

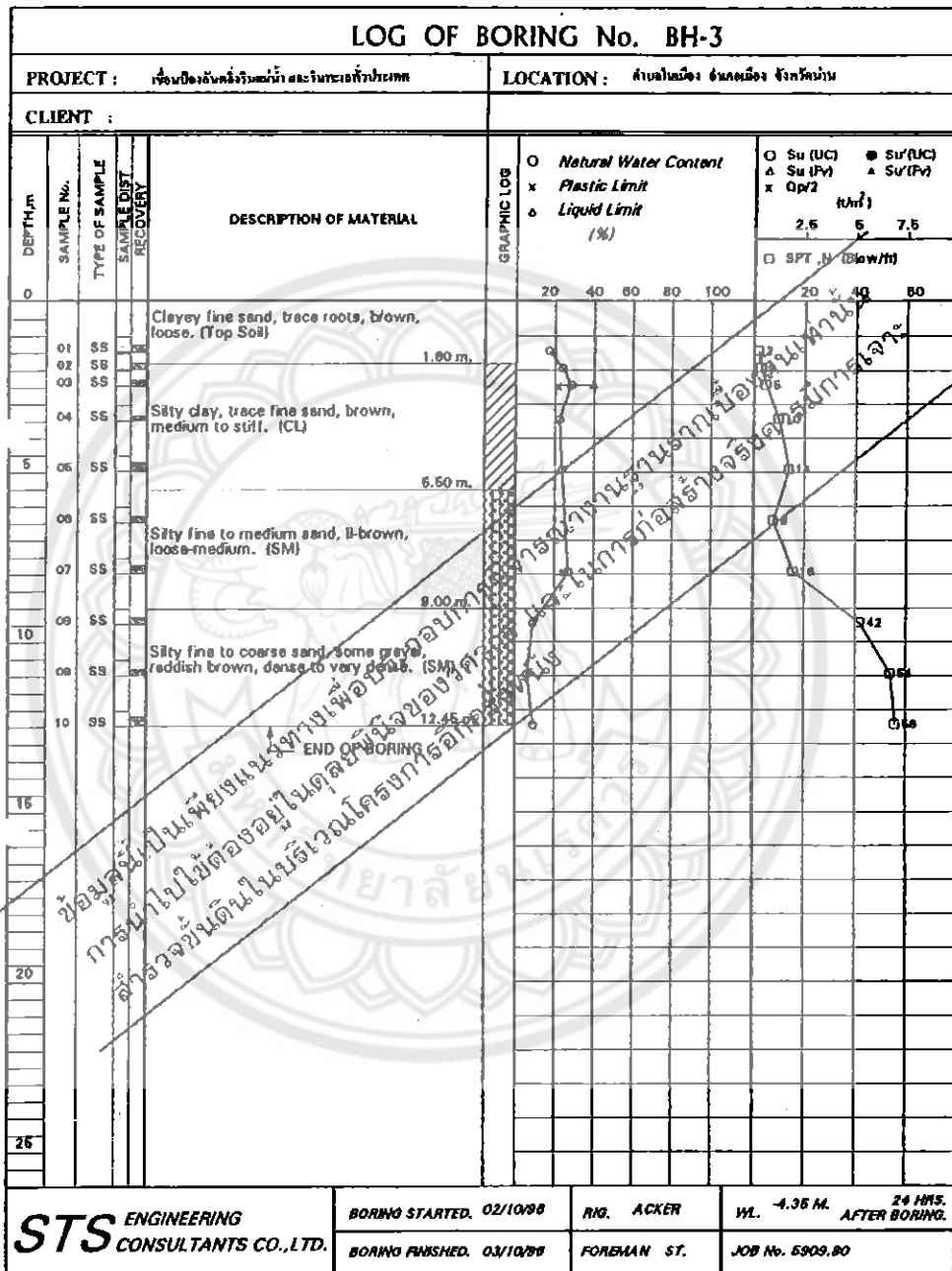


รูปที่ 2. 12 Boring Log BH-1.1

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2539)

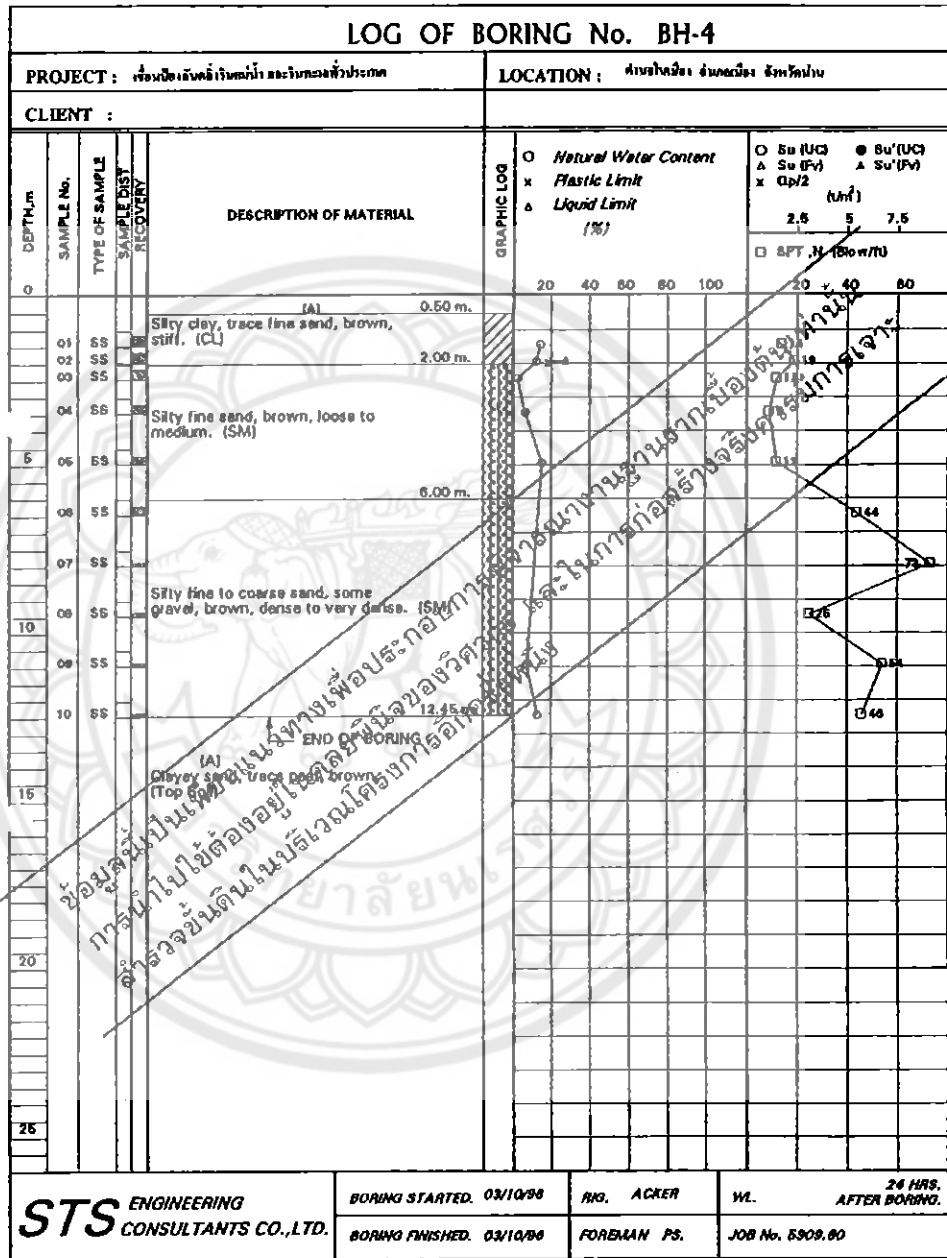


รูปที่ 2. 13 Boring Log BH-1.2



ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2539)

รูปที่ 2. 14 Boring Log BH-1.3



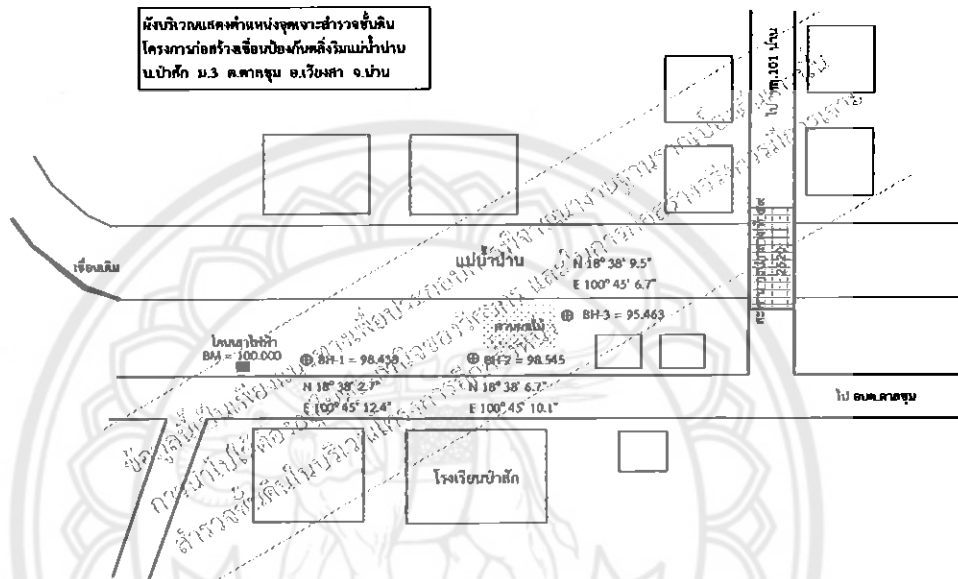
ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2539)

รูปที่ 2. 15 Boring Log BH-1.4

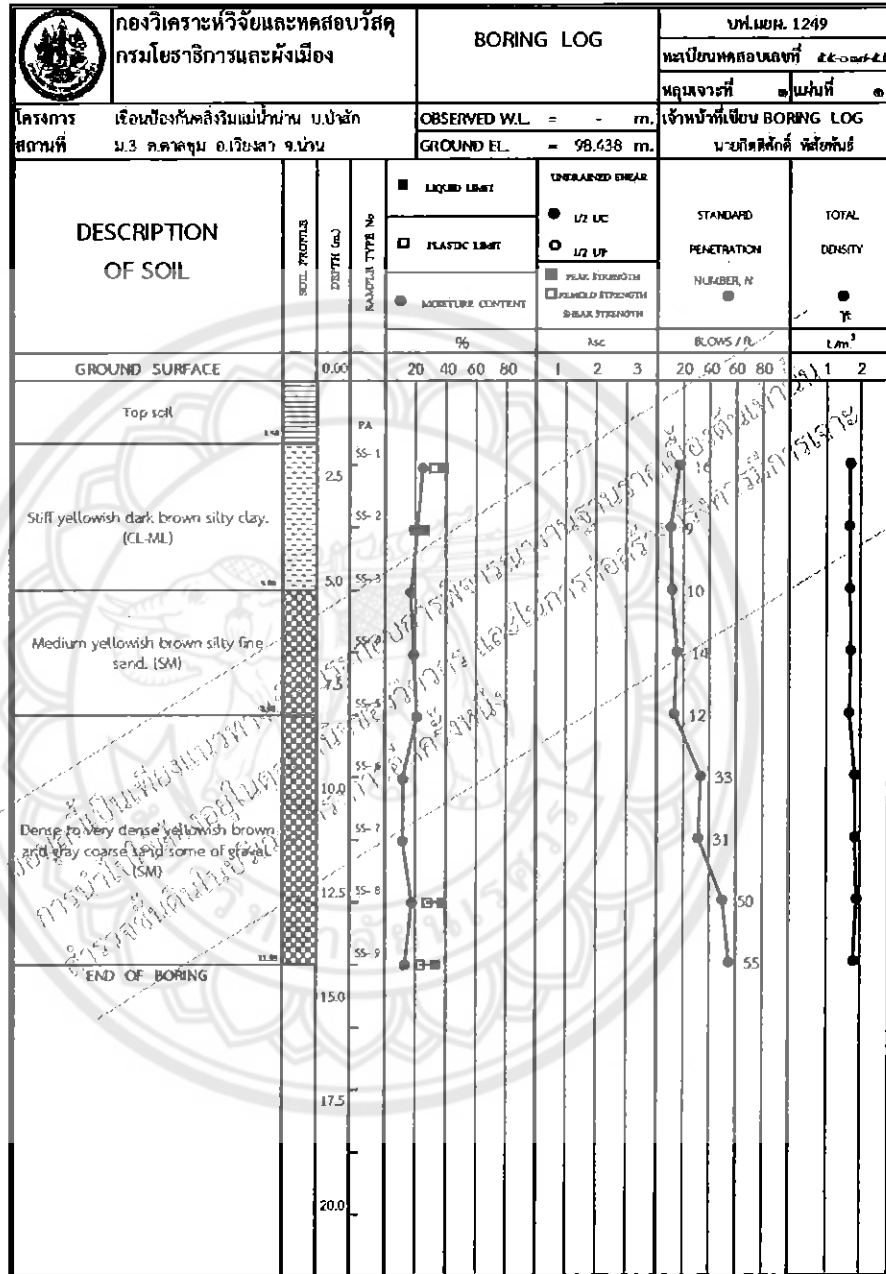
ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2539)

2.5.2 โครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำ่าน บ้านป่าสัก หมู่ที่ 3 ตำบลตาลชุม
อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน

(พื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ศึกษา)

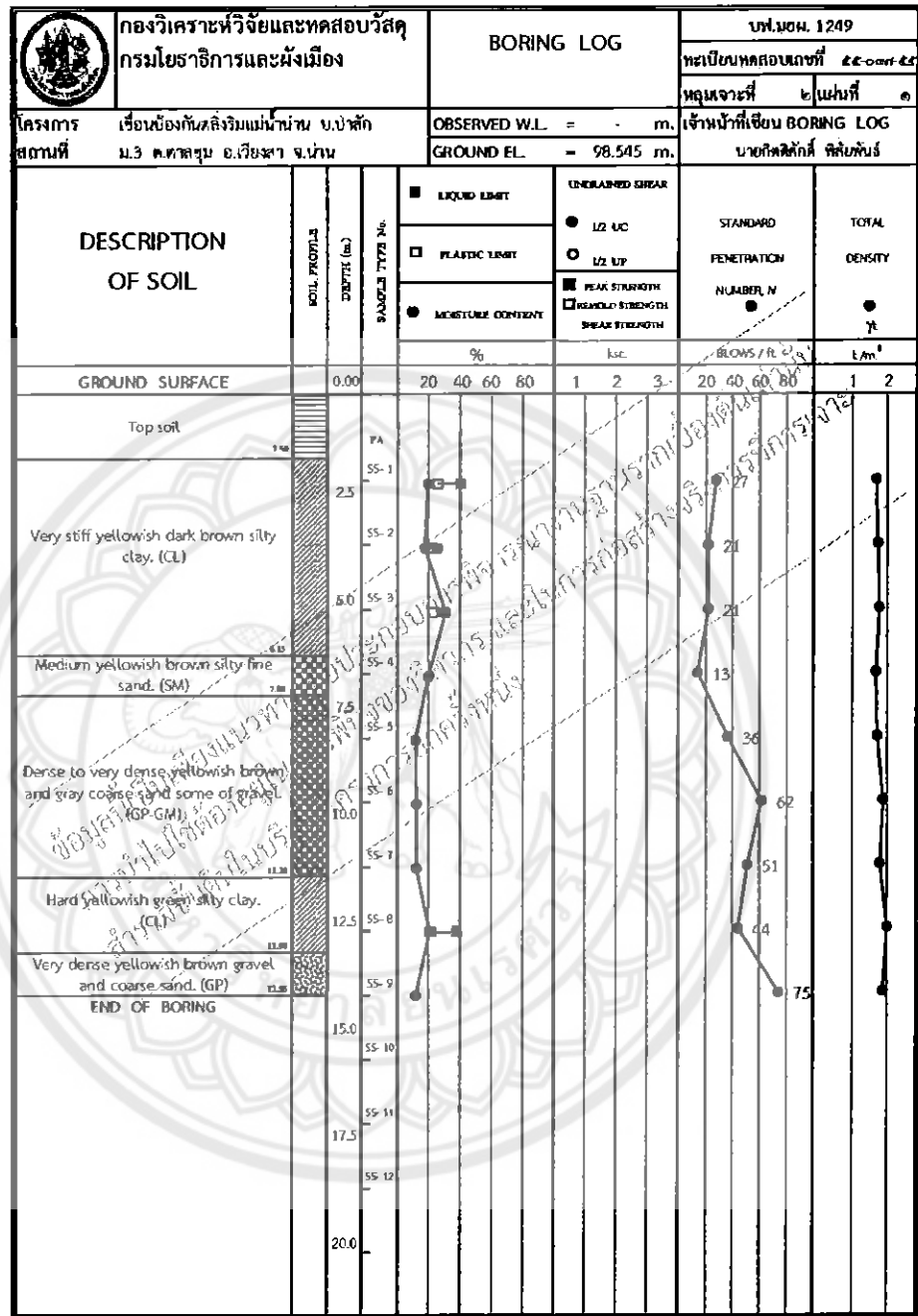


รูปที่ 2.16 แผนที่ตั้งโครงการก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งริมแม่น้ำ่านบริเวณบ้านป่าสัก
ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2555)



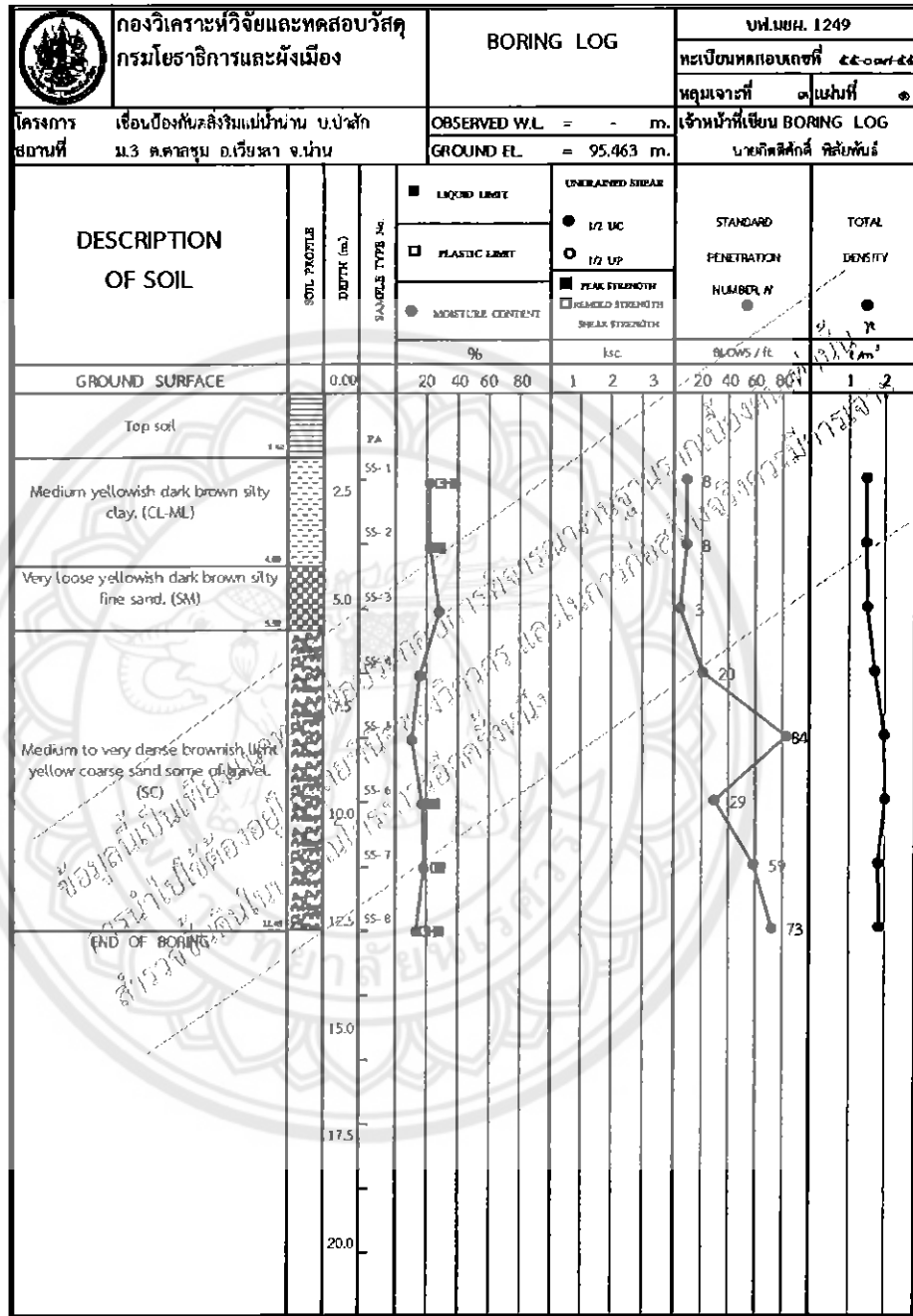
รูปที่ 2. 17 Boring Log BH-1.1

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2555)



รูปที่ 2. 18 Boring Log BH-2.1

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2555)



รูปที่ 2. 19 Boring Log BH-3.1

ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง (2555)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

3.1 การเตรียมการและการวางแผนโครงการ

ในการเตรียมการ และการวางแผนการเจาะสำรวจสภาพชั้นดิน จะแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน กว้างๆ คือ

3.1.1 รวบรวมข้อมูลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดินที่มีอยู่ ก่อนอื่นต้องพิจารณาว่าสภาพชั้นดินบริเวณโครงการเคยปรากฏในข้อมูลว่ามีความแปรปรวนเกิดขึ้นประจำ หรือไม่ ด้วยการหาข้อมูลจากโครงการที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้น และอาจทราบได้ว่าความลึกของฐานรากในแต่ละโครงการแตกต่างกันมากหรือไม่ การวางแผนการสำรวจดินตลอดจน วิธีการเจาะสำรวจดินจะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และลำดับชั้นดิน (Soil profile) ที่หาข้อมูลได้ ซึ่งถ้าเป็นข้อมูลที่ดีอาจจะสามารถลดปริมาณงานเจาะสำรวจในชั้นรายละเอียดลงได้

3.1.2 การสำรวจสถานที่อย่างคร่าวๆ (Site Reconnaissance) สภาพดิน สถานที่ก่อสร้าง สิ่งปลูกสร้างบริเวณนั้น และลักษณะอื่น ๆ ที่จะเป็นประโยชน์ในการนำมาใช้ในการวางแผนการเจาะสำรวจ

3.1.3 การเจาะสำรวจในชั้นรายละเอียด (Detailed Site Investigation) เป็นการเจาะสำรวจ เพื่อหาลักษณะชั้นดินเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบ และการทดสอบคุณสมบัติดินในภาคสนาม

3.1.4 การทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ แม้ว่าเราจะทำการศึกษาตรวจสอบดินในพื้นที่อย่างละเอียด เพื่อรวบรวมลักษณะและสมบัติต่างๆ ของดินให้ได้มากที่สุด แต่ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้เพื่อการจัดจำแนกดินบางอย่างนั้น ไม่อาจได้มาโดยการศึกษาจากลักษณะที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ หรือใช้วิธีการตรวจสอบด้วยอุปกรณ์ภาคสนามได้แต่เพียงอย่างเดียว เนื่องจากมีสมบัติภายในของดินบางอย่างที่เราไม่สามารถมองเห็นหรือตรวจสอบได้ จึงจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างดินบางส่วนกลับมายังห้องปฏิบัติการ และนำไปตรวจวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือและวิธีการตามมาตรฐานสากล เพื่อที่จะนำผลที่ได้มาใช้ในการจัดจำแนกและประเมินศักยภาพของดินนั้นๆ ตัวอย่างของการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาสมบัติต่างๆของดิน

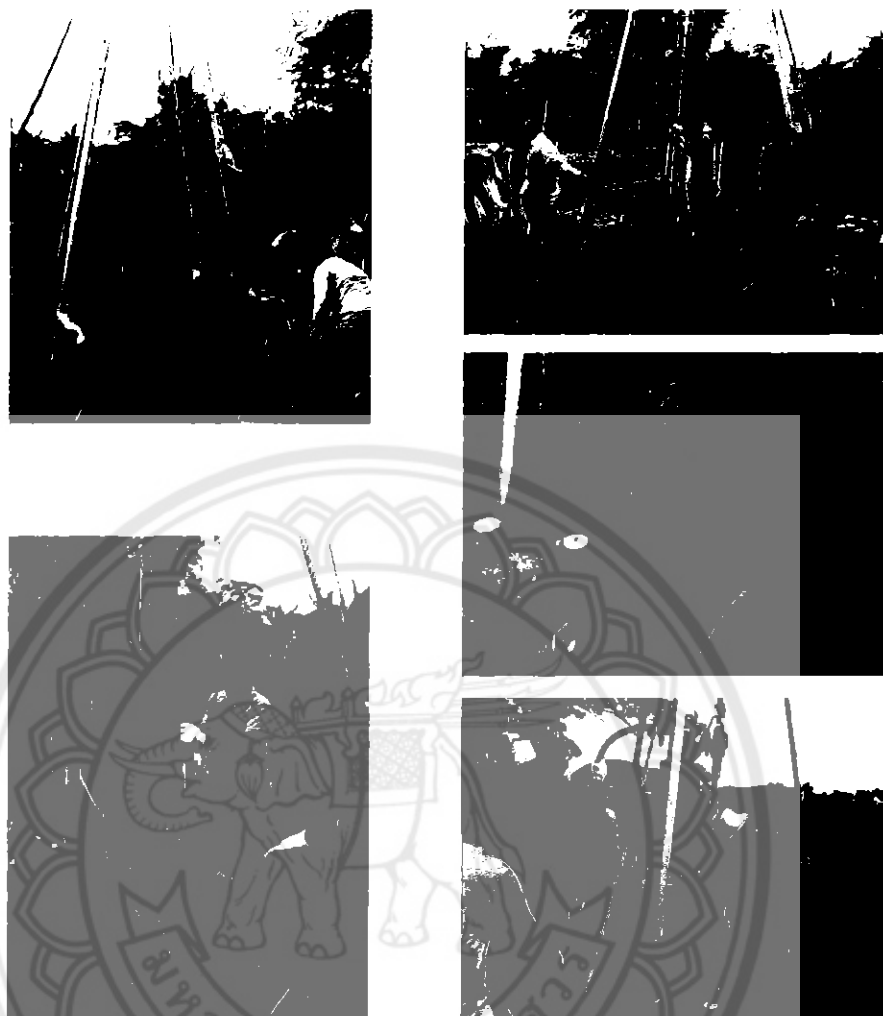
3.2 การเจาะสำรวจดิน

3.2.1 ขั้นตอนการเจาะโดยใช้การฉีดล้าง (Wash Boring) การเจาะดินชนิดนี้ มักใช้ความดันน้ำ หรือ drilling mud เช่น betonies ทำให้ดินหลวม และหลุดตัวเป็นเม็ดลอยขึ้นมา บ่อยครั้งใช้ควบคู่ กับปลอกเหล็ก ป้องกันหลุมตอนบนพัง ก้านหัวเจาะตอนปลายมีท่อฉีดน้ำ เวลาเจาะดินจะยก กระแทกดินหลวม ขึ้นลง ทั้งนี้จะช่วยให้ก้อนดินหลุดและลอย ไหลตามน้ำขึ้นมาได้ง่าย อุปกรณ์ที่สำคัญ คือ สามขา (tripod) และ ตัวเครื่องเจาะ (drilling machine) มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1.1 เตรียมหน้าดินบริเวณหลุมเจาะ เช่นเดียวกับการเจาะโดยวิธีใช้ส่วนมือ พร้อมทั้งตั้งสามขา โดยตั้งให้จุดศูนย์กลาง ตรงกับหลุมเจาะ ติดตั้งก้านและปั๊ม และเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น ต่าง ๆ ไว้ในบริเวณที่ใช้งานได้อย่างสะดวก

3.2.1.2 ปั๊มน้ำผ่านก้านเจาะ ไปยังปลายหัวเจาะ ยกหัวเจาะโดยก้าน เพื่อกระแทกเม็ดดิน ที่บริเวณก้นหลุม จากนั้นเศษดินที่ก้นหลุม จะไหลตามน้ำขึ้นมาที่ปากหลุม แล้วปล่อยน้ำ ไปยังบ่อตกตะกอน พอเศษดินตกตะกอน ก็นำน้ำใสๆกลับมาใช้ได้อีก

3.2.1.3 อาจใช้ปลอกเหล็ก ก้นหลุมดินพัง ตามความจำเป็น เมื่อถึงความลึกที่ต้องการ ก็ทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยเก็บตัวอย่างดินคงสภาพทุก ๆ ระยะ 1.50 เมตร และทำการทดสอบแบบทะลุทะลวงมาตรฐาน (standard penetration test) ในสนาม จนเสร็จสิ้นการเจาะสำรวจดิน



รูปที่ 3. 1 การเจาะโดยใช้การฉีดล้าง (Wash Boring)

3.2.2 การเก็บตัวอย่างดิน

3.2.2.1 การเก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (undisturbed sample) โดยใช้ Thin wall or shelly tube sampler ซึ่งมีขนาด ID.3 นิ้ว มีความหนา 1.2 นิ้ว ยาวประมาณ 70 ซม. ที่ปลายล่างทำให้เป็นปากสี่เหลี่ยม ปลายบนติดกับข้อต่อมี Check valve เพื่อปล่อยให้น้ำที่มีแรงดันผ่านได้ และช่วยให้ดึงตัวอย่างดินที่ติดอยู่ในกระบอกกลับได้ด้วย ก่อนเก็บตัวอย่างดินจะต้องล้างหลุมให้สะอาดติดกระบอกบางที่ปลายก้านเจาะนำลงในหลุมกุดลงในดินที่ระดับเก็บตัวอย่างด้วยแรงกดจากระบบไฮดรอลิกอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ จนถึงประมาณ 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทุกๆไป ประมาณ 50 ซม. เมื่อได้ดินแล้วต้องปิดหัวท้ายกระบอกด้วยซีเมนต์ป้องกันน้ำในดินระเหยออกแล้วส่งกระบอกดินไปห้องปฏิบัติการ ด้วยความระมัดระวัง เพื่อทำการทดสอบต่อไป

3.2.2.2 การเก็บตัวอย่างดินไม่คงสภาพ การเก็บตัวอย่างชนิดนี้ใช้เก็บตัวอย่างดินที่ partially disturbed sample คือตัวอย่างที่ถูกรบกวนบ้าง ยังพอใช้ในการทดสอบหา shear strength ได้บ้าง ตัวอย่างชนิดนี้ได้เนื่องจากการทำ Standard Penetration test นั้นเอง ทำในชั้นดิน stiff clay หรือชั้นทราย โดยใช้ split spoon sampler ซึ่งเป็นกระบอกเหล็กครึ่งวงกลม 2 แผ่นประกบกันด้วยข้อต่อหัวท้าย ตอกลงในดินโดยต่อกับปลายก้านเจาะในการทำ Standard Penetration test เมื่อนำกลับมาคลายเกลียวข้อต่อหัวท้ายออก ตัวกระบอกจะเปิดออกเป็น 2 ส่วน รูปที่ 12 ทำให้เห็นตัวอย่างดินตลอดความยาวของตัวกระบอก ถ้าเป็นดินเหนียวสามารถตัดตัวอย่างยาว 2 ถึง 3 นิ้ว ให้ผิวเรียบใช้ Pocket Penetrometer แทนที่ส่วนบนของตัวอย่างจะได้ค่า Unconfined Compressive strength ส่วนตัวอย่างเก็บใส่ขวด นำกลับห้องปฏิบัติการเพื่อใช้เป็น ตัวอย่าง Visual Classification ตัวอย่างดินไม่คงสภาพที่แท้จริงคือ ตัวอย่างดินที่ตีคปลายสว่าน ขึ้นมาจากหลุมเจาะเก็บใส่ถุงเก็บตัวอย่างส่งเข้าห้องปฏิบัติการต่อไป



รูปที่ 3. 2 การเก็บตัวอย่างดิน

3.2.3 การบันทึก ผลการเจาะสำรวจสภาพชั้นดิน

3.2.3.1 การรายงานผลการเจาะสำรวจของดิน ควรมีรายละเอียด เบื้องต้นดังนี้

- ก. ตำแหน่ง ระดับ และหมายเลขหลุมเจาะ
- ข. วัน เวลา ในการเจาะสำรวจ วิศวกรผู้รับผิดชอบในการเจาะ
- ค. วิธีการเจาะ วิธีการเก็บตัวอย่าง รายละเอียดสภาพชั้นดิน ระดับน้ำใต้

ดิน

3.2.3.2 การทดสอบคุณสมบัติของดินในสนาม การทดสอบ Standard Penetration Test มีจุดประสงค์เพื่อหาค่า consistency ของดิน cohesive soil และค่าความแน่นสัมพันธ์ของดิน Cohesion less หรือ Granular soil หรือค่า Angle of Internal Friction กระทบอก ฝ่า Split spoon sampler ซึ่งเป็นกระทบอกเหล็ก มีขนาดมาตรฐาน 1.4 ถึง 1.5 นิ้ว (ID.) และ 2 นิ้ว (OD.) เป็นกระทบอกเหล็กที่ประกอบด้วยเหล็กครึ่งวงกลม 2 แผ่นประกบกันและมีกระทบอกข้อต่อหัว และท้าย สวมเกลียวเข้าด้วยกันให้คงรูปเป็นทรงกระทบอก มีความยาวประมาณ 26 นิ้ว (ประมาณ 65 ซม.) ที่ปลายก้านเจาะและตอนบนของก้านเจาะติดแป้นเหล็กและก้านส่งพร้อมลูกตุ้มหนัก 140 ปอนด์ ทำความสะอาดก้านหลุมเจาะ นำก้านเจาะและกระทบอกผ่าลงไปหลุมวางไว้ที่ตำแหน่งทดสอบ ยกลูกตุ้มขึ้นสูง 30 นิ้ว แล้วปล่อยกระทบอกแป้นเหล็กจะส่งให้ split spoon sampler จมลงไปในดิน นับจำนวนครั้งที่ตอกให้ split spoon sampler จมลงในดินลึก 6 นิ้ว ทำทั้งหมด 3 ครั้งติดต่อกันจน split spoon sampler จาลงในดิน 18 นิ้ว

3.3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งจะกระทำกับตัวอย่างดิน ที่ได้จากการสำรวจ โดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการนี้ได้ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM และ AASHTO

3.3.1 การหาปริมาณความชื้น (Water Content)

ความชื้นของดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content) เป็นการทดสอบพื้นฐานที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของดิน เช่น แรงเฉือน อัตราส่วนช่องว่างในดิน การทรุดตัวของดิน เป็นต้น ค่าที่กีดแอตเตอร์เบอร์ก (Atterberg's Limits) ต่างๆ ที่ทดสอบก็คือค่าความชื้นของดินนั่นเอง (ในสถานะต่างกับความชื้นตามธรรมชาติ) การทดสอบความชื้นของดินจึงมีความจำเป็นในงานทดสอบดิน

ในทางปฏิบัติ ความชื้นของดินหาได้จากการนำตัวอย่างดินที่มีขนาดน้ำหนักมากพอ (สำหรับขนาดเม็ดดินแต่ละชนิด) ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105-5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 - 24 ชั่วโมง จนดินแห้งและมีน้ำหนักคงที่ แล้ววัดความชื้นของดินเป็นสัดส่วนต่อน้ำหนักดินแห้งเป็นเปอร์เซ็นต์ ดินที่มีเม็ดละเอียดจะมีความชื้นได้สูงกว่าดินที่มีเม็ดหยาบ เนื่องจากดินเม็ดละเอียดมีพื้นที่เฉพาะ (Specific Surface) ซึมซับน้ำได้มากกว่า

3.3.1.1 เครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดสอบ

ก. ตู้อบไฟฟ้า มีขนาดปริมาตรพอเหมาะ มีชั้นตะแกรงสำหรับวางกระป๋อง ตัวอย่างดิน สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส

ข. เครื่องชั่ง อ่านละเอียด 0.01 กรัม (Catalogue ELE) สำหรับชั่งตัวอย่าง ไม่เกิน 100 กรัม อ่านละเอียด 0.1 กรัม สำหรับชั่งตัวอย่าง 100-1000 กรัม และอ่านละเอียด 1 กรัม สำหรับชั่งตัวอย่างที่หนักกว่า 1000 กรัม

ค. กระป๋องใส่ตัวอย่างดินเป็นภาชนะรูปทรงกระบอก มีฝาปิดหรือไม่มีฝา ปิดก็ได้ ทำจากโลหะกันสนิม เช่น อลูมิเนียมขนาด 2 ออนซ์ ($\varnothing 1\frac{1}{4}$ ") และขนาด 8 ออนซ์ ($\varnothing 3\frac{1}{8}$ ")

ง. ถังมือกันความร้อน

3.3.1.2 วิธีการทดสอบ

ก. ทำความสะอาดกระป๋องตัวอย่างดิน ตรวจสอบเบอร์กระป๋อง ชั่งน้ำหนัก กระป๋อง (W_p) ถ้าเป็นกระป๋องแบบมีฝาปิด

ข. ตรวจสอบสภาพตัวอย่างดิน เลือกตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนดินในกอง หรือ คัดจากตัวอย่างดินคงสภาพ ขนาดน้ำหนักดินที่ใช้ แสดงในตารางที่ 3.1 สำหรับดินเหนียว ควรใช้ น้ำหนักตัวอย่างดินอย่างน้อย 100 กรัม

ตารางที่ 3.1 ขนาดน้ำหนักตัวอย่างทดสอบหาความชื้น (ASTM D-2216)

ขนาดเม็ดดินที่ค้ำตะแกรงมากกว่า 10% ของ ตัวอย่าง	ขนาดมวลตัวอย่างชื้นที่แนะนำ (ต่ำสุด), กรัม
2.0 มม. (เบอร์ 10)	100 - 200
4.75 มม. (เบอร์ 4)	300 - 500
19.0 มม. (เบอร์ 3/2)	500 - 1000
38.0 มม. (เบอร์ 1 1/2)	1500 - 3000
76.0 มม. (เบอร์ 3)	5000 - 10000

ที่มา: วรากร ไหมเรียงและคณะ (2525)

ค. บรรจุตัวอย่างดินลงในกระป๋อง ถ้าเป็นตัวอย่างดินเหนียวที่เป็นก้อน ใช้มีดหั่นเป็นชิ้นบางๆ เพื่อให้แห้งง่าย ถ้าเป็นกระป๋องที่มีฝาปิด หลังบรรจุตัวอย่างเสร็จ ปิดฝาไว้

ง. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างดินเปียกรวมกระป๋อง (W_2) ถ้าเป็นกระป๋องที่ไม่มีฝาปิด ต้องรีบชั่งตัวอย่างทันทีที่บรรจุตัวอย่างเสร็จ ส่วนกระป๋องมีฝาปิด หลังจากปิดฝาแล้ว อาจใส่ถาดรวมไว้หลายๆ ตัวอย่างจึงนำไปชั่งครั้งเดียวกัน

จ. นำกระป๋องตัวอย่างเข้าอบในตู้อบ ถ้าเป็นกระป๋องตัวอย่างที่มีฝาปิด เปิดฝาดูดอากาศออกให้แห้งก่อนการทดลองที่มีกระป๋องตัวอย่างหลายๆ กระป๋อง ควรหาภาชนะใส่กระป๋องรวมกัน เพื่อสะดวกในการค้นหาตัวอย่างที่แห้งแล้ว

ฉ. หลังอบตัวอย่างไว้ข้ามคืน (ประมาณ 18-24 ชั่วโมง) นำกระป๋องตัวอย่างดินออกจากตู้อบ แล้วปิดฝากะป๋อง นำตัวอย่างกระป๋องตัวอย่างไปใส่ไว้ในอ่างแก้วดูดความชื้น (ถ้ามี) ทิ้งไว้จนกระทั่งเย็น

ช. นำกระป๋องตัวอย่างที่เย็นแล้วชั่งขึ้นชั่ง เป็นน้ำหนักตัวอย่างดินแห้งรวมกระป๋อง (W_3) จดบันทึกน้ำหนักให้ถูกต้องตามเบอร์กระป๋อง

3.3.1.3 วิธีการคำนวณ

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

$$W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

สมการที่ 3.1 สมการหาค่าความชื้นของดิน

เมื่อ W_w = น้ำหนักน้ำในดิน (กรัม)

W_s = น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)

W_1 = น้ำหนักกระป๋องดิน (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างดินเปียก + กระป๋อง (กรัม)

W_3 = น้ำหนักตัวอย่างดินแห้ง + กระป๋อง (กรัม)

3.3.2 การทดสอบหากล้างรับแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compression Test)

เพื่อศึกษาการทดสอบแรงอัดตัวอย่างดินเหนียวคงสภาพแบบไม่ถูกจำกัด ความแข็งแรงหรือกำลังของดินเหนียว (Cohesive soil) จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Cohesion ซึ่งเกิดขึ้นจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้า-เคมี (Electro chemical bonds) ระหว่างเม็ดดิน และ Friction ซึ่งเกิดขึ้นจากการขัดตัวของเม็ดดิน (Particle interlocking) และความฝืดระหว่างผิวของเม็ดดิน (Surface friction)

ในดินเหนียวอ่อนและดินเหนียวปานกลาง (Soft และ Medium Clay) กำลังของดินส่วนใหญ่่มักจะเกิดจาก Cohesion การทดลอง Unconfined compression เป็นวิธีการหาค่าประมาณ Cohesion ของดิน โดยวิธีง่าย ๆ ซึ่งทำได้รวดเร็ว

ความแข็งแรงของดินอาจแทนได้ด้วยสมการ Mohr-Coulumb

$$\tau = C + \sigma \tan \phi$$

ถ้าเป็นดินเหนียวอ่อนอิ่มตัวและภายใต้แรงกดที่กระทำในเวลาอันรวดเร็ว $\tan \phi$, จะมีค่าน้อยและทำให้ $\tan \phi = 0$

$$\tau = C$$

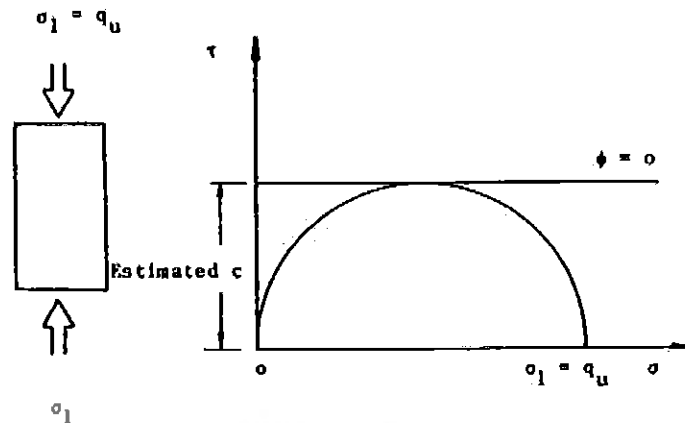
สมการที่ 3.2 สมการ Mohr-Coulumb

ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่ใช้ใน Unconfined compressive strength ในการทดลอง Unconfined compression test ตัวอย่างดินรูปทรงกระบอกจะถูกกดทางแนวตั้ง โดยไม่มีความดันหรือการอัดช่วยทางด้านข้าง คล้ายกับการกดตัวอย่างคอนกรีต ข้อมูลที่เราจะบันทึกไว้ก็คือ แรงกดในแนวตั้ง (F_v) และการหดตัวของตัวอย่าง (V) ตัวอย่างดินจะรับแรงเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด ($F_{v(max)}$)

ถ้าเราลองนำค่าหน่วยแรงโดยรอบ ตัวอย่างดินมาเขียนลงใน Mohr's Diagram ผลที่ได้ก็คือ ค่า cohesion โดยประมาณของดินนั้น

$$\text{Estimated } C = \frac{\sigma_2}{2} = \frac{F_{v(max)}}{2A_c}$$

สมการที่ 3.3 สมการค่า cohesion



รูปที่ 3.3 Stress และ Mohr's Diagram

ที่มา: วรากร ไผ่เรียงและคณะ (2525)

3.3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

- ก. เครื่องกดตัวอย่าง (Compression Machine) มีขนาดกำลังพอเพียงที่จะกดตัวอย่างและมีอัตราการกดพอเหมาะ
- ข. วงแหวนวัดแรง (Proving Ring) ที่มีขนาดพอเหมาะที่จะกดทดสอบตัวอย่างดินมีความไวที่เหมาะสมไม่แข็งเกินไป
- ค. มาตรหน้าปัด (Dial Gauge) อ่านละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ความยาวช่วง 25 มิลลิเมตร
- ง. อุปกรณ์แต่งตัวอย่าง เช่น โครงตัดแต่งตัวอย่างดิน (Trimming Fram), เลื่อยเส้นลวด (Wire Saw) และกระดาษเคลือบขี้ผึ้ง (Wax Paper)
- จ. เครื่องชั่ง
- ฉ. เครื่องมือหาความชื้นทั่วไป

3.3.2.2 วิธีการทดสอบ

ก. ตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample)

- ก.1 นำตัวอย่างดินคงสภาพซึ่งอาจจะหุ้มไว้ด้วยพาราฟิน หรือ เฟ็งเอาออกจากกระบอกเก็บตัวอย่าง มาตัดแต่งให้เป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งโดยปกติจะมีขนาดมาตรฐานดังนี้

ตารางที่ 3. 2 อัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกับความสูงของตัวอย่างในการทดสอบ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง, นิ้ว	ความสูงของตัวอย่าง, นิ้ว
1.4	2.8 - 3.0
2.8	5.6 - 6.0

ที่มา: วรากร ไผ่เรียงและคณะ (2525)

แต่ขนาดอื่นๆ ก็อาจจะใช้ได้ โดยที่ความสูงของตัวอย่างจะต้องมากกว่า 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง ทั้งนี้เพื่อให้รอยฉีก (Failure Plane) ไม่อยู่ในส่วนของผิวบนหรือผิวล่างของตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้มีความผิดบนส่วนนั้นเกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง และค่า F_v จะมากกว่าปกติ การตัดแต่งจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังโดยใช้เลื่อยเส้นลวด และเครื่องตัดแต่งตัวอย่างดิน



รูปที่ 3. 4 การตัดแต่งตัวอย่างดิน

ก.2 ใช้กระบอกรูปแบบ (Miter box) แบบผ่าหุ้มตัวอย่างในการที่จะตัดส่วนล่างและส่วนบนของตัวอย่างให้ได้ความยาวตามต้องการ แล้วทำการวัดขนาดที่แน่นอนโดยใช้

เวอร์เนีย ความสูงควรวัดอย่างน้อย 3 ค่ารอบตัวอย่าง เช่นเดียวกับเส้นผ่าศูนย์กลางก็ควรจะวัด ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง เพื่อนำเหล่านี้มาหาค่าเฉลี่ยต่อไป

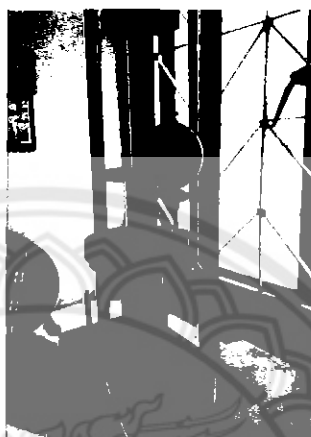


รูปที่ 3.5 การวัดขนาดตัวอย่างดิน

ก.3 จัดวางตัวอย่างลงบนเครื่องทดสอบ จัดให้ได้ศูนย์กลางของแนวกดปกติ มักจะมีแผ่นพลาสติกกลมประกบไว้ทั้งด้านล่างและด้านบน เพื่อลดความผิดพลาดที่ไม่ต้องการแล้วจัด dial gage สำหรับวัดการหดตัวให้เข้าที่ โดยอาจจะเริ่มตั้งที่เลขศูนย์ เพื่อสะดวกในการอ่านก็ได้

ข. ตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพหรือตัวอย่างเตรียมสภาพ (Remolded หรือ Prepared Sample) ในกรณีที่ต้องการทดสอบดินเปลี่ยนสภาพ ก็ต้องนำตัวอย่างคงสภาพที่ได้ทดสอบไปแล้ว หรือตัวอย่างคงสภาพมาขยำหรือบดเข้ากันให้ทั่วในกระบอบแบบ (Miter box) (ควรหาซีฟี่งหล่อสลับบนผิวภายในของกระบอบแบบ เพื่อสะดวกในการดันตัวอย่างออก) พยายามให้มีโพรงอากาศอยู่ในตัวอย่างให้น้อยที่สุดแล้วดำเนินการตามข้อ ก.2 และ ก.3 เหมือนกัน ตัวอย่างดินคงสภาพ แต่ถ้าเป็นกรณีดินเหนียวอ่อนมาก อาจจะต้องดันตัวอย่างออกเสียก่อนแล้วจึงค่อยวัดขนาด เพราะขนาดจะเปลี่ยนไปในขณะที่ดัน ในกรณีที่ทดสอบดินเตรียมสภาพ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เตรียมใหม่จากการบดอัดให้มีความหนาแน่นและความชื้นตามต้องการ ซึ่งวิธีเตรียมก็คล้ายกับการบดอัดแบบ Standard Proctor, Modified AASHO หรือ Harvard Ministure ต่างกันที่รูปร่างของแบบ (Mold) จะต้องเปลี่ยนไปให้เหมาะสมกับขนาดมาตรฐานสำหรับ Unconfined Compression Test ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น เมื่อดันตัวอย่างออกจากกระบอบแบบสำหรับบดอัดแล้วจะต้องแต่งด้านบนและด้านล่างให้เรียบได้ระดับ แล้วจึงดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ ก.2 และ ก.3 สำหรับตัวอย่างคงสภาพ

ข.1 ก่อนเริ่มทดสอบจะต้องตรวจสอบการติดตั้งตัวอย่างและเครื่องมือ ดังนี้ แป้นกดของเครื่องจะต้องสัมผัสตัวอย่างพอดี, Dial gage สำหรับวัดหดตัวและวัดแรง (ใน Proving ring) ให้ตั้งอยู่ที่ศูนย์และในกรณีที่เครื่องทดสอบเป็นแบบมือหมุน ผู้ทดสอบจะต้องซ้อมหมุนให้ได้อัตราการกดตามต้องการ (ในขณะที่ยังไม่ตัวอย่างดิน)



รูปที่ 3. 6 การทดสอบ Unconfined Compression Test

ข.2 เริ่มการกดตัวอย่างโดยอัตราการกด (การเคลื่อนที่ทางแนวตั้งของเครื่องให้อยู่ในช่วง 0.02 ถึง 0.1 นิ้วต่อนาที (ปกติใช้ 0.05 นิ้วต่อนาที) ตามความเหมาะสมในช่วงอ่านต่างๆ กัน

ข.3 บันทึกข้อมูลจากวงแหวนวัดแรงทุก ๆ การหดตัว 0.005 นิ้วของตัวอย่าง (อาจใช้ 0.002 นิ้วในกรณีที่ตัวอย่างเป็นดินเปราะ)

ข.4 เมื่อแรงในวงแหวนวัดแรงเพิ่มขึ้นไปสูงสุดแล้วเริ่มจะลดลง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดสูงสุดของกำลังของดิน ให้ยังคงอ่านผลต่อไปจนเห็นแนวเฉือน (Failure plane) บนตัวอย่างได้ชัดเจน ในบางกรณีที่ไม่มียรอยเฉือนปรากฏชัด เช่น ตัวอย่างดินเปลี่ยนสภาพ ให้ทดสอบจนการหดตัวถึงประมาณ 20% ของความสูงของตัวอย่าง



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างดินที่เกิดรอยเฉือน

ทำกับแนวราบ

ข.5 เขียนรูปตัวอย่างลักษณะการเกิดรอยเฉือน และวัดมุมที่รอยเฉือน

ข.6 ตัวอย่างดินที่ทำการทดสอบเสร็จแล้ว ต้องนำไปชั่งและเอาเข้าเตาอบ เพื่อหาปริมาณความชื้น (Moisture Content)

3.3.2.3 วิธีการคำนวณ

ก. คำนวณพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

$$A_o = \frac{A_t + 2A_m + A_b}{4}$$

สมการที่ 3.4 สมการการหาพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

เมื่อ

A_o = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย

A_t = พื้นที่หน้าตัดด้านบนของตัวอย่าง

A_m = พื้นที่หน้าตัดตรงกลางของตัวอย่าง

A_b = พื้นที่หน้าตัดด้านล่างของตัวอย่าง

ข. คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไปในระหว่างการทดสอบ

$$A_c = \frac{A_o}{(1 - \epsilon)}$$

สมการที่ 3.5 สมการหาพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไปในระหว่างการทดสอบ

เมื่อ

$$\epsilon = \Delta V / L_o$$

A_c = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างขณะที่มีการหดตัว

L_o = ความยาวเดิมหรือความยาวเริ่มแรก

ค. คำนวณหาแรงกดบนตัวอย่าง

$$\sigma_v = \frac{(P.R.) K}{A_c}$$

สมการที่ 3.6 สมการหาแรงกดบนตัวอย่าง

เมื่อ

σ_v = แรงกดบนตัวอย่างในแนวตั้ง, ปอนด์ / ตารางนิ้ว (PSI)

P.R. = Proving ring reading

K = Proving Ring Constant (1b / Division)

3.3.2.4 ผลการทดสอบ

ก. เขียนกราฟแสดงค่าระหว่างแรงกดบนตัวอย่างดิน และการหดตัว (σ_v , v.s., ΔV)

ข. อ่านค่าสูงสุดของกำลังกด ($\sigma_{v(max)}$) หรือบางครั้งเรียกว่า U.C.S. (Unconfined Compressive Strength)

Cohesion จะมีค่าดังนี้

$$C = \frac{U.C.S.}{2} = \frac{q_u}{2}$$

สมการที่ 3.7 สมการ Cohesion

ค. ถ้ามีการทดสอบทั้งตัวอย่างดินในลักษณะคงสภาพ (Undisturbed) และตัวอย่างดินในลักษณะเปลี่ยน (Remolded) ของดินชนิดเดียวกัน จะสามารถคำนวณหา Sensitivity ของดินชนิดนั้นได้โดย

$$\text{Sensitivity} = \frac{U.C.S. (\text{Undisturbed})}{U.C.S. (\text{Remolded})}$$

สมการที่ 3.8 สมการหา Sensitivity

ถ้า Sensitivity มีค่ามาก หมายความว่า ไรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพหรือการกระทบกระเทือนซึ่งทำให้กำลังของดินลดลงอย่างมาก

3.3.3 การทดสอบหาน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight)

ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) มีความสำคัญ เป็นพื้นฐานในการคำนวณค่าหน่วยแรงกดทับของชั้นดินตามธรรมชาติที่ความลึกต่างๆ ซึ่งเป็นค่าคงตัวที่เป็นตัวแปรในสูตรการคำนวณต่างๆ เช่นการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกทุกของฐานราก การคำนวณการทรุดตัวของดิน เป็นต้น การทดลองหาค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight) โดนทั่วไปจะจำกัดเฉพาะดินเหนียวที่สามารถตั้งรูปทรงได้ ตัวอย่างที่ทดสอบต้องเป็นตัวอย่างดินคงสภาพ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ไม่สามารถทดลองกับตัวอย่างทราย-กรวดได้ เพราะไม่สามารถเก็บตัวอย่างแบบคงสภาพได้ (การเก็บตัวอย่างด้วยกระบอกลงโดยทั่วไปถือว่าตัวอย่างจะถูกรบกวนไปบ้างแล้ว)

3.3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ก. วงแหวนตัวอย่าง (Sample Ring)

ข. เลื่อยเส้นลวด (Wire Saw)

ค. เครื่องชั่ง อ่านละเอียด 0.01 กรัม หรือเครื่องชั่ง 2610 กรัม อ่านละเอียด 0.1 กรัม

ง. เวอร์เนียคาลิเปอร์

จ. จารบีซิลิโคน (Silicone Grease) หรือจารบีธรรมดา

3.3.3.2 วิธีการทดสอบ

ก. ชั่งวงแหวนตัวอย่าง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน และวัดความสูง 2-3 ครั้ง



รูปที่ 3.8 การวัดขนาด (ซ้าย) ชั่งน้ำหนักของวงแหวน (ขวา)

ข. ใช้จารบีซิลิโคน (Silicone Grease) หรือจารบีธรรมดาทาภายในวงแหวนบางๆ

ค. ตัดตัวอย่างดินที่จะทดสอบให้มีความยาวกว่าความสูงของวงแหวนเล็กน้อย วางตัวอย่างดินบนพื้นโต๊ะ ใช้เลื่อยเส้นลวดตัดตัวอย่างดินในแนวตั้ง ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนเล็กน้อย ตั้งวงแหวนบนตัวอย่างดิน และกดลงในดินตามแนวตั้งจนกระทั่งมิด และดินภายในวงแหวนพันขอบวงแหวนเล็กน้อย ใช้เลื่อยเส้นลวดตัดดินให้เรียบหัวท้าย ทำความสะอาดเศษดินนอกวงแหวนจนสะอาด

ง. นำวงแหวนที่มีตัวอย่างดินบรรจุอยู่ขึ้นชั่ง

3.3.3.3 วิธีการคำนวณ

ก. ค่าน้ำหนักรวมต่อหน่วยปริมาตร (Total Unit Weight)

$$\gamma_t = \frac{W}{V} \quad \text{กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

สมการที่ 3.9 สมการหาค่าน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร

ปริมาตรวงแหวน

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

สมการที่ 3.10 สมการหาปริมาตรวงแหวน

เมื่อ

d = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางวงแหวน (เซนติเมตร)

h = ค่าเฉลี่ยความสูงวงแหวน (เซนติเมตร)

ข. ค่าน้ำหนักแห้งต่อหน่วยปริมาตร (Dry Unit Weight)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t \times 100}{(100 + w)} \quad \text{กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

สมการที่ 3.11 สมการหาค่าน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร

เมื่อ

W = ความชื้นของดิน

ค. คิดเป็นหน่วย SI คุณ ρ_d ด้วยค่าแรงโน้มถ่วง $g = 9.807$ (เมตร/วินาที²)

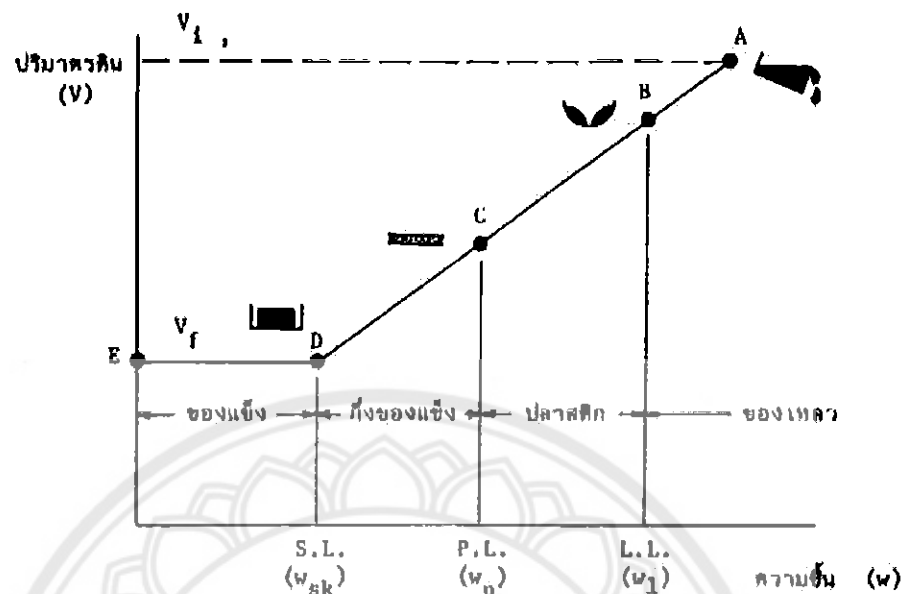
3.3.4 การทดสอบขีดแอดเตอร์เบิร์ก (Atterberg's limits)

ความชื้นในมวลดินมีอิทธิพลสูงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน ทั้งในด้านการเปลี่ยนสถานะภาพ (เช่น น้ำมากดินเป็นของเหลว, น้ำน้อยดินเป็นของแข็ง) และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางวิศวกรรม เช่น ความแข็งแรงของดินฐานรากมีค่าลดลงเมื่อน้ำมาก อิทธิพลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดังกล่าวมีผลมากต่อดินที่มีขนาดเม็ดละเอียด (Fine Grain Soil) ได้แก่ดินที่เรียกว่าดินเหนียว (Cohesive Soil) ทั้งนี้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดินหรือความเหนียวดังกล่าวเกิดจากการดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้าที่อยู่ในเม็ดดิน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความชื้น สำหรับดินที่มีขนาดเม็ดดินใหญ่ (Coarse Grain Soil) อิทธิพลของการดึงดูดเนื่องจากประจุไฟฟ้ามีค่าน้อย ความเหนียวจึงไม่มี (Cohesive Soil) ดินประเภทนี้จึงมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงไป

ความชื้นในมวลดิน ณ จุดขณะเปลี่ยนสภาพ เรียกว่า “ขอบเขตสถานะภาพ” (Limit State) เช่น เป็นปริมาณความชื้นที่ดินจะเริ่มไหลเหมือนของเหลว ฯลฯ ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของมวลดินนั้นๆ นอกจากจะใช้เป็นตัวบ่งคุณสมบัติพื้นฐานแล้ว ยังใช้ในการจัดจำแนกหมวดหมู่ (Soil Classification) และคาดคะเนคุณสมบัติทางวิศวกรรมบางอย่าง เช่น การทรุดตัวของชั้นดิน

จุดเปลี่ยนสถานะภาพ หรือ ลิมิตของมวลดิน ถูกเสนอขึ้นเป็นครั้งแรกโดย นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน ชื่อ A. Atterberg โดยมีอยู่ด้วยกัน 5 ลิมิต คือ Cohesion limit, Sticky limit, Shrinkage limit, Plastic limit, และ liquid limit แต่ภายหลังนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านปฐพีกลศาสตร์เพียงสามลิมิตสุดท้ายเท่านั้น ถ้าเรานำดินเหนียวมาผสมน้ำจนมีความชื้นสูง ดินจะมีสภาพคล้ายของเหลว เช่น ที่จุด A ในรูปที่ 3.9 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของมวลดินอิมตัว และความชื้นในดินจากจุด A ถ้าเราทำให้ความชื้นค่อยๆ ลดลงไป ปริมาตรของมวลดินก็จะลดลงเป็นปริมาตรที่คงที่ มวลดินจะเปลี่ยนสถานะภาพไป จากของเหลวเป็นพลาสติก, กึ่งของแข็งตามลำดับ

Liquid Limit (WL หรือ L.L.) คือ ความชื้นในมวลดินขณะที่มวลดินเริ่มเปลี่ยนสภาพ จากของเหลว (Viscous Fluid) ไปเป็นสารหนืดตัวในสถานะภาพพลาสติก (Plastic State) ที่จุด B



รูปที่ 3.9 สถานภาพต่าง ๆ ของมวลดินเหนียว

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

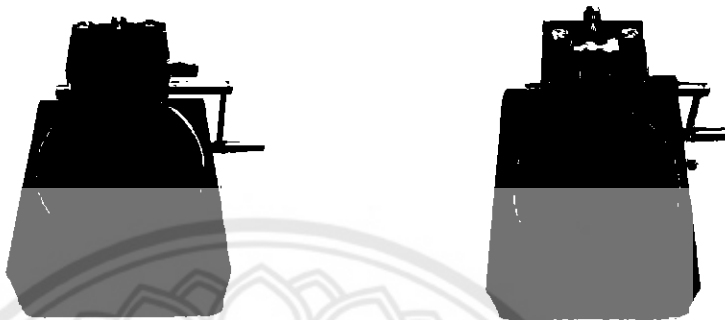
Plastic Limit (w_p หรือ P.L.) คือ ความชื้นในมวลดินขณะที่เปลี่ยนสถานภาพจากพลาสติกเป็นกึ่งของแข็ง (Semi - solid state) ที่จุด C

Shrinkage Limit (w_{sk} หรือ S.L.) คือ ความชื้น ณ. ที่จุด D ซึ่งดินเปลี่ยนจากสภาพกึ่งของแข็งเป็นของแข็ง และจะไม่มี การหดตัวต่อไปอีกแล้ว แต่เมื่อความชื้นยิ่งลดลงไป ฟองอากาศจะเริ่มแทรกเข้าไปในมวลดิน และทำให้เกิดสภาวะไม่อิ่มตัวเกิดขึ้น จนกระทั่งไม่มีความชื้นอยู่เลย ณ. ที่จุด E

ค่าความชื้นในสถานภาพพลาสติกของดิน เราเรียกว่า Plasticity Index (P.I. หรือ I_p) คือผลต่างของ L.L และ P.L มักเป็นตัวแสดงถึงความเหนียวของดินและยังแสดงความไวต่อการเปลี่ยนสถานภาพต่อความชื้นของมวลดินนั้น จึงเป็นค่าที่สำคัญใช้มากในการจำแนกมวลดิน การหาค่าความชื้นที่ลิมิตต่างๆ มีวิธีการเฉพาะซึ่งเป็นที่ยอมรับและใช้กันแพร่หลาย คือ

Liquid Limit คือ ความชื้นของมวลดินที่เมื่อเตรียมดินลงในถ้วยเคาะ (Liquid limit device) ในรูปที่ 2 โดยมีรอยบากมาตรฐาน แล้วเคาะได้ 25 ครั้ง รอยบากนั้นจะเคลื่อนมาบรรจบกันยาวประมาณ 1 เซนติเมตร พอดีซึ่ง A.Cassagrande ได้ให้ความเห็นไว้ว่าเท่ากับความชื้น ณ. จุดที่

กำลังของดินเท่ากับ 25 กรัม/ตารางเซนติเมตร โดยเปรียบเทียบไว้ว่าการเคาะแต่ละครั้ง เท่ากับหน่วยแรงเฉือนที่กระทำต่อมวลดินมีค่าประมาณ 1 กรัม/ ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 3. 10 การเคลื่อนตัวของมวลดินบริเวณรอยบาก (ก่อนเคาะและหลังเคาะตามลำดับ)

ที่มา: วรากร ไหมเรียงและคณะ (2525)

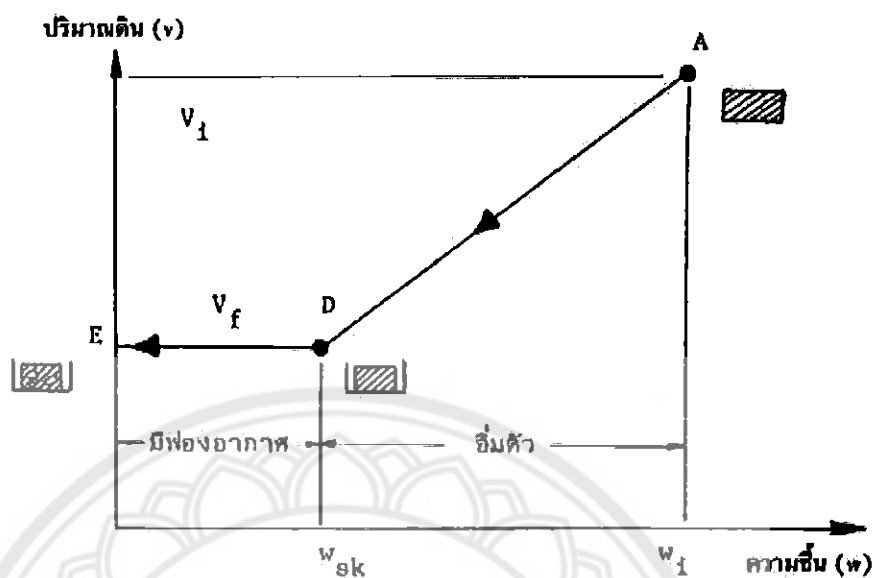
Plastic limit คือ ความชื้นในมวลดิน ซึ่งเมื่อถูกปั้นคลึงเป็นเส้นยาวและมีขนาด 1 หุน (1/8 นิ้ว) แล้วจะมีรอยแตกปริโดยรอบผิวดินเกิดขึ้นพอดี ดังเช่นในรูปที่ 3.11 ซึ่งในการปฏิบัติจริงทำได้ยากพอสมควรต้องอาศัยความชำนาญ กว่าจะได้ผลการทดลองที่น่าเชื่อถือได้



รูปที่ 3. 11 การทดสอบหาค่า Plastic limit

ที่มา: วรากร ไหมเรียงและคณะ (2525)

สำหรับ Shrinkage limit ดังที่เคยกล่าวเอาไว้ข้างต้นแล้วว่า เป็นความชื้น ณ จุดที่มวลดินจะไม่เปลี่ยนแปลงปริมาตรอีกแล้ว อาจหาได้จากรูปที่ 3.12



รูปที่ 3. 12 การหาค่าของมวลดิน

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

$$W_{sk} = W_i - \frac{(V_i - V_f) \gamma_w}{W_s} \times 100$$

สมการที่ 3. 12 สมการการหาค่าของมวลดิน

เมื่อ

W_i = ความชื้นเมื่อเริ่มการทดลองที่ A

V_i = ปริมาตรดินเมื่อเริ่มการทดลองที่ A

V_f = ปริมาตรดินเมื่อแห้งที่ E หรือ D

W_s = น้ำหนักแห้งของมวลดิน

3.3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ก. การทดสอบหาพิสัยเหลว (Liquid Limit)

ก.1 เครื่องเคาะดิน (Casagande's cup)

ก.2 มีดปาดร่องดิน (Grooving Tool)

ก.3 ถ้วยผสมดิน

ก.4 มีดปาดร่อง (Spatula) ขนาด 10 เซนติเมตร

ข. การทดสอบหาพิกัดพลาสติก (Plastic Limit)

ข.1 แผ่นกระจกขนาด 30 x 30 เซนติเมตร ทหนา 1 เซนติเมตร

ข.2 ฟิล์มโลหะ ขนาด 3.2 มิลลิเมตร (1/8 นิ้ว)

ค. การทดสอบหาพิกัดหดตัว (Shrinkage Limit)

ค.1 ถ้วยหาพิกัดหดตัว (Shrinkage Dish)

ค.2 แผ่นพลาสติกสามขา (Plastic Plate with Three Pronged)

ค.3 ถ้วยแก้วหาปริมาตร (Volume Dish)

ค.4 แผ่นกระจก (Watch Glass)

ค.5 ปรอท

ค.6 ถ้วยกระเบื้องขนาดเล็ก

ค.7 ถ้วยกระเบื้องขนาดกลาง

ค.8 จารบี หรือสเปร์เทฟลอน

ง. อุปกรณ์ทั่วไป

ง.1 ขวดบีบน้ำ (Wash Bottle) ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ง.2 กระบอกตวงขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ง.3 ตะแกรงร่อนเบอร์ 40

ง.4 น้ำกลั่น

3.3.4.2 วิธีการทดสอบ

ก. การทดสอบหาพิกัดเหลว (Liquid Limit)

ก.1 ร่อนตัวอย่างดินแห้งผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ประมาณ 200 กรัม (ถ้าเป็นดินเหนียวเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯสามารถใช้ดินในสภาพธรรมชาติได้ อาจใช้ตัวอย่างดินแบ่งดินดังกล่าวประมาณ 50 กรัม ไว้ทำ Shrinkage limit ส่วนที่เหลือใช้ทดสอบ Liquid Limit และ Plastic Limit

ก.2 นำตัวอย่างดินมาผสมน้ำโดยให้น้ำเข้าไปในเนื้อดินอย่างทั่วถึงในบางกรณีอาจจะต้องแช่ดินที่ผสมดังกล่าวทิ้งไว้ 1 คืนใช้มีดปาด (Spatula) ตักดินปาดลงบนถ้วยทองเหลือง (Casarade Cup) โดยความหนาของดินตรงกลางประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วบากโดยเครื่องมือบาก (Grooving Tool) ให้เป็นร่องตรงกลาง



รูปที่ 3.13 การนำตัวอย่างดินมาผสมน้ำ

ก.3 เคาะถ้วยทองเหลืองด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 2 ครั้งต่อวินาที จนกระทั่งดินตอนล่างของรอยบากเคลื่อนเข้าบรรจบกัน 1 เซนติเมตร แล้วจดบันทึกจำนวนครั้งของการเคาะไว้

ก.4 ปาดแต่งดินอีกครั้ง ทำรอยบากแล้วเคาะซ้ำ ถ้าจำนวนการเคาะเท่ากันหรือห่างกันไม่เกิน 2 ครั้งให้ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นจำนวนการเคาะ (N) ที่ถูกต้อง นำดินบริเวณรอยบากไปหาปริมาณความชื้น (การเคาะครั้งแรก จำนวนครั้งควรประมาณ 40 - 50 ครั้ง ถ้ามากกว่าให้เพิ่มน้ำอีก แต่ถ้าน้อยกว่ามากให้ทำให้แห้งลง)

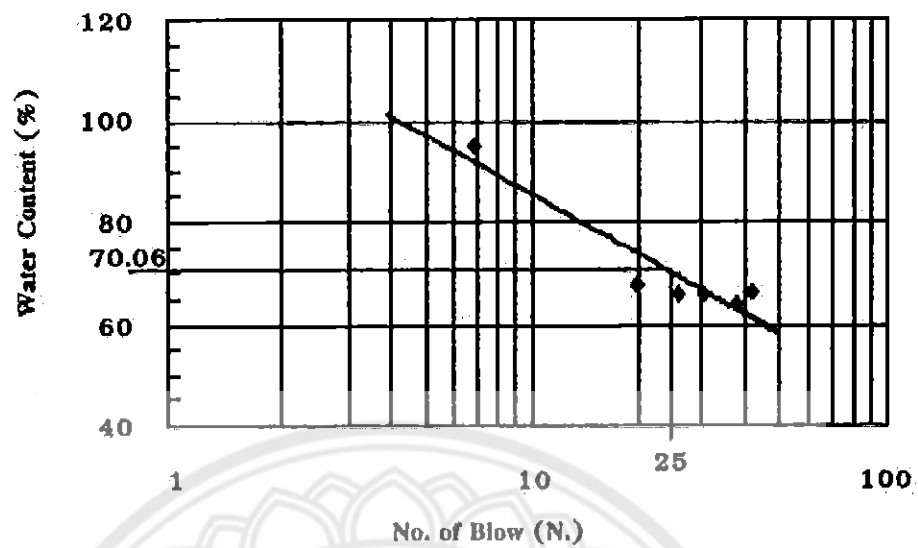


รูปที่ 3. 14 การปาดแต่งตัวอย่างดิน

ก.5 ผสมน้ำในดินแล้วทำตามข้อ ก.3 และ ก.4 โดยให้มีจำนวนครั้งของการเคาะน้อยลงประมาณ 10 ครั้ง แล้วนำดินไปหาความชื้น ทำเช่นนี้จนได้จำนวนครั้งของการเคาะอย่างน้อย 4 ค่า (จำนวนการเคาะครั้งสุดท้ายควรอยู่ราว 5 ถึง 10 ครั้ง)

ก.6 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเคาะ (N) และความชื้นโดยให้จำนวนการเคาะอยู่ในรูปของ log scale

ก.7 ความสัมพันธ์ดังกล่าวควรจะเป็นเส้นตรง ค่าความชื้นที่จำนวนการเคาะ 25 ครั้ง เรียกว่า "Liquid Limit" (WL หรือ LL)



รูปที่ 3. 15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการเคาะ (N) และความชื้นโดยให้จำนวนการเคาะอยู่ในรูปของ log scale

ที่มา: วรากร ไม้เรียงและคณะ (2525)

ข. การทดสอบหาพิกัดพลาสติก (Plastic Limit)

ข.1 นำดินที่เหลือจากการทดลอง Liquid Limit มาผึ่งให้หมาดๆ แล้วนำมาปั้นคลึงเป็นแท่งยาวขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วค่อย ๆ คลึงให้ดินเล็กลงจนมีขนาดเท่ากับ 1 หุน (1/8 นิ้ว) แล้วคลึงต่อไปเรื่อยๆ โดยพยายามรักษาน้ำหนักดังกล่าวจนดินเริ่มแตกปริออก ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3. 16 การทดสอบหาพิกัดพลาสติก (Plastic Limit)

ข.2 เมื่อดินเริ่มแตก นำดินไปอบหาความชื้น ความชื้นดังกล่าวเรียกว่า Plastic Limit (W_p หรือ PL)

ข.3 ทำซ้ำอีกครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

ค. การทดสอบหาพิกัดหดตัว (Shrinkage Limit)

ค.1 นำตัวอย่างดินมาผสมน้ำ ใช้มีดปาด (Spatula) รวมผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีความเหลวมากกว่า เมื่อครั้งทำ Liquid Limit (คล้ายเนยเหลว)

ค.2 ชั่งถ้วยเหล็กสำหรับหา Shrinkage แล้วทาจาระบีหรือสารหล่อลื่นภายในบาง ๆ เพื่อไม่ให้ดินติดขณะแห้ง

ค.3 ตักดินใส่ในถ้วยประมาณหนึ่งในสาม แล้วเคาะลงกับพื้นโต๊ะ เพื่อให้ไล่ฟองอากาศในมวลดินจนหมด แล้วเติมดินชั้นที่ 2 และ 3 โดยมีการเคาะไล่ฟองอากาศเหมือนชั้นแรก

ค.4 ใช้มีดปาดแต่งผิวหน้าให้เรียบเสมอขอบด้วยเหล็ก เช็ดเศษดินที่เปื้อนอยู่ภายนอกถ้วยออกให้หมดแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

ค.5 ปล่อยให้ดินในถ้วยเหล็กให้แห้งตามธรรมชาติโดยตากไว้ในห้องทดลอง 24 เซนติเมตร แล้วจึงนำเข้าเตาอบจนแห้งสนิท จึงชั่งน้ำหนักอีกครั้ง สังเกตว่า มวลดินจะหดลงเล็กกว่าเดิม และเป็นก้อนเดียว (ถ้านำตัวอย่างดินเข้าเตาอบเร็วเกินไป ดินจะแตกเป็นหลายก้อน ยากต่อการหาปริมาตรภายหลัง)

ค.6 นำก้อนดินที่อบแห้งแล้วมาหาปริมาตรโดยแทนที่ปรอท ซึ่งถ้วยซึ่งมีปรอทเต็ม (ใช้แผ่นพลาสติกกดไล่ปรอทให้เสมอขอบ)

ค.7 นำก้อนดินแห้งใส่ในปรอท ดินจะลอยอยู่บนปรอท กดดินให้จมโดยใช้แผ่นพลาสติก ปรอทที่มีปริมาตรเท่ากับดินจะถูกไล่ที่ล้นออกไป ซึ่งปรอทส่วนที่เหลือนำไปคำนวณหาปริมาตรก้อนดิน

3.3.4.3 วิธีการคำนวณ

ก. Liquid Limit (LL) อ่านได้จากกราฟ ที่การเคาะ 25 ครั้ง

ข. Plastic Limit (PL) คำนวณจากค่าเฉลี่ยของความชื้นที่หาได้ 2 ครั้ง

ค. Plasticity Index $PI = LL - PL$

ง. Liquidity Index

$$L_I = \frac{W_n - W_p}{P_I}$$

สมการที่ 3. 13 สมการหาค่า Liquidity Index

เมื่อ W_n = ความชื้นตามธรรมชาติของดิน (Natural Water Content)

จ. Flow Index (I_f) คือ ความชันของเส้นกราฟ (Flow Curve)

$$I_f = \frac{W_1 - W_2}{\log \frac{N_2}{N_1}}$$

สมการที่ 3. 14 สมการหาค่า Flow Index

เมื่อ W_1 = ความชันบน Flow Curve ที่จุด 1 (ค่ามาก)

N_1 = จำนวนการเคาะที่จุด 1

W_2 = ความชันบน Flow Curve ที่จุด 2 (ค่าน้อย)

N_2 = จำนวนการเคาะที่จุด 2

ฉ. Toughness Index (I_t)

$$I_t = \frac{\text{Plasticity Index (} P_I \text{)}}{\text{Flow Index (} F_I \text{)}}$$

สมการที่ 3. 15 สมการหาค่า Toughness Index

ช. Activity of Clay (A_c)

$$A_c = \frac{P_I}{\% \text{ Clay ขนาดเล็กกว่า No. 200}}$$

สมการที่ 3. 16 สมการหาค่า Activity of Clay

ซ. Shrinkage limit (W_{sk})

$$W_{sk} = \frac{W_i - (V_i - V_f) \gamma_w \times 100}{W_s}$$

สมการที่ 3. 17 สมการหาค่า Shrinkage limit

3.3.4.4 ขอบเนะนำ

ก. ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดสอบ Atterberg's Limit จะต้องเป็นดินไม่ผ่านการอบหรือให้ความร้อนเกิน 500 องศาเซลเซียส

ข. ดินที่จะนำมาใช้ทดสอบควรจะต้องผสมน้ำให้น้ำซึมเข้าถึงเนื้อดินอย่างทั่วถึง (Homogeneous) สำหรับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ อาจจะต้องทิ้งไว้โดยการผสมน้ำแล้วปิดภาชนะไว้เป็นเวลา 1 คืน

ค. ระยะเวลาของ Casagrande's Cup ควรจะต้องได้ตามมาตรฐาน ดังนั้นควรทำการตรวจสอบก่อนการทดสอบทุกครั้ง

ง. พื้นยางหรือพื้นไม้ของ Cassagrande's cup ควรมีความแข็งตามมาตรฐาน ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยใช้มาตรฐาน ASTM D4318

จ. การทดสอบ Liquid limit เพื่อให้ความถูกต้องสูงสุดควรทำการทดสอบจากสภาพดินที่เปียก (หลังจากทิ้งได้ 1 คืน) ไปยังสภาพดินที่แห้งขึ้น โดยการปล่อยให้ดินแห้งในอากาศหรือใช้มีดปาดดินคลุกเคล้าให้น้ำระเหย

ฉ. LL = ค่าความชื้นในดินเมื่อทำการเจาะด้วย Cassagrande จำนวน 25 ครั้ง แล้วดินไหลมาบรรจบกัน 1 เซนติเมตร

ช. PL = ค่าความชื้นในดินเมื่อแท่งดินขนาด 1/8 นิ้ว เริ่มมีการแตกเนื่องจากการสูญเสียน้ำ

ซ. น้ำหนักดินที่ให้ค่า PL ไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 10 กรัม เนื่องจากอาจเกิดความผิดพลาดจากการชั่งได้

ณ. การแตกของแท่งดินที่ทดสอบหาค่า PL ควรจะเกิดจากการแตกเนื่องจากการสูญเสียน้ำด้วยการคลึง มิใช่การนำดินไปอบหรือตากเพราะแรงกระทำที่มากเกินไป

ญ. ปروطเป็นสารอันตราย สามารถซึมผ่านผิวหนังหรือระเหยได้ หลีกเลี่ยงการสัมผัสหรือสูดดม

ฎ. การทดสอบหาค่า Liquid Limit สามารถกระทำโดยใช้เวลานับลงได้ แต่ความถูกต้องน้อยกว่าวิธีมาตรฐาน โดยการทดสอบโดยการเคาะครั้งเดียวให้ได้ค่าจำนวนการเคาะระหว่าง 20 ถึง 30 ครั้ง และทำการคำนวณโดย

$$W_L = W_N \left(\frac{N}{2} \right)^{0.12}$$

สมการที่ 3. 18 สมการการคำนวณหา Liquid Limit โดยการเคาะครั้งเดียว

เมื่อ W_n = ความชื้นของมวลดินที่เคาะ N ครั้ง ($20 < N < 30$)

ตารางที่ 3.3 ตารางค่า N และ $\left(\frac{N}{25}\right)^{0.12}$

No. of blow, N	$\left(\frac{N}{25}\right)^{0.12}$
20	0.974
21	0.979
22	0.985
23	0.990
24	0.995
25	1.000
26	1.005
27	1.009
28	1.014
29	1.018
30	1.022

ที่มา: วรากร ไผ่เรียงและคณะ (2525)

ฎ. การทราบสถานะภาพของดินในขณะนั้นว่าอยู่ในสภาวะกึ่งของแข็ง, พลาสติก ฯลฯ โดยดูได้จากค่าความชื้นในธรรมชาติเปรียบเทียบกับขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงสถานะสามารถใช้เป็นดัชนี (Index) ที่จะชี้ถึงคุณสมบัติเบื้องต้นของดิน เช่นดินที่มีปริมาณน้ำในดินใกล้เคียงกับค่า LL หรือมากกว่า แสดงว่าดินนั้นมีความแข็งแรงต่ำ มีความเป็นไปได้ถึงการทรุดตัวที่สูง

3.3.5 การหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil)

ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของวัตถุใดๆ คือ อัตราส่วนของน้ำหนักในอากาศของเนื้อวัตถุนั้นต่อน้ำหนักน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่มีปริมาตรเท่าวัตถุนั้น

ในมวลดินจะประกอบด้วยธาตุสารหลายอย่าง ดังนั้นความถ่วงจำเพาะในมวลดินก็คือค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของธาตุสารเหล่านั้น ดังจะเห็นได้ว่าดินลูกรังบางชนิดมีธาตุเหล็กอยู่มาก จึงทำให้มีความถ่วงจำเพาะสูงถึง 3.00 หรือมากกว่า ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบสำคัญ ก็จะทำให้มี ถ.พ. ต่ำถึงประมาณ 2.00 แต่ค่าเฉลี่ยจะอยู่ในระหว่าง 2.60 ถึง 2.70 สำหรับดินทั่วไป ความถ่วงจำเพาะ จะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานสำคัญอีกค่าหนึ่ง ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาตรช่องว่าง (Void Volume) ความอิ่มตัว (Degree of Saturation) ความพรุน

(Porosity) และอื่น ๆ ได้ ทั้งยังจะทำให้คาดได้ว่ามวลดินนั้นๆ ประกอบด้วยธาตุสารอะไรเป็นองค์ประกอบ

การหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินทำได้โดยใช้ขวดหา ถ.พ. (Pycnometer) ซึ่งมี 2 ขนาดคือ ขวดตวงปากเล็ก (Volumetric Flask) ขนาด 100 – 500 ลบ.ซม. ซึ่งเหมาะสำหรับดินที่มีขนาดเม็ดใหญ่ และขวดจุกแก้วขนาด 25 -100 ลบ.ซม. สำหรับดินเม็ดละเอียด แต่วิธีการทดลองส่วนใหญ่เหมือนกันจึงขอกล่าวเฉพาะการใช้ขวดแบบแรกเท่านั้น

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

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

สมการที่ 3. 19 สมการนิยามความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

เมื่อ γ = ความหนาแน่นเฉพาะเนื้อดินหรือน้ำ

W_s = น้ำหนักเนื้อดิน

W_w = น้ำหนักที่มีปริมาตรเท่าเนื้อดินที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

น้ำหนักเนื้อดินนั้นเราสามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักดินอบแห้ง แต่น้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่าเนื้อดิน ทำได้โดยการนำมวลดินไปแทนที่น้ำ แต่จะมีปัญหาที่จะต้องแก้ไขคือ มักจะเกิดฟองอากาศเล็กๆ ปนกับน้ำผสมดิน โดยเฉพาะดินเม็ดละเอียด และน้ำหนักของน้ำในขวด ถ.พ. ที่ระดับขีดปากขวดจะเปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิ จึงต้องมีเทคนิคการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ

ชั่งน้ำหนักขวดมีน้ำเต็มที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับการใช้งาน แล้วเขียนกราฟสำหรับปรับแก้ เรียกว่า "Calibration of Volumetric Flask"

กำจัดฟองอากาศโดยใช้ปั๊มดูดสุญญากาศ (Vacuum Pump) หรือใช้วิธีต้มไล่ฟองอากาศ และในขณะเดียวกันก็ใช้น้ำกลั่นที่ปราศจากฟองอากาศ (De-aired water) มาใช้ในการทดสอบ

ผลของการทดสอบหา ถ.พ. ของดิน จึงมักขึ้นอยู่กับความละเอียดพิถีพิถันของผู้ทดลองเป็นอย่างมาก

3.3.5.1 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบ

- ก. ขวดแก้วฟลาซกันแบน ขนาดความจุ 500 ซม3
- ข. เตาบุนเส้น หรือ เตาแผ่นร้อน (Hot Plate)
- ค. สามขา (Tripod) และแผ่นตะแกรงแอสเบสโตส (Asbestos Gauze) ใช้
กับเตาบุนเส้น
- ง. ปรอท 0-100°C อ่านละเอียด 0.5-1.0°C
- จ. แท่งแก้วคน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มม.ยาว 30 ซม.
- ฉ. กรวย ขนาดปากประมาณ 10 ซม.แบบรูกว้าง
- ช. ตู้อบ
- ซ. อ่างแก้วดูความร้อน
- ณ. เครื่องชั่งอ่านละเอียด
- ญ. ภาชนะ - ชั้นอลูมิเนียม

3.3.5.2 วิธีการทดสอบ

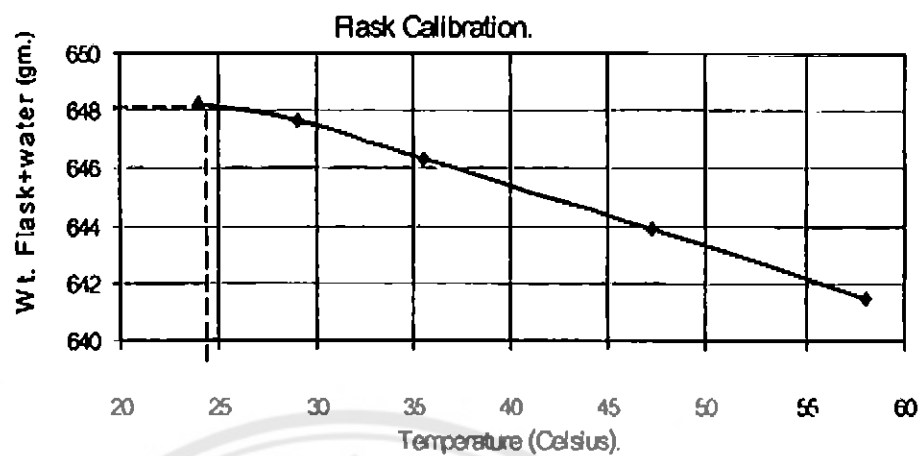
- ก. การหาค่ากราฟสำหรับหาน้ำหนักน้ำและขวดที่อุณหภูมิต่าง ๆ
เมื่อนำขวดหาค.พ. ใหม่มาใช้ หรือ เมื่อใช้ไปนานพอสมควร ควรจะต้อง
ทำการหาค่าความสัมพันธ์ของน้ำหนักขวดมีน้ำเต็ม และ อุณหภูมิ โดยทำได้ดังนี้
- ก.1 ล้างขวด ค.พ. ให้สะอาดเติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีดที่คอขวด (อ่านที่
ระดับท้องน้ำ)



รูปที่ 3. 17 ซีดทองน้ำ (ซ้าย) การวัดอุณหภูมิ (ขวา)

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

- ก.2 ต้มไล่ฟองอากาศหรือดูดโดยบีม์สุญญากาศประมาณ 10 นาที จน
ฟองอากาศหมด
- ก.3 เติมน้ำปรับระดับน้ำจนเสมอระดับที่คอขวดพอดี เช็ดภายนอกขวด
ให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
- ก.4 วัดอุณหภูมิของน้ำภายในขวดให้ละเอียด โดยวัดที่หลายระดับ ถ้า
อุณหภูมิต่างกันมาก ให้ตะแคง ขวดแล้วลှึ่งไปมาเพื่อให้ผสมเข้ากันดีทำให้อุณหภูมิสม่ำเสมอแล้วจึง
บันทึกอุณหภูมิที่ถูกต้อง
- ก.5 ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 และ 4 โดยให้ความร้อนหรือทำให้เย็นลง
ในช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน (20 ถึง 40 องศาเซลเซียส) ประมาณ 4-5 จุด เช่นที่ 20, 25, 30, 35 และ
40 เซลเซียส เป็นต้น
- ก.6 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักขวดที่มีน้ำเต็ม และ
อุณหภูมิตั้งแสดงในตัวอย่างรูป



รูปที่ 3.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักขวดที่มีน้ำเต็ม และอุณหภูมิ

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

ข. การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของดิน

ข.1 นำดินตัวอย่างที่แห้งประมาณ 50 กรัม (ถ้าเป็นดินชื้นต้องเผื่อน้ำหนักความชื้น) ผสมน้ำกลั่นแล้วกวนให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องปั่น (Mixer Machine) โดยให้ส่วนผสมไม่เกิน 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างดินที่ผสมแล้ว (ซ้าย) เครื่องปั่น (ขวา)

ข.2 เทส่วนผสมน้ำดินลงในขวดทหา ถ.พ. ขนาด 250 ลูกบาศก์ เซนติเมตร แล้วใช้น้ำกลั่นล้างดินที่ติดในภาชนะผสมลงในขวด ถ.พ. ให้หมดระวังอย่าให้ระดับน้ำเกินขีดวัดปริมาตรที่คอขวด

ข.3 ไล่ฟองอากาศโดยการตัมหรือดูดด้วยปั้มสุญญากาศประมาณ 10 นาที จนฟองอากาศหมด แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงระดับขีดที่คอขวด แล้วปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องทดลอง



รูปที่ 3. 20 การเทตัวอย่างดิน (ซ้าย) การตัมไล่ฟองอากาศ (ขวา)

ข.4 ถ้าระดับน้ำลดลงอีก ให้เติมให้เต็มถึงขีด แล้วนำไปชั่งให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำดินในขวด

ข.5 เทแล้วล้างส่วนผสมในขวด ถ.พ. ลงในภาด นำไปอบให้แห้งเพื่อชั่งหาน้ำหนักดินที่แน่นอนอีกครั้ง

3.3.5.3 วิธีการคำนวณ

$$G = \frac{W_s}{W_w} \text{ ที่ } 4^{\circ}\text{C} \quad (\text{เมื่อมีปริมาตรเม่ากัน})$$

$$= \frac{W_s}{[(W_s+W_2)-W_1] \times \frac{1}{G_T}}$$

$$= \frac{W_s G_T}{W_s + W_2 - W_1}$$

สมการที่ 3. 20 สมการการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

เมื่อ

W_s = น้ำหนักดินอบแห้ง, กรัม

W_2 = น้ำหนักขวดมีน้ำเต็มที่อุณหภูมิที่ทดลอง (T องศาเซลเซียส), กรัมซึ่งอ่านได้จากกราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักขวดเติมน้ำกับอุณหภูมิ

W_1 = น้ำหนักขวดมีน้ำผสมดิน ที่อุณหภูมิที่ทดลอง (T องศาเซลเซียส)

G_T = ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิที่ทดลอง (T องศาเซลเซียส) อ่านได้จากตารางด้านล่าง

ตารางที่ 3. 4 ตารางแสดงค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

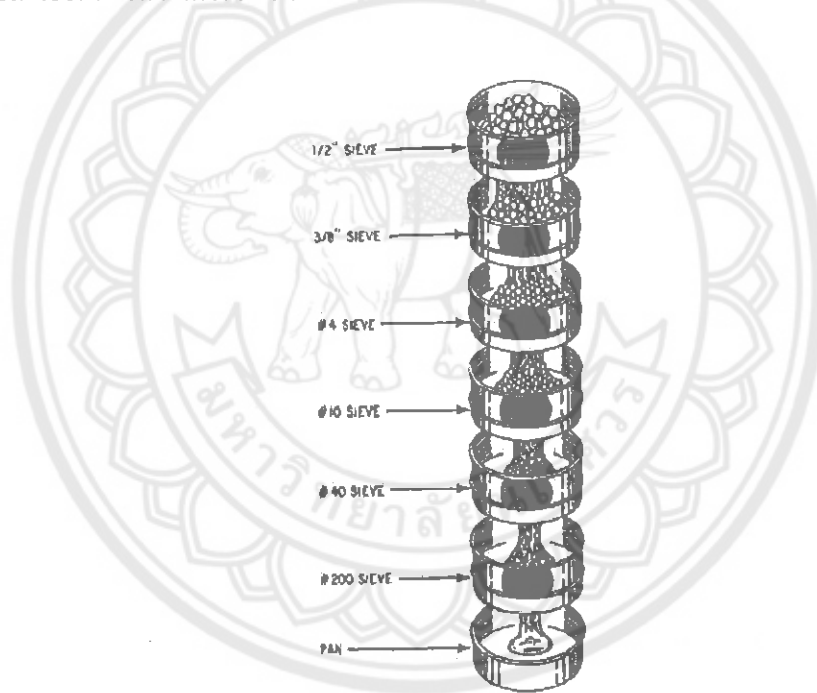
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.9990	0.9988	0.9986	0.9984
20	0.9982	0.9980	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9968	0.9965	0.9963	0.9960
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.9930	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9894	0.9890	0.9885
50	0.9881	0.9876	0.9872	0.9867	0.9862	0.9857	0.8952	0.9848	0.9842	0.9838

ที่มา: วรากร ไนเรียงและคณะ (2525)

3.3.6 การทดลองหาขนาดคละของดิน (sieve analysis)

วิธีการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคของแข็ง หรือความละเอียด (fineness) โดยการร่อนผ่านของแข็งที่ทราบน้ำหนักไปบนชุดตะแกรงทดสอบ (test sieves) ซึ่งมีช่องขนาดต่าง ๆ กันโดยจัดเรียงตะแกรงตามลำดับช่องที่ต้องการ ตะแกรงเหล่านี้อาจติดอยู่กับที่หรือเคลื่อนไหวได้

ช่องบนตะแกรง (sieve) เกิดจากการนำลวดขนาดต่าง ๆ กัน มาสานเป็นช่อง และบอกความกว้างของช่องตะแกรงเป็นเมช (mesh) ซึ่งหมายถึงจำนวนช่องของตะแกรงที่มีอยู่ในความยาว 1 นิ้ว เช่น ตะแกรงขนาด 10 เมช ในความยาว 1 นิ้ว จะมีช่องอยู่ 10 ช่อง และช่องหนึ่งจะมีความยาวกว้าง 0.1 นิ้ว หักออกด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด ดังนั้น เมชขนาดเดียวกัน อาจแตกต่างกันถ้าทำจากเส้นลวดที่ต่างกันจึงต้องบอกขนาดช่องหรือ aperture size ควบคู่กับขนาดเมชของตะแกรงด้วย ตะแกรงมาตรฐานที่นิยมใช้ได้แก่ ตะแกรงแบบอังกฤษ (British standard), ตะแกรงแบบไทเลอร์ (Tyler standard) และตะแกรงแบบอเมริกัน (ASTM) โดยในเมชเบอร์เดียวกันของตะแกรงมาตรฐานแต่ละแบบอาจจะมีขนาดของช่อง (aperture size) ที่ต่างกันก็ได้ ตัวอย่างเช่น ตะแกรงขนาดเมช 100 แบบไทเลอร์มีขนาดช่อง 0.147 มม. แบบอังกฤษมีขนาดช่อง 0.152 มม. และแบบอเมริกันมีขนาดช่อง 0.149 มม. ดังนั้นในตะแกรงมาตรฐานทุกแบบจะต้องแสดงรายละเอียดทั้งขนาดเมชและขนาดช่องในแผ่นป้ายด้านข้างตะแกรง



รูปที่ 3. 21 ขนาดตะแกรงมาตรฐาน

ที่มา: สถาพร คุวิจิตรจาร์ (2546)

3.3.6.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ก. ตะแกรงโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. เบอร์ 3/8", 4, 10, 20, 40, 100, 200 และถาดรองตะแกรง พร้อมเครื่องมือเขย่าตะแกรง

ข. เครื่องชั่งขนาด 2 กิโลกรัม อ่านละเอียด 0.1 กรัม

ค. อุปกรณ์แบ่งตัวอย่างขนาดต่างๆ

ง. แปรงลวดทองเหลือง แปรงพลาสติก และแปรงขน สำหรับทำความสะอาด

สะอาดตะแกรง

จ. เตาอบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110 ± 5 องศาเซลเซียส

ฉ. ค้อนยาง

ช. เครื่องชั่ง อ่านละเอียด 0.1 กรัม

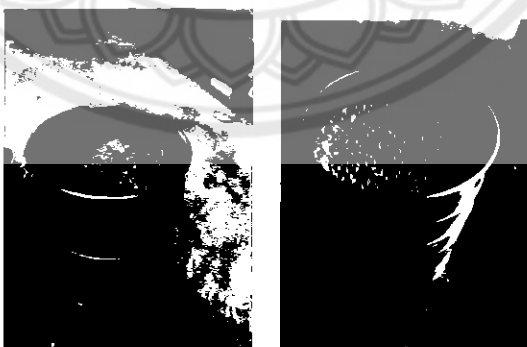
ซ. ตู้อบ

3.3.6.2 วิธีการทดสอบ

ก. การทดลองหาขนาดคละของดินแบบแห้ง (dry)

ก.1 ทำความสะอาดตะแกรงทั้งหมดด้วยแปรงทำความสะอาด แล้วทำการชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่เบอร์บันทึกค่า (ชั่งน้ำหนักของ Pan ด้วย)

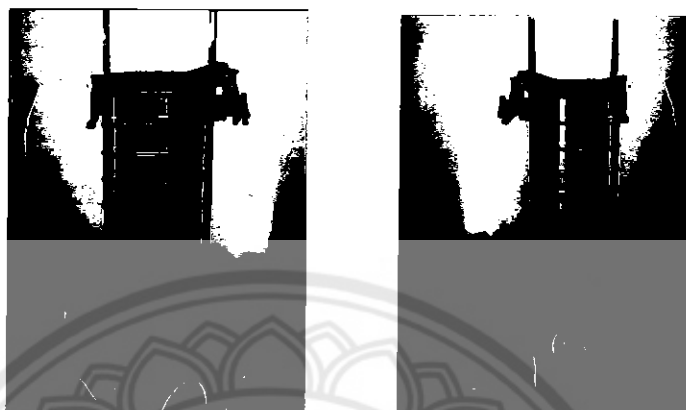
ก.2 นำตะแกรงมาเรียงซ้อนกันโดยให้ตะแกรงที่มีขนาดช่องใหญ่อยู่บน แล้วเรียงขนาดเล็ก ตามลำดับดังนี้ เบอร์ 3/8", 4, 10, 20, 40, 100, 200 และ Pan



รูปที่ 3. 22 ตัวอย่างดินบนตะแกรง (sieve)

ก.3 นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้เทใส่ลงบนตะแกรงชั้นบนสุด ปิดฝาแล้วนำเข้าเครื่องเขย่า ใช้เวลาในการเขย่าอย่างน้อย 10 นาที แล้วนำตะแกรงแต่ละอันไปชั่งน้ำหนัก จะ

ได้นำน้ำหนักตะแกรงรวมกับดินที่ค้างบนตะแกรง นำดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงออกทิ้งแล้วทำความสะอาดตะแกรงให้เรียบร้อย



รูปที่ 3. 23 ตัวอย่างดินขณะเข้าเครื่องเขย่า

ข. การทดลองหาขนาดคละของดินแบบใช้น้ำช่วย (wet)

ซึ่งจะเติมน้ำลงไปเพื่อช่วยให้ของแข็งที่มีขนาดเล็กลอดผ่านช่องตะแกรงได้ดีกว่าแบบแห้งของแข็งที่มีขนาดใหญ่เกินขนาด (oversize) จะค้างอยู่บนตะแกรง ส่วนของแข็งที่เล็กเกินขนาด (undersize) จะลอดผ่านช่องตะแกรงไปได้ การใช้เครื่องมือช่วยให้ตะแกรงเคลื่อนไหวหรือสั่น (sieve shaker) จะช่วยให้การร่อนมีประสิทธิภาพดีขึ้นและในเวลาที่น้อยลง แต่จะต้องไม่ใช้ตัวอย่างมากเกินไปในการทดลองครั้งหนึ่ง ๆ เพราะจะทำให้ของแข็งไปอุดตันช่อง หรืออาจทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตและของแข็งรวมตัวเป็นก้อนทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ผิดไปและความชื้นในของแข็งต้องทำให้มีน้อยที่สุด

การจำแนกดินทุกระบบจะใช้ขนาดของ Sieve เบอร์ 200 เป็นจุดแบ่งในการจำแนกดิน เช่น ดินนี้มีขนาดโตกว่าเบอร์ 200 เป็นจำนวนเท่าไร แต่ก็มีบ้างโอกาสที่ต้องการทราบขนาดของเม็ดดินที่เล็กกว่าเบอร์ 200 ลงไปอีก ซึ่งก็มีอีกวิธีหนึ่งในทางปฏิบัติวิธีการวิเคราะห์การกระจายตัวของเม็ดดินที่นิยมใช้กันก็คือ นำดินไปอบให้แห้งแล้วใช้ค้อนยางทุบก้อนดินให้กระจายตัว (ระวังอย่าทุบแรงจนเกินไปจะทำให้เม็ดดินแตกละเอียด วัตถุประสงค์ของการทุบก็คือ ต้องการให้เม็ดดินที่จับกันเป็นก้อนกระจายออกเท่านั้นเอง) แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามที่กำหนด ถ้าร่อนแล้วพบว่าดินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เกิน 4-5% ก็ให้นำดินชนิดนั้นไปล้างเสียก่อนแล้วค่อยนำมาร่อนใหม่ โดยการนำดินไปอบให้แห้งแล้วใส่ในตะแกรงเบอร์ 200 แล้วเปิดน้ำประปาล้าง แล้ว

เอาส่วนที่เหลือค้ำตะแกรงไปอบอีกครั้งหนึ่ง เมื่อแห้งแล้วก็นำมาร่อนผ่านตะแกรงตามข้อกำหนด การกระทำเช่นนี้จะช่วยให้ข้อมูลที่ถูกต้องขึ้น เพราะเม็ดดินที่มีขนาดเล็ก ๆ ที่มักจะเกาะติดกับเม็ดโต และเม็ดดินที่หายไประหว่างการล้างก็คิดเสียว่าเป็นเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไป



รูปที่ 3. 24 การทดลองหาขนาดคละของดินแบบใช้น้ำช่วย (wet)

3.3.6.3 วิธีการคำนวณ

ก. น้ำหนักของดินที่ค้ำบนตะแกรง (Weight of Soil Retained)

$$= (\text{น้ำหนักของตะแกรง + ดิน}) - (\text{น้ำหนักของตะแกรง})$$

ข. เปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้ำบนตะแกรง (Percent Retained)

$$= 100 \times (\text{น้ำหนักดินที่ค้ำบนตะแกรง/น้ำหนักของดินตัวอย่าง})$$

ค. เปอร์เซ็นต์ค้ำสะสม (Cumulative Percent Retained)

$$= \text{น้ำหนักเปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้ำบนตะแกรง มาบวกแบบสะสม}$$

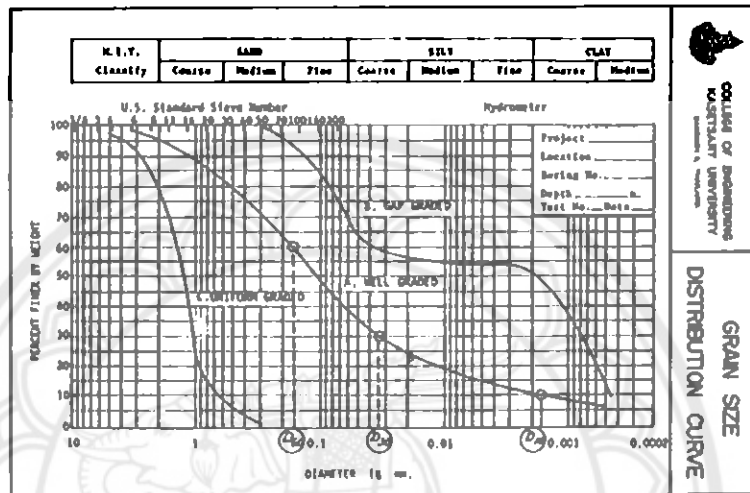
ง. เปอร์เซ็นต์ของดินที่ผ่านตะแกรง (Percent Finer or Percent

Passing)

$$= 100 - \text{เปอร์เซ็นต์ค้ำสะสม}$$

3.3.7. การทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis)

การกระจายของขนาดเม็ดดิน มักแสดงด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเม็ดในสเกลลอการิทึม (Logarithmic Scale) และเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของเม็ดที่มีขนาดเม็ดเล็กกว่าที่ระบุ (Percent Finer) ซึ่งเรียกว่ากราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน (Grain Size Distribution Curve) ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3. 25 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน
ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

ขนาดที่ระบุในกราฟนั้นแท้ที่จริงแล้วเป็นเพียงขนาดประมาณ (Equivalent Diameter) เท่านั้น ทั้งนี้เพราะเหตุผลดังต่อไปนี้

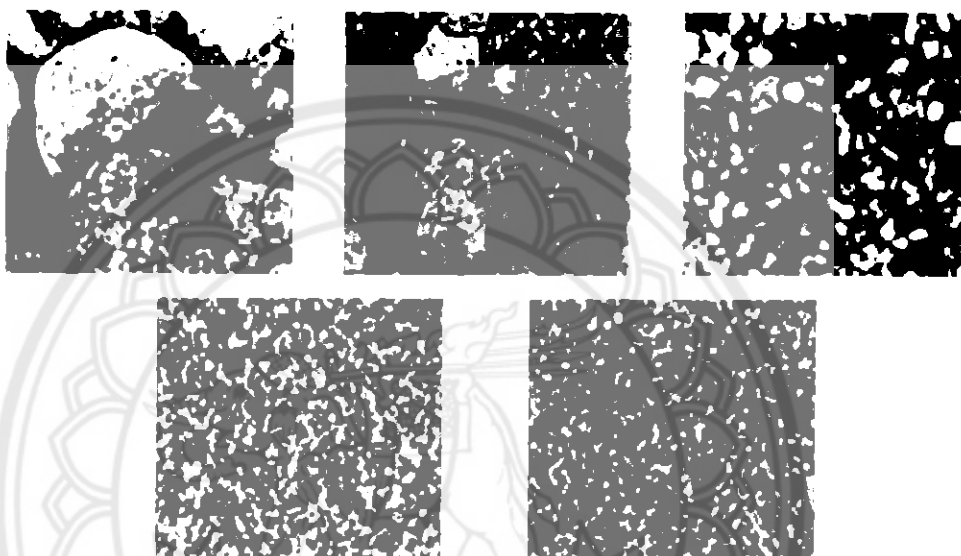
ขนาดช่องของตะแกรงเป็นรูสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่ขนาดเม็ดดินอาจมีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น ยาวรี, แผ่น, กลม หรืออื่น ๆ ได้



รูปที่ 3. 26 รูปร่างของเม็ดดินแบบต่างๆ

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

ในการตกตะกอนอาจมีอิทธิพลของเม็ดดินเอง และผนังภาชนะบรรจุมาเกี่ยวข้อง ทำให้การตกตะกอนไม่เป็นอิสระอย่างแท้จริง รูปร่างของเม็ดดินเหนียวมักเป็นแผ่น มีไซ่ทรงกลมตามสมมติฐานของการตกตะกอน ดังนั้น การตกตะกอนของเม็ดดินจริงจึงคล้ายไปไม้หล่นจากต้น จึงทำให้การคำนวณความเร็วตกตะกอนผิดไปจากที่เป็นจริง ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินในการคำนวณการตกตะกอนถือเป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งความจริงดินแต่ละเม็ดอาจจะมีธาตุสารไม่เหมือนกัน ทำให้ความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันมากก็ได้



รูปที่ 3. 27 coarse gravel, fine gravel, coarse sand, medium sand, fine sand ตามลำดับ
ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

ลักษณะของกราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน ดังแสดงในรูปที่ 3.25 แบ่งเป็น 2 จำพวกใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

ดินที่มีขนาดเม็ดคละกัณฑ์ (Well Graded Soil) คือดินมีเม็ดขนาดต่างๆ คละกัณฑ์ โดยพิจารณาจากช่วงของกราฟ เรียกว่า Coefficient of Uniformity

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

สมการที่ 3. 21 สมการ Coefficient of Uniformity

และความโค้งของเส้นกราฟ เรียกว่า Coefficient of Concavity

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

สมการที่ 3. 22 Coefficient of Concavity

เมื่อ D_i = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดินที่มี i เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีขนาดเล็กกว่านี้ เช่น D_{60} ใน กราฟ A 0.17 มิลลิเมตร ดินจะมีคุณสมบัติคละกันดีต่อเมื่อมีคุณสมบัติตามตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3. 5 ลักษณะของดินที่มีขนาดเม็ดคละ

	C_u	C_c
หิน	มากกว่า 4	1 - 3
ทราย	มากกว่า 6	1 - 3

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

สำหรับในกราฟรูปที่ 3.25 A $C_u = 94$, $C_c = 1.58$ จึงเป็นลักษณะของทรายที่มีขนาดเม็ดคละกันดี (Sand Well Graded)

ดินที่ไม่มีขนาดเม็ดคละ (Poorly Graded Soil) จะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

ดินที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (Gap Graded) เช่น ในกราฟ รูปที่ 3.25 B จะเห็นว่าขนาดระหว่าง 0.0025 ถึง 0.017 ม.ม. หายไป กราฟจึงเป็นเส้นระนาบ

ดินที่มีเม็ดขนาดเดียว (Uniform Graded) เช่น ในกราฟ รูปที่ 3.25 C จะเห็นว่าขนาดของเม็ด ระหว่าง 1.0 - 2.0 ม.ม. มีถึง 55 เปอร์เซ็นต์

วิธีการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีตกตะกอน อาศัยทฤษฎีของ stoke ที่ว่าความเร็วในการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเม็ด, ความหนาแน่นของของเหลว, ความหนืดของของเหลว และขนาดของเม็ดดังความสัมพันธ์ ต่อไปนี้

$$v = \frac{Y_s - Y_w}{18\mu}$$

สมการที่ 3.23 สมการความเร็วในการตกตะกอน

เมื่อ Y_s = ความหนาแน่นของเม็ดดิน

Y_w = ความหนาแน่นของของเหลว

μ = ความหนืดของของเหลว (Viscosity) แสดงในตารางที่ 3.6

D = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของเม็ดดิน

ตารางที่ 3.6 ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ (หน่วยเป็น mill poises = 1 Dyne-sec/sq.cm.)

C°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17.94	17.32	16.74	16.19	15.68	15.19	14.73	14.29	13.87	13.48
10	13.10	12.74	12.39	12.06	11.75	11.45	11.16	10.88	10.60	10.34
20	10.09	9.84	9.61	9.38	9.16	8.95	8.75	8.55	8.36	8.18
30	8.00	7.83	7.67	7.51	7.36	7.21	7.06	6.92	6.79	6.66
40	6.54	6.42	6.30	6.18	6.08	5.97	5.87	5.77	5.68	5.58
50	5.49	5.40	5.32	5.24	5.15	5.07	4.99	4.92	4.84	4.77
60	4.70	4.63	4.56	4.50	4.43	4.37	4.31	4.24	4.19	4.13
70	4.07	4.02	3.96	3.91	3.86	3.81	3.76	3.71	3.66	3.62
80	3.57	3.53	3.48	3.44	3.40	3.36	3.32	3.28	3.24	3.20
90	3.17	3.13	3.10	3.06	3.03	2.99	2.96	2.93	2.90	2.87
100	2.84	2.82	2.79	2.76	2.73	2.70	2.67	2.64	2.62	2.59

ที่มา: วรากร ไม้เรียงและคณะ (2525)

จากรูปที่ 3.24 เมื่อเวลาผ่านไป t เม็ดดินที่ตกตะกอนลงมาอยู่ที่ความลึก h จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังในสมการที่ 3.24 เหนือระยะ h ขึ้นไป จะมีแต่เฉพาะ

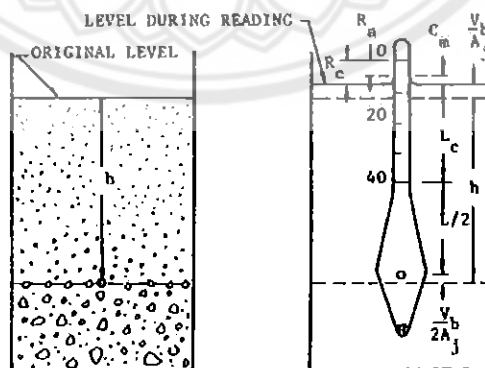
$$D = \sqrt{\frac{18\mu}{\gamma_s - \gamma_w} \times \frac{h}{t}}$$

สมการที่ 3.24 สมการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดิน

เม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า D ในสมการ 3.42 ทั้งนี้ เพราะเม็ดใหญ่กว่านี้ได้ตกตะกอนมาข้างล่างหมดแล้ว ฉะนั้นที่ระยะ h นี้ความเข้มข้นหรืออัตราส่วนของเม็ดเล็กกว่า D ในสารผสมจะยังไม่เปลี่ยนแปลง คงเหมือนกับที่จุดใด ๆ เมื่อเริ่มการตกตะกอน ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า D จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} \%F &= \frac{\text{น้ำหนักของเม็ดดินต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ความลึก } h \text{ ที่เวลา } t}{\text{น้ำหนักของเม็ดดินต่อลูกบาศก์เซนติเมตรของส่วนผสมเริ่มต้น}} \times 100 \\ &= \frac{W_d}{W_{sol}} \times 100 \end{aligned}$$

สมการที่ 3.25 เปอร์เซ็นต์ของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า D



รูปที่ 3.28 การตกตะกอนของเม็ดดิน

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

เมื่อเราจุ่ม Hydrometer ไปวัดก็จะอ่านค่าความถ่วงจำเพาะของสารผสมนั้น

$$1 + \frac{R_c}{1000} = 1 + \text{น้ำหนักเม็ดดินขังในน้ำ/ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$= 1 + W_d \times \frac{(G-1)}{G}$$

$$W_d = \frac{R_c}{1000} \times \left(\frac{G}{G-1} \right)$$

สมการที่ 3. 26 สมการค่าความถ่วงจำเพาะของสาร

เมื่อ R_c = ค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์ (ส่วนที่เกิน 1.00 เป็นจำนวนเต็ม) แทนค่า W_d ในสมการ 3.26 ลงในสมการ 3.25

$$\%F = \frac{1}{10} \times \frac{R_c}{W_{sol}} \times \left(\frac{G}{G-1} \right)$$

สมการที่ 3. 27 เปอร์เซ็นต์ของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า D จากค่า R_c

ในกรณีที่ใช้กระบอกตักตะกอนขนาด 1000 ลบ.ซม. สมการที่ 3.27 อาจจะหาอยู่ในค่าของน้ำหนักดินแห้งในสารผสม, W_s ได้ดังนี้

$$\%F = \frac{100}{W} \times \left(\frac{G}{G-1} \right) \times R_c = K_1 \times R_c$$

สมการที่ 3. 28 เปอร์เซ็นต์ของเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า D กรณีมีค่าน้ำหนักดินแห้งในสารผสม

สำหรับสมการที่ 3.24 เทอมค่าคงที่เฉพาะกรณี (μ, γ_s, γ_w) อาจรวมเป็นค่าคงที่ K_2 ได้ คือ

$$D = K_2 \sqrt{\frac{h}{t}}$$

สมการที่ 3. 29 สมการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดดินเฉพาะกรณี (μ, γ_s, γ_w) คงที่

โดย

$$K_2 = \sqrt{\frac{18\mu}{\gamma_s - \gamma_w}}$$

แสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3.7 ค่าคงที่ K_2

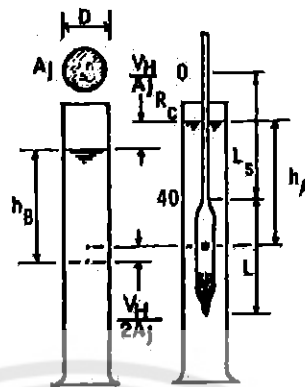
Temperature, deg C	Specific Gravity of Soil Particles									
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85	2.90
16.....	0.01610	0.01606	0.01491	0.01467	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01354	
17.....	0.01611	0.01494	0.01462	0.01430	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01339	
18.....	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321	
19.....	0.01374	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.01323	0.01305	
20.....	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289	
21.....	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273	
22.....	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258	
23.....	0.01401	0.01381	0.01368	0.01357	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243	
24.....	0.01358	0.01396	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229	
25.....	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01216	
26.....	0.01357	0.01331	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201	
27.....	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188	
28.....	0.01327	0.01303	0.01283	0.01264	0.01244	0.01226	0.01208	0.01191	0.01175	
29.....	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162	
30.....	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01166	0.01149	

ที่มา: วรากร ไฉ่เรียงและคณะ (2525)

การอ่านค่า R_c มักมีปัญหาค่าที่ต้องปรับแก้ คือ

Meniscus Correction, C_m คือ ค่าความแตกต่างของค่าที่อ่านจริงและค่าที่ควรจะอ่านที่ระดับท้องน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.29 ทั้งนี้เพราะส่วนผสมมีลักษณะขุ่น การอ่านที่ระดับท้องน้ำจะทำได้ จึงต้องอ่านที่ส่วนบนของ Meniscus แทน การหาค่า C_m ทำได้โดยอ่านในน้ำเปล่า

Temperature Correction, C_T คือ ค่าความแตกต่างของค่าที่อ่านได้ในน้ำเปล่า กับค่า 1.000 จริง เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิ ได้จากการอ่านค่าในน้ำเปล่าที่อุณหภูมิเท่ากับส่วนผสม



HYDROMETER NO. K1885

HYDROMETER JAR NO. 1

รูปที่ 3. 29 แสดงสัญลักษณ์ของ Hydrometer

ที่มา: วรากร ไม้เรียงและคณะ (2525)

$$R_c = R_a + C_m + C_T$$

สมการที่ 3. 30 สมการปรับแก้ค่า R_c เมื่อ R_a = ค่าที่อ่านในระหว่างการทดลอง C_m = Meniscus Correction C_T = Temperature Correction

การหาความสัมพันธ์ของ R_c และ h สามารถหาได้โดยการหากราฟความสัมพันธ์ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ

ช่วงแรกของการอ่านตั้งแต่ 0 - 2 นาที เพราะในช่วงนี้จะไม่มีการยกไฮโดรมิเตอร์ออกจากกระบอกวัด

$$h = \frac{L}{2} + \left(1 - \frac{R_c}{40}\right) \times L_s$$

สมการที่ 3. 31 หาค่าความสูงของไฮโดรมิเตอร์ในช่วง 0-2 นาที

เมื่อ L = ความยาวของตัวกระเปาะไฮโดรมิเตอร์จากปลายถึงขีด 40 (ASTM 151H)

$L_s =$ ความยาวของก้านไฮโดรมิเตอร์จากขีด 0 ถึง 40 (ASTM 151H)

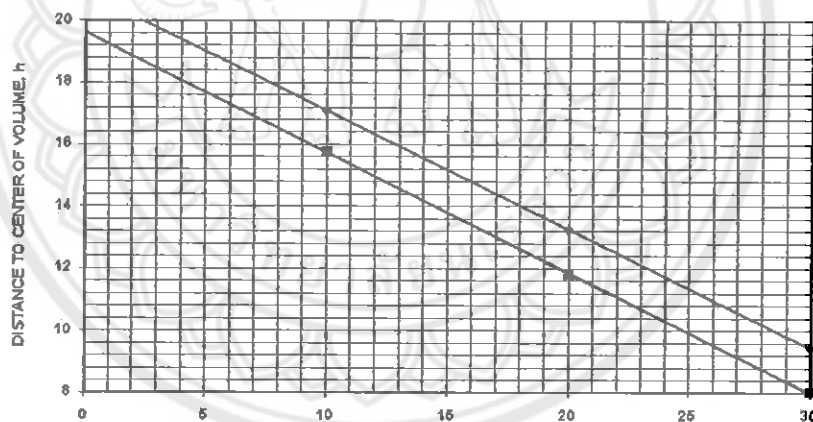
ช่วงการอ่านที่นานกว่า 2 นาที ในช่วงนี้จะยกไฮโดรมิเตอร์ออกจากหลังจากการอ่าน จึงมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารผสมที่จุดกึ่งกลางของกระเปาะ ความสูงจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ $\frac{V_b}{2A_j}$

$$h = \frac{L}{2} + \left(1 - \frac{R_c}{40}\right) \times L_s - \frac{V_b}{2A_j}$$

สมการที่ 3.32 หาค่าความสูงของไฮโดรมิเตอร์ที่อ่านค่ามากกว่า 2 นาที

เมื่อ : $V_b =$ ปริมาตรของกระเปาะหาได้จากการแทนที่น้ำ, ลูกบาศก์เซนติเมตร

$A_j =$ พื้นที่หน้าตัดของกระบอกตกตะกอน, ตารางเซนติเมตร



รูปที่ 3.30 ตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ของ R_c และ h

ที่มา: วรากร ไหมเรียงและคณะ (2525)

3.3.7.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

ก. ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) ชนิดอ่านค่าความถ่วงจำเพาะจาก 0.995–1.030

ข. เครื่องปั่นดิน (Mechanical Mixer)

ค. กระจกไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Jar) หรือกระจกตวง (Measuring Cylinder) 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2 ใบ

ง. ผงเคมี (Dispering Agent) ใช้ Sodium Hexa-Metaphosphate

จ. เทอร์โมมิเตอร์ 0 – 50 องศาเซลเซียส อ่านละเอียด 0.1 – 0.5 องศาเซลเซียส

ฉ. นาฬิกาจับเวลา

ช. น้ำกลั่น

ซ. เครื่องชั่ง อ่านละเอียด 0.1 กรัม

ณ. ตู้อบ

3.3.7.2 วิธีการทดสอบ

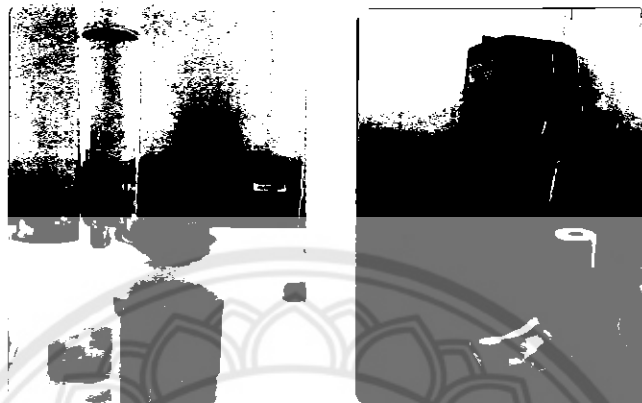
ก่อนทำ ผู้ทดลองควรลองจุ่มไฮโดรมิเตอร์ในลักษณะที่ถูกต้องเสียก่อน โดยจับก้านไฮโดรมิเตอร์ทั้งสองมือ แล้วค่อย ๆ หย่อนลงในกระจกตวงตะกอน จนใกล้เคียงตำแหน่งที่ไฮโดรมิเตอร์จะลอยตัวได้จึงค่อย ๆ ปล่อย ถ้าปล่อยสูงเกินไปจะทำให้ไฮโดรมิเตอร์จมลงไปกระทบกันกระจก เกิดแตกหักเสียหายได้



รูปที่ 3. 31 วัดขนาดกระเปาะไฮโดรมิเตอร์และกระจกตวงตะกอน

การหาความสัมพันธ์ของ R_c และ h จะทำได้โดยการวัดขนาดกระเปาะไฮโดรมิเตอร์ (L), ความยาวก้านจาก 1.00 ถึง 1.040 (L_s), ปริมาตรกระเปาะ (V_0) โดยอ่านจากการจุ่มไฮโดรมิเตอร์ลงในกระจกตวง แล้วอ่านระดับน้ำที่เปลี่ยนไป, พื้นที่หน้าตัดของกระจกตวงตะกอน (A) แล้วนำไปคำนวณเขียนกราฟดังที่กล่าวไว้ข้างต้น สำหรับขั้นตอนการทดลองทำได้ดังนี้

ก. นำตัวอย่างดินแห้งประมาณ 50 กรัม ผสมน้ำกลั่น และน้ำยา Dispersing Agent (4% สารละลาย Sodium hexa meta phosphate) ตั้งรูปด้านล่าง จนได้น้ำผสมประมาณ 300 – 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

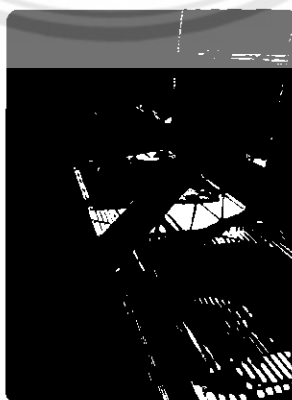


รูปที่ 3. 32 การผสมสารกับน้ำและตัวอย่างดิน

ข. ปั่นกวนส่วนผสมโดยใช้เครื่องผสมไฟฟ้าประมาณ 10 นาที เพื่อให้เม็ดดินที่จับกันเป็นก้อนแยกออกจากกัน แล้วเทลงในกระบอกตักตะกอน ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างเศษดินจากเครื่องผสมลงให้หมด เติมน้ำให้ได้ระดับ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค. ใส่ น้ำกลั่นในกระบอกตวงไว้ข้างๆ อีกหนึ่งกระบอกไว้เพื่ออ่านค่าปรับแก้ เนื่องจากอุณหภูมิและแซไฮโดรมิเตอร์ในระหว่างที่ไม่ใช้วัด

ง. ใช้จุกยางปิดปากกระบอกตักตะกอน เขย่าส่วนผสมให้เข้าโดยสม่ำเสมอ แล้ววางลง เริ่มจับเวลาทันที



รูปที่ 3. 33 เขย่าดินที่ตกตะกอนก่อนเทลงถาด

จ. หย่อนไฮโดรมิเตอร์ไปอ่านค่า R_3 ที่เวลา 0.25, 0.5, 1 และ 2 นาที โดยไม่ยกไฮโดรมิเตอร์ออก จนกระทั่ง 2 นาที ให้ยกไฮโดรมิเตอร์ออก แล้วเขย่ากระบอกใหม่

ฉ. วางกระบอกให้เกิดการตกตะกอนอีกครั้ง แล้ววัด R_1 ที่ 2, 5, 10, 20, ... ฯลฯ จนไฮโดรมิเตอร์อ่านประมาณ 8 ถึง 15 ซิต ซึ่งอาจกินเวลาถึง 1 สัปดาห์หรือมากกว่านั้น ในระหว่างการอ่านให้วัดอุณหภูมิด้วยอย่างน้อยทุกๆ 1 ชั่วโมง



รูปที่ 3. 34 วัดการตกตะกอนตามเวลาที่กำหนดไว้

ช. เมื่อทดลองเสร็จแล้ว เทส่วนผสมลงในภาชนะ นำเข้าเตาอบเพื่อหาน้ำหนักดินแห้งที่แน่นอนอีกครั้ง



รูปที่ 3. 35 เทลงภาชนะแล้วนำเข้าเตาอบเพื่อหาน้ำหนักดินแห้ง

3.3.7.3 การคำนวณ

$$\text{ขนาดของเม็ดดิน} \quad D = K_2 \sqrt{\frac{h}{t}}$$

สมการที่ 3. 33 สมการหาขนาดของเม็ดดิน

เมื่อ K_2 = ค่าอ่านได้จากตารางที่ 3.7

H = ระยะเวลาตกตะกอน (ซึ่งโมง) อ่านได้จากกราฟรูปที่ 3.30

t = เวลาในการตกตะกอน (นาที)

เปอร์เซ็นต์ของดินที่มีขนาดเล็กกว่า (% Finer) จากสมการ 3.28

$$\%F = \frac{100}{w_s} \left(\frac{G}{G-1} \right) \times R_c$$

สมการที่ 3. 34 เปอร์เซ็นต์ของดินที่มีขนาดเล็กกว่า (% Finer)

เมื่อ w_s = น้ำหนักดินแห้งในส่วนผสม (กรัม)

G = ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

R_c = ค่าที่อ่านจากไฮโดรมิเตอร์หลังจากแก้ไขแล้ว (ขีด)

ในบางกรณีการหาขนาดเม็ดดินทำต่อเนื่องจากการร่อน แล้วนำส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มาทดลองโดยวิธีตกตะกอนต่อ ในลักษณะนี้ต้องคำนวณผลจากการร่อนก่อน แล้วนำ $\%F_{200}$ ของตะแกรงเบอร์ 200 มาใช้คำนวณใน (เมื่อ F_{200} คือ $\%F$ ที่ได้จากการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200) การตกตะกอน คือ เปอร์เซ็นต์ของดินที่มีขนาดเล็กกว่า

$$\%F = \frac{100}{w_s} \left(\frac{G}{G-1} \right) \times R_c \times (F_{200})$$

สมการที่ 3. 35 เปอร์เซ็นต์ของดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินที่ ตำบลท่าหน้าว อำเภอกู่เพียง จังหวัดน่าน จากการขุดเจาะแบบล้าง (Wash Boring) และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ผู้ศึกษาได้แบ่งผลการทดสอบออกเป็น 3 ด้าน ซึ่งสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

การทดสอบด้านคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ผู้ศึกษาได้กำหนดการทดสอบออกเป็น 6 การทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. Water Content	ภาคผนวก ก.
2. Atterberg's limit	ภาคผนวก ข.
3. Total unit weight	ภาคผนวก ก.
4. Sieve Analysis	ภาคผนวก ค.
5. Hydrometer Analysis	ภาคผนวก ง.
6. Specific Gravity Test	ภาคผนวก จ.

จากตารางที่ 4.1 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เพื่อนำมาประกอบการจำแนกประเภทดิน ตามระบบ Unified (ภาคผนวก ข.) ขั้นตอนการทดสอบดังแสดงในบทที่ 3 ส่วนของขั้นตอนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกำลังความต้านทานของดิน

การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกำลังความต้านทานของดิน ผู้ศึกษาได้กำหนดการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4. 2 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกำลังความต้านทานของดิน

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. Unconfined Compression Test	ภาคผนวก ฉ.
2. SPT	ภาคผนวก ก.

จากตารางที่ 4.2 แสดงการทดสอบคุณสมบัติทางด้านกำลังความต้านทานของดิน ขั้นตอนการทดสอบดังแสดงในบทที่ 3 ส่วนของขั้นตอนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4.3 การจำแนกประเภทดินและรูปตัดชั้นดิน

จากการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินทั้งทางกายภาพของดิน และ ด้านกำลังความต้านทานของดิน ผู้ศึกษาได้กำหนดวิธีจำแนกประเภทดินไว้ 2 ระบบ ดังนี้

4.3.1 การจำแนกประเภทดินตามระบบ Unified Soil Classification

สามารถจำแนกดินได้ดังแสดงในตารางที่ 4.3, 4.4, 4.5

ตารางที่ 4. 3 แสดงการจำแนกประเภทดิน (บ้านหนองรัง)

ตามระบบ Unified สามารถดูผลการทดสอบได้จากภาคผนวก ข. และ ภาคผนวก ค.

SAMPLE NO.	DEPTH (m)		ATTERBERG LIMITS				GRADATION (% PASSING SIEVE)				USCS GROUP
	FROM	TO	LL (%)	PL (%)	PI (%)	LI	#4	#10	#40	#200	
SS-1	0.15	0.45	33.00	21.36	11.64	NA	100.00	100.00	99.57	89.29	CL
SS-2	0.95	1.40	40.00	27.62	12.38	NA	100.00	100.00	99.82	92.90	ML
SS-3	1.90	2.35	38.00	24.17	13.83	NA	100.00	100.00	99.40	91.68	ML
SS-4	2.85	3.30	33.40	20.76	12.64	NA	100.00	99.66	98.69	88.32	CL
SS-5	3.80	4.25	31.50	19.62	11.88	NA	100.00	99.93	98.72	91.73	CL
SS-6	4.75	5.20	34.50	17.86	16.64	NA	100.00	99.84	98.28	89.75	CL
SS-7	5.70	6.15	29.00	15.10	13.90	NA	100.00	99.91	99.12	85.38	CL

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทดินตามระบบ Unified ประเภทดินบ้านหนองรัง ส่วนใหญ่เป็นดินประเภท CL เมื่อพิจารณาในระยะเวลาความลึกต่างๆพบว่า มี ML แทรกอยู่ในช่วงประมาณ 1-2 เมตร จากระดับผิวดิน

ตารางที่ 4. 4 แสดงการจำแนกประเภทดิน (บ้านท่าน้ำว)

ตามระบบ Unified สามารถดูผลการทดสอบได้จากภาคผนวก ข. และ ภาคผนวก ค.

SAMPLE NO.	DEPTH (m)		ATTERBERG LIMITS AND INDICIES				GRADATION (% PASSING SIEVE)				USCS GROUP
	FROM	TO	LL (%)	PL (%)	PI (%)	LI	#4	#10	#40	#200	
HA-1	0.00	0.45	44.00	31.38	12.62	N.A	100.00	99.95	99.67	60.40	ML
SS-1	0.95	1.40	24.50	23.02	1.48	0.02	100.00	100.00	99.96	75.98	ML
SS-2	1.90	2.35	41.00	26.63	14.37	N.A	100.00	99.94	98.80	45.14	SM
SS-3	2.85	3.30	40.00	27.24	12.76	N.A	100.00	100.00	99.56	51.45	ML
SS-4	3.80	4.25	45.00	25.40	19.60	N.A	100.00	100.00	99.64	45.21	SM
SS-5	4.75	5.20	46.50	24.07	22.43	N.A	96.10	99.58	94.41	28.48	SM

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทดินตามระบบ Unified ประเภทดิน บ้านท่าน้ำวเป็นดินประเภท ML และ SM แทรกตัวสลับชั้นกัน ซึ่งทั้ง 2 ประเภทมีลักษณะใกล้เคียงกันคือ เป็น ตะกอนทราย

ตารางที่ 4. 5 แสดงการจำแนกประเภทของดิน(บ้านนาข่อย)

ตามระบบ Unified สามารถดูผลการทดสอบได้จากภาคผนวก ข.และ ภาคผนวก ค.

SAMPLE NO.	DEPTH (m)		ATTERBERG LIMITS AND INDICIES				GRADATION (% PASSING SIEVE)				USCS GROUP
	FROM	TO	LL (%)	PL (%)	PI (%)	LI	#4	#10	#40	#200	
SS-1	1.00	1.45	33.40	19.60	13.80	0.05	99.91	98.80	91.44	67.52	CL
SS-2	1.90	2.35	24.90	16.69	8.21	0.38	84.50	76.45	69.19	48.39	SM
SS-3	2.85	3.30	33.50	19.79	13.71	N.A	90.54	80.47	60.85	34.40	SM
SS-4	3.80	4.45	35.50	16.79	18.71	0.18	90.86	80.08	45.70	24.98	SM
SS-5	4.95	5.40	48.00	25.83	22.17	0.05	98.30	94.68	85.86	78.01	CL

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทดินตามระบบ Unified ประเภทดิน บ้านนาข่อย ส่วนใหญ่เป็นดินประเภท SM เมื่อพิจารณาในระยะความลึกต่างๆพบว่ามี CL อยู่ในช่วงบนสุด และท้ายสุดของหลุมเจาะ มี SM แทรกอยู่ในช่วงความลึกประมาณ 2-5 เมตร จากระดับผิวดิน

4.3.2 การจำแนกประเภทของดินตามระบบ USDA

สามารถจำแนกดินได้ดังแสดงในตารางที่ 4.6, 4.7, 4.8

ตารางที่ 4. 6 แสดงการจำแนกประเภทของดิน (บ้านหนองวัง) ตามระบบ USDA

SAMPLE NO.	DEPTH (m)		GRADATION (% PASSING SIEVE)				HYDROMETER		USCS GROUP	USDA GROUP
			#4	#10	#40	#200	0.02-0.002 mm.	<0.002 mm.		
	FROM	TO								
SS-1	0.15	0.45	100.00	100.00	99.57	89.29	71.14	33.81	CL	Clay
SS-2	0.95	1.40	100.00	100.00	99.82	92.90	73.64	37.41	ML	Clay
SS-3	1.90	2.35	100.00	100.00	99.40	91.68	73.03	40.81	ML	Clay
SS-4	2.85	3.30	100.00	99.66	98.69	88.32	56.28	29.43	CL	Clay loam
SS-5	3.80	4.25	100.00	99.93	98.72	91.73	65.71	34.16	CL	Clay
SS-6	4.75	5.20	100.00	99.84	98.28	89.75	70.09	34.13	CL	Clay
SS-7	5.70	6.15	100.00	99.91	99.12	85.38	58.05	29.81	CL	Clay loam

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทดินตามระบบ USDA ประเภทดิน บ้านหนองวัง ส่วนใหญ่เป็นดินประเภท Clay เมื่อพิจารณาในระยะเวลาความลึกต่างๆพบว่ามี Clay loam แทรกอยู่บ้างในช่วงความลึกประมาณ 3-4 เมตร จากระดับผิวดิน ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับประเภทดินที่จำแนกโดยระบบ USCS พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน เนื่องจากเม็ดดินมีขนาดที่เล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร จำนวนมากจึงทำให้การจำแนกดินมีผลที่ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4. 7 แสดงการจำแนกประเภทของดิน (บ้านทำน้าว) ตามระบบ USDA

SAMPLE NO.	DEPTH (m)		GRADATION (% PASSING SIEVE)				HYDROMETER		USCS GROUP	USDA GROUP
			#4	#10	#40	#200	0.02-0.002 mm.	<0.002 mm.		
	FROM	TO								
HA-1	0.00	0.45	100.00	99.95	99.67	60.40	26.31	15.54	ML	Sandy loam
SS-1	0.95	1.40	100.00	100.00	99.96	75.98	45.19	19.67	ML	Sandy loam
SS-2	1.90	2.35	100.00	99.94	98.80	45.14	15.94	7.08	SM	Sandy loam
SS-3	2.85	3.30	100.00	100.00	99.56	51.45	25.08	8.58	ML	Sandy loam
SS-4	3.80	4.25	100.00	100.00	99.64	45.21	12.98	5.42	SM	Sand
SS-5	4.75	5.20	96.10	99.58	94.41	28.48	10.41	4.52	SM	Sand

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทดินตามระบบ USDA ประเภทดิน บ้านทำน้าว ส่วนใหญ่เป็นดินประเภท Sandy loam เมื่อพิจารณาในระยะเวลาความลึกต่างๆพบว่ามี Sand อยู่ในช่วงล่างสุดของหลุมเจาะความลึกประมาณ 4 เมตร ลงไปจนถึงความลึกที่ 5.2 เมตร จากระดับผิวดิน ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับประเภทดินที่จำแนกโดยระบบ USCS พบว่ามีความใกล้เคียงกันคือ

เม็ดดินส่วนมากมีขนาดที่ใหญ่กว่า 0.075 มิลลิเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทั้ง 2 ระบบพบว่าสามารถจำแนกออกมาได้ว่าเป็นดินทราย

ตารางที่ 4. 8 แสดงการจำแนกประเภทของดิน (บ้านนาข่าย) ตามระบบ USDA

SAMPLE NO.	DEPTH (m)		GRADATION (% PASSING SIEVE)				HYDROMETER		USCS GROUP	USDA GROUP
	FROM	TO	#4	#10	#40	#200	0.02-0.002 mm	<0.002 mm		
SS-1	1.00	1.45	99.91	98.80	91.44	67.52	33.92	15.96	CL	Sandy loam
SS-2	1.90	2.35	84.50	76.45	69.19	48.39	28.45	12.40	SM	Sandy loam
SS-3	2.85	3.30	90.54	80.47	60.85	34.40	20.64	12.49	SM	Sandy loam
SS-4	3.80	4.45	90.86	80.08	45.70	24.98	18.26	13.54	SM	Sand
SS-5	4.95	5.40	98.30	94.68	85.86	78.01	61.84	29.66	CL	Clay loam

จากตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทดินตามระบบ USDA ประเภทดินบ้านนาข่าย ส่วนใหญ่เป็นดินประเภท Sandy loam เมื่อพิจารณาในระยยะความลึกต่างๆพบว่ามี Sand อยู่ในช่วงความลึกประมาณ 4-5 เมตร จากระดับผิวดิน และมี Clay loam อยู่ที่ความลึกประมาณ 5 เมตรลงไปจากระดับผิวดิน ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับประเภทดินที่จำแนกโดยระบบ USCS พบว่ามีความใกล้เคียงกัน แต่ บริเวณที่ความลึกประมาณ 1-2 เมตร จากระดับผิวดิน พบว่าผลการจำแนกแตกต่างกัน เนื่องจากพบเม็ดดินมีขนาดที่ใหญ่กว่า 0.002 มิลลิเมตร เป็นจำนวนมาก

จากตารางการจำแนกประเภทดินของทั้ง 2 ระบบ มีการเปรียบเทียบที่แสดงให้เห็นว่า เม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร มีปริมาณมากโอกาสที่ผลการจำแนกของทั้ง 2 ระบบจะใกล้เคียงกันมากกว่า เม็ดดินขนาดใหญ่กว่า 0.002 มิลลิเมตร

4.3.3 รูปตัดชั้นดิน

ผลจากการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน สามารถอธิบายให้เห็นถึงขอบเขตการเปลี่ยนแปลงและคุณลักษณะของดินในระดับความลึกต่างๆ ออกมาเป็นรูปตัดชั้นดิน ที่ทำให้มีความเข้าใจยิ่งขึ้น (รายละเอียดรูปตัดชั้นดินอยู่ในภาคผนวก ซ.)

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินตัวอย่างที่ ตำบลท่านาว อำเภอยะแยง จังหวัดน่าน จากการขุดเจาะแบบล้าง (WASH BORING) และการทดสอบในห้องปฏิบัติการ แล้วนำผลที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการมาใช้วิเคราะห์จำแนกประเภทของดินอ้างอิงตามระบบ USCS โดยผลจากการจำแนกประเภทของดินไปหาความสัมพันธ์กับการจำแนกดินด้วยระบบ USDA รวมทั้งเปรียบเทียบกับข้อมูลดินเดิมของจังหวัดน่านจากแผนที่กรมทรัพยากรธรณี การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลด้านคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน การวางตัวของชั้นดินในระดับความลึกต่างๆ เพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการพิจารณาการก่อสร้างได้ ผลจากการสำรวจและการทดสอบในห้องปฏิบัติการสามารถนำมาสรุป และอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการจำแนกประเภทดินตัวอย่างตามระบบ USCS และ USDA

บ้านท่านาว ตามระบบ USCS จากผลการสำรวจดินในช่วง 1.4 เมตร เป็นดินเหนียวปนกรวด (Silty clays) สีน้ำตาลดำ มีสภาพเป็นพลาสติกต่ำและมีความเหนียวเล็กน้อย แต่เมื่อเจาะลึกลงไปถึง ในช่วง 2.35 เมตร พบว่าเป็นทรายปนทรายแป้ง (Silty sands) ซึ่งมีเม็ดขนาดเดียวกัน มีสีน้ำตาลแดง เจาะลึกลงไปถึง 3.3 เมตร พบว่าเป็นดินตะกอนและทราย และเมื่อเจาะลึกลงไปถึงระดับความลึกที่ 5.20 เมตร พบว่าเป็นทรายปนทรายแป้ง ลักษณะเป็นทรายละเอียดสีน้ำตาลแดง ค่าความชื้นธรรมชาติ (Natural Water Content) มีค่าอยู่ระหว่าง 22.64-28.04 % ความชื้นในมวลดินขณะที่เปลี่ยนสถานะจากพลาสติกเป็นกึ่งของแข็ง (Plastic Limit) มีค่าระหว่าง 23.02-31.38 % ความชื้นในมวลดินขณะที่มวลดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากของเหลว (Liquid Limit) มีค่าระหว่าง 24.77-46.5 % และค่า SPT ของชั้นดินเหนียวมีค่าสูงสุดที่ระดับ 5.2 เมตร จากผิวดิน มีค่า 13 ครั้ง/ฟุต ตามระบบ USDA ดินในช่วง 3.30 เมตร เป็นดินประเภท Sandy loam พบว่ามี Sand อยู่ในช่วงล่างสุดของหลุมเจาะความลึก 3.80 เมตร ลงไปจนถึงความลึกที่ 5.2 เมตร

บ้านหนองรัง ตามระบบ USCS จากผลการสำรวจดินในช่วง 0.45 เมตร เป็นดินเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาลเข้ม ช่วง 2.35 เมตร เป็นทรายละเอียด มีสีน้ำตาลเข้ม และที่ช่วง 6.15

เมตร ดินเหนียวปนทราย มีสีน้ำตาลเข้ม (Lean Clays/ brown/ stiff, CL) ค่าความชื้นธรรมชาติ (Natural Water Content) มีค่าอยู่ระหว่าง 20.24-30.30 % ความชื้นในมวลดินขณะที่เปลี่ยนสถานะจากพลาสติกเป็นกึ่งของแข็ง (Plastic Limit) มีค่าระหว่าง 15.10-27.62 % ความชื้นในมวลดินขณะที่มวลดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากของเหลว (Liquid Limit) มีค่าระหว่าง 29-40 % และค่า SPT ของชั้นดินเหนียวมีค่าสูงสุดที่ระดับ 5 เมตร จากผิวดิน มีค่า 30 ครั้ง/ฟุต ตามระบบ USDA ดินในช่วง 2.35 เมตร เป็นดินประเภท Clay พบว่าที่ความลึก 2.85-3.30 เมตร มี Clay loam แทรกอยู่ ช่วงความลึกที่ 3.80-5.20 เมตร เป็นดินประเภท Clay และที่ความลึก 5.70-6.15 เมตรพบว่าเป็นดินประเภท Clay

บ้านนาข่อย ตามระบบ USCS จากผลการสำรวจดินในช่วง 1.45 เมตร ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนกรวด (Gravelly clays) มีสีน้ำตาลปนเหลือง ในช่วงความลึก 4.45 เมตร พบว่าเป็นทรายปนทรายแป้ง มีสีน้ำตาลปนเหลือง และที่ช่วง 5.4 เมตร เป็นดินเหนียวปนกรวด มีสีน้ำตาลปนเหลือง ซึ่งดินมีสภาพพลาสติกต่ำ ดินเหนียวมีความหนืดน้อย ค่าความชื้นธรรมชาติ (Natural Water Content) มีค่าอยู่ระหว่าง 14.47-26.84 % ความชื้นในมวลดินขณะที่เปลี่ยนสถานะจากพลาสติกเป็นกึ่งของแข็ง (Plastic Limit) มีค่าระหว่าง 16.69-25.83 % ความชื้นในมวลดินขณะที่มวลดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากของเหลว (Liquid Limit) มีค่าระหว่าง 24.90-48 % และค่า SPT ของชั้นดินเหนียวมีค่าสูงสุดที่ระดับ 3.3 เมตร จากผิวดิน มีค่า 23 ครั้ง/ฟุต ตามระบบ USDA บ้านท่านาว ดินในช่วง 3.30 เมตร เป็นดินประเภท Sandy loam และพบว่ามี Sand อยู่ในช่วง 3.80 ลงไปจนถึงความลึกที่ 5.2 เมตร

ทั้ง 2 ระบบจำแนกประเภทดินแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ตัวอย่างเช่น งานด้านวิศวกรรมส่วนใหญ่นิยมใช้การจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification ซึ่งนอกจากจะพิจารณามวลลคละของดินแล้ว ยังพิจารณาค่าพิกัดความเหลว พิกัดความเหนียวและดัชนีสภาพพลาสติกของมวลดินเป็นเกณฑ์ในการเรียกชื่อและจำแนกดินอีกด้วย

ส่วนการจำแนกดินตามระบบ USDA ส่วนใหญ่จะใช้ในงานเกษตรกรรม โดยอาศัยขนาดของเม็ดดินเป็นเกณฑ์ เหมาะสำหรับดินกรวดหรือทราย ไม่พิจารณาค่าพิกัดความเหลว พิกัดความเหนียว และดัชนีสภาพพลาสติก การใช้เกณฑ์จำแนกตามขนาดของเม็ดดิน เป็นการจำแนกประเภทของดินที่ง่ายที่สุด

สามารถสรุปเป็นตารางเปรียบเทียบขนาดเม็ดดินของทั้ง 2 ระบบ ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดเม็ดดินในระบบ USCS และ ระบบ USDA

ชื่อกลุ่มขนาด	ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	
	USDA	USCS
กรวด (gravel)	2-64	>4.8-76
ทรายหยาบมาก (very coarse sand)	1-2	(#4) 4.75
ทรายหยาบ (coarse sand)	0.5-1	-
ทรายปานกลาง (medium sand)	0.25-0.5	(#40) 0.425
ทรายละเอียด (fine sand)	0.1-0.25	-
ทรายละเอียดมาก (very fine sand)	0.05-0.1	-
ทรายแป้ง (silt)	0.002-0.05	(#200) 0.075-0.15
ดินเหนียว (clay)	<0.002	<(#200) 0.075

จากตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่า การจำแนกดินตามระบบ USDA แบ่งทรายหยาบและกรวดที่ขนาดอนุภาค เท่ากับ 2 มิลลิเมตร แบ่งทรายหยาบและทรายปานกลางที่ขนาดอนุภาค เท่ากับ 2-0.25 มิลลิเมตร แบ่งทรายปานกลางและทรายแป้งที่ขนาดอนุภาค เท่ากับ 0.5-0.002 มิลลิเมตร แต่การจำแนกดินตามระบบ USCS จะแบ่งทรายหยาบและกรวดที่ขนาดอนุภาค เท่ากับ 4.8 มิลลิเมตร แบ่งทรายหยาบและทรายปานกลางที่ขนาดอนุภาค เท่ากับ 4.75-0.425 มิลลิเมตร แบ่งทรายปานกลางและทรายแป้งที่ขนาดอนุภาค เท่ากับ 0.425-0.075 มิลลิเมตร ส่วนการจำแนกดินเหนียวตามระบบ USDA แบ่งดินเหนียวที่ขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร แต่สำหรับระบบ USCS แบ่งดินเหนียวที่ขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร จะเห็นว่าการจำแนกประเภทดินของระบบ USDA จะมีความละเอียดในการจำแนกประเภทดินมากกว่าระบบUSCS ซึ่งอาจเนื่องมาจากการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรมที่ต้องการความละเอียดของดินมากกว่างานด้านวิศวกรรม

5.1.2 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบกับข้อมูลดินเดิมของจังหวัดน่านจากแผนที่กรมทรัพยากรธรณี

จากการศึกษาพบว่าสภาพดินส่วนใหญ่ในจังหวัดน่านจะเป็นดินประเภทตะกอนทรายดินเหนียว กรวดละเอียดประกอบด้วย ชั้นทรายปนดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย กรวดละเอียด และ

ลูกครึ่งปะปนในบางชั้น และจากแผนที่กรมทรัพยากรธรณีพบว่าดินที่ อำเภอท่านาว เป็นดินตะกอนกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ซึ่งเมื่อนำตัวอย่างดินมาทดลอง พบว่า

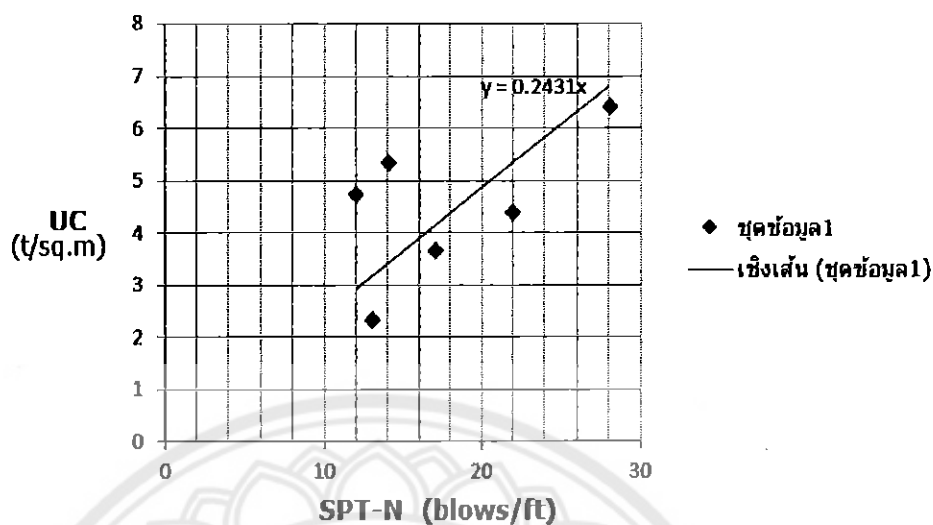
บ้านท่านาว จากการทดสอบพบว่าดินส่วนใหญ่ของบ้านท่านาวเป็นตะกอนทราย เนื่องจากบริเวณนั้นอยู่ใกล้กับแม่น้ำน่านที่เกิดการกัดเซาะโครงสร้างต่าง ๆ บนพื้นที่ชายฝั่ง และถูกพัดพาลงสู่ลำน้ำที่มีการไหลที่มีความแรงพอที่จะพาตะกอนขนาดต่าง ๆ ไปได้ ตะกอนที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากจะเคลื่อนที่ไปได้ไม่ไกลนัก ส่วนตะกอนที่มีขนาดเล็กจะถูกพัดพาไปยังบริเวณต่างบางส่วนจะตกลงทับถมกันบริเวณชายฝั่ง ซึ่งเป็นเส้นทางแม่น้ำสายใหม่ที่เกิดจากการพัดพาตะกอนทรายมาทับถมกัน

บ้านหนองรัง จากการทดสอบพบว่าดินส่วนใหญ่ที่พบเป็นดินเหนียว เนื่องจากบริเวณบ้านหนองรังอยู่ติดกับเส้นทางแม่น้ำสายเก่าแต่อาจเกิดจากกระแสน้ำพัดพาเอาตะกอนต่างๆมาทับถมกันตามชายฝั่งการทับถมกันเรื่อยๆเกิดเป็นพื้นที่ยื่นออกมา ทำให้แม่น้ำเปลี่ยนทิศทาง ดินบริเวณนั้นจึงเป็นดินเดิมที่ถูกทับถมมาเป็นเวลานาน

บ้านนาซ้าย จากการทดสอบที่พบส่วนใหญ่ดินบริเวณบ้านนาซ้ายเป็น ดินทรายที่มีตะกอนทรายปน เนื่องจากบริเวณที่สำรวจอยู่ใกล้กับแม่น้ำแก่น ซึ่งไหลมาทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของบ้านนาซ้ายและไหลลงสู่แม่น้ำน่าน พื้นที่บริเวณนั้นจึงมีการทับถมกันของตะกอนทรายแม่น้ำเป็นส่วนใหญ่ (ภาพแผนที่ที่ได้จากรูปที่ 1.1 แผนที่สถานที่ดำเนินโครงการ ในบทที่ 1)

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า UC และ SPT

UC ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ คือ การทดสอบแรงอัดแกนเดี่ยว (Unconfined compression test, C_u) เป็นการหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่ระบายน้ำ ซึ่งตัวอย่างดินที่ใช้ต้องเป็นดินเหนียว จึงสามารถทดสอบได้เฉพาะดินบ้านหนองรัง ส่วนค่า SPT (Standard Penetration Tests) ใช้ทดสอบเพื่อหาค่า cohesive soil แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน โดยที่การทดสอบ SPT จะบอกค่าความหนาแน่น หรือความแข็งของดินในที่ มักกระทำโดยการนับจำนวนครั้งการตอกต่อเนื่องของตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน (140 ปอนด์/63.5 กก.) ยกสูง 30 นิ้ว ซึ่งทำให้กระบอกฝ่าฝึงจมลงไปในดินเป็นระยะ (1ฟุต) ในการตอกทดสอบจะนับเป็นจำนวนครั้งของตุ้มที่ตอกเพื่อส่งให้กระบอกฝ่าฝึงจมลงในชั้นดินอย่างต่อเนื่อง ช่วงระยะ 6 นิ้ว ติดต่อกัน 3 ช่วง โดยที่ค่าการตอกทดสอบฝึงจมมาตรฐานจะคิดจากผลรวมของจำนวนการตอก เฉพาะในช่วง 6 นิ้ว 2 ครั้งหลังเท่านั้น ซึ่งทั้ง 2 ค่าสามารถแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ได้ดังนี้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง UC และ SPT

ค่า SPT (Standard Penetration Tests, N) และกำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่ระบายน้ำของดิน (Unconfined compression test, C_u) มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อกัน ค่า SPT สูงมากนั้นก็หมายความว่ากำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่ระบายน้ำก็ย่อมต้องสูงตามไปด้วย ในกรณีของดินเหนียวอิ่มตัวด้วยน้ำซึ่งมีสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำต่ำ การตอกกระบอกเก็บตัวอย่างลงในดินจะก่อให้เกิดการวิบัติในมวลดินในสภาวะไม่ระบายน้ำ ดังในสมการที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่ระบายน้ำของดิน (C_u) และค่า SPT มาตรฐาน (N_{60}) สำหรับดินเหนียวอิ่มตัวด้วยน้ำ

$$C_u = KN_{60}$$

$$C_u = 29N_{60}^{0.72}$$

สมการที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนของดินแบบไม่ระบายน้ำของดิน (C_u) และค่า SPT มาตรฐาน (N_{60})

โดยที่ K ในสมการที่ 5.1 มีค่าอยู่ระหว่าง 3.5 ถึง 6.5

จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงเฉือนและค่า SPT มาตรฐานมีค่าแปรผันตามชนิดของดิน ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถใช้ได้แค่ในช่วงที่กำลังต้านทานแรงเฉือนมีค่าน้อยกว่า 20 ตันต่อตารางเมตร

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ

5.2.1 การวางแผนการเจาะสำรวจเพื่อหาสภาพชั้นดิน ต้องพิจารณาว่าสภาพชั้นดินบริเวณโครงการเคยปรากฏในข้อมูลว่ามีความแปรปรวนเกิดขึ้นประจำ หรือไม่ ด้วยการหาข้อมูลจากโครงการที่เคยเจาะสำรวจบริเวณใกล้เคียง จะทำให้ทราบได้ว่าความลึกของฐานรากในแต่ละโครงการแตกต่างกันมากหรือไม่ การวางแผนการสำรวจดินตลอดจนวิธีการเจาะสำรวจดินจะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และลำดับชั้นดิน (Soil profile) ที่หาข้อมูลได้ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการจัดเก็บฐานข้อมูลของการเจาะสำรวจที่เป็นระบบที่ดี การค้นหาข้อมูลเดิมทำได้ยากและช้าเนื่องจากมีการจัดเก็บเป็นแบบสำเนาเอกสารรวมกันทั้งหมด จะมีผลทำให้การเตรียมการเครื่องมือ, เครื่องจักร และจำนวนผู้ปฏิบัติงาน

5.2.2 ความยุ่งยากในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร ไปยังตำแหน่งเจาะสำรวจ เนื่องจากเครื่องจักรมีการถูกยึดและมีความน้ำหนักมาก

5.2.3 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างนานเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบคุณสมบัติของดินได้

5.2.4 ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบ มีในปริมาณจำกัดจึงจำเป็นต้องนำตัวอย่างเดิมมาใช้ซ้ำ ส่งผลให้ดินถูกรบกวน ผลการทดสอบอาจเกิดความผิดพลาดได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เมื่อได้ดินจากการเจาะแล้ว ให้ปิดผนึกเฉพาะดินที่เป็นตัวแทนของตัวอย่าง เพื่อป้องกันความชื้นออกจากตัวอย่างดินที่จะนำไปอบได้

5.3.2 หลุมที่ใกล้เคียงกัน อาจจะมีสภาพของชั้นดินแตกต่างกัน ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเบื้องต้น ต้องมีการบันทึกไว้อย่างละเอียด

5.3.3 ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการทุกขั้นตอน ควรทำอย่างละเอียดและถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลการปฏิบัติการที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

5.4 การนำไปใช้ประโยชน์

ในอดีตที่ผ่านมาแล้ว มักมีคำถามเกิดขึ้นเสมอว่า เมื่อตรวจสอบตรวจชั้นดินไปแล้วจะนำไปใช้ประโยชน์อย่างไร ทั้งนี้เป็นเพราะผู้เกี่ยวข้องแต่ละท่านมักจะคำนึงถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์และประโยชน์ทางการเงินเป็นสำคัญ โดยมิได้คำนึงถึงการประหยัดที่จะได้จากการ

เลือกใช้ขนาดและชนิดของฐานรากที่เหมาะสมจากข้อมูลการสำรวจดิน ซึ่งจะให้ความมั่นคงแข็งแรงปลอดภัยแก่โครงสร้าง เมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของโครงสร้างนั้น พร้อมทั้งช่วยให้สามารถประหยัดเวลาที่ได้จากความพร้อมของวัสดุที่จะเลือกใช้ ความพร้อมในขบวนการผลิตของผู้ประกอบการจัดหาในท้องถิ่นนั้น ตลอดจนการขนส่งต่างๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยทำให้การก่อสร้างแก้ไขปัญหาของโครงการได้แล้วเสร็จตามที่วางไว้ทำให้ได้รับผลตอบแทน และประหยัดค่าดอกเบี้ยซึ่งจะลดลงทันทีที่ได้รับผลตอบแทนจากการที่โครงการได้ก่อสร้างแก้ไขแล้วเสร็จตรงตามกำหนดเวลาหรือก่อนกำหนด ข้อมูลจากการสำรวจดินที่ดีจะช่วยให้งานก่อสร้างแก้ไขของโครงการสำเร็จลุล่วงตรงเวลาได้ผลงานตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ได้วางแผนล่วงหน้าไว้



เอกสารอ้างอิง

- สรารุจ จริตงาม. (2545). กลศาสตร์ของดิน. สงขลา : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มานะ อภิพัฒนะมนตรี. (2543). วิศวกรรมปฐพีและฐานราก. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- มณเฑียร กังคศิเทียม. (2543). กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- บุญเทพ นานะรังสรรค์. (2539). FOUNDATION ENGINEERING AND TUNNELLING. กรุงเทพฯ : Library-Nine.
- ดร.วรวรณี สุขศาสตร์. (2547). วิศวกรรมฐานราก. กรุงเทพฯ : โฟร์เพช.
- วิศิษฐ์ อยู่ยงวัฒนา. (2547). ปฐพีกลศาสตร์. กรุงเทพฯ : สยามสเตชันเนอร์รี่พหลายนส์.
- ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์อารักษ์. (2540). วิศวกรรมปฐพี. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.
- คณะอนุกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2548) แนวทางการตรวจสอบชั้นดินเพื่องานฐานราก. กรุงเทพฯ : จุดทอง.
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูศักดิ์ ศีรีรัตน์. (2549). ปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล.
- วรากร ไม้เรียง, จิรพัฒน์ โชติกไกร และประทีป ดวงเดือน. (2525). ปฐพีกลศาสตร์ : ทฤษฎีและปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2544). ธรณีวิทยาพื้นฐาน. กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2555, จาก <http://www.dmr.go.th>
- กรมโยธาธิการและผังเมือง สำนักควบคุมการก่อสร้าง. (2555). ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจดินทั่วประเทศ. กรุงเทพฯ. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2555, จาก <http://services.dpt.go.th>
- สถาพร คูวิจิตรจาร์. (2544). การเจาะสำรวจดินทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

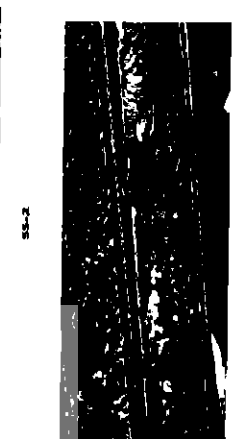
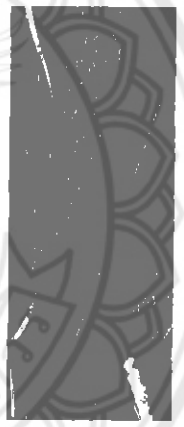
ภาคผนวก ก

ตาราง Summary of test results



ตารางที่ ก1 ตาราง Summary of test results บ่อน้ำท่า

SUMMARY OF TEST RESULTS																	
MAHESUAN UNIVERSITY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING																	
BORING NO : BH-1			GROUND EL. : m			MADE BY :			DATE : 26/10/2012								
DEPTH (m) : 5.20			OBSERVED WL : NOT FOUND			INPUT BY :											
COORD. N : 18°44'17.533"			FIELD WORKS : 8-11/09/2012			CHECKED BY :											
E : 100°45'39.247"			LAB. TESTS : 10-26/10/2012			DATE :			30/10/2012								
SAMPLE NO.	DEPTH (m)		USCS GROUP	USDA GROUP	NATURAL WATER CONTENT (%)	ATTERBERG LIMITS AND INDICES				GRADATION (% PASSING SIEVE)				HYDROMETER		TOTAL UNIT WEIGHT (g/cm ³)	SPT-N (blow/ft)
	FROM	TO				LL (%)	PL (%)	PI (%)	LI	#4	#10	#60	#200	0.02-0.002 mm.	<0.002 mm.		
HA-1	0.00	0.45	ML	Sandy loam	28.06	44.00	31.38	12.62	N.A.	100.00	99.95	99.67	60.60	26.31	15.56	2.00	7
SS-1	0.95	1.40	ML	Sandy loam	23.05	24.50	23.02	1.48	0.02	100.00	100.00	99.96	75.98	65.19	19.67	1.92	6
SS-2	1.90	2.35	SM	Sandy loam	22.64	41.00	26.69	14.37	N.A.	100.00	99.94	98.80	45.14	13.94	7.08	1.82	7
SS-3	2.85	3.30	ML	Sandy loam	22.86	60.00	27.24	12.76	N.A.	100.00	100.00	99.56	51.45	25.08	8.58	1.92	12
SS-4	3.80	4.25	SM	Sand	24.33	45.00	25.40	19.60	N.A.	100.00	100.00	99.64	45.21	12.98	5.42	1.98	13
SS-5	4.75	5.20	SM	Sand	23.93	46.50	24.07	22.43	N.A.	96.10	99.58	94.61	28.48	10.81	4.52	2.10	13



ตารางที่ ก2 ตาราง Summary of test results บ้านนาข่อย

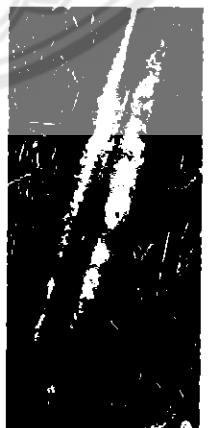
SUMMARY OF TEST RESULTS																
PROJECT :		BORING NO :		GROUND EL :		MADE BY :										
LOCATION :		DEPTH (m) :		OBSERVED WL :		DATE :										
บ้านนาข่อย		1.00		18' 02" 390'		26/10/2012										
บ้านนาข่อย ซอยพัฒนา		2.85		100' 46' 45.731"		30/10/2012										
		3.30														
		4.45														
		5.40														
SAMPLE NO.	DEPTH (m)		USCS GROUP	USDA GROUP	NATURAL WATER CONTENT (%)	ATTERBERG LIMITS AND INDICES				GRADATION (% PASSING SIEVES)			HYDROMETER		TOTAL UNIF WEIGHT (g/cum)	SPT-N (Blows/ft)
	FROM	TO				LL (%)	PL (%)	PI (%)	U	#4	#10	#40	#200	0.02-0.002 mm.		
SS-1	1.00	1.45	CL	Sandy loam	20.34	19.60	13.80	0.05	99.91	96.80	91.44	67.52	33.92	15.96	1.99	8
SS-2	1.90	2.25	SM	Sandy loam	19.82	16.69	8.21	0.38	84.50	76.45	69.13	60.39	28.45	12.40	2.03	10
SS-3	2.85	3.30	SM	Sandy loam	14.67	19.79	13.71	N.A	90.54	80.67	60.85	34.60	20.64	12.69	2.06	23
SS-4	3.80	4.45	SM	Sand	20.09	16.79	18.71	0.18	90.86	80.08	48.70	24.98	18.26	13.54	2.06	21
SS-5	4.95	5.40	CL	Clay loam	26.84	25.83	22.17	0.05	98.30	94.68	85.86	78.01	61.84	28.66	1.75	19



SS-1



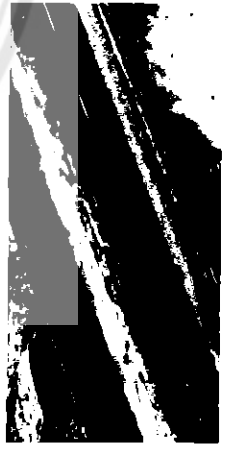
SS-2



SS-3



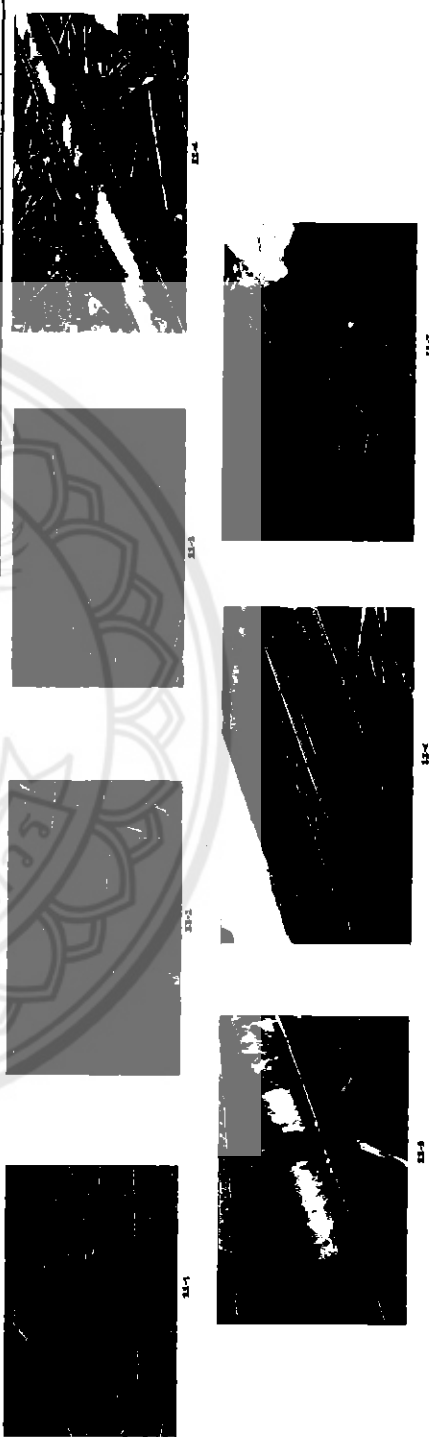
SS-4



SS-5

ตารางที่ ก3 ตาราง Summary of test results บ้านหนองรัง

SUMMARY OF TEST RESULTS																					
SAMPLE NO.	DEPTH (m)		USCS GROUP	LSCA GROUP	NATURAL WATER CONTENT (%)	ATTERBERG LIMITS				GRADATION (% PASSING SIZE)				HYDROMETER			TOTAL UNIT		Su (kN/m ²)		SPT (blows/m)
	FROM	TO				LL (%)	PL (%)	PI (%)	LI	ML	KL	CU	NC	FC	SC	0.075 mm	0.425 mm	75 µm	mm	mm	
SS-1	0.15	0.45	CL	Clay	27.16	33.00	21.36	11.84	0.30	100.00	100.00	99.57	89.29	71.14	33.81	1.82	-	5.37	-	14	
SS-2	0.95	1.40	ML	Clay	28.72	40.00	27.82	12.38	0.09	100.00	100.00	99.82	92.90	73.64	37.41	2.25	-	2.34	-	13	
SS-3	1.80	2.35	ML	Clay	30.00	38.00	24.17	13.83	0.64	100.00	100.00	99.40	91.68	73.03	40.81	1.86	-	4.77	-	12	
SS-4	2.85	3.30	CL	Clay loam	25.00	33.40	20.76	12.64	0.34	100.00	99.66	98.68	88.32	56.26	29.43	1.88	-	3.87	-	17	
SS-5	3.80	4.25	CL	Clay	24.13	31.50	19.62	11.88	0.38	100.00	99.93	98.72	91.73	63.71	34.16	1.91	-	-	4.41	-	22
SS-6	4.75	5.20	CL	Clay	24.67	34.50	17.86	16.64	0.41	100.00	99.84	98.28	89.75	70.09	34.13	1.90	-	-	1.51	-	20
SS-7	5.75	6.15	CL	Clay loam	20.24	29.00	15.10	13.96	0.37	100.00	99.91	99.12	83.38	58.05	29.81	2.00	-	-	6.44	-	28


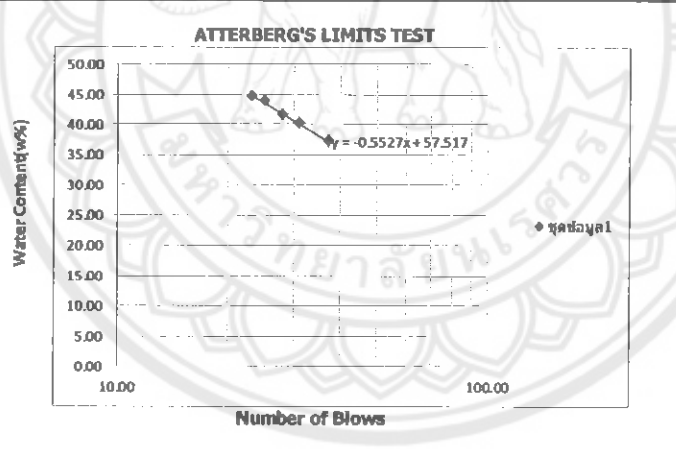


ภาคผนวก ข


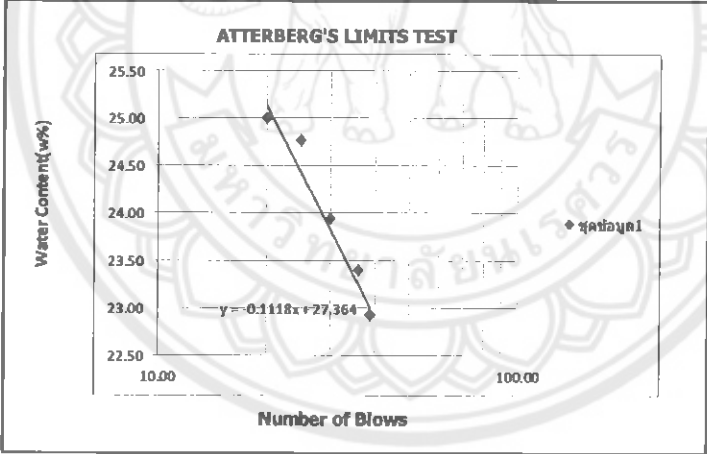
ผลการทดลองการทดสอบขีดแอดเตอร์เบอร์ก (Atterberg's limits)




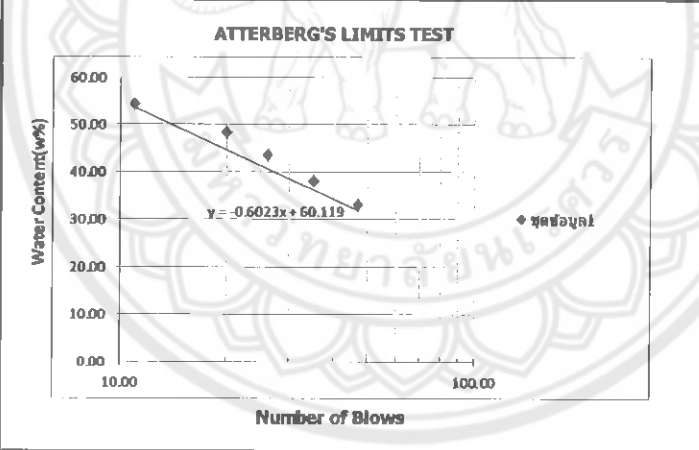
ตารางที่ ข1 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว HA-1

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY																																																									
ATTERBERG LIMITS TEST																																																									
PROJECT: HA-1	JOB NO:																																																								
LOCATION: ท่าเรือ	BORING NO: 1																																																								
SOIL DESCRIPTION:	DEPTH: 0.45 m.																																																								
TESTED BY: WARIN.W	DATE OF TEST: 18/10/2012																																																								
<p>Plastic Limit Determination</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Container No.</th> <th></th> <th>P1</th> <th>P2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Weight of Wet Sol + Container</td> <td>g.</td> <td>21.10</td> <td>20.90</td> </tr> <tr> <td>Weight of Dry Sol + Container</td> <td>g.</td> <td>20.30</td> <td>20.10</td> </tr> <tr> <td>Weight of Container</td> <td>g.</td> <td>17.70</td> <td>17.60</td> </tr> <tr> <td>Weight of Water</td> <td>g.</td> <td>0.80</td> <td>0.80</td> </tr> <tr> <td>Weight of Dry Sol</td> <td>g.</td> <td>2.60</td> <td>2.50</td> </tr> <tr> <td>Water Content</td> <td>g.</td> <td>30.77</td> <td>32.00</td> </tr> <tr> <td>Average</td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">31.38</td> </tr> </tbody> </table>		Container No.		P1	P2	Weight of Wet Sol + Container	g.	21.10	20.90	Weight of Dry Sol + Container	g.	20.30	20.10	Weight of Container	g.	17.70	17.60	Weight of Water	g.	0.80	0.80	Weight of Dry Sol	g.	2.60	2.50	Water Content	g.	30.77	32.00	Average		31.38																									
Container No.		P1	P2																																																						
Weight of Wet Sol + Container	g.	21.10	20.90																																																						
Weight of Dry Sol + Container	g.	20.30	20.10																																																						
Weight of Container	g.	17.70	17.60																																																						
Weight of Water	g.	0.80	0.80																																																						
Weight of Dry Sol	g.	2.60	2.50																																																						
Water Content	g.	30.77	32.00																																																						
Average		31.38																																																							
<p>LIQUID LIMIT DETERMINATION</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Container No.</th> <th></th> <th>L1</th> <th>L2</th> <th>L3</th> <th>L4</th> <th>L5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Weight of Wet Sol + Container</td> <td>g.</td> <td>20.80</td> <td>29.40</td> <td>18.60</td> <td>28.00</td> <td>32.90</td> </tr> <tr> <td>Weight of Dry Sol + Container</td> <td>g.</td> <td>19.20</td> <td>26.70</td> <td>17.60</td> <td>26.90</td> <td>30.30</td> </tr> <tr> <td>Weight of Container</td> <td>g.</td> <td>14.90</td> <td>20.00</td> <td>15.20</td> <td>24.40</td> <td>24.50</td> </tr> <tr> <td>Weight of Water</td> <td>g.</td> <td>1.60</td> <td>2.70</td> <td>1.00</td> <td>1.10</td> <td>2.60</td> </tr> <tr> <td>Weight of Dry Sol</td> <td>g.</td> <td>4.30</td> <td>6.70</td> <td>2.40</td> <td>2.50</td> <td>5.80</td> </tr> <tr> <td>Water Content</td> <td>g.</td> <td>37.21</td> <td>40.30</td> <td>41.67</td> <td>44.00</td> <td>44.83</td> </tr> <tr> <td>Number of Blows</td> <td></td> <td>37.00</td> <td>31.00</td> <td>28.00</td> <td>25.00</td> <td>23.00</td> </tr> </tbody> </table>		Container No.		L1	L2	L3	L4	L5	Weight of Wet Sol + Container	g.	20.80	29.40	18.60	28.00	32.90	Weight of Dry Sol + Container	g.	19.20	26.70	17.60	26.90	30.30	Weight of Container	g.	14.90	20.00	15.20	24.40	24.50	Weight of Water	g.	1.60	2.70	1.00	1.10	2.60	Weight of Dry Sol	g.	4.30	6.70	2.40	2.50	5.80	Water Content	g.	37.21	40.30	41.67	44.00	44.83	Number of Blows		37.00	31.00	28.00	25.00	23.00
Container No.		L1	L2	L3	L4	L5																																																			
Weight of Wet Sol + Container	g.	20.80	29.40	18.60	28.00	32.90																																																			
Weight of Dry Sol + Container	g.	19.20	26.70	17.60	26.90	30.30																																																			
Weight of Container	g.	14.90	20.00	15.20	24.40	24.50																																																			
Weight of Water	g.	1.60	2.70	1.00	1.10	2.60																																																			
Weight of Dry Sol	g.	4.30	6.70	2.40	2.50	5.80																																																			
Water Content	g.	37.21	40.30	41.67	44.00	44.83																																																			
Number of Blows		37.00	31.00	28.00	25.00	23.00																																																			
<p>ATTERBERG'S LIMITS TEST</p> 																																																									
<p>Liquid Limit(L): 44.00</p> <p>Plastic Limit(PL): 31.38</p> <p>Plasticity Index(PI): 12.62</p>																																																									


ตารางที่ ข2 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว SS-1

		SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY				
ATTERBERG LIMITS TEST						
PROJECT: <u>SS-1</u>	JOB NO:					
LOCATION: <u>ท่านาว</u>	BORING NO: <u>1</u>	SEMPLE NO: <u>SS-1</u>				
SOIL DESCRIPTION:	DEPTH: <u>1.40</u> m.					
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>18/10/2012</u>					
Plastic Limit Determination						
Container No.		P3	P4			
Weight of Wet Soil + Container	g.	29.40	21.90			
Weight of Dry Soil + Container	g.	28.40	21.10			
Weight of Container	g.	24.20	17.50			
Weight of Water	g.	1.00	0.80			
Weight of Dry Soil	g.	4.20	3.60			
Water Content	g.	23.81	22.22			
Average		23.02				
LIQUID LIMIT DETERMINATION						
Container No.		L6	L7	L8	L9	L10
Weight of Wet Soil + Container	g.	29.00	34.20	32.50	38.10	33.90
Weight of Dry Soil + Container	g.	26.30	30.30	29.10	33.70	30.30
Weight of Container	g.	15.40	14.70	14.90	14.90	14.60
Weight of Water	g.	2.70	3.90	3.40	4.40	3.60
Weight of Dry Soil	g.	10.90	15.60	14.20	18.80	15.70
Water Content	g.	24.77	25.00	23.94	23.40	22.93
Number of Blows		25.00	20.00	30.00	36.00	39.00
ATTERBERG'S LIMITS TEST						
						
Liquid Limit(LL): 24.50 Plastic Limit(PL): 23.02 Plasticity Index(PI): 1.48						

ตารางที่ ข3 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่าน้ำ SS-2

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
ATTERBERG LIMITS TEST	
PROJECT: <u>SS-2</u>	JOB NO: _____
LOCATION: <u>ท่าน้ำ</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: <u>SS-2</u>
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>2.35</u> m.
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>18/10/2012</u>
Plastic Limit Determination	
Container No.	P5 P6
Weight of Wet Soil + Container	g. 23.90 23.60
Weight of Dry Soil + Container	g. 22.40 22.50
Weight of Container	g. 17.60 17.50
Weight of Water	g. 1.50 1.10
Weight of Dry Soil	g. 4.80 5.00
Water Content	g. 31.25 22.00
Average	26.63
LIQUID LIMIT DETERMINATION	
Container No.	L11 L12 L13 L14 L15
Weight of Wet Soil + Container	g. 25.30 25.50 21.20 19.00 22.50
Weight of Dry Soil + Container	g. 22.90 22.80 19.20 17.70 20.00
Weight of Container	g. 15.60 15.70 14.60 15.00 15.40
Weight of Water	g. 2.40 2.70 2.00 1.30 2.50
Weight of Dry Soil	g. 7.30 7.10 4.60 2.70 4.60
Water Content	g. 32.88 38.03 43.48 48.15 54.35
Number of Blows	47.00 35.00 26.00 20.00 11.00
	
Liquid Limit(LL): 41.00 Plastic Limit(PL): 26.63 Plasticity Index(PI): 14.38	

ตารางที่ ข4 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บำบัดน้ำ SS-3



SOIL MECHANICS LABORATORY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

ATTERBERG LIMITS TEST

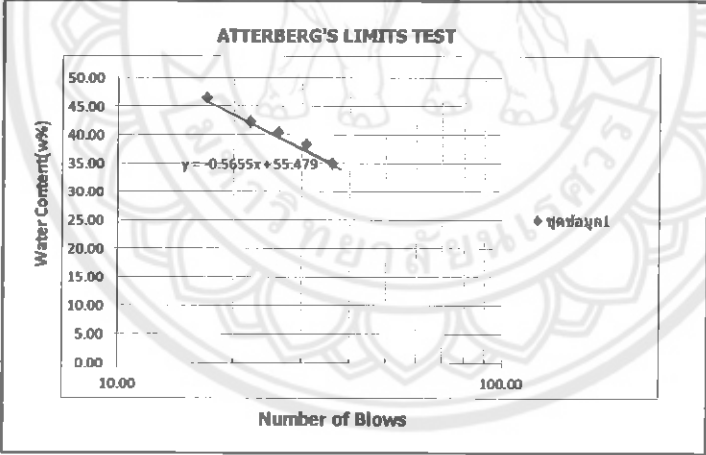
PROJECT: SS-3 JOB NO: _____
 LOCATION: ท่าเรือ BORING NO: 1 SAMPLE NO: SS-3
 SOIL DESCRIPTION: _____ DEPTH: 3.30 m.
 TESTED BY: WARIN.W DATE OF TEST: 18/10/2012

Plastic Limit Determination

Container No.		P7	P8
Weight of Wet Soil + Container	g.	22.50	23.70
Weight of Dry Soil + Container	g.	21.40	22.40
Weight of Container	g.	17.30	17.70
Weight of Water	g.	1.10	1.30
Weight of Dry Soil	g.	4.10	4.70
Water Content	g.	26.83	27.66
Average		27.24	

LIQUID LIMIT DETERMINATION


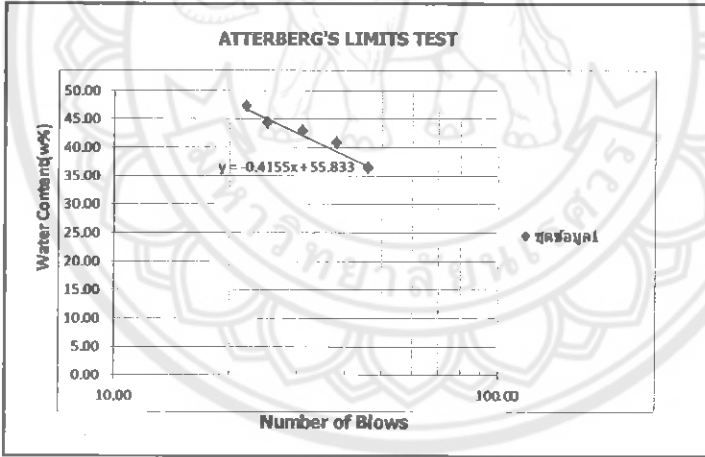
Container No.		L16	L17	L18	L19	L20
Weight of Wet Soil + Container	g.	37.50	35.10	22.00	23.40	23.50
Weight of Dry Soil + Container	g.	34.20	32.10	19.90	20.90	20.90
Weight of Container	g.	24.80	24.30	14.70	15.00	15.30
Weight of Water	g.	3.30	3.00	2.10	2.50	2.60
Weight of Dry Soil	g.	9.40	7.80	5.20	5.90	5.60
Water Content	g.	35.11	38.46	40.38	42.37	46.43
Number of Blows		36.00	31.00	26.00	22.00	17.00




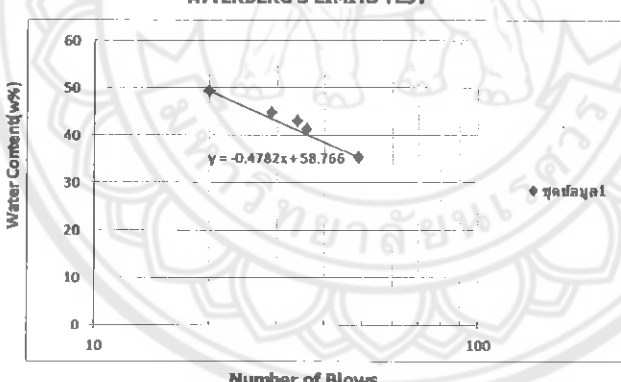
ATTERBERG'S LIMITS TEST

Liquid Limit(LL): 40.00
 Plastic Limit(PL): 27.24
 Plasticity Index(PI): 12.76


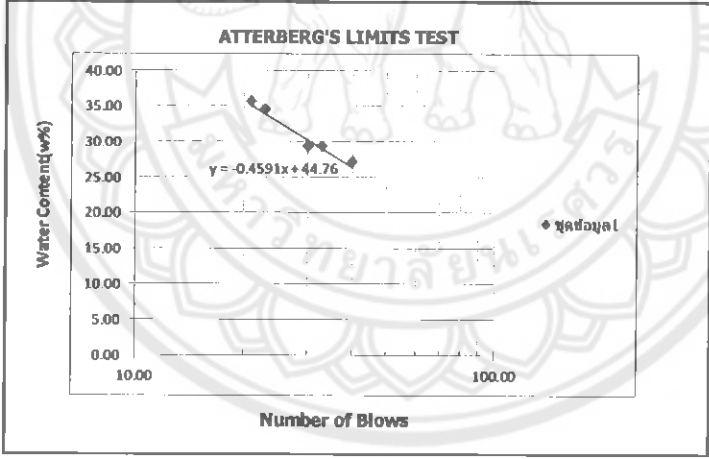
ตารางที่ ข5 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่านาว SS-4

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
ATTERBERG LIMITS TEST	
PROJECT: <u>SS-4</u>	JOB NO: _____
LOCATION: <u>ท่านาว</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: <u>SS-4</u>
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>3.80</u> m.
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>18/10/2012</u>
Plastic Limit Determination	
Container No.	P9 P10
Weight of Wet Sol + Container	g. 21.10 21.20
Weight of Dry Sol + Container	g. 20.4 20.4
Weight of Container	g. 17.50 17.40
Weight of Water	g. 0.70 0.80
Weight of Dry Sol	g. 2.90 3.00
Water Content	g. 24.14 26.67
Average	25.40
LIQUID LIMIT DETERMINATION	
Container No.	L21 L22 L23 L24 L25
Weight of Wet Sol + Container	g. 27.50 21.70 28.50 31.20 23.90
Weight of Dry Sol + Container	g. 24.30 19.70 26.40 29.20 21.20
Weight of Container	g. 15.50 14.80 21.50 24.70 15.50
Weight of Water	g. 3.20 2.00 2.10 2.00 2.70
Weight of Dry Sol	g. 8.80 4.90 4.90 4.50 5.70
Water Content	g. 36.36 40.82 42.86 44.44 47.37
Number of Blows	46.00 38.00 31.00 25.00 22.00
ATTERBERG'S LIMITS TEST 	
Liquid Limit(LL): 45.00 Plastic Limit(PL): 25.40 Plasticity Index(PI): 19.60	


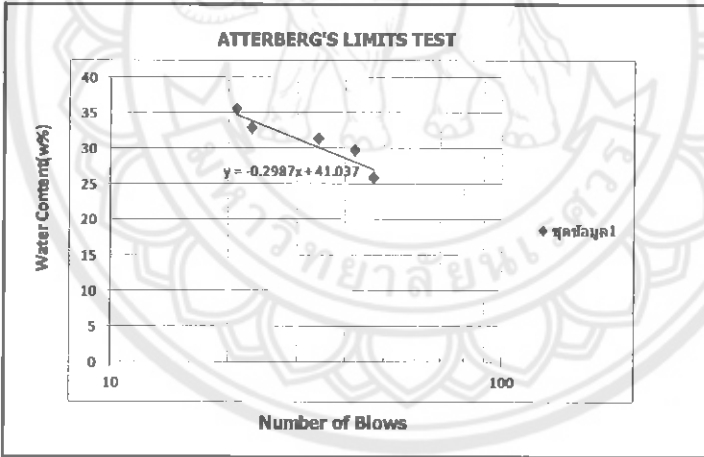
ตารางที่ ข6 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านท่าหน้าว SS-5

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
ATTERBERG LIMITS TEST	
PROJECT: <u>SS-5</u>	JOB NO: _____
LOCATION: <u>ท่าหน้าว</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: <u>SS-5</u>
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>5.20</u> m.
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>18/10/2012</u>
Plastic Limit Determination	
Container No.	P11 P12
Weight of Wet Soil + Container	g. 20.50 21.30
Weight of Dry Soil + Container	g. 19.90 20.60
Weight of Container	g. 17.40 17.70
Weight of Water	g. 0.60 0.70
Weight of Dry Soil	g. 2.50 2.90
Water Content	g. 24.00 24.14
Average	24.07
LIQUID LIMIT DETERMINATION	
Container No.	L26 L27 L28 L29 L30
Weight of Wet Soil + Container	g. 31.40 22.40 25.40 28.10 23.90
Weight of Dry Soil + Container	g. 29.60 20.50 22.30 25.90 20.80
Weight of Container	g. 24.50 15.90 15.10 20.30 14.50
Weight of Water	g. 1.80 1.90 3.10 2.20 3.10
Weight of Dry Soil	g. 5.10 4.60 7.20 5.60 6.30
Water Content	g. 35.29 41.30 43.06 39.29 49.21
Number of Blows	49.00 36.00 34.00 29.00 20.00
ATTERBERG'S LIMITS TEST 	
Liquid Limit(LL): 46.50 Plastic Limit(PL): 24.07 Plasticity Index(PI): 22.43	


ตารางที่ ข7 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข้าย SS-1

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY					
ATTERBERG LIMITS TEST					
PROJECT: <u>SS-1</u>	JOB NO: _____				
LOCATION: <u>บ้านนาข้าย</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: <u>SS-1</u>				
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>1.45</u> m.				
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>15/10/2012</u>				
Plastic Limit Determination					
Container No.	P1	P2			
Weight of Wet Soil + Container	g. 23.50	30.00			
Weight of Dry Soil + Container	g. 22.50	29.10			
Weight of Container	g. 17.70	24.20			
Weight of Water	g. 1.00	0.90			
Weight of Dry Soil	g. 4.80	4.90			
Water Content	g. 20.83	18.37			
Average	19.60				
LIQUID LIMIT DETERMINATION					
Container No.	L1	L2	L3	L4	L5
Weight of Wet Soil + Container	g. 26.10	35.10	26.20	32.20	37.50
Weight of Dry Soil + Container	g. 23.70	31.90	23.70	30.20	34.10
Weight of Container	g. 14.90	21.00	15.20	24.40	24.60
Weight of Water	g. 2.40	3.20	2.50	2.00	3.40
Weight of Dry Soil	g. 8.80	10.90	8.50	5.80	9.50
Water Content	g. 27.27	29.36	29.41	34.48	35.79
Number of Blows	40.00	33.00	30.00	23.00	21.00
					
Liquid Limit(LL): 33.40 Plastic Limit(PL): 19.60 Plasticity Index(PI): 13.80					

ตารางที่ ข9 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข้าย SS-3

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
ATTERBERG LIMITS TEST	
PROJECT: <u>SS-3</u>	JOB NO: _____
LOCATION: <u>บ้านนาข้าย</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: <u>SS-3</u>
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>3.30</u> m.
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>15/10/2012</u>
Plastic Limit Determination	
Container No.	P5 P6
Weight of Wet Soil + Container	g. 23.30 23.40
Weight of Dry Soil + Container	g. 22.40 22.40
Weight of Container	g. 17.60 17.60
Weight of Water	g. 0.90 1.00
Weight of Dry Soil	g. 4.80 4.80
Water Content	g. 18.75 20.83
Average	19.79
LIQUID LIMIT DETERMINATION	
Container No.	L11 L12 L13 L14 L15
Weight of Wet Soil + Container	g. 23.40 21.80 21.30 24.30 23.80
Weight of Dry Soil + Container	g. 21.80 20.40 19.70 22.00 21.60
Weight of Container	g. 15.60 15.70 15.60 15.00 15.40
Weight of Water	g. 1.60 1.40 1.60 2.30 2.20
Weight of Dry Soil	g. 6.20 4.70 4.10 7.00 6.20
Water Content	g. 25.81 29.79 39.02 32.86 35.48
Number of Blows	47.00 42.00 34.00 23.00 21.00
	
Liquid Limit(LL): 33.50 Plastic Limit(PL): 19.79 Plasticity Index(PI): 13.71	

ตารางที่ ข10 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข่อย SS-4



SOIL MECHANICS LABORATORY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NAESUAN UNIVERSITY

ATTERBERG LIMITS TEST

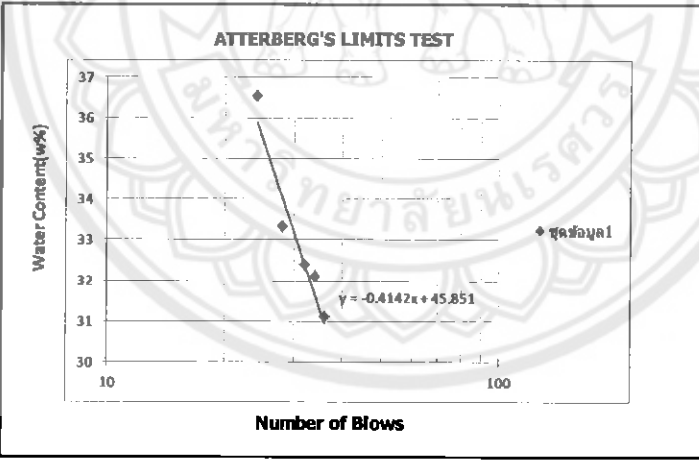
PROJECT: SS-4 JOB NO: _____
 LOCATION: บ้านนาข่อย BORING NO: I SAMPLE NO: SS-4
 SOIL DESCRIPTION: _____ DEPTH: 4.45 m.
 TESTED BY: WARIN.W DATE OF TEST: 15/10/2012

Plastic Limit Determination

Container No.		P7	P8
Weight of Wet Soil + Container	g.	21.10	22.20
Weight of Dry Soil + Container	g.	20.60	21.50
Weight of Container	g.	17.30	17.70
Weight of Water	g.	0.50	0.70
Weight of Dry Soil	g.	3.30	3.80
Water Content	g.	15.15	18.42
Average		16.79	


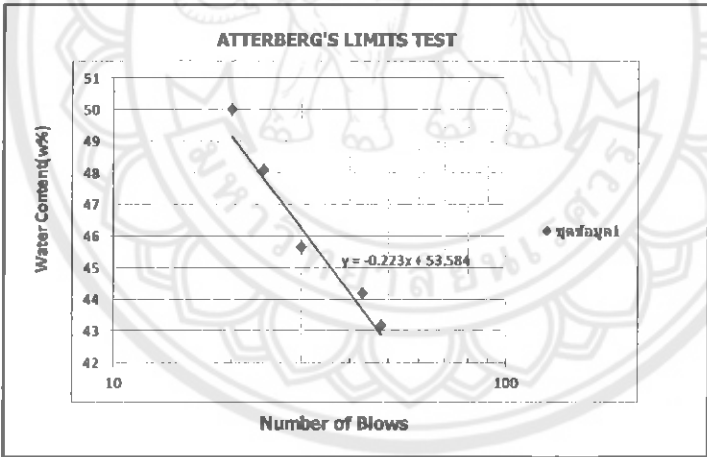
LIQUID LIMIT DETERMINATION

Container No.		L16	L17	L18	L19	L20
Weight of Wet Soil + Container	g.	36.60	35.00	24.20	22.60	22.40
Weight of Dry Soil + Container	g.	33.80	32.40	21.90	20.70	20.50
Weight of Container	g.	24.80	24.30	14.80	15.00	15.30
Weight of Water	g.	2.80	2.60	2.30	1.90	1.90
Weight of Dry Soil	g.	9.00	8.10	7.10	5.70	5.20
Water Content	g.	31.11	32.10	32.39	33.33	36.54
Number of Blows		36.00	34.00	32.00	28.00	24.00


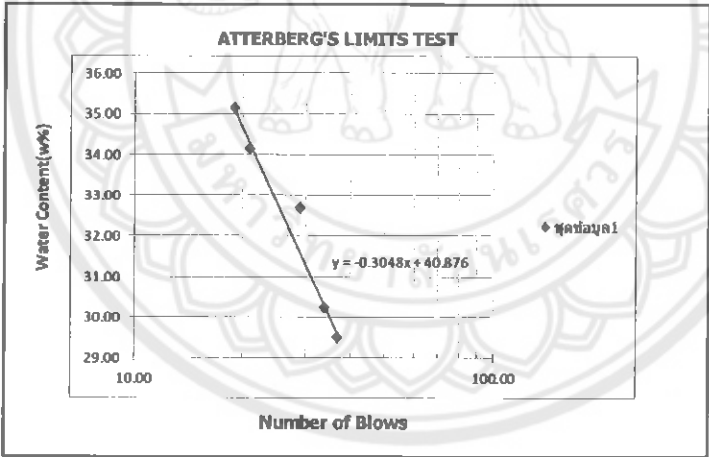


Liquid Limit(LL): 35.50
 Plastic Limit(PL): 16.79
 Plasticity Index(PI): 18.71


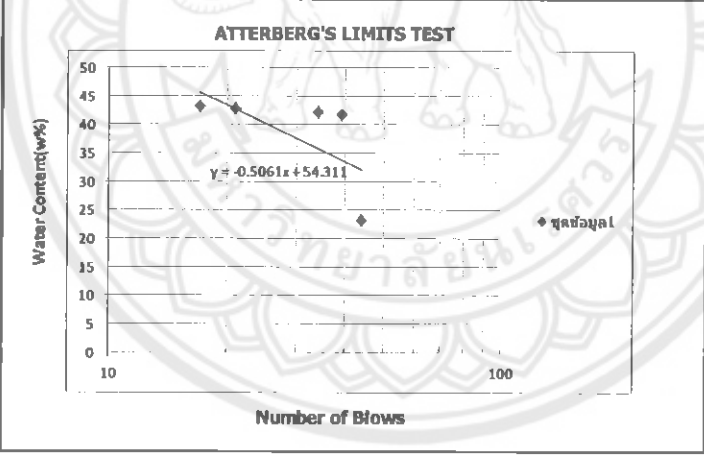
ตารางที่ ข 11 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านนาข้าย SS-5

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
ATTERBERG LIMITS TEST	
PROJECT: <u>SS-5</u>	JOB NO: _____
LOCATION: <u>บ้านนาข้าย</u>	BORING NO: <u>1</u> SEMPLE NO: <u>SS-5</u>
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>5.40</u> m.
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>15/10/2012</u>
Plastic Limit Determination	
Container No.	P9 P10
Weight of Wet Soil + Container	g. 21.70 22.40
Weight of Dry Soil + Container	g. 20.80 21.40
Weight of Container	g. 17.50 17.30
Weight of Water	g. 0.90 1.00
Weight of Dry Soil	g. 3.30 4.10
Water Content	g. 27.27 24.39
Average	25.83
LIQUID LIMIT DETERMINATION	
Container No.	L21 L22 L23 L24 L25
Weight of Wet Soil + Container	g. 21.80 20.90 28.10 36.40 25.90
Weight of Dry Soil + Container	g. 19.90 19.00 26.00 32.60 22.40
Weight of Container	g. 15.50 14.70 21.40 24.70 15.40
Weight of Water	g. 1.90 1.90 2.10 3.80 3.50
Weight of Dry Soil	g. 4.40 4.30 4.60 7.90 7.00
Water Content	g. 43.18 44.19 45.65 48.10 50.00
Number of Blows	48.00 43.00 30.00 24.00 20.00
	
Liquid Limit(LL): 48.00 Plastic Limit(PL): 25.83 Plasticity Index(PI): 22.17	


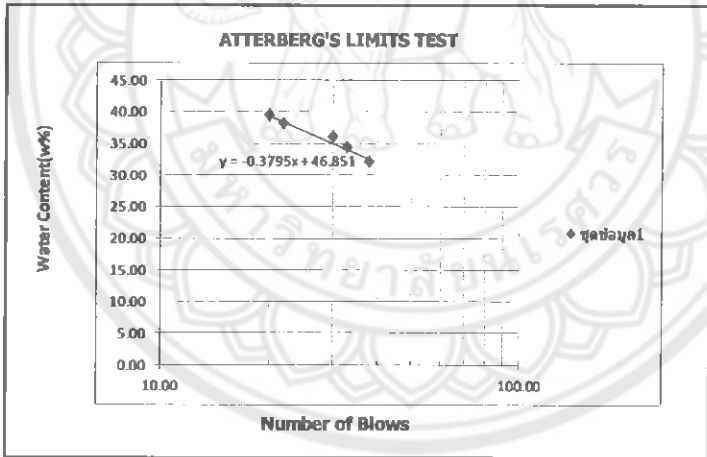
ตารางที่ ข12 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-1

		SOIL MECHANICS LABORATORY				
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY						
ATTERBERG LIMITS TEST						
PROJECT: <u>SS-1</u>	JOB NO: _____					
LOCATION: <u>หนองรัง</u>	BORING NO: <u>1</u>	SEMPL NO: <u>SS-1</u>				
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>0.45</u> m.					
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>11/10/2012</u>					
Plastic Limit Determination						
Container No.		P1	P2			
Weight of Wet Sol + Container	g.	20.10	26.90			
Weight of Dry Sol + Container	g.	19.70	26.40			
Weight of Container	g.	17.70	24.20			
Weight of Water	g.	0.40	0.50			
Weight of Dry Sol	g.	2.00	2.20			
Water Content	g.	20.00	22.73			
Average		21.36				
LIQUID LIMIT DETERMINATION						
Container No.		L1	L2	L3	L4	L5
Weight of Wet Sol + Container	g.	22.80	26.60	22.10	29.90	29.60
Weight of Dry Sol + Container	g.	21.00	25.30	20.40	28.50	28.30
Weight of Container	g.	14.90	21.00	15.20	24.40	24.60
Weight of Water	g.	1.80	1.30	1.70	1.40	1.30
Weight of Dry Sol	g.	6.10	4.30	5.20	4.10	3.70
Water Content	g.	29.51	30.23	32.69	34.15	35.14
Number of Blows		37.00	34.00	29.00	21.00	19.00
						
		Liquid Limit(LL): 33.00				
		Plastic Limit(PL): 21.36				
		Plasticity Index(PI): 11.64				


ตารางที่ ข13 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-2

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY					
ATTERBERG LIMITS TEST					
PROJECT: <u>SS-2</u>	JOB NO: _____				
LOCATION: <u>หนองรัง</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: <u>SS-2</u>				
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>1.40</u> m.				
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>11/10/2012</u>				
Plastic Limit Determination					
Container No.	P3	P4			
Weight of Wet Soil + Container	g. 35.60	22.90			
Weight of Dry Soil + Container	g. 33.20	21.70			
Weight of Container	g. 24.20	17.50			
Weight of Water	g. 2.40	1.20			
Weight of Dry Soil	g. 9.00	4.20			
Water Content	g. 26.67	28.57			
Average	27.62				
LIQUID LIMIT DETERMINATION					
Container No.	L6	L7	L8	L9	L10
Weight of Wet Soil + Container	g. 20.20	19.70	20.20	19.80	19.47
Weight of Dry Soil + Container	g. 18.90	18.20	18.60	18.30	18.00
Weight of Container	g. 15.40	14.60	14.80	14.80	14.60
Weight of Water	g. 1.30	1.50	1.60	1.50	1.47
Weight of Dry Soil	g. 3.50	3.60	3.80	3.50	3.40
Water Content	g. 37.14	41.67	42.11	42.86	43.24
Number of Blows	44.00	39.00	34.00	21.00	17.00
					
Liquid Limit(LL): 40.00 Plastic Limit(PL): 27.62 Plasticity Index(PI): 12.38					

ตารางที่ ข14 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-3

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
ATTERBERG LIMITS TEST	
PROJECT: <u>SS-3</u>	JOB NO: _____
LOCATION: <u>หนองรัง</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: <u>SS-3</u>
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>2.35</u> m.
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>11/10/2012</u>
Plastic Limit Determination	
Container No.	P5 P6
Weight of Wet Soil + Container	g. 21.20 22.60
Weight of Dry Soil + Container	g. 20.50 21.60
Weight of Container	g. 17.50 17.60
Weight of Water	g. 0.70 1.00
Weight of Dry Soil	g. 3.00 4.00
Water Content	g. 23.33 25.00
Average	24.17
LIQUID LIMIT DETERMINATION	
Container No.	L11 L12 L13 L14 L15
Weight of Wet Soil + Container	g. 19.30 20.40 19.50 20.80 23.90
Weight of Dry Soil + Container	g. 18.40 19.20 18.20 19.20 21.50
Weight of Container	g. 15.60 15.70 14.60 15.00 15.40
Weight of Water	g. 0.90 1.20 1.30 1.60 2.40
Weight of Dry Soil	g. 2.80 3.50 3.60 4.20 6.10
Water Content	g. 32.14 34.29 36.11 38.10 39.34
Number of Blows	38.00 33.00 30.00 22.00 20.00
	
Liquid Limit(LL): 38.00 Plastic Limit(PL): 24.17 Plasticity Index(PI): 13.83	

ตารางที่ ข15 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-4



SOIL MECHANICS LABORATORY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

ATTERBERG LIMITS TEST

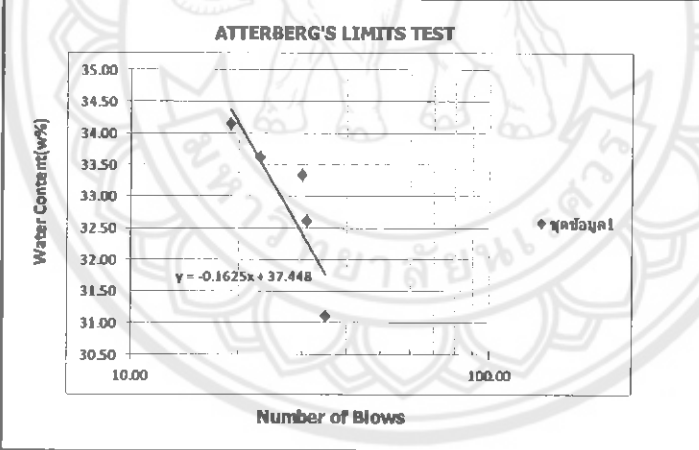
PROJECT: SS-4 JOB NO: _____
 LOCATION: หนองรัง BORING NO: 1 SAMPLE NO: SS-4
 SOIL DESCRIPTION: _____ DEPTH: 3.30 m.
 TESTED BY: WARIN.W DATE OF TEST: 11/10/2012

Plastic Limit Determination

Container No.		P7	P8
Weight of Wet Soil + Container	g.	21.40	22.90
Weight of Dry Soil + Container	g.	20.70	22.00
Weight of Container	g.	17.30	17.70
Weight of Water	g.	0.70	0.90
Weight of Dry Soil	g.	3.40	4.30
Water Content	g.	20.59	20.93
Average		20.76	

LIQUID LIMIT DETERMINATION


Container No.		L16	L17	L18	L19	L20
Weight of Wet Soil + Container	g.	30.90	36.00	21.20	19.81	20.80
Weight of Dry Soil + Container	g.	29.40	33.20	19.60	18.60	19.40
Weight of Container	g.	24.80	24.20	14.80	15.00	15.30
Weight of Water	g.	1.50	2.80	1.60	1.21	1.40
Weight of Dry Soil	g.	4.60	9.00	4.80	3.60	4.10
Water Content	g.	32.61	31.11	33.33	33.61	34.15
Number of Blows		31.00	35.00	30.00	23.00	19.00



ATTERBERG'S LIMITS TEST

Liquid Limit(LL): 33.40
 Plastic Limit(PL): 20.76
 Plasticity Index(PI): 12.64

ตารางที่ ข16 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-5



SOIL MECHANICS LABORATORY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

ATTERBERG LIMITS TEST

PROJECT: SS-5 JOB NO: _____
 LOCATION: หนองรัง BORING NO: 1 SAMPLE NO: SS-5
 SOIL DESCRIPTION: _____ DEPTH: 4.25 m.
 TESTED BY: WARIN.W DATE OF TEST: 12/10/2012

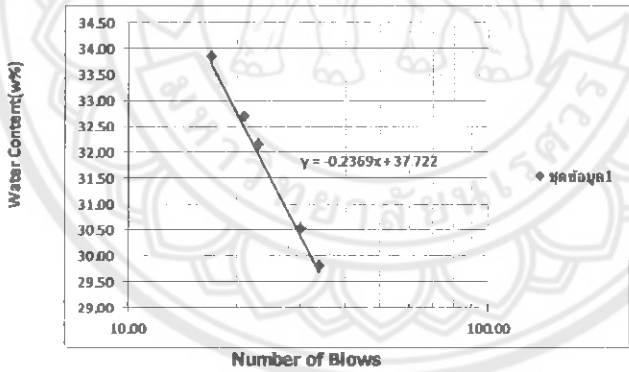
Plastic Limit Determination

Container No.		P9	P10
Weight of Wet Sol + Container	g.	19.80	19.90
Weight of Dry Sol + Container	g.	19.40	19.50
Weight of Container	g.	17.50	17.30
Weight of Water	g.	0.40	0.40
Weight of Dry Sol	g.	1.90	2.20
Water Content	g.	21.05	18.18
Average		19.62	

LIQUID LIMIT DETERMINATION


Container No.		L21	L22	L23	L24	L25
Weight of Wet Sol + Container	g.	29.00	22.40	28.80	31.20	24.10
Weight of Dry Sol + Container	g.	25.90	20.60	27.00	29.50	21.90
Weight of Container	g.	15.50	14.70	21.40	24.30	15.40
Weight of Water	g.	3.10	1.80	1.80	1.70	2.20
Weight of Dry Sol	g.	10.40	5.90	5.60	5.20	6.50
Water Content	g.	29.81	30.51	32.14	32.69	33.85
Number of Blows		34.00	30.00	23.00	21.00	17.00

ATTERBERG'S LIMITS TEST



Liquid Limit(LL): **31.50**
 Plastic Limit(PL): **19.62**
 Plasticity Index(PI): **11.88**

ตารางที่ ข17 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-6


SOIL MECHANICS LABORATORY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

ATTERBERG LIMITS TEST

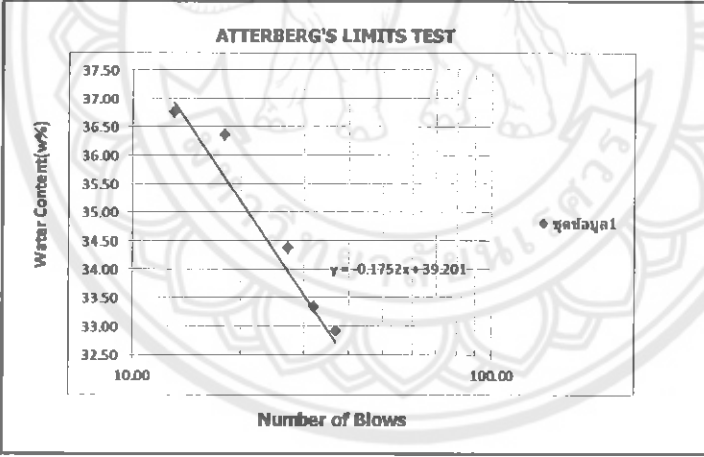
PROJECT: <u>SS-6</u>	JOB NO: _____
LOCATION: <u>หนองรัง</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: <u>SS-6</u>
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: <u>4.75</u> m.
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>12/10/2012</u>

Plastic Limit Determination

Container No.	p11	P12
Weight of Wet Soil + Container	g. 19.90	19.80
Weight of Dry Soil + Container	g. 19.50	19.50
Weight of Container	g. 17.40	17.70
Weight of Water	g. 0.40	0.30
Weight of Dry Soil	g. 2.10	1.80
Water Content	g. 19.05	16.67
Average	17.86	

LIQUID LIMIT DETERMINATION

Container No.	L26	L27	L28	L29	L30
Weight of Wet Soil + Container	g. 35.00	27.10	23.70	30.80	23.80
Weight of Dry Soil + Container	g. 32.40	24.30	21.50	28.00	21.30
Weight of Container	g. 24.50	15.90	15.10	20.30	14.50
Weight of Water	g. 2.60	2.80	2.20	2.80	2.50
Weight of Dry Soil	g. 7.90	8.40	6.40	7.70	6.80
Water Content	g. 32.91	33.33	34.38	36.36	36.76
Number of Blows	37.00	32.00	27.00	18.00	13.00



ATTERBERG'S LIMITS TEST


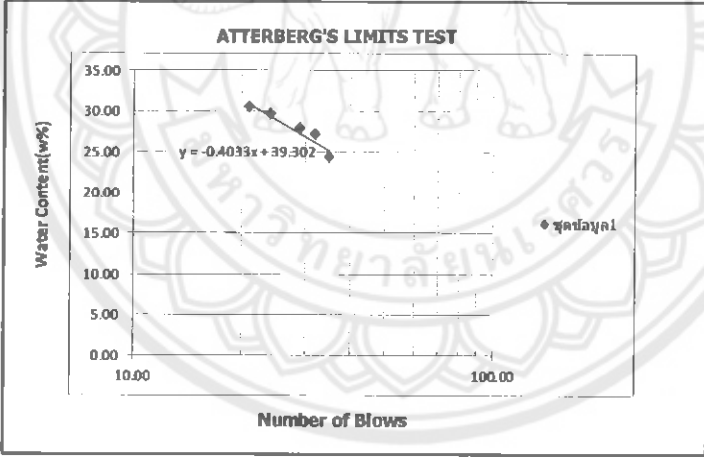
$y = -0.1752x + 39.201$

Liquid Limit(LL): 34.50

Plastic Limit(PL): 17.86

Plasticity Index(PI): 16.64

ตารางที่ ข18 ผลการทดลองการทดสอบ Atterberg's limits บ้านหนองรัง SS-6

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
ATTERBERG LIMITS TEST	
PROJECT: SS-7	JOB NO: _____
LOCATION: หนองรัง	BORING NO: 1 SAMPLE NO: SS-7
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: 6.15 m.
TESTED BY: WARIN.W	DATE OF TEST: 12/10/2012
Plastic Limit Determination	
Container No.	P13 P14
Weight of Wet Soil + Container	g. 20.40 27.50
Weight of Dry Soil + Container	g. 20.00 27.10
Weight of Container	g. 17.40 24.40
Weight of Water	g. 0.40 0.40
Weight of Dry Soil	g. 2.60 2.70
Water Content	g. 15.38 14.81
Average	15.10
LIQUID LIMIT DETERMINATION	
Container No.	L31 L32 L33 L34 L35
Weight of Wet Soil + Container	g. 35.10 36.50 23.60 33.90 33.60
Weight of Dry Soil + Container	g. 33.10 34.00 21.70 31.80 31.40
Weight of Container	g. 24.90 24.80 14.90 24.70 24.20
Weight of Water	g. 2.00 2.50 1.90 2.10 2.20
Weight of Dry Soil	g. 8.20 9.20 6.80 7.10 7.20
Water Content	g. 24.39 27.17 27.94 29.58 30.56
Number of Blows	35.00 32.00 29.00 24.00 21.00
	
Liquid Limit(LL): 29.00 Plastic Limit(PL): 15.10 Plasticity Index(PI): 13.90	

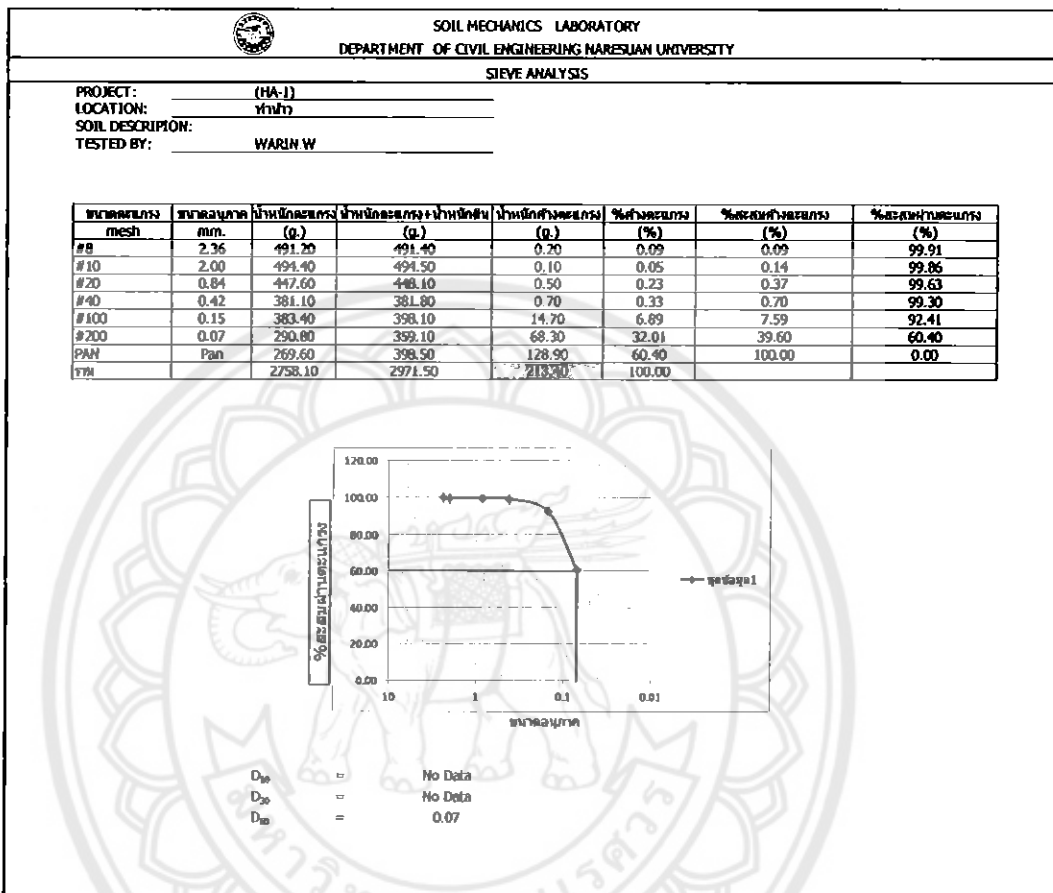
ภาคผนวก ค

ผลการทดสอบการทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน

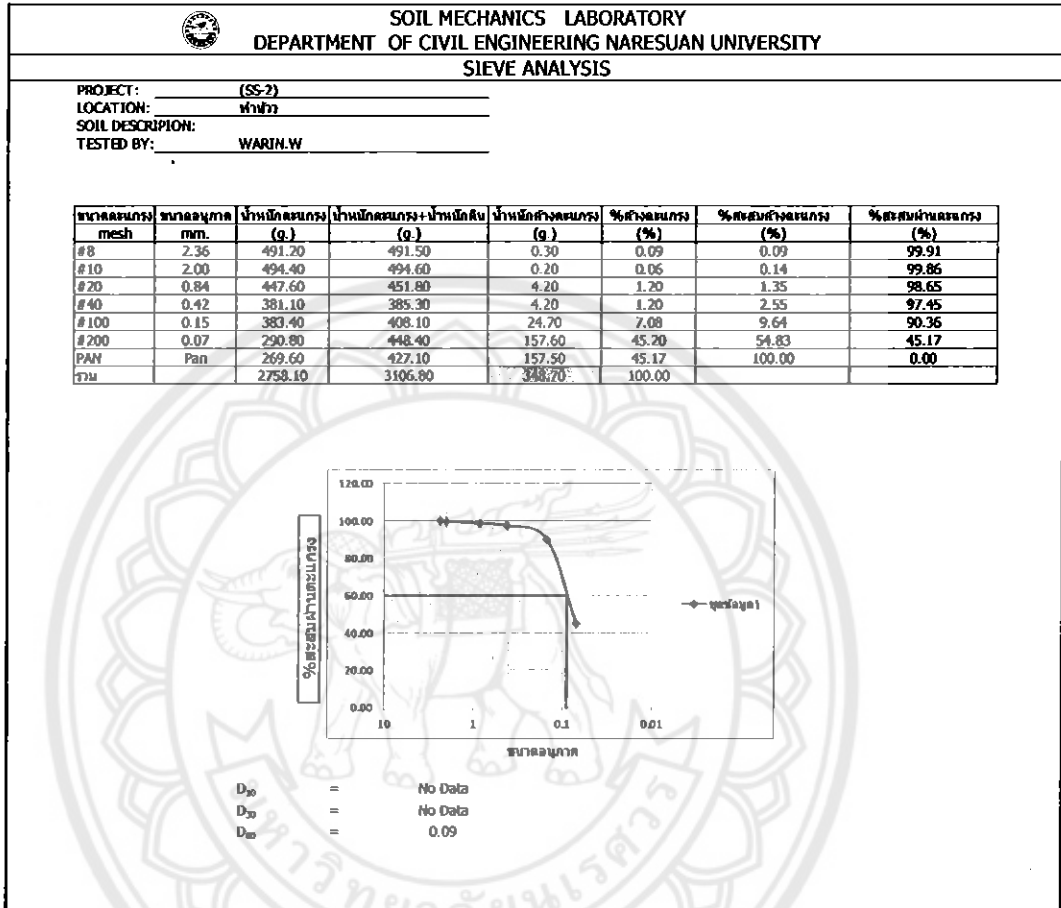
(Sieve Analysis)



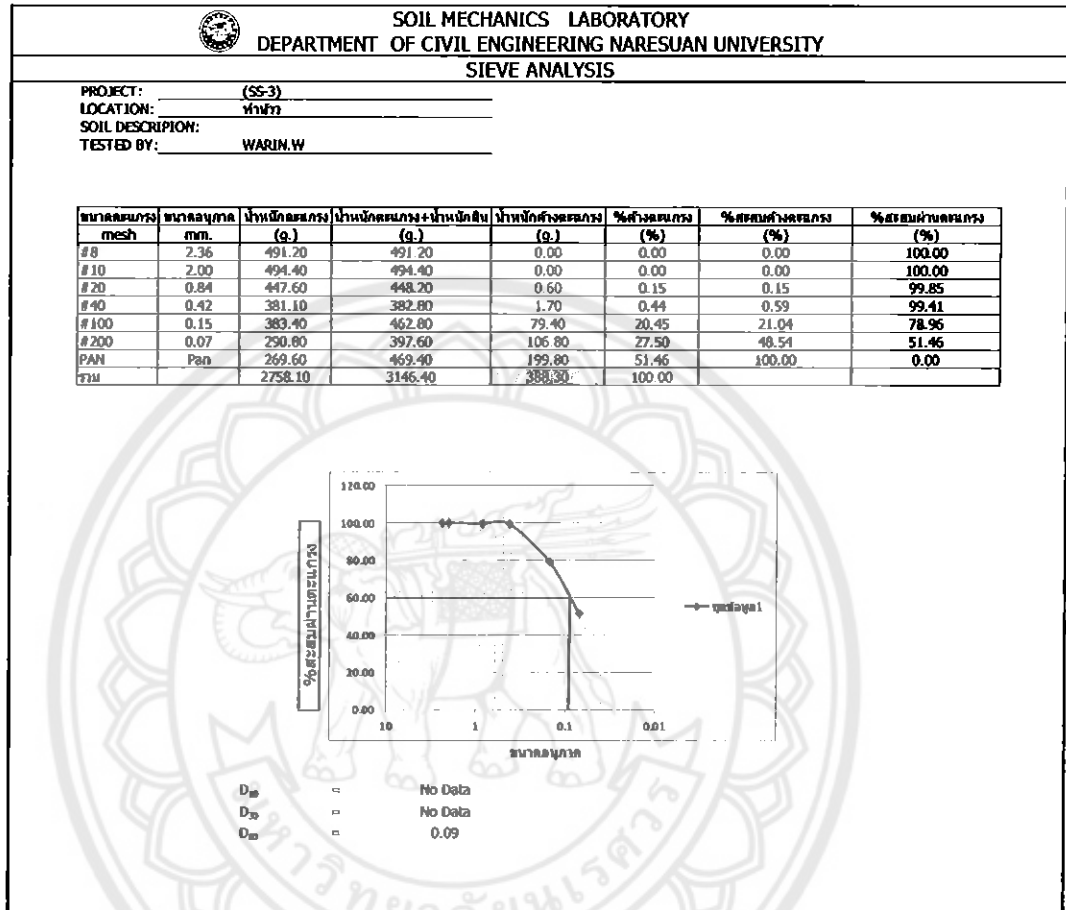
ตารางที่ ค1 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านท่านาว HA-1



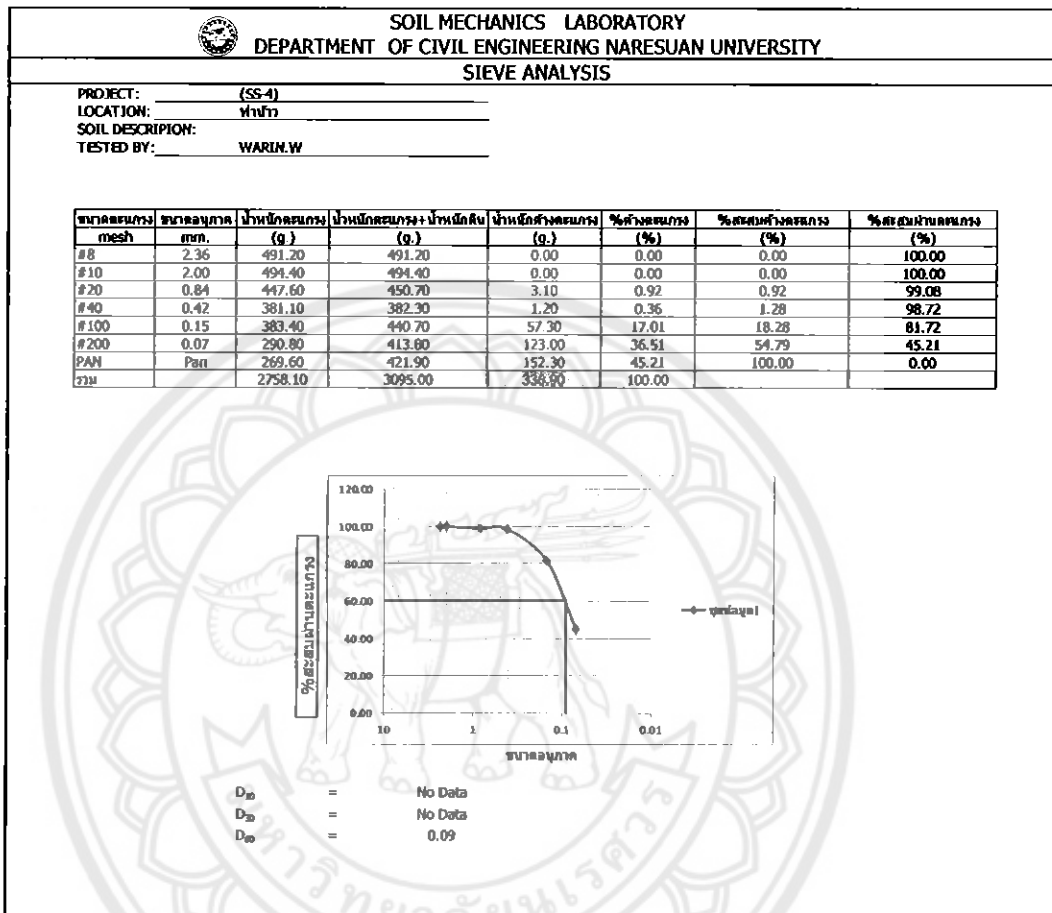
ตารางที่ ค3 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านท่านาว SS-2



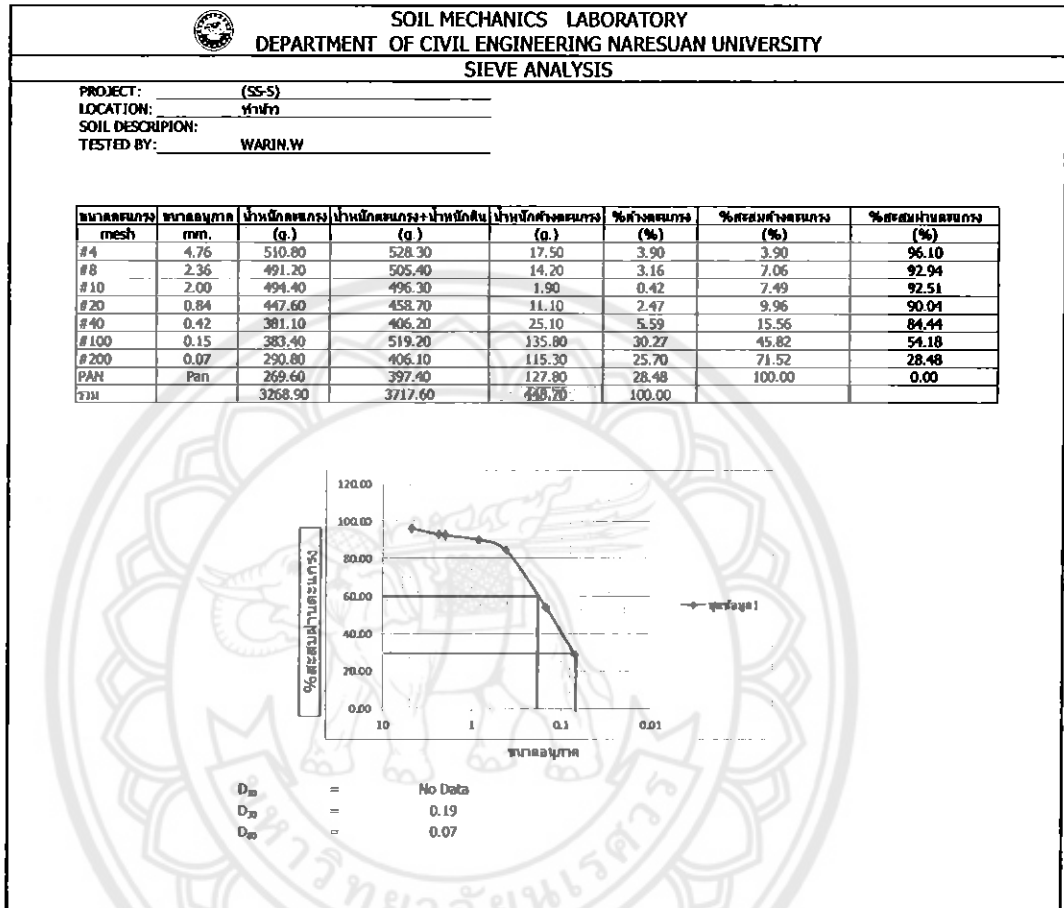
ตารางที่ ค4 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านท่านาว SS-3



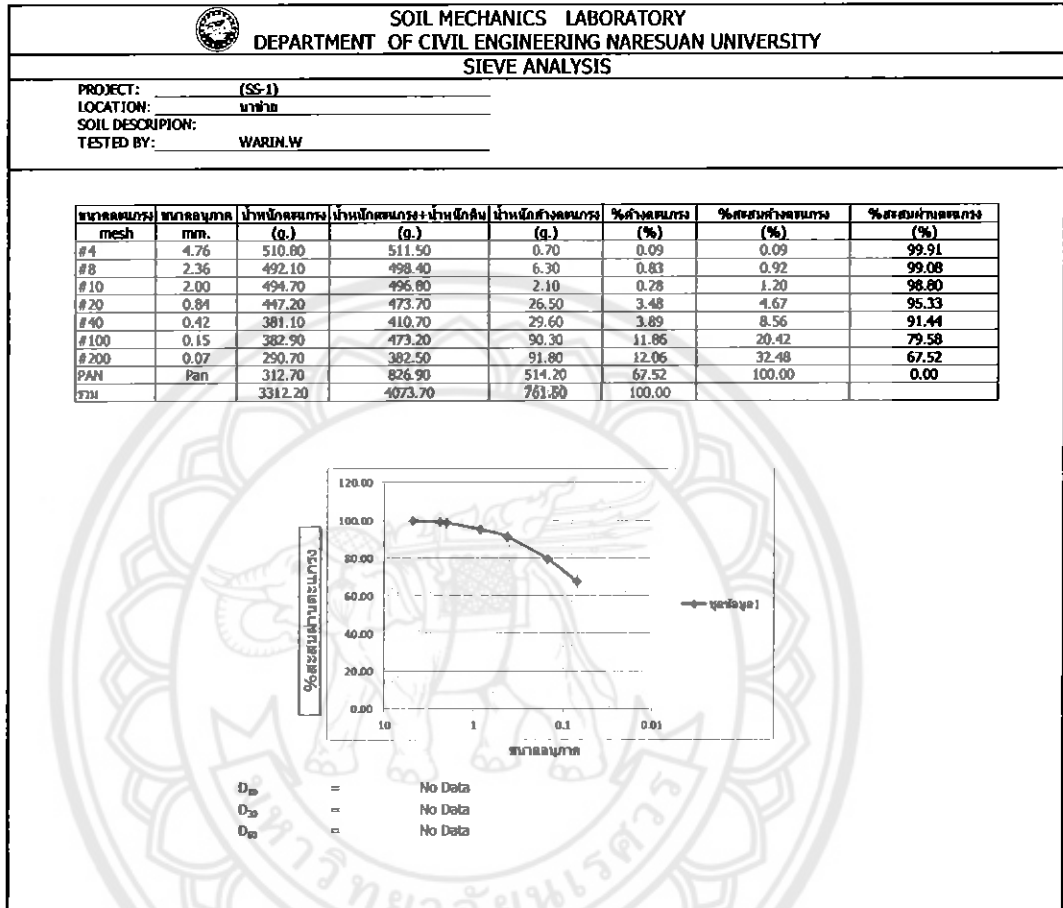
ตารางที่ ค5 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านท่านาว SS-4



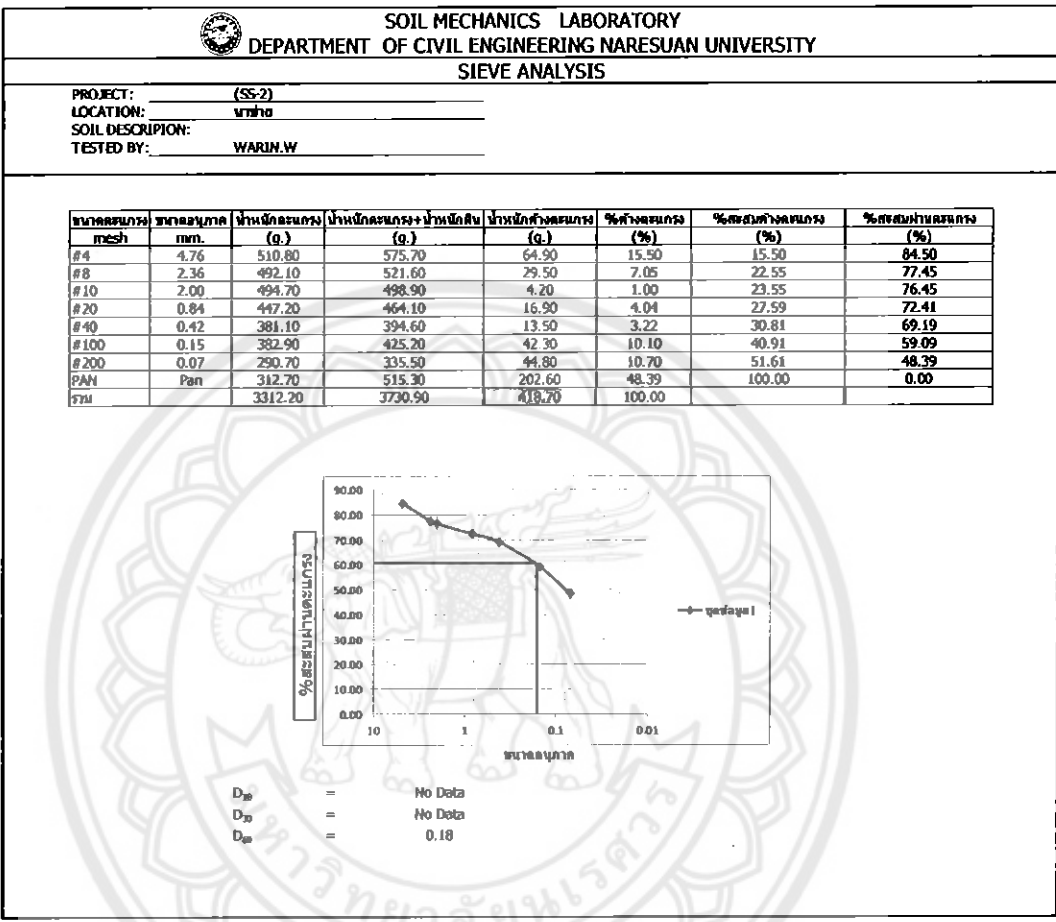
ตารางที่ ค6 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านท่านาว SS-5



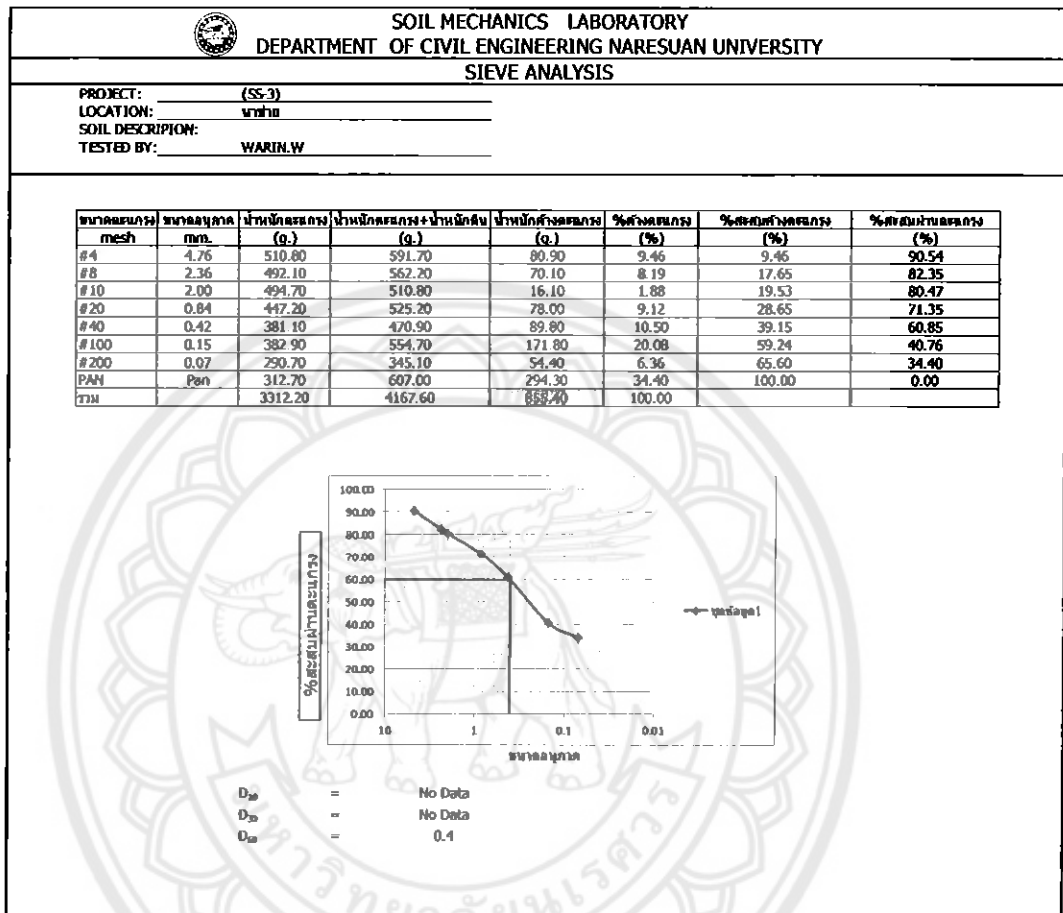
ตารางที่ ค7 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาซ้าย SS-1



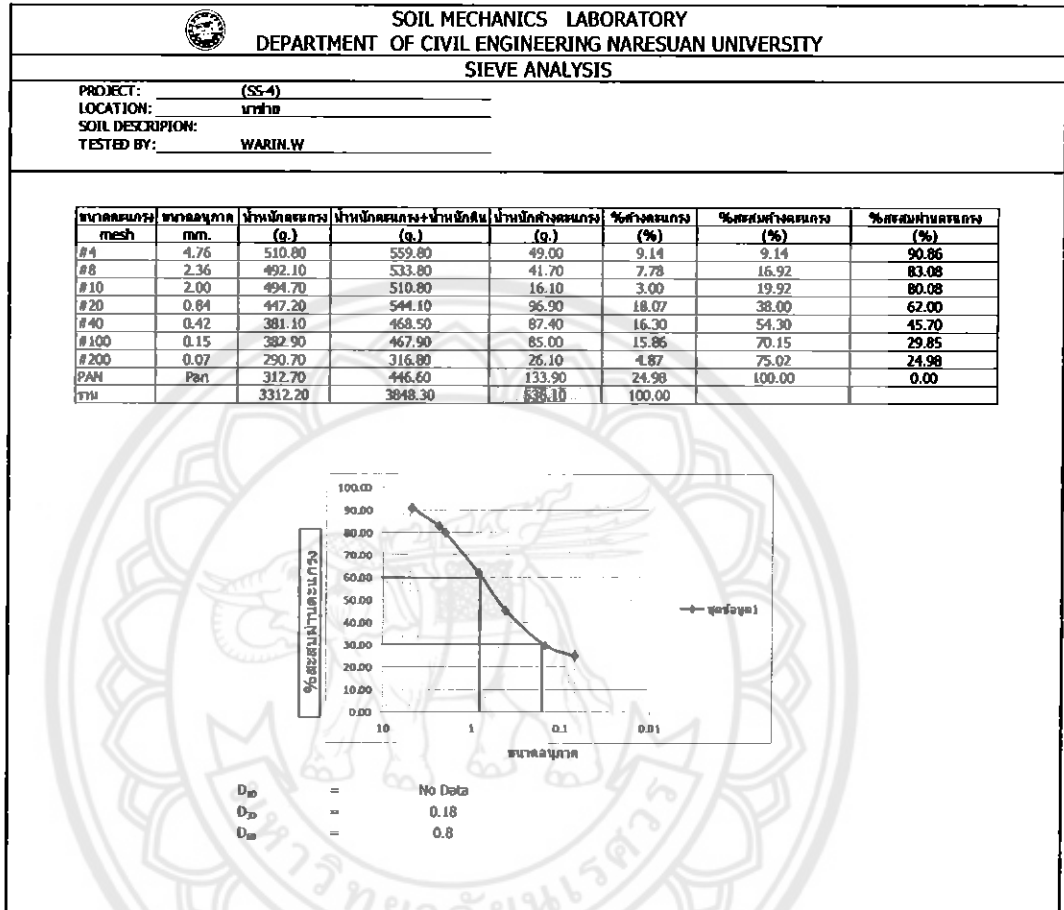
ตารางที่ ค8 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาข้าย SS-2



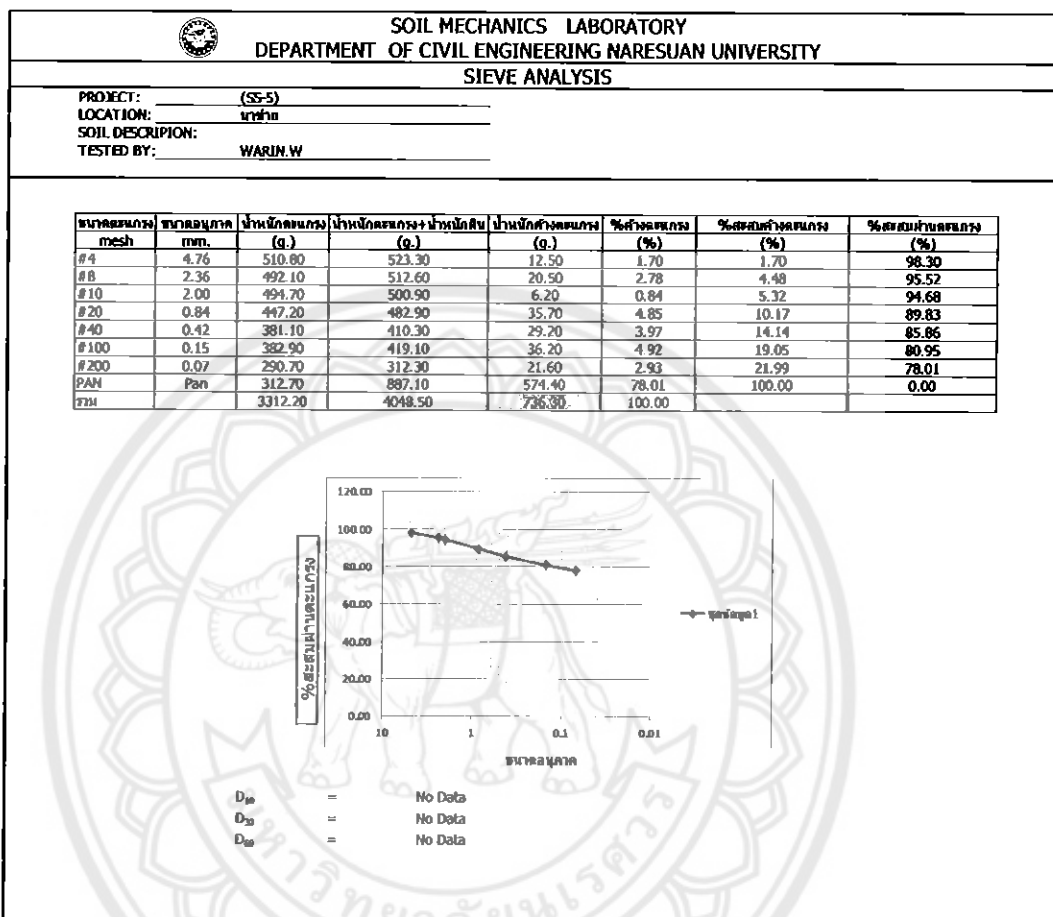
ตารางที่ ค9 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาข้าย SS-3



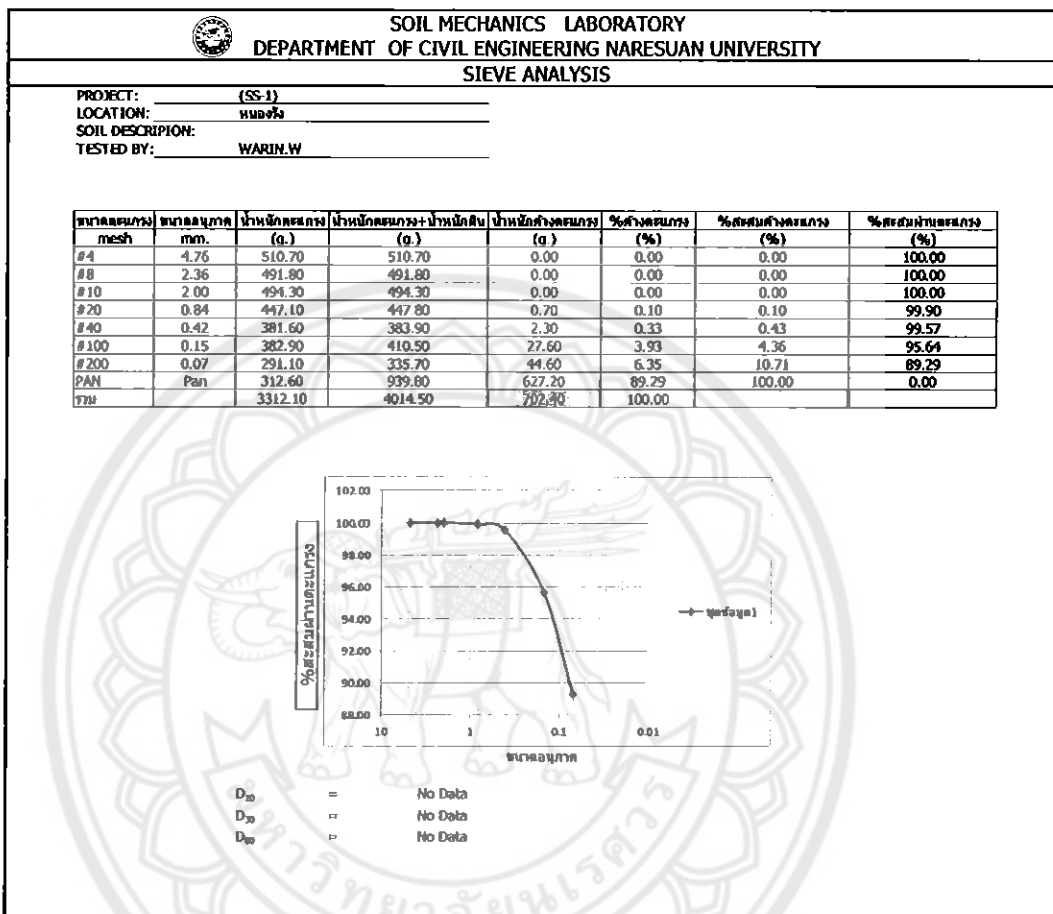
ตารางที่ ๑๑๐ ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาข้าย SS-4



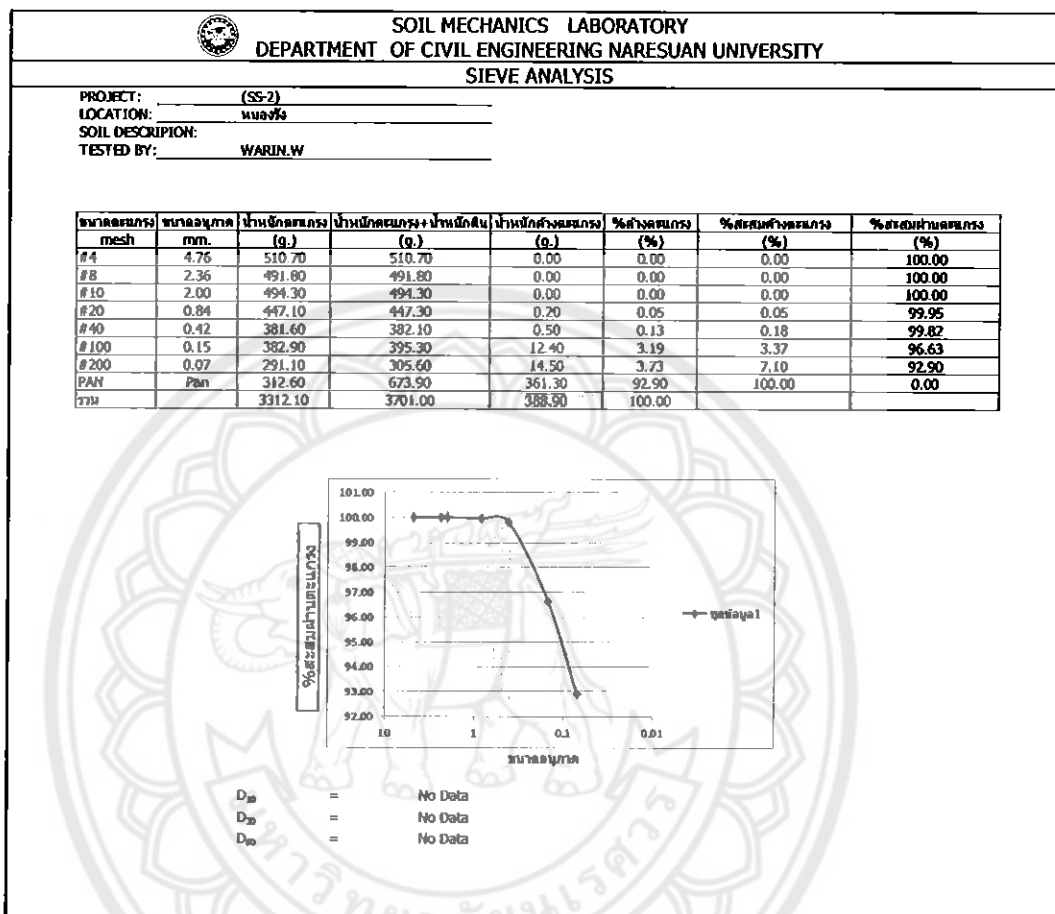
ตารางที่ ค11 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านนาซ้าย SS-5



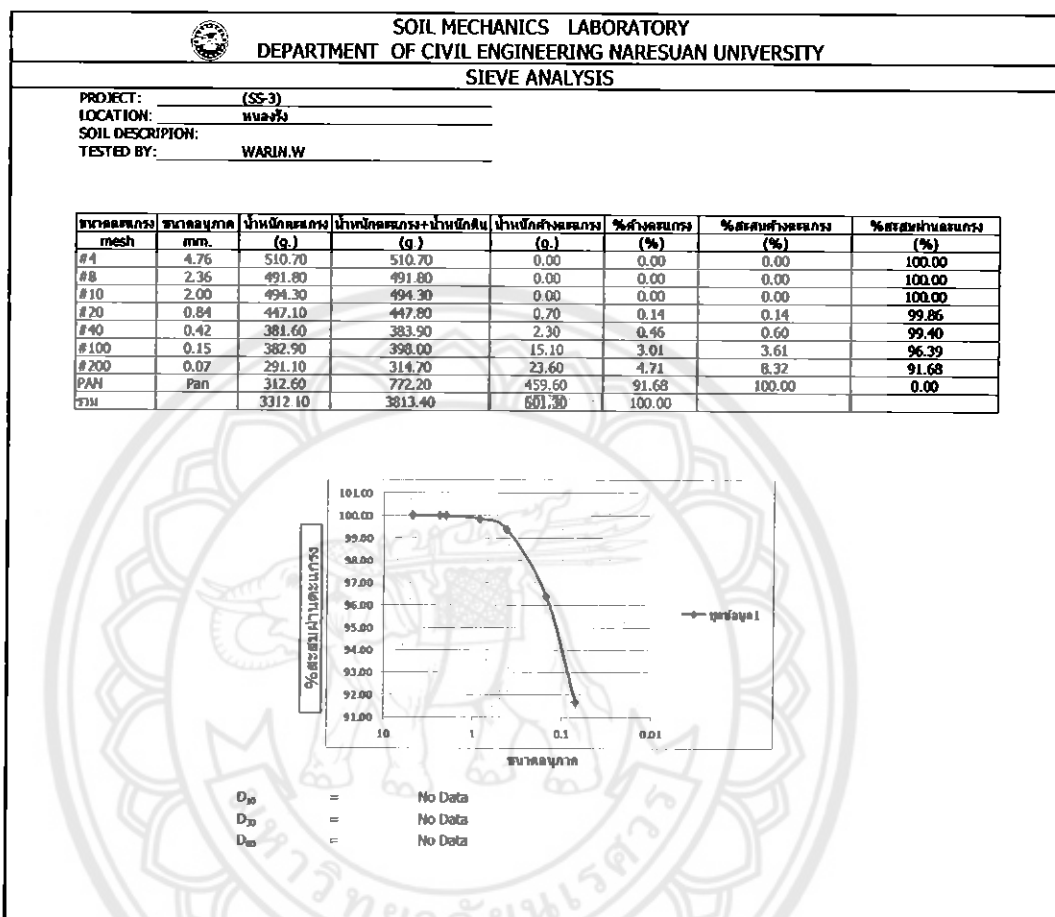
ตารางที่ ค12 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-1



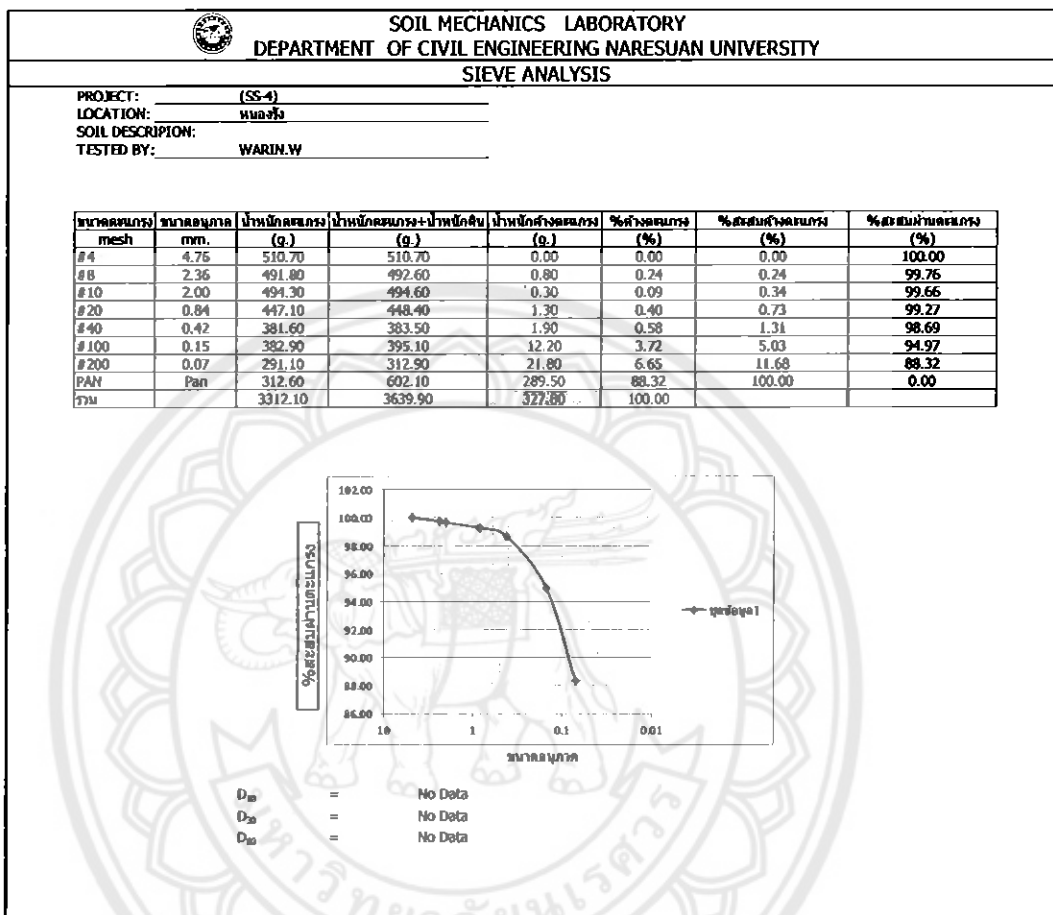
ตารางที่ ค13 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-2



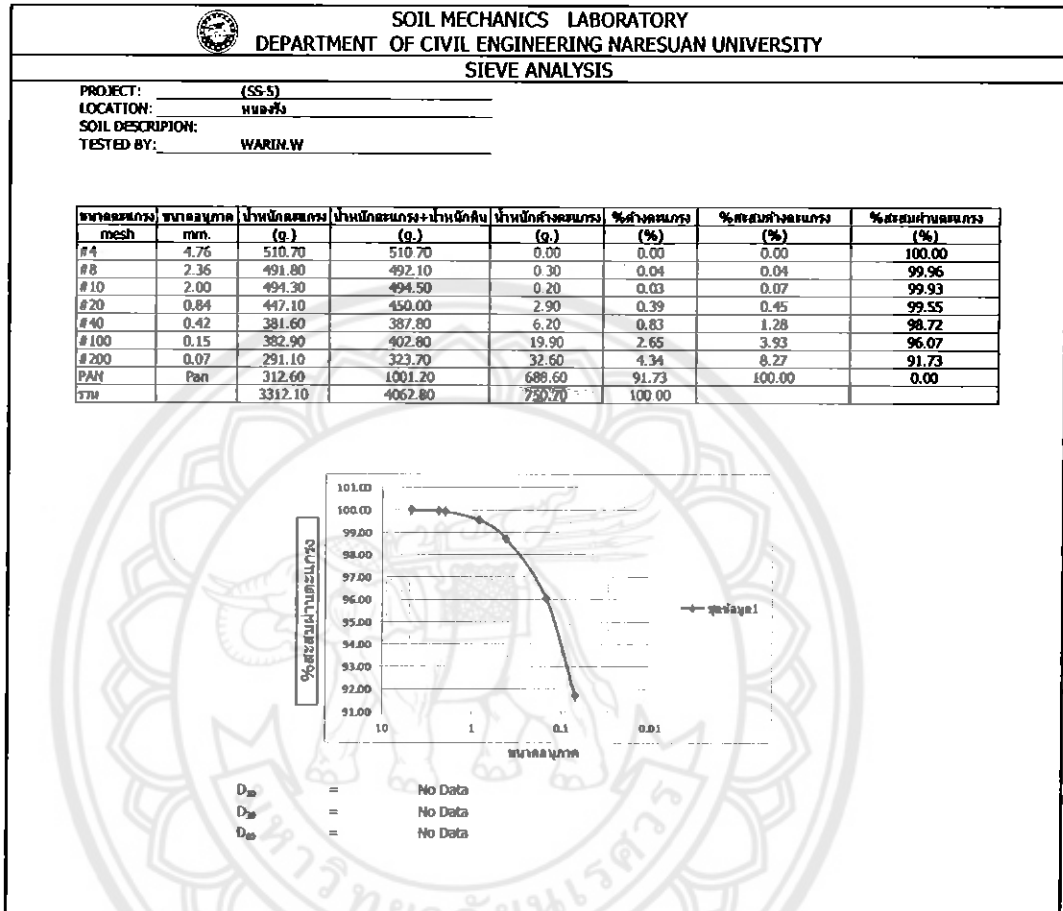
ตารางที่ ค14 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-3



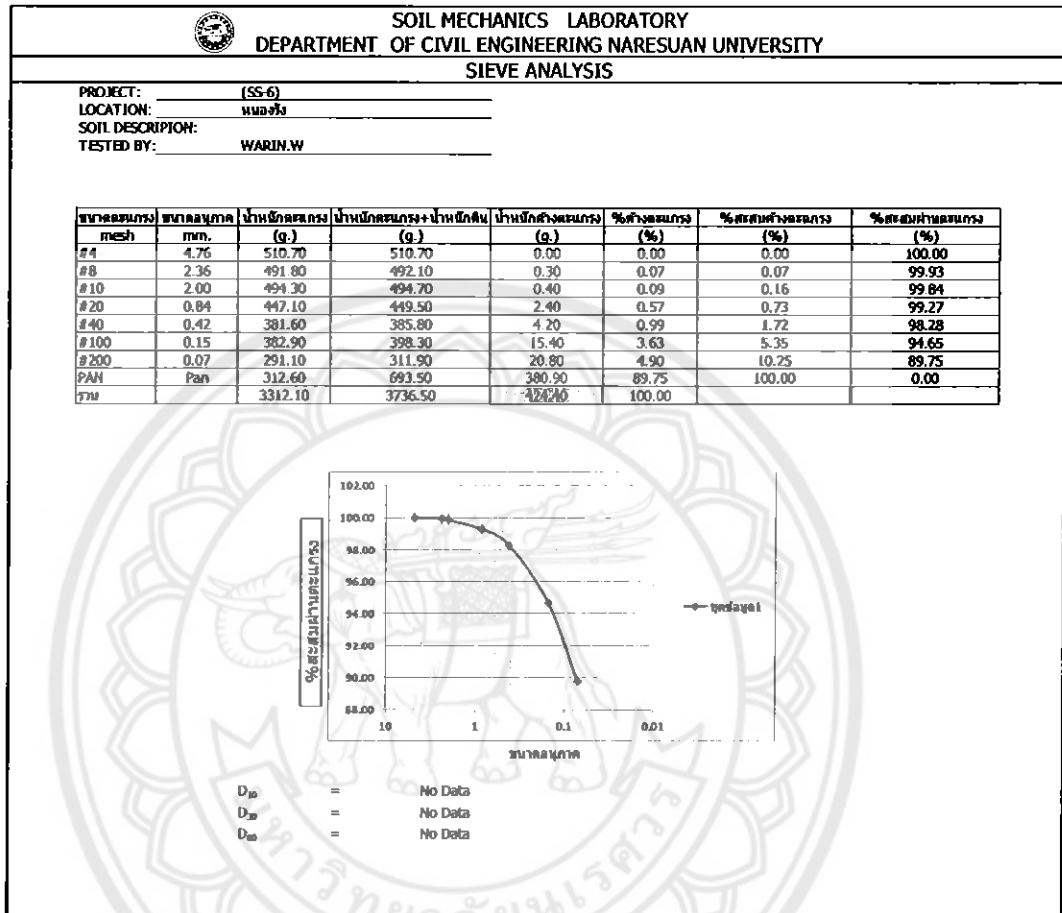
ตารางที่ ค15 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองจิ่ง SS-4



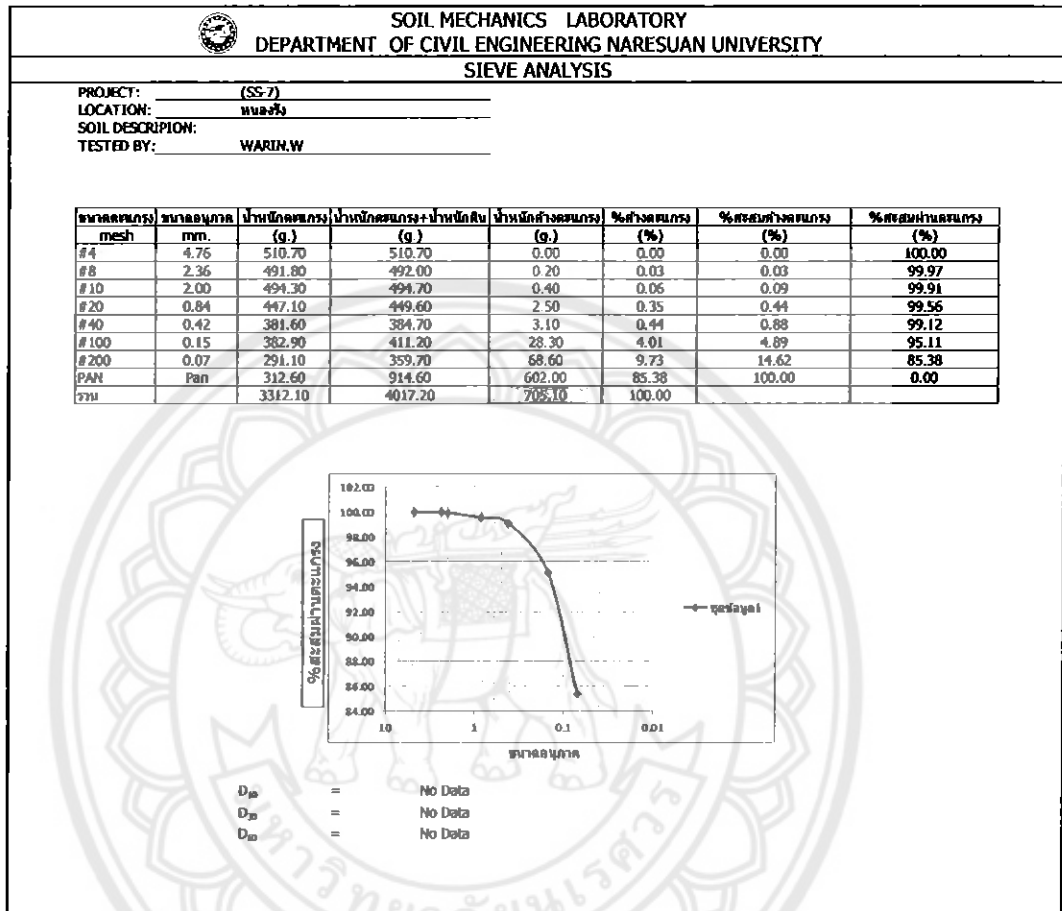
ตารางที่ ค16 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-5



ตารางที่ ค17 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-6



ตารางที่ ค18 ผลการทดสอบ Sieve Analysis บ้านหนองรัง SS-7



ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis)

และ

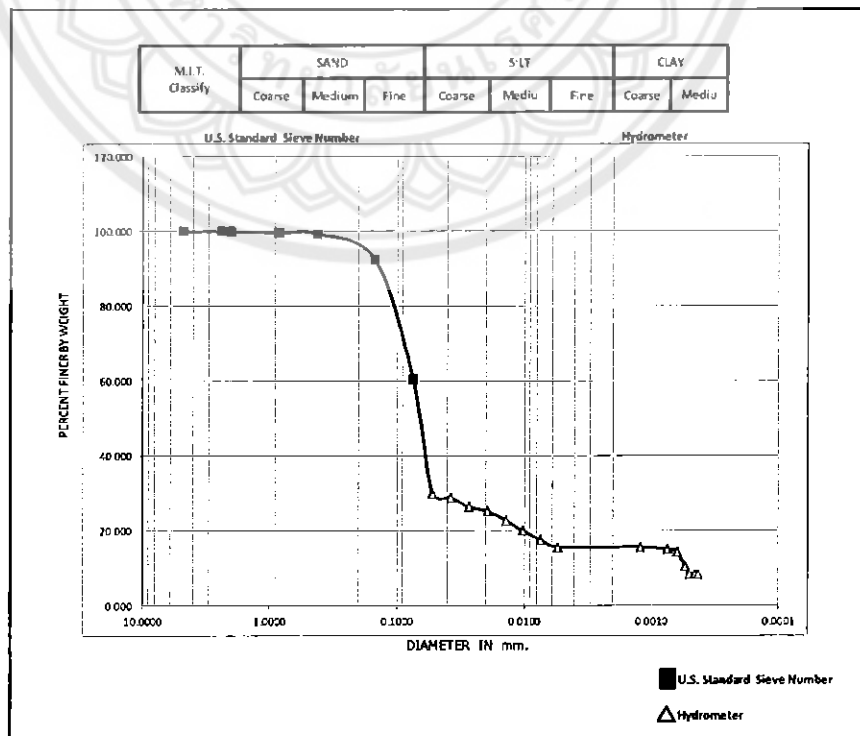
กราฟการกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน



ตารางที่ ง1 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่าม่วง HA-1

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY													
HYDROMETER TEST													
PROJECT: (HA-1)		JOB NO:		BORING NO: 1		SEMPL NO:							
LOCATION: ท่าม่วง		SOIL DESCRIPTION:		DEPTH:		DATE OF TEST: 7/2/2556 - 14/2/2556		m.					
TESTED BY: WARIN.W		Hydrometer No. : 152H		Specific Gravity of soil : 2.7		CF a= 0.99							
		Dispersing Agent :		Container No. : 13									
		Zero Correction : 20 ฟลัก											
		Meniscus Correction : 1 ฟลัก											
		% Finer than No.200 : 60.40		Weight of Dry Sol : 50		g.							
DATE	TIME	ELAPSED TIME, mh	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	P %	L จากตาราง	L/t	k	D mm.	
7/2/2556	14.14	0.50	43	27	25.00	44	50	29.899	9.1	18.2000	0.0124	0.05290	
7/2/2556		1	42	27	24.00	43	48	28.704	9.2	9.2000	0.0124	0.03761	
7/2/2556		2	40	27	22.00	41	44	26.312	9.6	4.8000	0.0124	0.02717	
7/2/2556		4	39	27	21.00	40	42	25.116	9.7	2.4250	0.0124	0.01931	
7/2/2556		8	37	27	19.00	38	38	22.724	10.1	1.2625	0.0124	0.01393	
7/2/2556		16	35	26	16.65	36	33	19.913	10.9	0.6813	0.0125	0.01032	
7/2/2556		30	33	26	14.65	34	29	17.521	10.7	0.3567	0.0125	0.00747	
7/2/2556	15.15	60	31	27	13.00	32	26	15.548	11.1	0.1850	0.0127	0.00546	
8/2/2556	9.34	1159	31	27	13.00	32	26	15.548	11.1	0.0096	0.0124	0.00121	
9/2/2556	16.44	3029	30	28	12.50	31	25	14.950	11.2	0.0037	0.0122	0.00074	
10/2/2556	12.22	4207	30	28	12.00	31	24	14.352	11.2	0.0027	0.0122	0.00063	
11/2/2556	15.08	5813	25	30	8.80	26	17	10.525	12.0	0.0021	0.0120	0.00055	
12/2/2556	13.02	7127	24	29	7.05	25	14	8.432	12.2	0.0017	0.0121	0.00050	
13/2/2556	15.47	8732	24	29	7.05	25	14	8.432	12.2	0.0014	0.0121	0.00045	
14/2/2556	10.53	9878	24	29	7.05	25	14	8.432	12.2	0.0012	0.0121	0.00043	

รูปที่ ง1 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านท่าม่วง HA-1

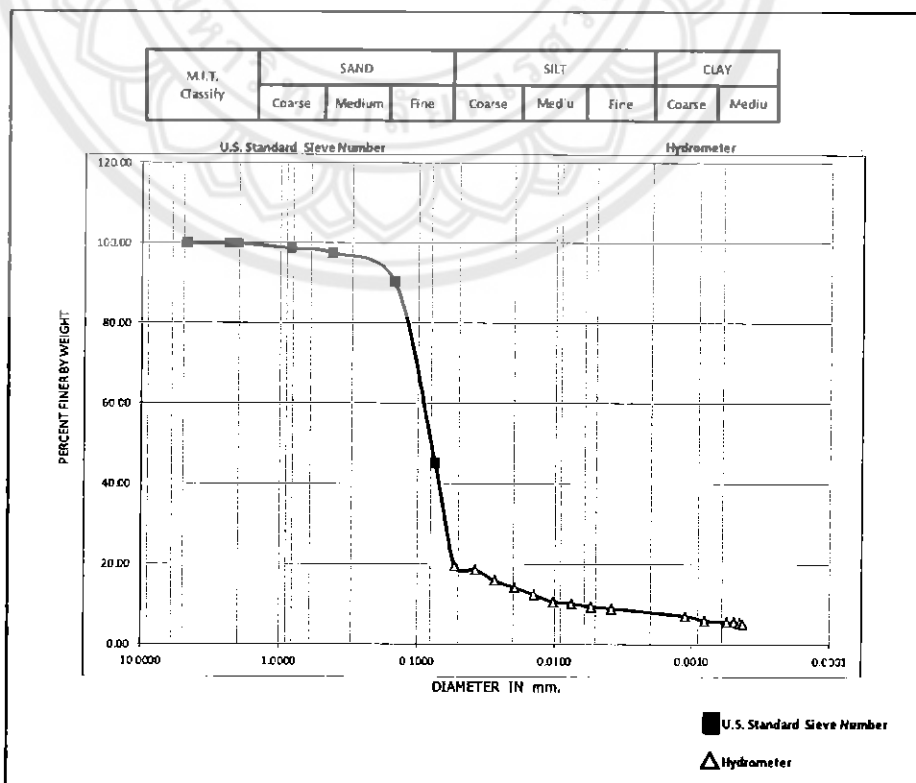


ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่านาว SS-2

PROJECT: (SS-2)		JOB NO:	
LOCATION: ท่านาว		BORING NO: 1	
SOIL DESCRIPTION:		DEPTH: m.	
TESTED BY: WARIN.W		DATE OF TEST: 14/2/2556 - 21/2/2556	
Hydrometer No. : 152H		SOIL SAMPLE WEIGHT	
Dispersing Agent :		Specific Gravity of soil : 2.75	
Zero Correction : 20 หน่วย		Container No. : 15	
Meniscus Correction : 1 หน่วย		CF a= 0.98	
% Finer than No.200 : 45.17		Weight of Dry Soil : 50 g.	

DATE	TIME	ELAPSED TIME,min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus,R	F %	F %	L จากตาราง	L/t	k	D mm.
14/2/2556	13.09	0.50	40	27	22.00	41	43	19.476	9.6	19.2000	0.0122	0.05346
14/2/2556		1	39	27	21.00	40	41	18.591	9.7	9.7000	0.0122	0.03800
14/2/2556		2	36	27	18.00	37	35	15.935	10.2	5.1000	0.0122	0.02755
14/2/2556		4	34	27	16.00	35	31	14.165	10.5	2.6250	0.0122	0.01977
14/2/2556		8	32	27	14.00	33	27	12.394	10.9	1.3625	0.0122	0.01424
14/2/2556		16	30	27	12.00	31	24	10.623	11.2	0.7000	0.0122	0.01021
14/2/2556		30	29.5	27	11.50	31	23	10.181	11.2	0.3733	0.0122	0.00745
14/2/2556	14.09	60	29	26	10.65	30	21	9.428	11.4	0.1900	0.0124	0.00541
14/2/2556	15.09	120	28.5	26	10.15	30	20	8.986	11.4	0.0950	0.0125	0.00385
15/2/2556	12.29	1400	25.5	28	8.00	27	16	7.082	11.9	0.0085	0.0121	0.00112
16/2/2556	10.15	2734	24	28.5	6.78	25	13	5.998	12.2	0.0045	0.0121	0.00081
18/2/2556	14.20	5859	23	29.5	6.28	24	12	5.555	12.4	0.0021	0.0120	0.00055
19/2/2556	15.05	7344	23	29.5	6.28	24	12	5.555	12.4	0.0017	0.0120	0.00049
20/2/2556	15.45	8814	23	29	6.05	24	12	5.356	12.4	0.0014	0.0120	0.00045
21/2/2556	10.30	9939	23	28.5	5.78	24	11	5.113	12.4	0.0012	0.0121	0.00043

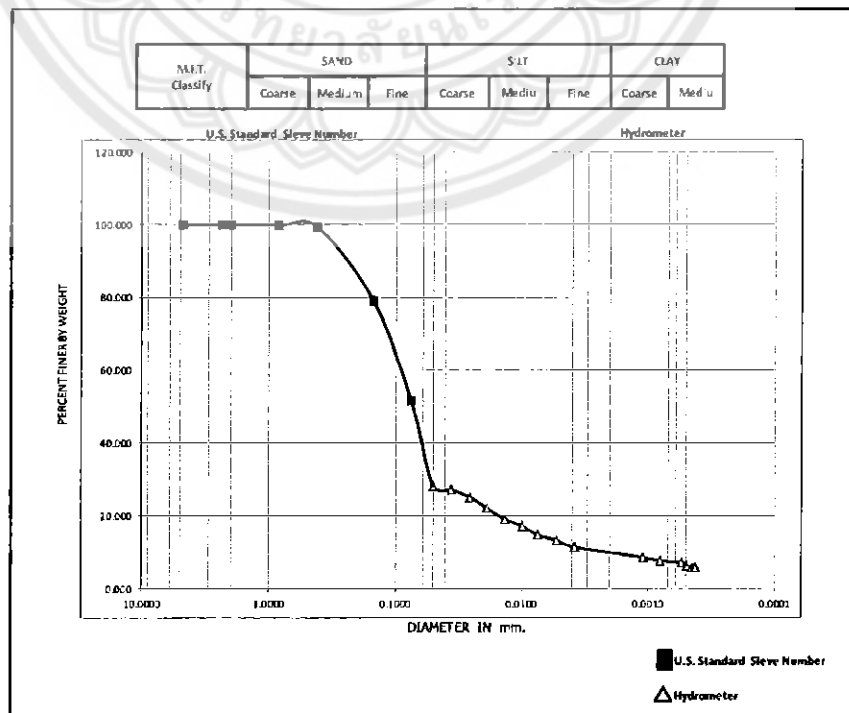
รูปที่ 3 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านท่านาว SS-2




ตารางที่ ๓4 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่าหน้า SS-3

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY												
HYDROMETER TEST												
PROJECT: (SS-3)			JOB NO: _____									
LOCATION: ท่าเรือ			BORING NO: 1				SAMPLE NO: _____					
SOIL DESCRIPTION: _____			DEPTH: _____ m.									
TESTED BY: WARIN.W			DATE OF TEST: 14/2/2556 - 21/2/2556									
Hydrometer No. : 152H			SOIL SAMPLE WEIGHT			Specific Gravity of sol : 2.77			CF a= 0.975			
Dispersing Agent : _____			Container No. : 16			Zero Correction : 20 ฟลักซ์						
Meniscus Correction : 1 ฟลักซ์			Weight of Dry Sol : 50 g.			% Finer than No.200 : 51.46						
DATE	TIME	ELAPSED TIME, mh	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L	L/t	k	D mm.
14/2/2556	13.2	0.50	46	27	28.00	47	55	28.094	8.6	17.2000	0.0121	0.05018
14/2/2556		1	45	27	27.00	46	53	27.091	8.8	8.8000	0.0121	0.03589
14/2/2556		2	43	27	25.00	44	49	25.084	9.1	4.5500	0.0121	0.02581
14/2/2556		4	40	27	22.00	41	43	22.074	9.6	2.4000	0.0121	0.01875
14/2/2556		8	37	27	19.00	38	37	19.064	10.1	1.2625	0.0121	0.01360
14/2/2556		16	35	27	17.00	36	33	17.057	10.4	0.6500	0.0121	0.00976
14/2/2556		30	33	26	14.65	34	29	14.699	10.7	0.3567	0.0123	0.00735
14/2/2556	14.09	60	31.5	26	13.15	33	26	13.194	10.9	0.1817	0.0123	0.00524
14/2/2556	15.09	120	30	25	11.30	31	22	11.338	11.2	0.0933	0.0124	0.00379
15/2/2556	12.29	1400	25.5	29	8.55	27	17	8.579	11.9	0.0085	0.0119	0.00110
16/2/2556	10.15	2734	24.5	29	7.55	26	15	7.575	12.0	0.0044	0.0120	0.00080
18/2/2556	14.20	5859	24	29	7.05	25	14	7.074	12.2	0.0021	0.0119	0.00054
19/2/2556	15.05	7344	23	29.5	6.28	24	12	6.296	12.7	0.0017	0.0119	0.00049
20/2/2556	15.45	8814	23	28.5	5.78	24	11	5.794	12.7	0.0014	0.0119	0.00045
21/2/2556	10.30	9939	23	29	6.05	24	12	6.070	12.7	0.0013	0.0119	0.00043

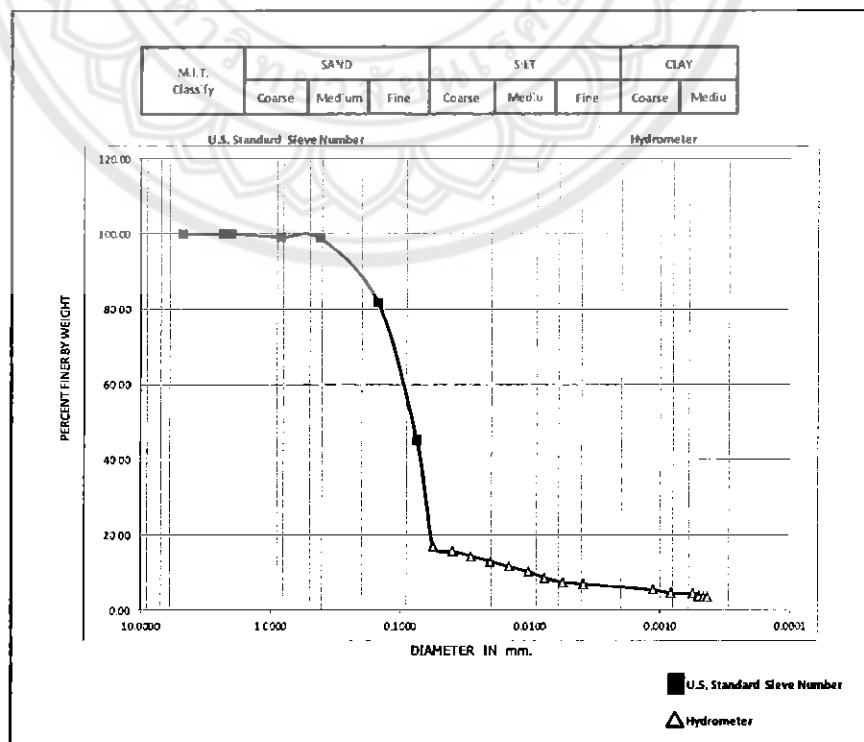
รูปที่ ๓4 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านท่าหน้า SS-3




ตารางที่ ง5 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่านาว SS-4

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY													
HYDROMETER TEST													
PROJECT: (SS-4)			JOB NO: _____										
LOCATION: หนอง			BORING NO: 1				SEMPL NO: _____						
SOIL DESCRIPTION: _____			DEPTH: _____ m.										
TESTED BY: WARIN.W			DATE OF TEST: 14/2/2556 - 21/2/2556										
Hydrometer No. : 152H			SOIL SAMPLE WEIGHT				Specific Gravity of soil : 2.7						CF a= 0.99
Dispersing Agent : _____			Container No. : 17										
Zero Correction : 20 มม													
Meniscus Correction : 1 มม													
% Finer than No.200 : 45.21			Weight of Dry Sol : 50				g.						
DATE	TIME	ELAPSED TIME, min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	L/t	k	D mm.	
14/2/2556	13.09	0.50	37	27	19.00	38	38	17.007	10.1	20.2000	0.0124	0.05573	
14/2/2556		1	35.5	27	17.50	37	35	15.664	10.2	10.2000	0.0124	0.03960	
14/2/2556		2	34	27	16.00	35	32	14.321	10.5	5.2500	0.0124	0.02841	
14/2/2556		4	32.5	27	14.50	34	29	12.979	10.7	2.6750	0.0124	0.02028	
14/2/2556		8	31	27	13.00	32	26	11.636	11.1	1.3875	0.0124	0.01461	
14/2/2556		16	29.5	27	11.50	31	23	10.293	11.2	0.7000	0.0124	0.01037	
14/2/2556		30	28	26	9.65	29	19	8.638	11.5	0.3833	0.0125	0.00774	
14/2/2556	14.09	60	27	25	8.30	28	16	7.429	11.7	0.1950	0.0127	0.00561	
14/2/2556	15.09	120	26.5	25	7.80	28	15	6.982	11.7	0.0975	0.0125	0.00389	
15/2/2556	12.30	1401	23	29	6.05	24	12	5.415	12.4	0.0089	0.0121	0.00114	
16/2/2556	10.16	2707	22	29	5.05	23	10	4.520	12.5	0.0046	0.0121	0.00082	
18/2/2556	14.22	5833	22	29	5.05	23	10	4.520	12.5	0.0021	0.0121	0.00056	
19/2/2556	15.07	7318	22	28.5	4.28	23	8	3.826	12.5	0.0017	0.0123	0.00051	
20/2/2556	15.47	8788	21	29	4.05	22	8	3.625	12.7	0.0014	0.0121	0.00046	
21/2/2556	10.32	9913	21	29	4.05	22	8	3.625	12.7	0.0013	0.0121	0.00043	

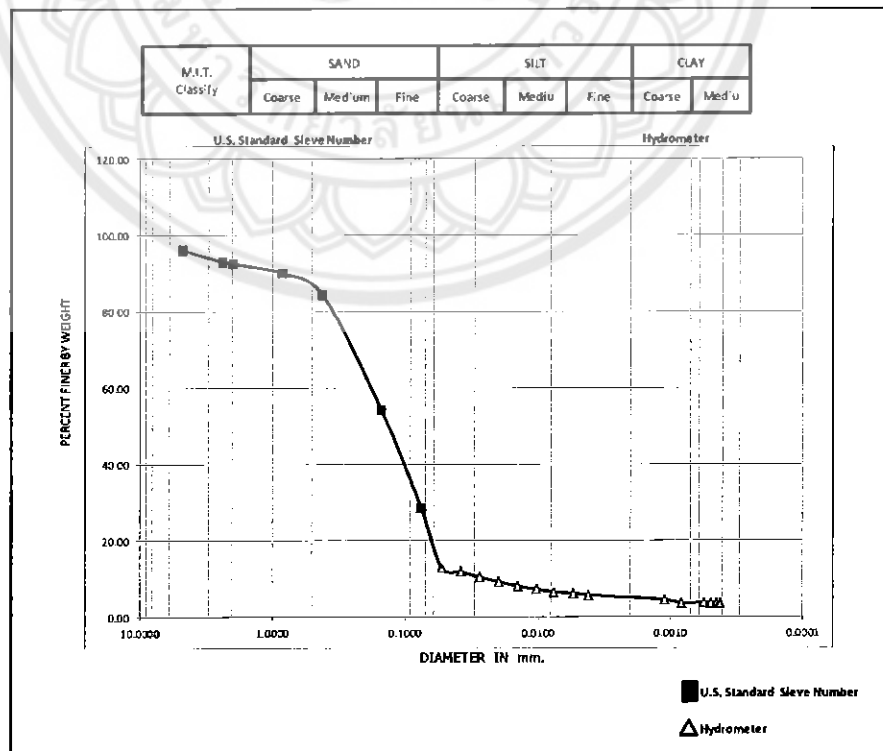
รูปที่ ง5 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านท่านาว SS-4




ตารางที่ ๖ ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านท่านาว SS-5

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY													
HYDROMETER TEST													
PROJECT : (SS-5)			JOB NO: _____										
LOCATION : ท่านาว			BORING NO: 1			SAMPLE NO: _____							
SOIL DESCRIPTION :			DEPTH: _____ m.										
TESTED BY : WARIN.W			DATE OF TEST : 14/2/2556 - 21/2/2556										
Hydrometer No. : 152H			SOIL SAMPLE WEIGHT			Specific Gravity of sol : 2.73							CF a= 0.985
Dispersing Agent :			Container No. : 18										
Zero Correction :													
Meniscus Correction : 1 พลวง													
% Finer than No. 200 : 28.48			Weight of Dry Sol : 50 g.										
DATE	TIME	ELAPSED TIME,min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F %	L จากตาราง	L/t	k	D mm.	
14/2/2556	13.09	0.50	40	29	23.05	41	45	12.933	9.6	19.2000	0.0121	0.05280	
14/2/2556		1	38	29	21.05	39	41	11.811	9.9	9.9000	0.0121	0.03791	
14/2/2556		2	35.5	29	18.55	37	37	10.408	10.2	5.1000	0.0121	0.02721	
14/2/2556		4	34	28	16.50	35	33	9.258	10.5	2.6250	0.0122	0.01977	
14/2/2556		8	32.5	27	14.50	34	29	8.136	10.7	1.3375	0.0123	0.01422	
14/2/2556		16	31	27	13.00	32	26	7.294	11.1	0.6938	0.0123	0.01024	
14/2/2556		30	30.0	26	11.65	31	23	6.537	11.2	0.3733	0.0125	0.00761	
14/2/2556	14.09	60	29.5	26	11.15	31	22	6.256	11.2	0.1867	0.0125	0.00538	
14/2/2556	15.09	120	29	25	10.30	30	20	5.779	13.0	0.1083	0.0126	0.00415	
15/2/2556	12.30	1401	25	29	8.05	26	16	4.517	12.0	0.0086	0.0120	0.00111	
16/2/2556	10.16	2707	24	28	6.50	25	13	3.647	12.2	0.0045	0.0122	0.00082	
18/2/2556	14.22	5833	24	28.5	6.78	25	13	3.801	12.2	0.0021	0.0122	0.00056	
19/2/2556	15.07	7318	23.5	29	6.55	25	13	3.675	12.2	0.0017	0.0120	0.00049	
20/2/2556	15.47	8788	23.5	29	6.55	25	13	3.675	12.2	0.0014	0.0120	0.00045	
21/2/2556	10.32	9913	23.5	29	6.55	25	13	3.675	12.2	0.0012	0.0120	0.00042	

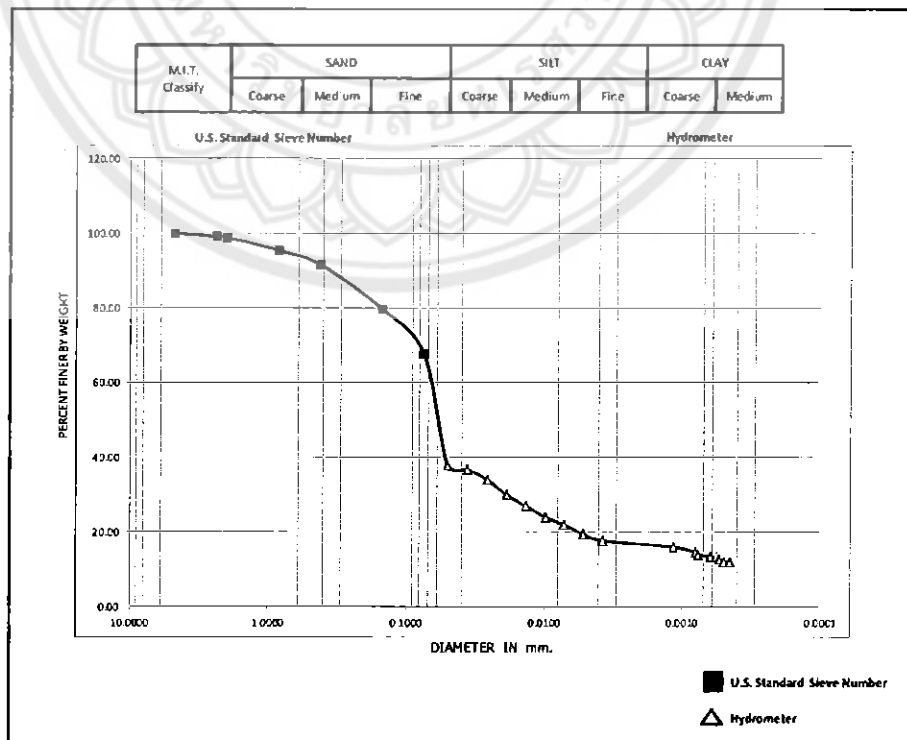
รูปที่ ๖ กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านท่านาว SS-5



ตารางที่ ๗ ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาชาย SS-1

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY												
HYDROMETER TEST												
PROJECT: (SS-1)			JOB NO: _____									
LOCATION: บ้านนา			BORING NO: 1				SEMPL NO: _____					
SOIL DESCRIPTION: _____			DEPTH: _____ m.									
TESTED BY: WARIN.W			DATE OF TEST: 31/1/2556 - 6/2/2556									
Hydrometer No. : 152H			Specific Gravity of soil : 2.72			CF a= 0.985						
Dispersing Agent : _____			Container No. : 8									
Zero Correction : 20 หน่วย			_____									
Meniscus Correction : 1 หน่วย			_____									
% Finer than No.200 : 67.52			Weight of Dry Sol : 50 g.									
DATE	TIME	ELAPSED TIME, mh	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	L/t	k	D mm.
31/1/2556	14.08	0.50	46	28	28.50	47	56.145	37.912	8.6	17.2000	0.0122	0.05060
31/1/2556		1	45	28	27.50	46	54.175	36.581	8.8	8.8000	0.0122	0.03619
31/1/2556		2	43	28	25.50	44	50.235	33.921	9.1	4.5500	0.0122	0.02602
31/1/2556		4	40	28	22.50	41	44.325	29.930	9.6	2.4000	0.0122	0.01890
31/1/2556		8	38	27.5	20.25	39	39.893	26.937	9.9	1.2375	0.0123	0.01368
31/1/2556		16	36	27	18.00	37	35.460	23.944	10.2	0.6375	0.0123	0.00982
31/1/2556		30	34.5	27	16.50	36	32.505	21.949	10.4	0.3467	0.0123	0.00724
31/1/2556		60	33	26	14.65	34	28.861	19.488	10.7	0.1783	0.0125	0.00526
31/1/2556	16.58	120	32	25	13.30	33	26.201	17.692	10.9	0.0908	0.0126	0.00380
1/2/2556	12.22	1284	30	27	12.00	31	23.640	15.963	11.2	0.0087	0.0123	0.00115
2/2/2556	11.43	2685	29	27	11.00	30	21.670	14.633	11.4	0.0042	0.0123	0.00080
2/2/2556	16.13	2955	28	28	10.50	29	20.685	13.967	11.5	0.0039	0.0122	0.00076
3/2/2556	16.29	4411	27.5	28	10.00	29	19.700	13.302	11.5	0.0026	0.0122	0.00062
4/2/2556	11.01	5523	27.5	28	10.00	29	19.700	13.302	11.5	0.0021	0.0122	0.00056
4/2/2556	17.09	5891	26.5	29	9.55	28	18.814	12.704	11.7	0.0020	0.0121	0.00054
5/2/2556	12.30	7052	26.5	28	9.00	28	17.730	11.972	11.7	0.0017	0.0122	0.00050
6/2/2556	15.06	8648	26.5	28	9.00	28	17.730	11.972	11.7	0.0014	0.0122	0.00045

รูปที่ ๗ กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านนาชาย SS-1

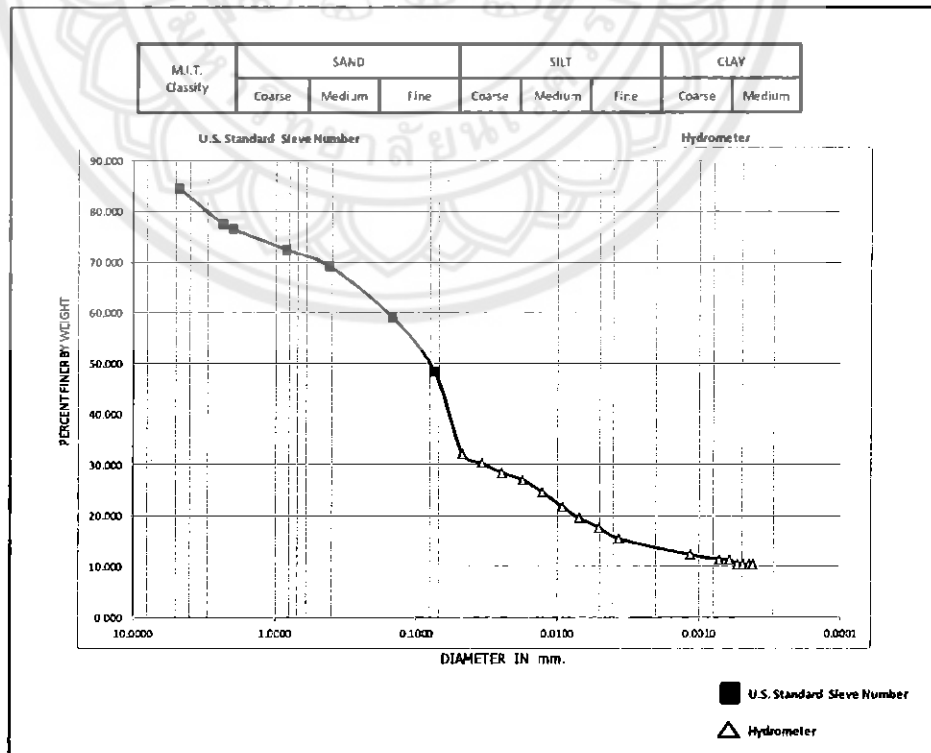


ตารางที่ ๖8 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข้าย SS-2

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY											
HYDROMETER TEST											
PROJECT:	(SS-2)			JOB NO:							
LOCATION	นาข้าย			BORING NO:	1	SEMPL NO:					
SOIL DESCRIPTION:				DEPTH:	m.						
TESTED BY:	WARIN.W			DATE OF TEST:	7/2/2556	14/2/2556					
Hydrometer No. :	152H			SOIL SAMPLE WEIGHT	Specific Gravity of sol :	2.76	CF a=	0.98			
Dispersing Agent :				Container No. :	9						
Zero Correction :	20 หน่วย			Weight of Dry Sol :	50 g.						
Meniscus Correction :	1 หน่วย										
% Finer than No.200	48.39										

DATE	TIME	ELAPSED TIME, min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	L/t	k	D mm.
7/2/2556	12.53	0.50	52	27	34.00	53	66.640	32.246	7.6	15.2000	0.0122	0.04756
7/2/2556		1	50	27	32.00	51	62.720	30.349	7.9	7.9000	0.0122	0.03429
7/2/2556		2	48	27	30.00	49	58.800	28.452	8.3	4.1500	0.0122	0.02485
7/2/2556		4	46.5	27	28.50	48	55.860	27.029	8.4	2.1000	0.0122	0.01768
7/2/2556		8	44	27	26.00	45	50.960	24.658	8.9	1.1125	0.0122	0.01287
7/2/2556		16	41	27	23.00	42	45.080	21.813	9.4	0.5875	0.0122	0.00935
7/2/2556		30	39	26	20.65	40	40.474	19.585	9.7	0.3233	0.0124	0.00705
7/2/2556		60	37	26	18.65	38	36.554	17.688	10.1	0.1683	0.0124	0.00509
7/2/2556	14.52	120	35	25	16.30	36	31.948	15.459	10.4	0.0867	0.0125	0.00368
8/2/2556	9.32	1240	30.5	29	13.00	32	25.480	12.329	11.1	0.0090	0.0122	0.00115
9/2/2556	16.42	3090	29	28	12.05	30	23.618	11.428	11.4	0.0037	0.0118	0.00072
10/2/2556	12.20	4268	28.5	30	12.00	30	23.520	11.381	11.4	0.0027	0.0118	0.00061
11/2/2556	15.06	5874	28	29	11.05	29	21.658	10.480	11.5	0.0020	0.0122	0.00054
12/2/2556	13.00	7188	28	29	11.05	29	21.658	10.480	11.5	0.0016	0.0122	0.00049
13/2/2556	15.45	8794	28	29	11.05	29	21.658	10.480	11.5	0.0013	0.0122	0.00044
14/2/2556	10.50	9939	28	29	11.05	29	21.658	10.480	11.5	0.0012	0.0122	0.00041

รูปที่ ๖8 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านนาข้าย SS-2

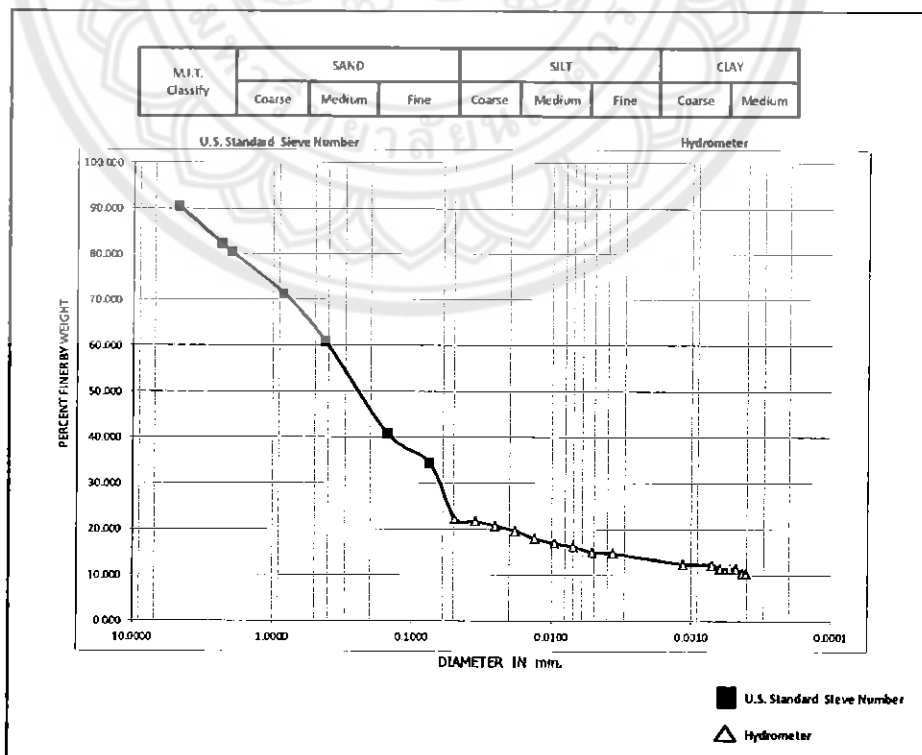


ตารางที่ ๑๑ ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข้าย SS-3

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY													
HYDROMETER TEST													
PROJECT: (SS-3)		JOB NO:		BORING NO: 1		SAMPLE NO:							
LOCATION: นาทน		SOIL DESCRIPTION:		DEPTH: m.		DATE OF TEST: 7/2/2556 - 14/2/2556							
TESTED BY: WARIN.W		SOIL SAMPLE WEIGHT		Specif: Gravity of soil: 2.65		CF a= 1							
Dispersing Agent:		Container No.: 10											
Zero Correction: 20 หน่วย		Meniscus Correction: 1 หน่วย		Weight of Dry Sol: 50 g.									
% Finer than No.200: 34.40													

DATE	TIME	ELAPSED TIME, mh	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	l/t	k	D mm.
7/2/2556	13.04	0.50	50	28	32.50	51	65	22.363	7.9	15.8000	0.0124	0.01929
7/2/2556		1	49	28	31.50	50	63	21.675	8.1	8.1000	0.0124	0.03529
7/2/2556		2	48	28	30.00	49	60	20.643	8.3	4.1500	0.0124	0.02526
7/2/2556		4	46.0	28	28.50	47	57	19.611	8.6	2.1500	0.0124	0.01818
7/2/2556		8	44	27	26.00	45	52	17.891	8.9	1.1125	0.0126	0.01329
7/2/2556		16	43	27	24.50	44	49	16.858	9.1	0.5688	0.0126	0.00950
7/2/2556		30	41.5	27	23.50	43	47	16.170	9.2	0.3067	0.0126	0.00698
7/2/2556		60	40	26	21.65	41	43	14.897	9.6	0.1600	0.0127	0.00508
7/2/2556	15.05	120	40	25	21.30	41	43	14.657	9.6	0.0800	0.0129	0.00365
8/2/2556	9.33	1228	35	29	18.05	36	36	12.420	10.4	0.0085	0.0124	0.00114
9/2/2556	16.42	3097	34	30	17.80	35	36	12.248	10.5	0.0034	0.0122	0.00071
10/2/2556	12.20	4275	33	29	16.50	34	33	11.354	10.7	0.0025	0.0124	0.00062
11/2/2556	15.06	5881	33	29	16.50	34	33	11.354	10.7	0.0018	0.0124	0.00053
12/2/2556	13.00	7195	33	29	16.50	34	33	11.354	10.7	0.0015	0.0124	0.00048
13/2/2556	15.45	8800	32	28	15.05	33	30	10.356	10.7	0.0012	0.0124	0.00043
14/2/2556	10.50	9945	32	28	15.05	33	30	10.356	10.7	0.0011	0.0124	0.00041

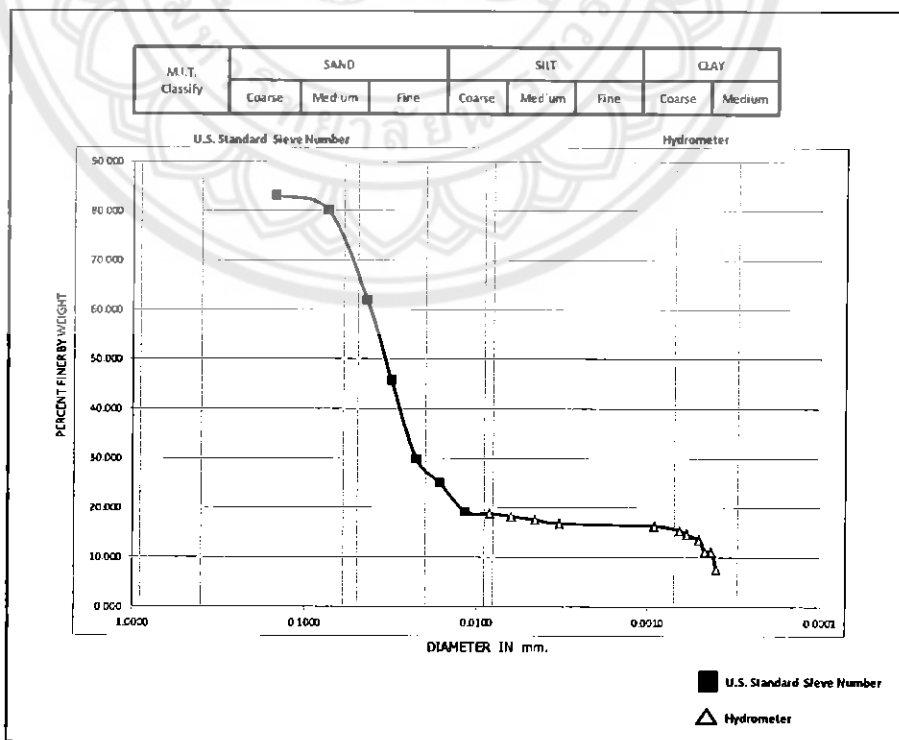
รูปที่ ๑๑ กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านนาข้าย SS-3



ตารางที่ 10 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข้าย SS-4

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY												
HYDROMETER TEST												
PROJECT: (SS-4)			JOB NO: _____									
LOCATION: นาข้าย			BORING NO: 1			SAMPLE NO: _____						
SOIL DESCRIPTION:			DEPTH: _____			m.						
TESTED BY: WARIN.W			DATE OF TEST: 7/2/2556 - 14/2/2556									
Hydrometer No. : 152H			SOIL SAMPLE WEIGHT			Specific Gravity of soil : 2.78			CF a= 0.975			
Dispersing Agent :			Container No. : 11									
Zero Correction : 20 หน่วย												
Meniscus Correction : 1 หน่วย												
% Finer than No.200 : 24.98			Weight of Dry Sol : 50			g.						
DATE	TIME	ELAPSED TIME, min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากกราฟ	1/t	k	D mm.
7/2/2556	13.04	0.50	57	28	39.50	58	77	19.238	6.8	13.6000	0.0120	0.04425
7/2/2556		1	56	28	38.50	57	75	18.751	7.0	7.0000	0.0120	0.03175
7/2/2556		2	55	28	37.50	56	73	18.264	7.1	3.5500	0.0120	0.02261
7/2/2556		4	54	27	36.00	55	70	17.534	7.3	1.8250	0.0122	0.01648
7/2/2556		8	52.5	27	34.50	54	67	16.803	7.4	0.9250	0.0122	0.01173
7/2/2556		16	51.5	27	33.50	53	65	16.316	7.6	0.4750	0.0122	0.00841
7/2/2556		30	50	26	31.65	51	62	15.415	7.9	0.2633	0.0123	0.00631
7/2/2556		60	48.5	25.5	29.98	50	58	14.599	8.1	0.1390	0.0124	0.00456
7/2/2556	15.05	120	46.5	25	27.80	48	54	13.540	8.4	0.0700	0.0124	0.00328
8/2/2556	9.32	1647	41	27	23.00	42	45	11.202	9.4	0.0057	0.0122	0.00092
9/2/2556	16.42	3157	39	30	22.80	40	44	11.105	9.7	0.0031	0.01175	0.00065
10/2/2556	12.21	4336	33	28.5	15.78	34	31	7.683	10.7	0.0025	0.0120	0.00060
11/2/2556	15.07	5942	31	30	14.80	32	29	7.208	11.1	0.0019	0.0118	0.00051
12/2/2556	13.00	7255	31	29	14.05	32	27	6.843	11.1	0.0015	0.0119	0.00047
13/2/2556	15.46	8861	29.5	28	12.00	31	23	5.845	11.2	0.0013	0.0120	0.00043
14/2/2556	10.52	10007	29.5	28	12.00	31	23	5.845	11.2	0.0011	0.0120	0.00040

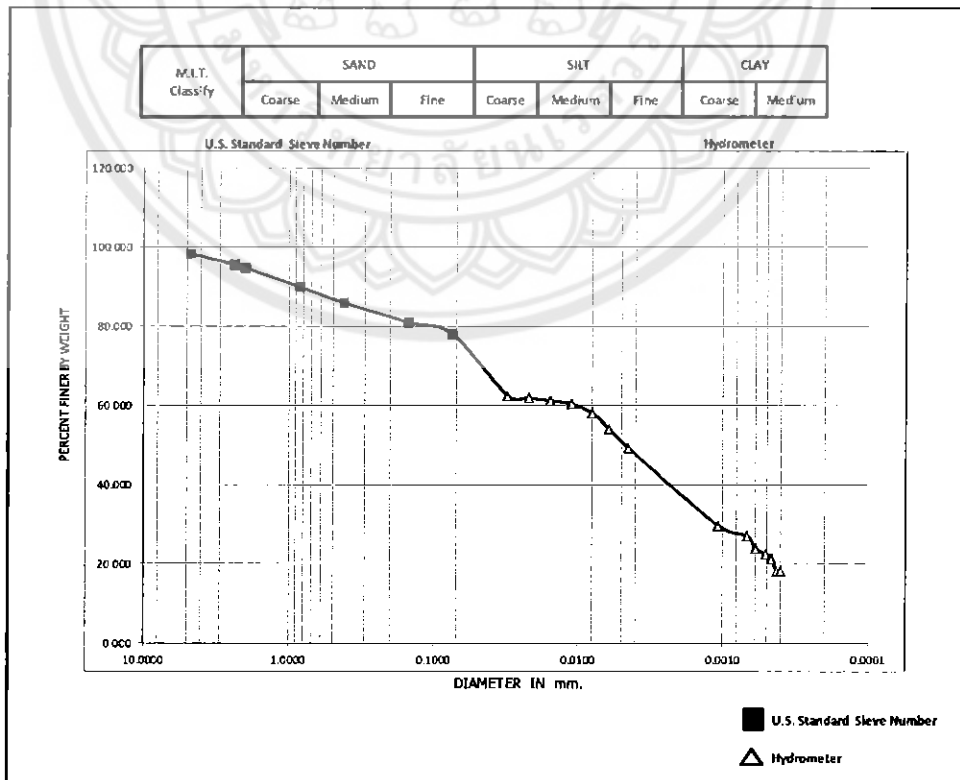
รูปที่ 10 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านนาข้าย SS-4




ตารางที่ ๑11 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านนาข้าย SS-5

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY												
HYDROMETER TEST												
PROJECT: (SS-5)			JOB NO: _____									
LOCATION: บ้านข้าย			BORING NO: 1				SAMPLE NO: _____					
SOIL DESCRIPTION:			DEPTH: _____				m.					
TESTED BY: WARIN.W			DATE OF TEST: 7/2/2556 - 14/2/2556									
Hydrometer No. : 152H			SOIL SAMPLE WEIGHT				Specific Gravity of soil : 2.78					
Dispersing Agent :			Container No. : 12				CF a= 0.975					
Zero Correction :			20 มุม									
Meniscus Correction :			1 มุม									
% Finer than No.200 : 78.01			Weight of Dry Soil : 50 g.									
DATE	TIME	ELAPSED TIME, min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F %	L	L/t	k	D mm.
7/2/2556	13.04	0.50	60	27	42.00	61	82	63.892				
7/2/2556		1	59	27	41.00	60	80	62.370	6.5	6.5000	0.0121	0.03085
7/2/2556		2	59	26	40.65	60	79	61.838	6.5	3.2500	0.0123	0.02217
7/2/2556		4	58.5	26	40.15	60	78	61.077	6.5	1.6250	0.0123	0.01568
7/2/2556		8	58	26	39.65	59	77	60.317	6.6	0.8250	0.0123	0.01117
7/2/2556		16	57	26	38.15	58	74	58.035	6.8	0.4250	0.0123	0.00802
7/2/2556		30	54	25.5	35.48	55	69	53.966	7.3	0.2433	0.0124	0.00612
7/2/2556	14.05	60	51	25	32.30	52	63	49.136	7.8	0.1300	0.0124	0.00447
8/2/2556	9.33	1228	37	28	19.50	38	38	29.664	10.1	0.0082	0.0120	0.00109
9/2/2556	16.43	3098	34	30	17.80	35	35	27.078	10.5	0.0034	0.0118	0.00068
10/2/2556	12.21	4276	33	28.5	15.78	34	31	23.997	10.7	0.0025	0.0120	0.00060
11/2/2556	15.07	5882	31	30	14.80	32	29	22.514	11.1	0.0019	0.0118	0.00051
12/2/2556	13.01	7196	31	29	14.05	32	27	21.373	11.1	0.0015	0.0119	0.00047
13/2/2556	15.46	8801	29.5	28	12.00	31	23	18.255	11.2	0.0013	0.0120	0.00043
14/2/2556	10.52	9947	29.5	28	12.00	31	23	18.255	11.2	0.0011	0.0120	0.00040

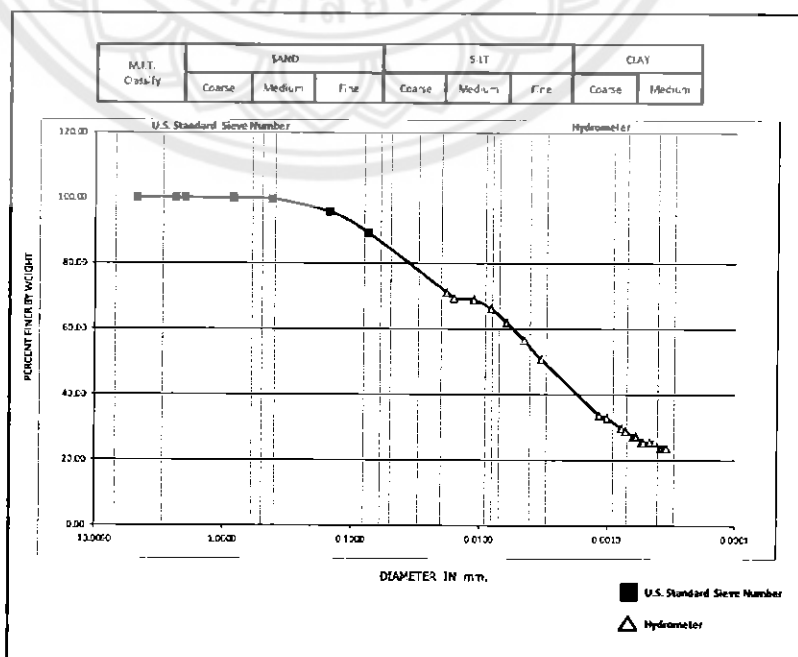
รูปที่ ๑11 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านนาข้าย SS-5



ตารางที่ ง12 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-1

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY													
HYDROMETER TEST													
PROJECT :		(SS-1)		JOB NO :									
LOCATION :		หนองรัง		BORING NO :		1		SAMPLE NO :					
SOIL DESCRIPTION :		WARIN.W		DEPTH :				DATE OF TEST :		21/1/2556 - 31/1/2556		m.	
TESTED BY :		WARIN.W											
Hydrometer No. :				152H				Specifc. Gravy of soil :		2.74		CF a= 0.98	
Dispersing Agent :								Container No. :		1			
Zero Correction :				20 ฟนบ									
Meniscus Correction :				1 ฟนบ									
% Finer than No.200 :				89.29				Weight of Dry Sol :		50		g.	
DATE	TIME	ELAPSED TIME, mn	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	l/t	k	D mm.	
21/1/2556	14.08	0.25	60	26	41.65	61	81.634	72.894	-	-	-	-	
21/1/2556		0.50	60	26	41.65	61	81.634	72.894	-	-	-	-	
21/1/2556		1	60	26	41.65	61	81.634	72.894	-	-	-	-	
21/1/2556		2	60	26	41.15	61	80.654	72.019	-	-	-	-	
21/1/2556		3	59	26	40.65	60	79.674	71.144	6.50	2.167	0.0124	0.01825	
21/1/2556		4	58	26	39.65	59	77.714	69.394	6.60	1.650	0.0124	0.01593	
21/1/2556		8	58	25	39.30	59	77.028	68.781	6.60	0.805	0.0125	0.01121	
21/1/2556		16	57	25	37.80	58	74.088	66.156	6.80	0.425	0.0125	0.00815	
21/1/2556		30	54	25	35.30	55	69.188	61.781	7.30	0.243	0.0125	0.00617	
21/1/2556		60	51	25	32.30	52	63.308	56.530	7.80	0.130	0.0126	0.00451	
21/1/2556	16.12	120	48	24	29.00	49	56.840	50.755	8.30	0.069	0.0126	0.00331	
22/1/2556	9.12	1140	37.5	26.5	19.32	38.5	37.867	33.813	10.00	0.009	0.0124	0.00116	
22/1/2556	15.02	1490	36.5	27.5	18.75	37.5	36.750	32.815	10.15	0.007	0.0122	0.00101	
23/1/2556	9.20	2588	35	27	17.00	36	33.320	29.753	10.40	0.004	0.0122	0.00077	
23/1/2556	15.50	2978	34	28	16.50	35	32.340	28.878	10.50	0.004	0.0121	0.00072	
24/1/2556	9.24	4032	33	28	15.50	34	30.380	27.127	10.70	0.003	0.0121	0.00062	
24/1/2556	15.45	4413	33	28	15.50	34	30.380	27.127	10.70	0.002	0.0121	0.00060	
25/1/2556	10.30	5538	32	28	14.50	33	28.420	25.377	10.90	0.002	0.0121	0.00054	
25/1/2556	15.58	5866	32	28	14.50	33	28.420	25.377	10.90	0.002	0.0121	0.00052	
26/1/2556	18.40	7468	31.5	29	14.55	32.5	28.518	25.465	11.00	0.001	0.0120	0.00046	
27/1/2556	15.50	8738	31.5	29	14.55	32.5	28.518	25.465	11.00	0.001	0.0120	0.00043	
29/1/2556	9.07	11215	31	28	13.50	32	26.460	23.627	11.10	0.001	0.0121	0.00038	
30/1/2556	16.00	12708	31	28	13.50	32	26.460	23.627	11.10	0.001	0.0121	0.00036	
31/1/2556	11.30	13878	31	28	13.50	32	26.460	23.627	11.10	0.001	0.0121	0.00034	

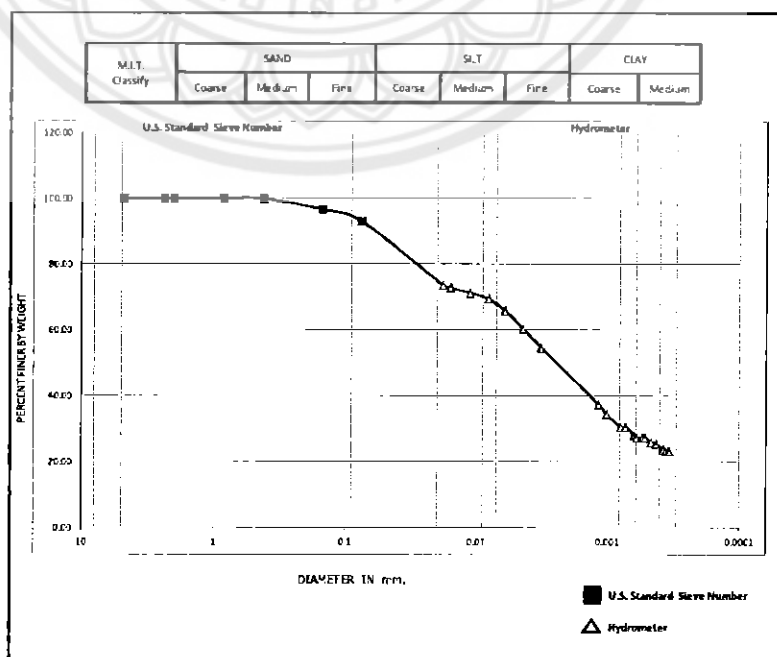
รูปที่ ง12 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านหนองรัง SS-1



ตารางที่ ง13 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-2

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY														
HYDROMETER TEST														
PROJECT: (SS-2)			JOB NO: _____											
LOCATION: หนองรัง			BORING NO: 1			SAMPLE NO: _____								
SOIL DESCRIPTION: _____			DEPTH: _____ m.											
TESTED BY: WARIN.W			DATE OF TEST: 21/1/2556 - 31/1/2556											
Hydrometer No. : 152H			SOIL SAMPLE WEIGHT			Specific Gravity of sol : 2.78							CF a= 0.975	
Dispersing Agent : _____			Container No. : 2											
Zero Correction : 20 ฟลท														
Meniscus Correction : 1 ฟลท														
% Finer than No.200 : 92.90			Weight of Dry Sol : 50 g.											
DATE	TIME	ELAPSED TIME,min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	L/t	K	D mm.		
21/1/2556	15.12	0.25	60	26	42	61	81.218	75.45	-	-	-	-		
21/1/2556		0.50	60	26	42	61	81.218	75.45	-	-	-	-		
21/1/2556		1	60	26	42	61	81.218	75.45	-	-	-	-		
21/1/2556		2	60	26	41	61	80.243	74.55	-	-	-	-		
21/1/2556		3	59	26	41	60	79.268	73.64	6.50	2.1667	0.0123	0.0181		
21/1/2556		4	59	26	40	60	78.293	72.74	6.50	1.6250	0.0123	0.0157		
21/1/2556		8	58	25	39	59	76.635	71.20	6.60	0.8049	0.0124	0.0111		
21/1/2556		16	57	25	38	58	74.685	69.38	6.80	0.4250	0.0124	0.0081		
21/1/2556		30	55	25	36	56	70.785	65.76	7.10	0.2367	0.0124	0.0060		
21/1/2556		60	52	25	33	53	64.935	60.33	7.60	0.1267	0.0124	0.0044		
21/1/2556	17.20	120	49	26	30	50	58.793	54.62	8.10	0.0675	0.0123	0.0032		
22/1/2556	9.12	1072	39	26	21	40	40.268	37.41	9.70	0.0090	0.0123	0.0012		
22/1/2556	15.02	1422	37	27	19	38	37.050	34.42	10.10	0.0071	0.0121	0.0010		
23/1/2556	9.20	2524	35	26.5	17	36	32.809	30.48	10.40	0.0041	0.0123	0.0008		
23/1/2556	15.50	2854	34	28.5	17	35	32.711	30.39	10.50	0.0037	0.0120	0.0007		
24/1/2556	9.24	3908	33	28	16	34	30.225	28.08	10.70	0.0027	0.0120	0.0006		
24/1/2556	15.45	4289	33	27	15	34	29.250	27.17	10.70	0.0025	0.0121	0.0006		
25/1/2556	10.31	5415	33	27	15	34	29.250	27.17	10.70	0.0020	0.0121	0.0005		
25/1/2556	15.58	5742	32.5	28	15	33.5	29.250	27.17	10.80	0.0019	0.0120	0.0005		
26/1/2556	18.40	7344	31.5	28.5	14	32.5	27.836	25.86	11.00	0.0015	0.0120	0.0005		
27/1/2556	15.51	8615	31	29	14	32	27.398	25.45	11.10	0.0013	0.0119	0.0004		
29/1/2556	9.08	11178	30.5	28	13	31.5	25.350	23.55	11.15	0.0010	0.0120	0.0004		
30/1/2556	16.00	12670	30	28.5	13	31	24.911	23.14	11.20	0.0009	0.0120	0.0004		
31/1/2556	11.31	13841	30	28.5	13	31	24.911	23.14	11.20	0.0008	0.0120	0.0003		

รูปที่ ง13 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านหนองรัง SS-2

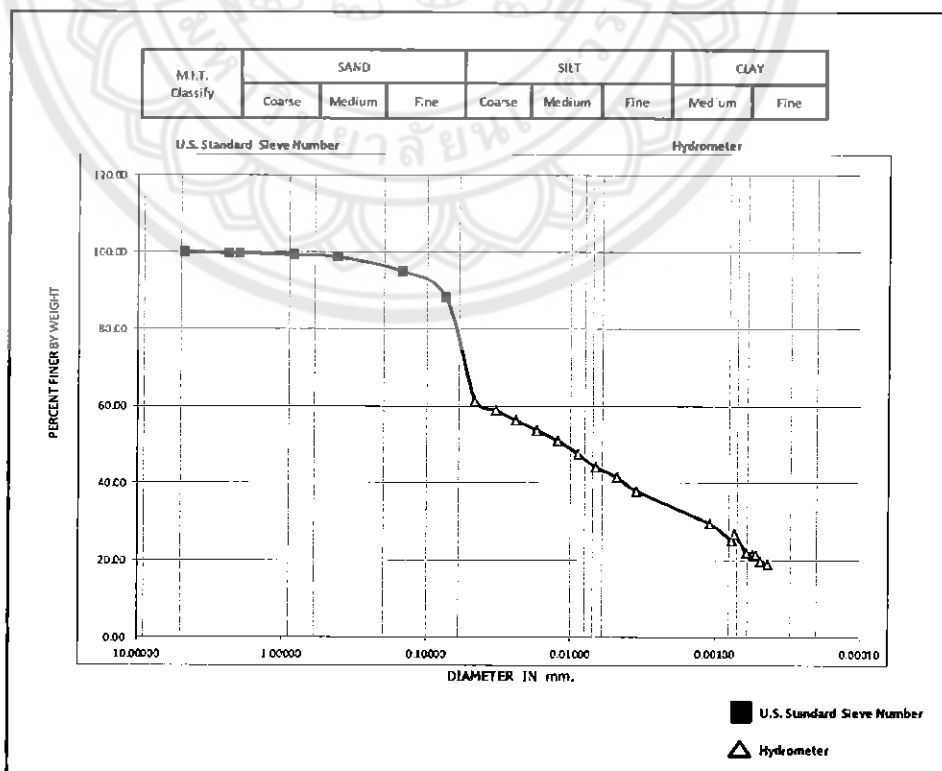


ตารางที่ 15 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-4


SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	
HYDROMETER TEST	
PROJECT: (SS-4)	JOB NO: _____
LOCATION: หนองรัง	BORING NO: 1 SAMPLE NO: _____
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: _____ m.
TESTED BY: WARIN.W	DATE OF TEST: 31/1/2556 - 6/2/2556
Hydrometer No. : 152H	SOIL SAMPLE WEIGHT
Dispersing Agent : _____	Specific Gravity of sol : 2.76 CF a= 0.98
Zero Correction : 20 หน่วย	Container No. : 4
Meniscus Correction : 1 หน่วย	Weight of Dry Sol : 50 g.
% Finer than No.200 : 68.32	

DATE	TIME	ELAPSED TIME, min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	l/t	k	D mm.
31/1/2556	14.15	0.50	53	28	35.5	54	69.580	61.450	7.4	14.8000	0.0121	0.0465
31/1/2556		1	51.5	28	34	53	66.640	58.854	7.6	7.6000	0.0121	0.0334
31/1/2556		2	50	28	32.5	51	63.700	56.257	7.9	3.9500	0.0121	0.0240
31/1/2556		4	48.5	28	31	50	60.760	53.661	8.1	2.0250	0.0121	0.0172
31/1/2556		8	47	28	29.5	48	57.820	51.064	8.4	1.0500	0.0121	0.0124
31/1/2556		16	45	28	27.5	46	53.900	47.602	8.8	0.5500	0.0121	0.0090
31/1/2556		30	43	28	25.5	44	49.980	44.140	9.1	0.3033	0.0121	0.0067
31/1/2556		60	42	27	24	43	47.040	41.544	9.2	0.1533	0.0122	0.0048
31/1/2556	16.20	120	40.5	25.5	21.95	42	43.022	37.995	9.4	0.0783	0.0125	0.0035
1/2/2556	12.20	1320	35	27	17	36	33.320	29.427	10.4	0.0079	0.0122	0.0011
2/2/2556	11.42	2722	32.5	27	14.50	34	28.420	25.099	10.7	0.0039	0.0122	0.0008
2/2/2556	16.12	2992	32.5	29	15.55	34	30.478	26.917	11.2	0.0037	0.0120	0.0007
3/2/2556	16.27	4447	30	28.5	12.78	31	25.039	22.113	11.2	0.0025	0.0121	0.0006
4/2/2556	10.59	5559	30	28	12.50	31	24.500	21.637	11.4	0.0021	0.0121	0.0005
4/2/2556	17.08	5926	29	29.5	12.43	30	24.353	21.508	11.4	0.0019	0.0120	0.0005
5/2/2556	12.27	7086	29	28	11.50	30	22.540	19.906	11.4	0.0016	0.0121	0.0005
6/2/2556	15.05	8684	28.5	28	11.00	30	21.560	19.041	11.4	0.0013	0.0120	0.0004

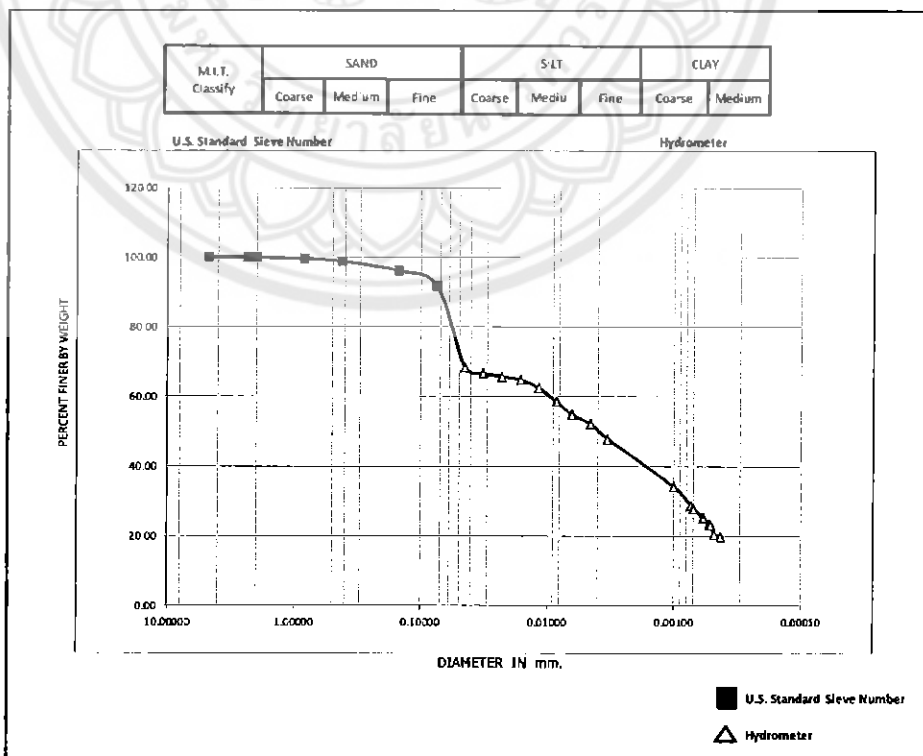
รูปที่ 15 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านหนองรัง SS-4



ตารางที่ 16 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-5

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY HYDROMETER TEST														
PROJECT: (SS-5)			JOB NO: _____											
LOCATION: หนองรัง			BORING NO: 1			SAMPLE NO: _____								
SOIL DESCRIPTION: _____			DEPTH: _____			m.								
TESTED BY: WARIN.W			DATE OF TEST: 31/1/2556 - 6/2/2556											
Hydrometer No. : 152H			SOIL SAMPLE WEIGHT			Specific Gravity of soil : 2.74							CF a= 0.98	
Dispersing Agent : _____			Container No. : 5											
Zero Correction : 20 หน่วย														
Meniscus Correction : 1 หน่วย														
% Finer than No.200 : 91.73			Weight of Dry Sol : 50 g.											
DATE	TIME	ELAPSED TIME, min	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	L/T	k	D mm.		
31/1/2556	14.3	0.50	55	29	38.05	56	74.578	68.409	7.1	14.2000	0.0120	0.0452		
31/1/2556		1	54	29	37.05	55	72.618	66.611	7.3	7.3000	0.0120	0.0324		
31/1/2556		2	54	29	36.55	55	71.638	65.712	7.3	3.6500	0.0120	0.0229		
31/1/2556		4	53	29	36.05	54	70.658	64.813	7.4	1.8500	0.0120	0.0163		
31/1/2556		8	52	28.5	34.78	53	68.159	62.521	7.6	0.9500	0.0121	0.0118		
31/1/2556		16	50	28	32.50	51	63.700	58.431	7.9	0.4938	0.0121	0.0085		
31/1/2556		30	48	28	30.50	49	59.780	54.835	8.3	0.2767	0.0121	0.0064		
31/1/2556		60	47	27	29.00	48	56.840	52.138	8.4	0.1400	0.0122	0.0046		
31/1/2556	16.30	120	45	26	26.65	46	52.234	47.913	8.8	0.0733	0.0124	0.0034		
1/2/2556	12.20	1490	37	27	19.00	38	37.240	34.159	10.1	0.0068	0.0122	0.0010		
2/2/2556	11.43	2893	34	27	16.00	35	31.360	28.766	10.5	0.0036	0.0122	0.0007		
2/2/2556	16.12	3162	33	28	15.50	34	30.380	27.867	10.7	0.0034	0.0120	0.0007		
3/2/2556	16.27	4617	31.5	28	14.00	33	27.440	25.170	10.9	0.0024	0.0121	0.0006		
4/2/2556	10.59	5729	30.5	28	13.00	32	25.480	23.372	11.1	0.0019	0.0121	0.0005		
4/2/2556	17.08	6098	29.5	29.5	12.93	31	25.333	23.237	11.2	0.0018	0.0120	0.0005		
5/2/2556	12.28	7258	29	28	11.50	30	22.540	20.675	11.4	0.0016	0.0121	0.0005		
6/2/2556	15.05	8855	28	29	11.05	29	21.658	19.866	11.5	0.0013	0.0120	0.0004		

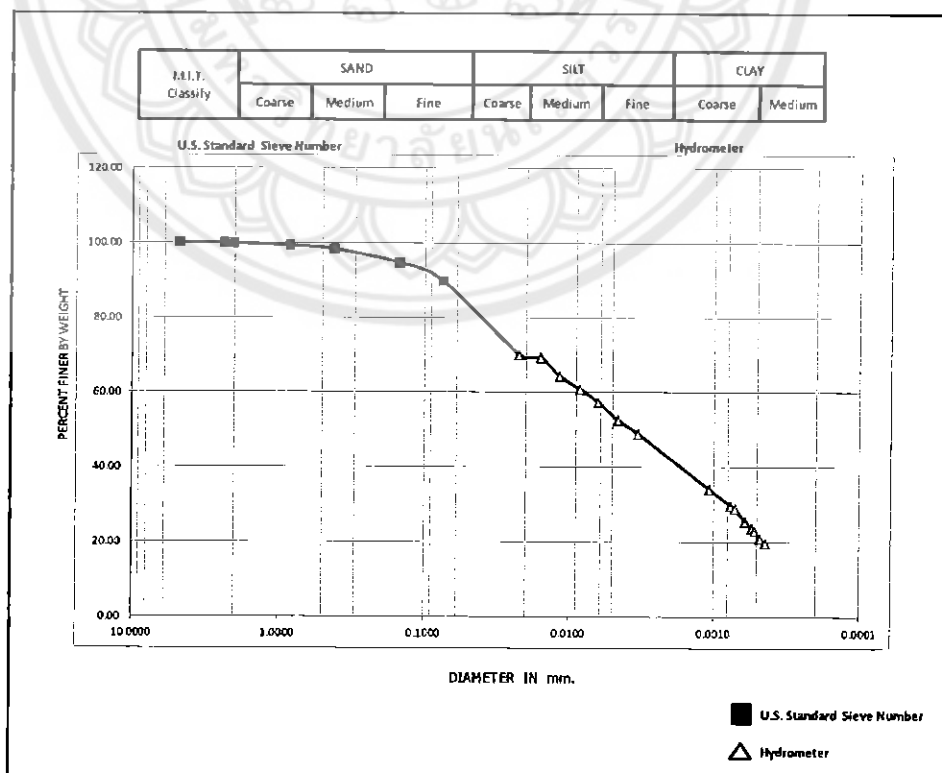
รูปที่ 16 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านหนองรัง SS-5



ตารางที่ 17 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-6

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY													
HYDROMETER TEST													
PROJECT:	(SS-6)				JOB NO:								
LOCATION	หนองรัง				BORING NO:	1		SEMPL NO:					
SOIL DESCRIPTION:					DEPTH:								
TESTED BY:	WARIN.W				DATE OF TEST:	31/1/2556		- 6/2/2556					
Hydrometer No. :				152H		SOIL SAMPLE WEIGHT		Specific Gravity of soil :		2.77		CF a=	0.975
Dispersing Agent :						Container No. :		6					
Zero Correction :				20 มล									
Meniscus Correction :				1 มล									
% Finer than No.200				89.75		Weight of Dry Soil :		50		g.			
DATE	TIME	ELAPSED TIME, mh	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	L/t	k	D mm.	
31/1/2556	14.36	0.50	60	29	43.05	61	83.948	75.343	-	-	-	-	
31/1/2556		1	59.5	29	42.55	61	82.973	74.468	-	-	-	-	
31/1/2556		2	57.0	29	40.05	58	78.098	70.093	6.8	3.4000	0.0121	0.0222	
31/1/2556		4	56.5	29	39.55	58	77.123	69.218	6.8	1.7000	0.0121	0.0157	
31/1/2556		8	54.0	28.5	36.78	55	71.711	64.361	7.3	0.9125	0.0122	0.0117	
31/1/2556		16	52.0	28.5	34.78	53	67.811	60.861	7.6	0.4750	0.0122	0.0084	
31/1/2556		30	50.5	27.5	32.75	52	63.863	57.317	7.8	0.2600	0.0123	0.0063	
31/1/2556		60	48.0	27	30.00	49	58.500	52.504	8.3	0.1383	0.0123	0.0046	
31/1/2556	16.36	120	46.5	25.5	27.95	48	54.503	48.916	8.4	0.0700	0.0126	0.0033	
1/2/2556	12.21	1305	37.5	27	19.50	39	38.025	34.128	9.9	0.0076	0.0123	0.0011	
2/2/2556	11.43	2707	35.0	27	17.00	36	33.150	29.752	10.4	0.0038	0.0123	0.0008	
2/2/2556	16.12	2976	33.5	29	16.55	35	32.273	28.965	10.5	0.0035	0.0121	0.0007	
3/2/2556	16.28	4432	32.0	28	14.50	33	28.275	25.377	10.9	0.0025	0.0122	0.0006	
4/2/2556	11.00	5544	31	28	13.50	32	26.325	23.627	11.1	0.0020	0.0122	0.0005	
4/2/2556	17.09	5913	30.0	29	13.05	31	25.448	22.839	11.2	0.0019	0.0121	0.0005	
5/2/2556	12.29	7073	29.5	28	12.00	31	23.400	21.002	11.2	0.0016	0.0122	0.0005	
6/2/2556	15.06	8670	28.5	28.5	11.28	30	21.986	19.733	11.4	0.0013	0.0122	0.0004	

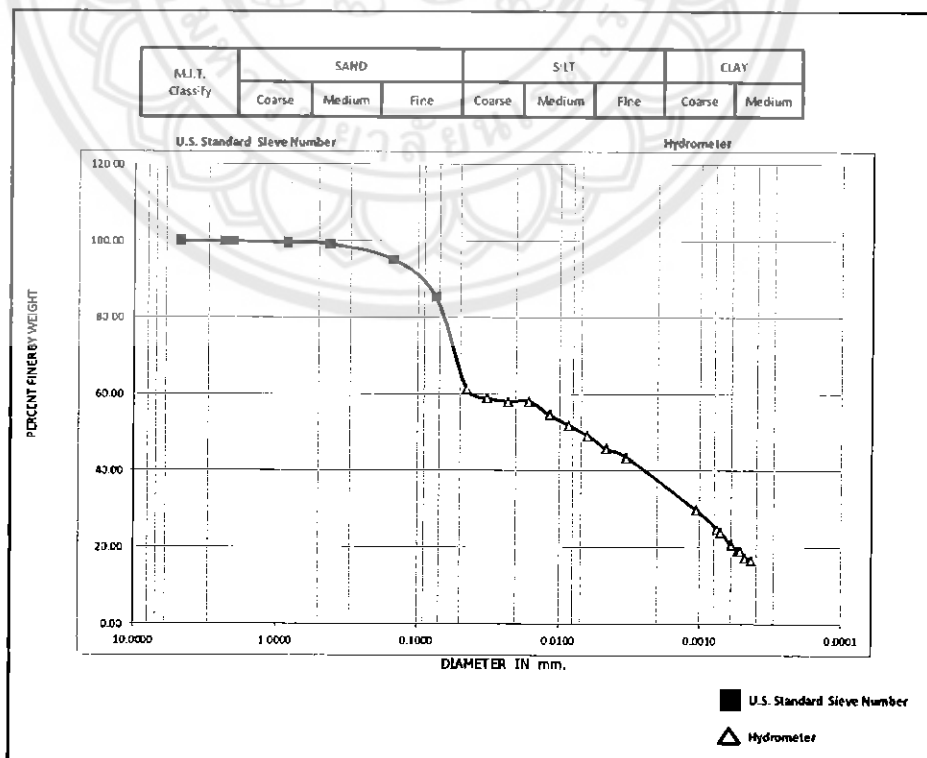
รูปที่ 17 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านหนองรัง SS-6



ตารางที่ 18 ผลการทดสอบ Hydrometer Analysis บ้านหนองรัง SS-7

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY													
HYDROMETER TEST													
PROJECT: (SS-7)				JOB NO: _____									
LOCATION: บ้านหนองรัง				BORING NO: 1				SAMPLE NO: _____					
SOIL DESCRIPTION: WARIN.W				DEPTH: _____ m.				DATE OF TEST: 31/1/2556 - 6/2/2556					
TESTED BY: WARIN.W													
Hydrometer No. : 152H				Specific Gravity of soil : 2.79				CF a= 0.97					
Dispersing Agent : _____				Container No. : 7									
Zero Correction : 20 หน่วย													
Meniscus Correctbn : 1 หน่วย													
% Finer than No.200 : 85.38				Weight of Dry Sol : 50 g.									
DATE	TIME	ELAPSED TIME, mh	Ra	Temp. C	Rc	Corr. only for meniscus, R	F %	F' %	L จากตาราง	l/t	k	D mm.	
31/1/2556	14.52	0.50	54	29	37.05	55	71.877	61.367	7.3	14.6000	0.0118	0.0451	
31/1/2556		1	52.5	29	35.55	54	68.967	58.883	7.4	7.4000	0.0118	0.0321	
31/1/2556		2	52	29	35.05	53	67.997	58.054	7.6	3.6000	0.0118	0.0230	
31/1/2556		4	52	29	35.05	53	67.997	58.054	7.6	1.9000	0.0118	0.0163	
31/1/2556		8	51	28	33.00	52	64.020	54.659	7.8	0.9750	0.0119	0.0118	
31/1/2556		16	49	27.5	31.25	50	60.625	51.760	8.1	0.5063	0.0120	0.0085	
31/1/2556		30	47.5	27.5	29.75	49	57.715	49.276	8.3	0.2767	0.0120	0.0063	
31/1/2556		60	46	26	27.65	47	53.641	45.798	8.6	0.1433	0.0122	0.0046	
31/1/2556	16.52	120	45	25	26.30	46	51.022	43.562	8.8	0.0733	0.0123	0.0033	
1/2/2556	12.22	1290	36	27	18.00	37	34.920	29.814	10.2	0.0079	0.0120	0.0011	
2/2/2556	11.43	2691	33	27	15.00	34	29.100	24.845	10.7	0.0040	0.0120	0.0008	
2/2/2556	16.13	2961	31.5	29	14.55	33	28.227	24.100	10.9	0.0037	0.0118	0.0007	
3/2/2556	16.28	4416	30	28	12.50	31	24.250	20.704	11.2	0.0025	0.0119	0.0006	
4/2/2556	11.00	5528	29	28	11.50	30	22.310	19.048	11.4	0.0021	0.0119	0.0005	
4/2/2556	17.08	5896	29	28	11.50	30	22.310	19.048	11.4	0.0019	0.0119	0.0005	
5/2/2556	12.29	7057	28	28	10.50	29	20.370	17.391	11.5	0.0016	0.0119	0.0005	
6/2/2556	15.06	8654	27	29	10.05	28	19.497	16.646	11.7	0.0014	0.0118	0.0004	

รูปที่ 18 กราฟการกระจายของขนาดเม็ดดิน บ้านหนองรัง SS-7



ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบการหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน


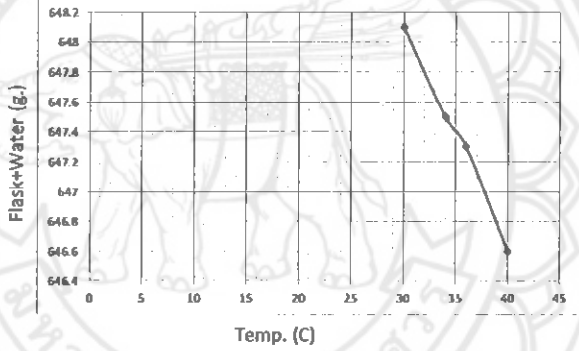
(Specific Gravity of Soil)




ตารางที่ จ1 ผลการทดสอบ Specific Gravity of Soil บ้านท่าหน้า

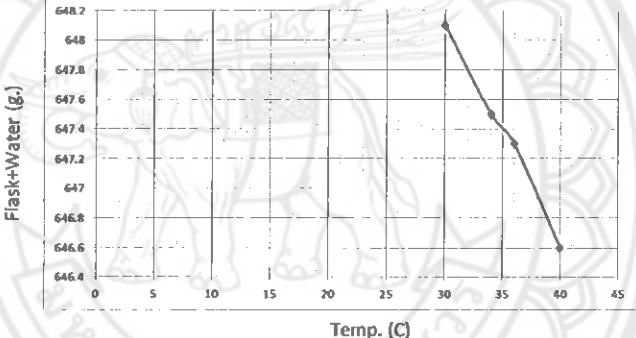
SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY SPECIFIC GRAVITY TEST																																																																																																					
PROJECT: _____ LOCATION: _____ <u>ท่าหน้า</u> _____ SOIL DESCRIPTION: _____ TESTED BY: _____ <u>WARIN.W</u> _____	JOB NO: _____ BORING NO: _____ <u>1</u> _____ SEMPLE NO: _____ DEPTH: _____ _____ m. DATE OF TEST: _____ <u>1/2/2013</u> _____																																																																																																				
Specific Gravity Determination <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>HA-1</th> <th>SS-1</th> <th>SS-2</th> <th>SS-3</th> <th>SS-4</th> <th>SS-5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temp. (C)</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>36</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>Flask+Water (g.)</td> <td>646.98</td> <td>646.98</td> <td>646.98</td> <td>647.40</td> <td>647.30</td> <td>647.90</td> </tr> <tr> <td>Flask+Water+Soil (g.)</td> <td>678.20</td> <td>678.00</td> <td>678.50</td> <td>678.90</td> <td>678.40</td> <td>678.90</td> </tr> <tr> <td>Container No.</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Dry Soil+Container (g.)</td> <td>156.0</td> <td>162.6</td> <td>159.6</td> <td>140.5</td> <td>153.8</td> <td>155.5</td> </tr> <tr> <td>Container (g.)</td> <td>106.6</td> <td>114.2</td> <td>110.2</td> <td>92.0</td> <td>104.6</td> <td>106.1</td> </tr> <tr> <td>Dry Soil (g.)</td> <td>49.4</td> <td>48.4</td> <td>49.4</td> <td>48.5</td> <td>49.2</td> <td>49.4</td> </tr> <tr> <td>SP. GR. Of Water</td> <td>0.9941</td> <td>0.9941</td> <td>0.9941</td> <td>0.9941</td> <td>0.9937</td> <td>0.9944</td> </tr> <tr> <td>SP. GR. Of Soil</td> <td>2.70</td> <td>2.77</td> <td>2.75</td> <td>2.77</td> <td>2.70</td> <td>2.73</td> </tr> </tbody> </table>	No.	HA-1	SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS-5	Temp. (C)	35	35	35	35	36	34	Flask+Water (g.)	646.98	646.98	646.98	647.40	647.30	647.90	Flask+Water+Soil (g.)	678.20	678.00	678.50	678.90	678.40	678.90	Container No.	1	2	3	4	5	6	Dry Soil+Container (g.)	156.0	162.6	159.6	140.5	153.8	155.5	Container (g.)	106.6	114.2	110.2	92.0	104.6	106.1	Dry Soil (g.)	49.4	48.4	49.4	48.5	49.2	49.4	SP. GR. Of Water	0.9941	0.9941	0.9941	0.9941	0.9937	0.9944	SP. GR. Of Soil	2.70	2.77	2.75	2.77	2.70	2.73	Flask Calibration 1 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temp. (C)</td> <td>36</td> <td>33</td> <td>30</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>Flask+Water (g.)</td> <td>646.9</td> <td>647.1</td> <td>647.3</td> <td>647.6</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">(ใช้สำหรับ HA-1, SS-1, SS-2)</p> Flask Calibration 2 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temp. (C)</td> <td>40</td> <td>36</td> <td>34</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Flask+Water (g.)</td> <td>646.6</td> <td>647.3</td> <td>647.5</td> <td>648.1</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">(ใช้สำหรับ SS-3, SS-4, SS-5)</p>	No.	1	2	3	4	Temp. (C)	36	33	30	29	Flask+Water (g.)	646.9	647.1	647.3	647.6	No.	1	2	3	4	Temp. (C)	40	36	34	30	Flask+Water (g.)	646.6	647.3	647.5	648.1
No.	HA-1	SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS-5																																																																																															
Temp. (C)	35	35	35	35	36	34																																																																																															
Flask+Water (g.)	646.98	646.98	646.98	647.40	647.30	647.90																																																																																															
Flask+Water+Soil (g.)	678.20	678.00	678.50	678.90	678.40	678.90																																																																																															
Container No.	1	2	3	4	5	6																																																																																															
Dry Soil+Container (g.)	156.0	162.6	159.6	140.5	153.8	155.5																																																																																															
Container (g.)	106.6	114.2	110.2	92.0	104.6	106.1																																																																																															
Dry Soil (g.)	49.4	48.4	49.4	48.5	49.2	49.4																																																																																															
SP. GR. Of Water	0.9941	0.9941	0.9941	0.9941	0.9937	0.9944																																																																																															
SP. GR. Of Soil	2.70	2.77	2.75	2.77	2.70	2.73																																																																																															
No.	1	2	3	4																																																																																																	
Temp. (C)	36	33	30	29																																																																																																	
Flask+Water (g.)	646.9	647.1	647.3	647.6																																																																																																	
No.	1	2	3	4																																																																																																	
Temp. (C)	40	36	34	30																																																																																																	
Flask+Water (g.)	646.6	647.3	647.5	648.1																																																																																																	
<p>(ใช้สำหรับ HA-1, SS-1, SS-2)</p>	<p>(ใช้สำหรับ SS-3, SS-4, SS-5)</p>																																																																																																				

ตารางที่ จ2 ผลการทดสอบ Specific Gravity of Soil บ้านนาข่า

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY					
SPECIFIC GRAVITY TEST					
PROJECT:	JOB NO: _____				
LOCATION: <u>นาข่า</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: _____				
SOIL DESCRIPTION:	DEPTH: _____ m.				
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: <u>1/2/2013</u>				
Specific Gravity Determination					
	SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS-5
Temp. (C)	35	36	33	32	34
Flask+Water (g.)	647.4	647.3	647.6	647.8	647.5
Flask+Water+Sol (g.)	678.5	678.2	678.5	679.4	679.5
Container No.	1	2	3	4	5
Dry Soil+Container (g.)	211.1	212.2	212.5	296.1	211.4
Container (g.)	162.1	163.9	163.0	246.9	161.6
Dry Soil (g.)	49.0	48.3	49.5	49.2	49.8
SP. GR. Of Water	0.9941	0.9937	0.9947	0.9951	0.9944
SP. GR. Of Sol	2.72	2.76	2.65	2.78	2.78
Flask Calibration					
	1	2	3	4	
Temp. (C)	40	36	34	30	
Flask+Water (g.)	646.6	647.3	647.5	648.1	
					

ตารางที่ จ3 ผลการทดสอบ Specific Gravity of Soil บ้านหนองจิ้ง

		SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY										
SPECIFIC GRAVITY TEST												
PROJECT:		JOB NO:										
LOCATION:	หนองจิ้ง	BORING NO:	1 SAMPLE NO:									
SOIL DESCRIPTION:		DEPTH:	m.									
TESTED BY:	WARIN.W	DATE OF TEST:	3/2/2013									
Specific Gravity Determination		Flask Calibration										
No.	SS-1	SS-2	SS-3	SS-4	SS-5	SS-6	SS-7	No.	1	2	3	4
Temp. (C)	35	33	36	36	36	36	35	Temp. (C)	40	36	34	30
Flask+Water (g.)	647.4	647.6	647.3	647.3	647.3	647.3	647.4	Flask+Water (g.)	646.6	647.3	647.5	648.1
Flask+Water+Sol (g.)	678.9	679.0	679.0	678.9	678.8	679.0	678.5					
Container No.	1	2	3	4	5	6	7					
Dry Sol+Container (g.)	156.1	154.8	142.0	154.0	152.2	157.1	151.0					
Container (g.)	106.7	105.9	92.6	104.6	102.8	107.7	102.7					
Dry Sol (g.)	49.4	48.9	49.4	49.4	49.4	49.4	48.3					
SP. GR. Of Water	0.9941	0.9947	0.9937	0.9937	0.9937	0.9937	0.9941					
SP. GR. Of Sol	2.74	2.78	2.77	2.76	2.74	2.77	2.79					



Flask+Water (g.)

Temp. (C)


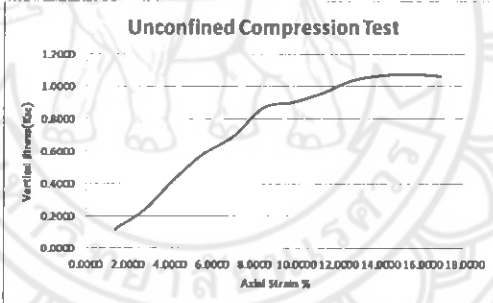
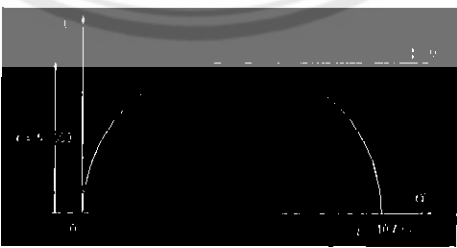
ภาคผนวก ฉ

ผลทดสอบการทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด


(Unconfined Compression Test)



ตารางที่ ๑1 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-1

 SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY Unconfined Compression Test																																																																																												
PROJECT: <u>SS-1</u> LOCATION: <u>หนองรัง</u> SOIL DESCRIPTION: _____ TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	JOB NO: _____ BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: _____ DEPTH: _____ m. DATE OF TEST: _____																																																																																											
Proving Ring Constant (Kg.) 2.59 Kg./DIV																																																																																												
Diameter1 (mm.) 36.60 Diameter2 (mm.) 36.00 Diameter3 (mm.) 36.85 Sample Diameter (mm.) 36.4833 Sample Area (cm. ²) 10.4519 Sample Height (mm.) 71.50 Sample Volume (cm. ³) 74.7314	Weight 145.00 g. Weight Dry 117.30 g. Water 27.70 g. Water Content 23.6147 % Wet unit weight 1.9403 g./cm. ³ Dry unit weight 1.5696 g./cm. ³																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Deformation dial Reading (DIV)</th> <th>Vertical Deformation (mm.)</th> <th>Axial Strain %</th> <th>Corrected Area (cm²)</th> <th>Load Proving Ring Reading (DIV)</th> <th>Axial Load (Kg.)</th> <th>Vertical Stress (Ksc)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>1</td><td>1.3986</td><td>10.5981</td><td>0.5</td><td>1.2950</td><td>0.1222</td></tr> <tr><td>200</td><td>2</td><td>2.7972</td><td>10.7443</td><td>1.0</td><td>2.5900</td><td>0.2411</td></tr> <tr><td>300</td><td>3</td><td>4.1958</td><td>10.8905</td><td>1.8</td><td>4.6620</td><td>0.4281</td></tr> <tr><td>400</td><td>4</td><td>5.5944</td><td>11.0367</td><td>2.5</td><td>6.4750</td><td>0.5867</td></tr> <tr><td>500</td><td>5</td><td>6.9930</td><td>11.1828</td><td>3.0</td><td>7.7700</td><td>0.6948</td></tr> <tr><td>600</td><td>6</td><td>8.3916</td><td>11.3290</td><td>3.8</td><td>9.8420</td><td>0.8687</td></tr> <tr><td>700</td><td>7</td><td>9.7902</td><td>11.4752</td><td>4.0</td><td>10.3600</td><td>0.9028</td></tr> <tr><td>800</td><td>8</td><td>11.1888</td><td>11.6214</td><td>4.3</td><td>11.1370</td><td>0.9583</td></tr> <tr><td>900</td><td>9</td><td>12.5874</td><td>11.7676</td><td>4.7</td><td>12.1730</td><td>1.0345</td></tr> <tr><td>1000</td><td>10</td><td>13.9860</td><td>11.9138</td><td>4.9</td><td>12.6910</td><td>1.0652</td></tr> <tr><td>1100</td><td>11</td><td>15.3846</td><td>12.0599</td><td>5.0</td><td>12.9500</td><td>1.0738</td></tr> <tr><td>1200</td><td>12</td><td>16.7832</td><td>12.2061</td><td>5.0</td><td>12.9500</td><td>1.0609</td></tr> </tbody> </table>		Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)	100	1	1.3986	10.5981	0.5	1.2950	0.1222	200	2	2.7972	10.7443	1.0	2.5900	0.2411	300	3	4.1958	10.8905	1.8	4.6620	0.4281	400	4	5.5944	11.0367	2.5	6.4750	0.5867	500	5	6.9930	11.1828	3.0	7.7700	0.6948	600	6	8.3916	11.3290	3.8	9.8420	0.8687	700	7	9.7902	11.4752	4.0	10.3600	0.9028	800	8	11.1888	11.6214	4.3	11.1370	0.9583	900	9	12.5874	11.7676	4.7	12.1730	1.0345	1000	10	13.9860	11.9138	4.9	12.6910	1.0652	1100	11	15.3846	12.0599	5.0	12.9500	1.0738	1200	12	16.7832	12.2061	5.0	12.9500	1.0609
Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)																																																																																						
100	1	1.3986	10.5981	0.5	1.2950	0.1222																																																																																						
200	2	2.7972	10.7443	1.0	2.5900	0.2411																																																																																						
300	3	4.1958	10.8905	1.8	4.6620	0.4281																																																																																						
400	4	5.5944	11.0367	2.5	6.4750	0.5867																																																																																						
500	5	6.9930	11.1828	3.0	7.7700	0.6948																																																																																						
600	6	8.3916	11.3290	3.8	9.8420	0.8687																																																																																						
700	7	9.7902	11.4752	4.0	10.3600	0.9028																																																																																						
800	8	11.1888	11.6214	4.3	11.1370	0.9583																																																																																						
900	9	12.5874	11.7676	4.7	12.1730	1.0345																																																																																						
1000	10	13.9860	11.9138	4.9	12.6910	1.0652																																																																																						
1100	11	15.3846	12.0599	5.0	12.9500	1.0738																																																																																						
1200	12	16.7832	12.2061	5.0	12.9500	1.0609																																																																																						
																																																																																												
จากกราฟ Vertical Stress Max (Ka) 1.0738 Ksc = 10.7380 ton/m ² ค่า Cohesion = 5.3690 ton/m ²																																																																																												
																																																																																												

ตารางที่ ๑2 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-2



SOIL MECHANICS LABORATORY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

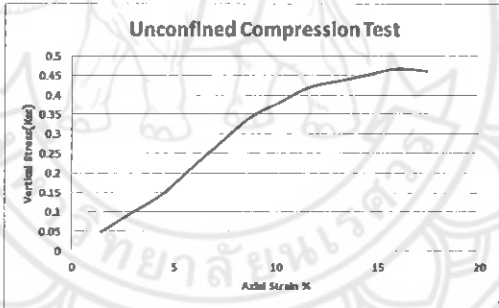
Unconfined Compression Test

PROJECT: <u>SS-2</u> LOCATION: <u>หนองรัง</u> SOIL DESCRIPTION: _____ TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	JOB NO: _____ BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: _____ DEPTH: _____ m. DATE OF TEST: _____
--	---

Proving Ring Constant (Kg.) 2.59 Kg./DIV	
--	--

Diameter1 (mm.)	37.30	Weight	138.50 g.
Diameter2 (mm.)	35.40	Weight Dry	109.70 g.
Diameter3 (mm.)	37.10	Water	28.80 g.
Sample Diameter (mm.)	36.6000	Water Content	26.2534 %
Sample Area (cm. ²)	10.5189	Wet unit weight	1.9055 g./cm ³
Sample Height (mm.)	69.10	Dry unit weight	1.5092 g./cm. ³
Sample Volume (cm. ³)	72.6856		


Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)
100	1	1.4472	10.6711	0.2	0.5180	0.0485
200	2	2.8944	10.8233	0.4	1.0360	0.0957
300	3	4.3415	10.9756	0.6	1.5540	0.1416
400	4	5.7887	11.1278	0.9	2.3310	0.2095
500	5	7.2359	11.2800	1.2	3.1080	0.2755
600	6	8.6831	11.4323	1.5	3.8850	0.3398
700	7	10.1302	11.5845	1.7	4.4030	0.3801
800	8	11.5774	11.7367	1.9	4.9210	0.4193
900	9	13.0246	11.8889	2.0	5.1000	0.4357
1000	10	14.4718	12.0412	2.1	5.4390	0.4517
1100	11	15.9190	12.1934	2.2	5.6980	0.4673
1200	12	17.3661	12.3456	2.2	5.6980	0.4615



Unconfined Compression Test

จากกราฟ Vertical Stress Max คือ 0.4673 Ksc = 4.6730 ton/m²


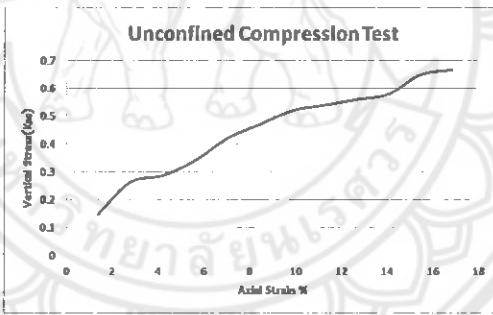
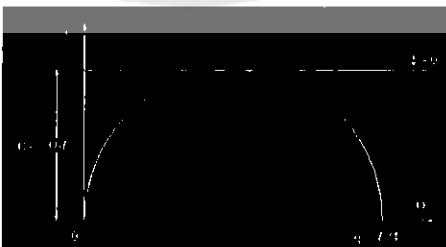
ค่า Cohesion = 2.3365 ton/m²




ตารางที่ ๓ ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บำเหน็จรัง SS-3

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY																																																																																																										
Unconfined Compression Test																																																																																																										
PROJECT: <u>SS-3</u> LOCATION: <u>พวาฬ</u> SOIL DESCRIPTION: _____ TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	JOB NO: _____ BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: _____ DEPTH: _____ m. DATE OF TEST: _____																																																																																																									
Proving Ring Constant (Kg) 2.59 Kg./DIV																																																																																																										
Diameter1 (mm.) 36.50 Diameter2 (mm.) 36.50 Diameter3 (mm.) 35.80 Sample Diameter (mm.) 35.2667 Sample Area (cm. ²) 10.3282 Sample Height (mm.) 71.00 Sample Volume (cm. ³) 73.3300	Weight 146.50 g. Weight Dry 119.00 g. Water 27.50 g. Water Content 23.1092 % Wet unit weight 1.9978 g./cm.³ Dry unit weight 1.6228 g./cm.³																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Deformation dial Reading (DIV)</th> <th>Vertical Deformation (mm.)</th> <th>Axial Strain %</th> <th>Corrected Area (cm²)</th> <th>Load Proving Ring Reading (DIV)</th> <th>Axial Load (Kg.)</th> <th>Vertical Stress (Ksc)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>1</td><td>1.4085</td><td>10.4736</td><td>0.5</td><td>1.2950</td><td>0.1236</td></tr> <tr><td>200</td><td>2</td><td>2.8169</td><td>10.6191</td><td>1.0</td><td>2.5900</td><td>0.2439</td></tr> <tr><td>300</td><td>3</td><td>4.2254</td><td>10.7646</td><td>1.5</td><td>3.8850</td><td>0.3609</td></tr> <tr><td>400</td><td>4</td><td>5.6338</td><td>10.9100</td><td>2.0</td><td>5.1800</td><td>0.4748</td></tr> <tr><td>500</td><td>5</td><td>7.0423</td><td>11.0555</td><td>2.5</td><td>6.4750</td><td>0.5857</td></tr> <tr><td>600</td><td>6</td><td>8.4507</td><td>11.2010</td><td>2.9</td><td>7.5110</td><td>0.6706</td></tr> <tr><td>700</td><td>7</td><td>9.8592</td><td>11.3464</td><td>3.1</td><td>8.0290</td><td>0.7076</td></tr> <tr><td>800</td><td>8</td><td>11.2676</td><td>11.4919</td><td>3.3</td><td>8.5470</td><td>0.7437</td></tr> <tr><td>900</td><td>9</td><td>12.6761</td><td>11.6374</td><td>3.8</td><td>9.8420</td><td>0.8457</td></tr> <tr><td>1000</td><td>10</td><td>14.0845</td><td>11.7828</td><td>4.0</td><td>10.3600</td><td>0.8792</td></tr> <tr><td>1100</td><td>11</td><td>15.4930</td><td>11.9283</td><td>4.1</td><td>10.6190</td><td>0.8902</td></tr> <tr><td>1200</td><td>12</td><td>16.9014</td><td>12.0738</td><td>4.2</td><td>10.8780</td><td>0.9010</td></tr> <tr><td>1300</td><td>13</td><td>18.3099</td><td>12.2192</td><td>4.5</td><td>11.6550</td><td>0.9538</td></tr> <tr><td>1400</td><td>14</td><td>19.7183</td><td>12.3647</td><td>4.5</td><td>11.6550</td><td>0.9426</td></tr> </tbody> </table>	Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)	100	1	1.4085	10.4736	0.5	1.2950	0.1236	200	2	2.8169	10.6191	1.0	2.5900	0.2439	300	3	4.2254	10.7646	1.5	3.8850	0.3609	400	4	5.6338	10.9100	2.0	5.1800	0.4748	500	5	7.0423	11.0555	2.5	6.4750	0.5857	600	6	8.4507	11.2010	2.9	7.5110	0.6706	700	7	9.8592	11.3464	3.1	8.0290	0.7076	800	8	11.2676	11.4919	3.3	8.5470	0.7437	900	9	12.6761	11.6374	3.8	9.8420	0.8457	1000	10	14.0845	11.7828	4.0	10.3600	0.8792	1100	11	15.4930	11.9283	4.1	10.6190	0.8902	1200	12	16.9014	12.0738	4.2	10.8780	0.9010	1300	13	18.3099	12.2192	4.5	11.6550	0.9538	1400	14	19.7183	12.3647	4.5	11.6550	0.9426	
Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)																																																																																																				
100	1	1.4085	10.4736	0.5	1.2950	0.1236																																																																																																				
200	2	2.8169	10.6191	1.0	2.5900	0.2439																																																																																																				
300	3	4.2254	10.7646	1.5	3.8850	0.3609																																																																																																				
400	4	5.6338	10.9100	2.0	5.1800	0.4748																																																																																																				
500	5	7.0423	11.0555	2.5	6.4750	0.5857																																																																																																				
600	6	8.4507	11.2010	2.9	7.5110	0.6706																																																																																																				
700	7	9.8592	11.3464	3.1	8.0290	0.7076																																																																																																				
800	8	11.2676	11.4919	3.3	8.5470	0.7437																																																																																																				
900	9	12.6761	11.6374	3.8	9.8420	0.8457																																																																																																				
1000	10	14.0845	11.7828	4.0	10.3600	0.8792																																																																																																				
1100	11	15.4930	11.9283	4.1	10.6190	0.8902																																																																																																				
1200	12	16.9014	12.0738	4.2	10.8780	0.9010																																																																																																				
1300	13	18.3099	12.2192	4.5	11.6550	0.9538																																																																																																				
1400	14	19.7183	12.3647	4.5	11.6550	0.9426																																																																																																				
<p style="text-align: center;">Unconfined Compression Test</p>																																																																																																										
จากกราฟ Vertical Stress Max คือ 0.9538 Ksc $\sigma = 9.5382 \text{ ton/m}^2$ ค่า Cohesion = 4.7691 ton/m²																																																																																																										

ตารางที่ ๑4 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-4

		SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY																																																																																																										
Unconfined Compression Test																																																																																																												
PROJECT:	SS-4	JOB NO:																																																																																																										
LOCATION:	หนองรัง	BORING NO:	1																																																																																																									
SOIL DESCRIPTION:		DEPTH:																																																																																																										
TESTED BY:	WARIN.W	DATE OF TEST:																																																																																																										
Proving Ring Constant (Kg.) 2.59 Kg./DIV																																																																																																												
Diameter1 (mm.)	33.20	Weight	123.50 g.																																																																																																									
Diameter2 (mm.)	33.10	Weight Dry	101.50 g.																																																																																																									
Diameter3 (mm.)	33.30	Water	22.00 g.																																																																																																									
Sample Diameter (mm.)	33.2000	Water Content	21.6749 %																																																																																																									
Sample Area (cm. ²)	8.6553	Wet unit weigh	2.0012 g./cm. ³																																																																																																									
Sample Height (mm.)	71.30	Dry unit weigh	1.6447 g./cm. ³																																																																																																									
Sample Volume (cm. ³)	61.7126																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Deformation dial Reading (DIV)</th> <th>Vertical Deformation (mm.)</th> <th>Axial Strain %</th> <th>Corrected Area (cm²)</th> <th>Load Proving Ring Reading (DIV)</th> <th>Axial Load (Kg.)</th> <th>Vertical Stress (Ksc)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>1</td><td>1.4025</td><td>8.7767</td><td>0.9</td><td>1.2950</td><td>0.1475</td></tr> <tr><td>200</td><td>2</td><td>2.8050</td><td>8.8981</td><td>0.9</td><td>2.3310</td><td>0.2620</td></tr> <tr><td>300</td><td>3</td><td>4.2076</td><td>9.0195</td><td>1.0</td><td>2.5900</td><td>0.2872</td></tr> <tr><td>400</td><td>4</td><td>5.6101</td><td>9.1409</td><td>1.2</td><td>3.1080</td><td>0.3400</td></tr> <tr><td>500</td><td>5</td><td>7.0126</td><td>9.2623</td><td>1.5</td><td>3.8850</td><td>0.4194</td></tr> <tr><td>600</td><td>6</td><td>8.4151</td><td>9.3837</td><td>1.7</td><td>4.4030</td><td>0.4692</td></tr> <tr><td>700</td><td>7</td><td>9.8177</td><td>9.5051</td><td>1.9</td><td>4.9210</td><td>0.5177</td></tr> <tr><td>800</td><td>8</td><td>11.2202</td><td>9.6265</td><td>2.0</td><td>5.1800</td><td>0.5381</td></tr> <tr><td>900</td><td>9</td><td>12.6227</td><td>9.7479</td><td>2.1</td><td>5.4390</td><td>0.5580</td></tr> <tr><td>1000</td><td>10</td><td>14.0252</td><td>9.8693</td><td>2.2</td><td>5.6980</td><td>0.5773</td></tr> <tr><td>1100</td><td>11</td><td>15.4278</td><td>9.9907</td><td>2.5</td><td>6.4750</td><td>0.6481</td></tr> <tr><td>1200</td><td>12</td><td>16.8303</td><td>10.1121</td><td>2.6</td><td>6.7340</td><td>0.6659</td></tr> <tr><td>1300</td><td>13</td><td>18.2328</td><td>10.2335</td><td>2.9</td><td>7.5110</td><td>0.7340</td></tr> <tr><td>1400</td><td>14</td><td>19.6353</td><td>10.3548</td><td>2.9</td><td>7.5110</td><td>0.7254</td></tr> </tbody> </table>	Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)	100	1	1.4025	8.7767	0.9	1.2950	0.1475	200	2	2.8050	8.8981	0.9	2.3310	0.2620	300	3	4.2076	9.0195	1.0	2.5900	0.2872	400	4	5.6101	9.1409	1.2	3.1080	0.3400	500	5	7.0126	9.2623	1.5	3.8850	0.4194	600	6	8.4151	9.3837	1.7	4.4030	0.4692	700	7	9.8177	9.5051	1.9	4.9210	0.5177	800	8	11.2202	9.6265	2.0	5.1800	0.5381	900	9	12.6227	9.7479	2.1	5.4390	0.5580	1000	10	14.0252	9.8693	2.2	5.6980	0.5773	1100	11	15.4278	9.9907	2.5	6.4750	0.6481	1200	12	16.8303	10.1121	2.6	6.7340	0.6659	1300	13	18.2328	10.2335	2.9	7.5110	0.7340	1400	14	19.6353	10.3548	2.9	7.5110	0.7254			
Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)																																																																																																						
100	1	1.4025	8.7767	0.9	1.2950	0.1475																																																																																																						
200	2	2.8050	8.8981	0.9	2.3310	0.2620																																																																																																						
300	3	4.2076	9.0195	1.0	2.5900	0.2872																																																																																																						
400	4	5.6101	9.1409	1.2	3.1080	0.3400																																																																																																						
500	5	7.0126	9.2623	1.5	3.8850	0.4194																																																																																																						
600	6	8.4151	9.3837	1.7	4.4030	0.4692																																																																																																						
700	7	9.8177	9.5051	1.9	4.9210	0.5177																																																																																																						
800	8	11.2202	9.6265	2.0	5.1800	0.5381																																																																																																						
900	9	12.6227	9.7479	2.1	5.4390	0.5580																																																																																																						
1000	10	14.0252	9.8693	2.2	5.6980	0.5773																																																																																																						
1100	11	15.4278	9.9907	2.5	6.4750	0.6481																																																																																																						
1200	12	16.8303	10.1121	2.6	6.7340	0.6659																																																																																																						
1300	13	18.2328	10.2335	2.9	7.5110	0.7340																																																																																																						
1400	14	19.6353	10.3548	2.9	7.5110	0.7254																																																																																																						
																																																																																																												
จากกราฟ Vertical Stress Max คือ 0.7340 Ksc = 7.3397 ton/m ²																																																																																																												
ค่า Cohesion = 3.6698 ton/m ²																																																																																																												
																																																																																																												

ตารางที่ ๑5 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-5



SOIL MECHANICS LABORATORY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

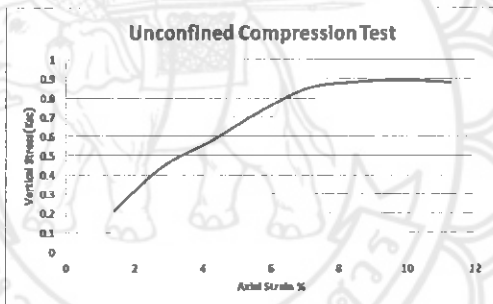
Unconfined Compression Test

PROJECT: <u>SS-5</u>	JOB NO: _____
LOCATION: <u>หนองรัง</u>	BORING NO: <u>1</u> SAMPLE NO: _____
SOIL DESCRIPTION: _____	DEPTH: _____ m.
TESTED BY: <u>WARIN.W</u>	DATE OF TEST: _____

Proving Ring Constant (Kg.)	2.59 Kg./DIV
-----------------------------	--------------

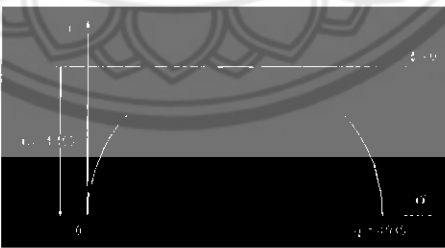
Diameter1 (mm.)	36.85	Weight	151.50 g.
Diameter2 (mm.)	37.40	Weight Dry	125.00 g.
Diameter3 (mm.)	37.10	Water	26.50 g.
Sample Diameter (mm.)	37.1157	Water Content	21.20 %
Sample Area (cm. ²)	10.8180	Wet unit weight	1.9725 g./cm. ³
Sample Height (mm.)	71.00	Dry unit weight	1.6274 g./cm. ³
Sample Volume (cm. ³)	76.8076		

Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm. ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)
100	1	1.4085	10.9703	0.9	2.3310	0.2125
200	2	2.8169	11.1227	1.9	4.9210	0.4424
300	3	4.2254	11.2751	2.5	6.4750	0.5743
400	4	5.6338	11.4274	3.2	8.2890	0.7253
500	5	7.0423	11.5798	3.8	9.6420	0.8499
600	6	8.4507	11.7322	4.0	10.3600	0.8830
700	7	9.8592	11.8845	4.1	10.6190	0.8935
800	8	11.2676	12.0369	4.1	10.6190	0.8922



Unconfined Compression Test


จากกราฟ Vertical Stress Max (Ksc) = 0.8935 Ksc = 8.9351 ton/m²
 ค่า Cohesion = 4.4676 ton/m²



ตารางที่ ๑6 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-6

SOIL MECHANICS LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY																																																																																					
Unconfined Compression Test																																																																																					
PROJECT: SS-6 (Remold) LOCATION: หนองรัง SOIL DESCRIPTION: TESTED BY: WARIN.W	JOB NO: BORING NO: 1 SEMPL NO: DEPTH: DATE OF TEST:																																																																																				
Proving Ring Constant (Kg.) 2.59 Kg./DIV																																																																																					
Diameter1 (mm.) 34.90 Diameter2 (mm.) 35.30 Diameter3 (mm.) 35.60 Sample Diameter (mm.) 35.2667 Sample Area (cm. ²) 9.7665 Sample Height (mm.) 71.00 Sample Volume (cm. ³) 69.3418	Weight 140.70 g. Weight Dry 112.40 g. Water 28.30 g. Water Content 25.1779 % Wet unit weigh 2.0291 g./cm. ³ Dry unit weigh 1.6210 g./cm. ³																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Deformation dial Reading (DIV)</th> <th>Vertical Deformation (mm.)</th> <th>Axial Strain %</th> <th>Corrected Area (cm.²)</th> <th>Load Proving Ring Reading (DIV)</th> <th>Axial load (Kg.)</th> <th>Vertical Stress (Ksc)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>1</td><td>1.4085</td><td>9.9040</td><td>0.1</td><td>0.2590</td><td>0.0262</td></tr> <tr><td>200</td><td>2</td><td>2.8169</td><td>10.0416</td><td>0.3</td><td>0.7770</td><td>0.0774</td></tr> <tr><td>300</td><td>3</td><td>4.2254</td><td>10.1791</td><td>0.5</td><td>1.2950</td><td>0.1272</td></tr> <tr><td>400</td><td>4</td><td>5.6338</td><td>10.3167</td><td>0.6</td><td>1.5540</td><td>0.1506</td></tr> <tr><td>500</td><td>5</td><td>7.0423</td><td>10.4542</td><td>0.8</td><td>2.0720</td><td>0.1982</td></tr> <tr><td>600</td><td>6</td><td>8.4507</td><td>10.5918</td><td>0.9</td><td>2.3310</td><td>0.2201</td></tr> <tr><td>700</td><td>7</td><td>9.8592</td><td>10.7293</td><td>1.0</td><td>2.5900</td><td>0.2414</td></tr> <tr><td>800</td><td>8</td><td>11.2676</td><td>10.8669</td><td>1.1</td><td>2.8490</td><td>0.2622</td></tr> <tr><td>900</td><td>9</td><td>12.6761</td><td>11.0045</td><td>1.2</td><td>3.1080</td><td>0.2824</td></tr> <tr><td>1000</td><td>10</td><td>14.0845</td><td>11.1420</td><td>1.3</td><td>3.3670</td><td>0.3022</td></tr> <tr><td>1100</td><td>11</td><td>15.4930</td><td>11.2796</td><td>1.3</td><td>3.3670</td><td>0.2985</td></tr> </tbody> </table>	Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm. ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)	100	1	1.4085	9.9040	0.1	0.2590	0.0262	200	2	2.8169	10.0416	0.3	0.7770	0.0774	300	3	4.2254	10.1791	0.5	1.2950	0.1272	400	4	5.6338	10.3167	0.6	1.5540	0.1506	500	5	7.0423	10.4542	0.8	2.0720	0.1982	600	6	8.4507	10.5918	0.9	2.3310	0.2201	700	7	9.8592	10.7293	1.0	2.5900	0.2414	800	8	11.2676	10.8669	1.1	2.8490	0.2622	900	9	12.6761	11.0045	1.2	3.1080	0.2824	1000	10	14.0845	11.1420	1.3	3.3670	0.3022	1100	11	15.4930	11.2796	1.3	3.3670	0.2985	
Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm. ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)																																																																															
100	1	1.4085	9.9040	0.1	0.2590	0.0262																																																																															
200	2	2.8169	10.0416	0.3	0.7770	0.0774																																																																															
300	3	4.2254	10.1791	0.5	1.2950	0.1272																																																																															
400	4	5.6338	10.3167	0.6	1.5540	0.1506																																																																															
500	5	7.0423	10.4542	0.8	2.0720	0.1982																																																																															
600	6	8.4507	10.5918	0.9	2.3310	0.2201																																																																															
700	7	9.8592	10.7293	1.0	2.5900	0.2414																																																																															
800	8	11.2676	10.8669	1.1	2.8490	0.2622																																																																															
900	9	12.6761	11.0045	1.2	3.1080	0.2824																																																																															
1000	10	14.0845	11.1420	1.3	3.3670	0.3022																																																																															
1100	11	15.4930	11.2796	1.3	3.3670	0.2985																																																																															
Unconfined Compression Test <p>The graph plots Vertical Stress (Ksc) on the y-axis (0 to 0.35) against Axial Strain % on the x-axis (0 to 18). The curve shows a non-linear relationship, starting at the origin and reaching a peak vertical stress of approximately 0.3022 Ksc at an axial strain of 14.0845%.</p>																																																																																					
จากกราฟ Vertical Stress Max. $f_u = 0.3022$ Ksc = 3.0219 ton/m ² ค่า c cohesion = 1.5109 ton/m ²																																																																																					
<p>The diagram shows a Mohr-Coulomb failure envelope on a sigma-tau plot. The vertical axis is shear stress (tau) and the horizontal axis is normal stress (sigma). A curved failure envelope is shown, starting from the origin and curving upwards. The cohesion value $c = 1.511$ is indicated on the y-axis, and the maximum normal stress $\sigma = 3.022$ is indicated on the x-axis.</p>																																																																																					

ตารางที่ ๑7 ผลทดสอบการทดสอบ Unconfined Compression Test บ้านหนองรัง SS-7



SOIL MECHANICS LABORATORY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY

Unconfined Compression Test

PROJECT: SS-7

LOCATION: หนองรัง

SOIL DESCRIPTION: _____

TESTED BY: WARIN.W

JOB NO: _____

BORING NO: 1 SAMPLE NO: _____

DEPTH: _____ m.

DATE OF TEST: _____

Proving Ring Constant (Kg.) **2.59 Kg./DIV**

Diameter1 (mm.) **36.10**

Diameter2 (mm.) **36.20**

Diameter3 (mm.) **36.70**

Sample Diameter (mm.) 36.3333

Sample Area (cm.²) 10.3662

Sample Height (mm.) 71.60

Sample Volume (cm.³) 74.2218

Weight **152.90 g.**

Weight Dry **129.20 g.**

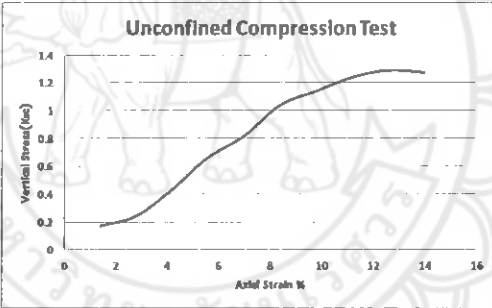
Water **23.70 g.**

Water Content 18.3437 %

Wet unit weight 2.0500 g./cm.³

Dry unit weight 1.7407 g./cm.³

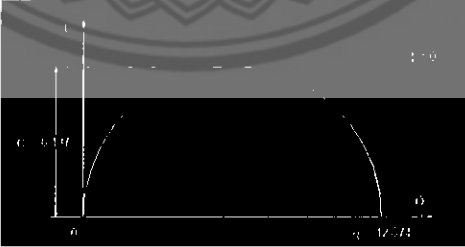
Deformation dial Reading (DIV)	Vertical Deformation (mm.)	Axial Strain %	Corrected Area (cm ²)	Load Proving Ring Reading (DIV)	Axial Load (Kg.)	Vertical Stress (Ksc)
100	1	1.3966	10.5110	0.7	1.8130	0.1725
200	2	2.7933	10.6557	1.0	2.5900	0.2431
300	3	4.1899	10.8005	1.8	4.6620	0.4316
400	4	5.5866	10.9453	2.8	7.2520	0.6626
500	5	6.9832	11.0901	3.5	9.0650	0.8174
600	6	8.3799	11.2348	4.5	11.6550	1.0374
700	7	9.7765	11.3796	5.0	12.9500	1.1380
800	8	11.1732	11.5244	5.5	14.2450	1.2361
900	9	12.5698	11.6692	5.8	15.0220	1.2873
1000	10	13.9665	11.8140	5.8	15.0220	1.2715



Unconfined Compression Test

จากกราฟ Vertical Stress Max คือ 1.2873 Ksc = 12.8732 ton/m²

ค่า Cohesion = 6.4366 ton/m²



ภาคผนวก ช

ตารางการจำแนกประเภทดิน ตามระบบ Unified Soil Classification



ตารางที่ ข1 ตารางการจำแนกประเภทดิน ตามระบบ Unified Soil Classification

Major Divisions		Group Symbols	Typical Names	Laboratory Classification Criteria				
Coarse-grained soils (More than half of material is larger than No. 200 sieve size)	Gravels (More than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size)	GW	Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. Depending on percentage of fines (fraction smaller than No. 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows: Less than 5 per cent More than 5 to 12 per cent 5 to 12 per cent GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC Borderline cases requiring dual symbols ^P	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3	Not meeting all gradation requirements for GW		
			GP				Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	
		Sands (More than half of coarse fraction is smaller than No. 4 sieve size)	GMA ^a		d	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 6; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3	Not meeting all gradation requirements for SW
					u	Clayey gravels, gravel-sand clay mixtures		
			GC		Clayey gravels, gravel-sand clay mixtures			
	Sands (More than half of coarse fraction is smaller than No. 4 sieve size)	SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines		Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. Depending on percentage of fines (fraction smaller than No. 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows: Less than 5 per cent More than 5 to 12 per cent 5 to 12 per cent GW, GP, SW, SP GM, GC, SM, SC Borderline cases requiring dual symbols ^P	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3	Above "A" line with P.I. between 4 and 7 are <i>borderline</i> cases requiring use of dual symbols.	
			SP					Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines
		SM ^a	d			Silty sands, sand-silt mixtures	Atterberg limits above "A" line or P.I. less than 4	Limits plotting in hatched zone with P.I. between 4 and 7 are <i>borderline</i> cases requiring use of dual symbols.
			u			Clayey sands, sand-clay mixtures		
			SC			Clayey sands, sand-clay mixtures		
Fine-grained soils (More than half material is smaller than No. 200 sieve)	Silt and clays (Liquid limit less than 50)	ML	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands, or clayey silts with slight plasticity					
		CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays					
		OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity					
	Silt and clays (Liquid limit greater than 50)	MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts					
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays					
		OH	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts					
	Highly organic soils	PI	Peat and other highly organic soils					

^aDivision of GM and SM groups into subdivisions of d and u are for roads and airfields only. Subdivision is based on Atterberg limits, suffix d used when L.L. is 28 or less and the P.I. is 6 or less, the suffix u used when L.L. is greater than 28.
^PBorderline classifications, used for soils possessing characteristics of two groups, are designated by combinations of group symbols. For example GW-GC, well-graded gravel-sand mixture with clay binder.

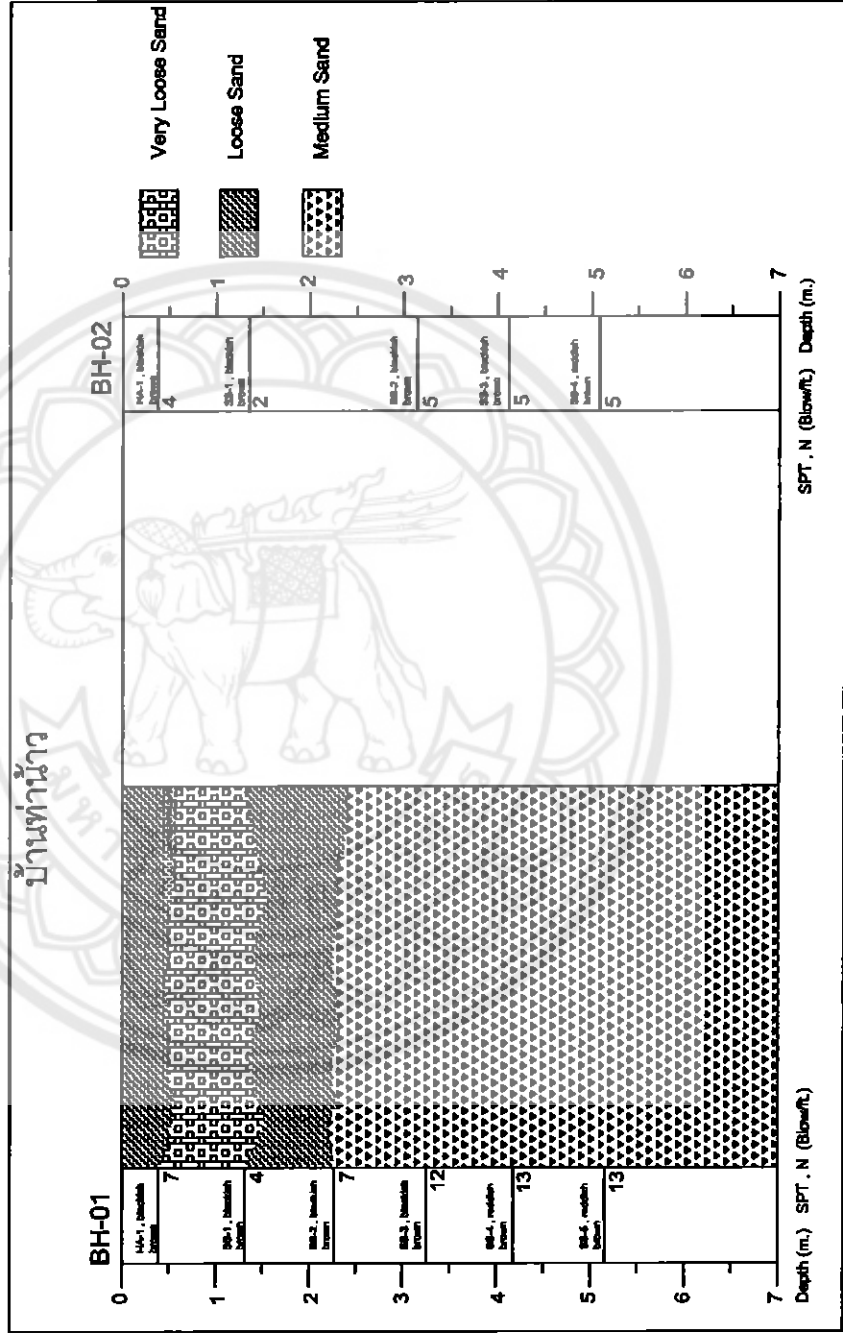
ที่มา: วรากร ไผ่เรียงและคณะ (2525)

ภาคผนวก ข

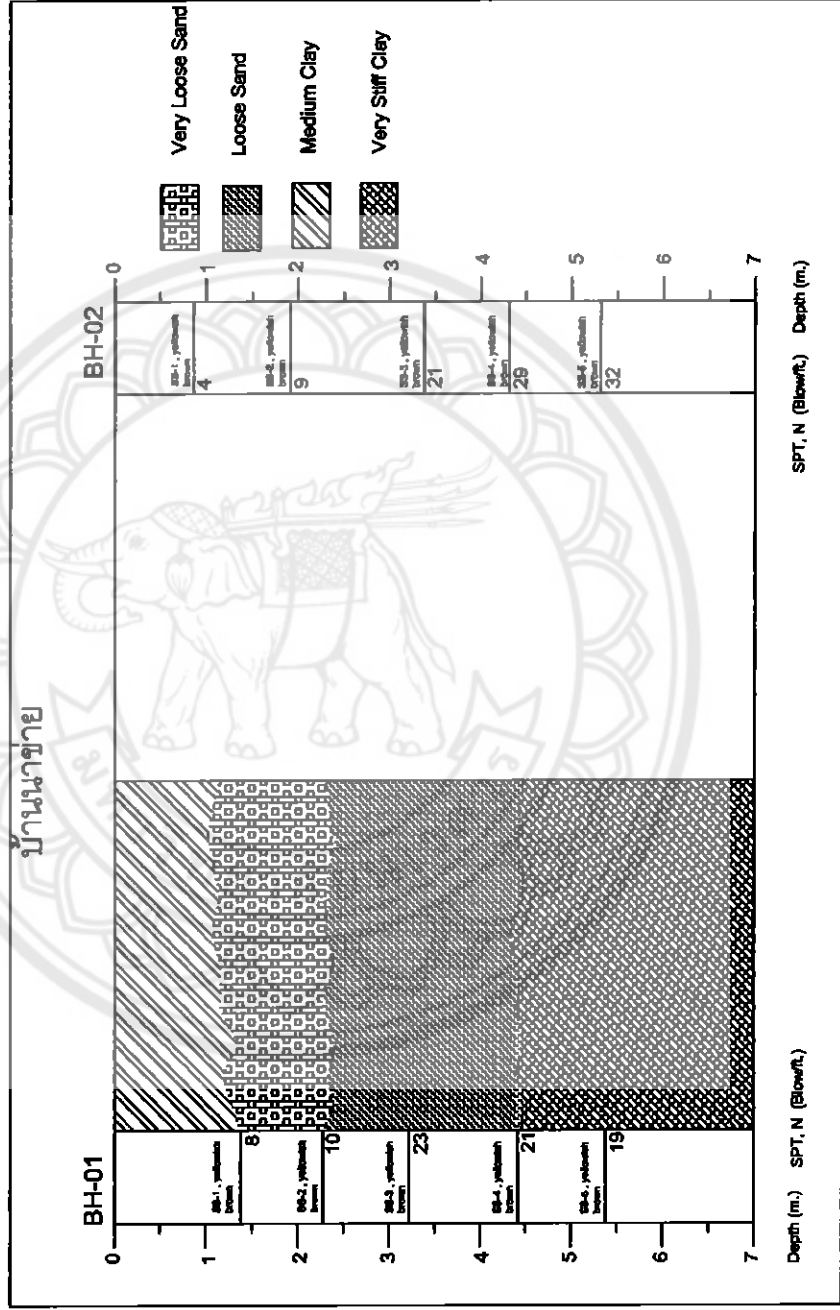
รูปตัดชั้นดิน



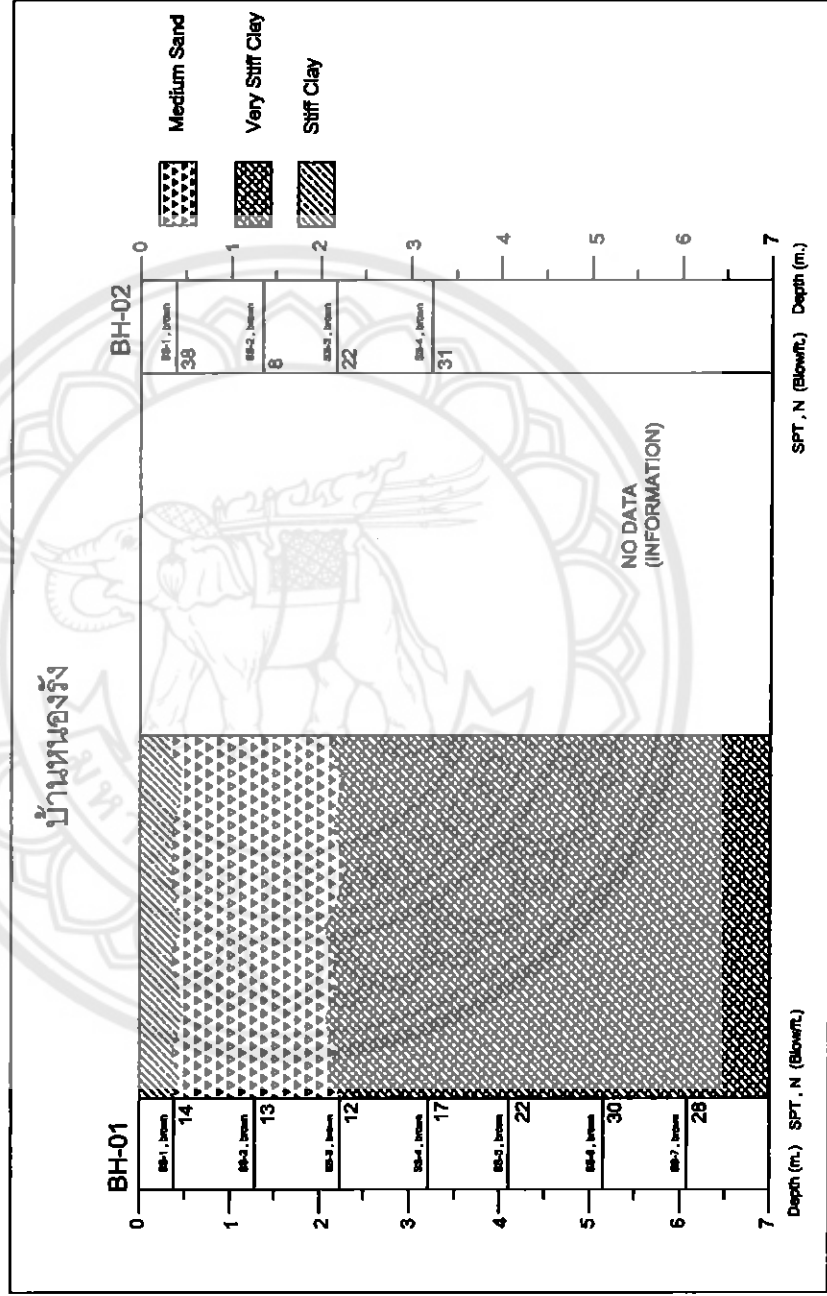
รูปที่ ๑1 รูปตัดชั้นดิน บ้านท่าม่วง



รูปที่ ๗2 รูปตัดชั้นดิน บ้านนาขาย



รูปที่ ข 3 รูปตัดชั้นดิน บ้านหนองรัง

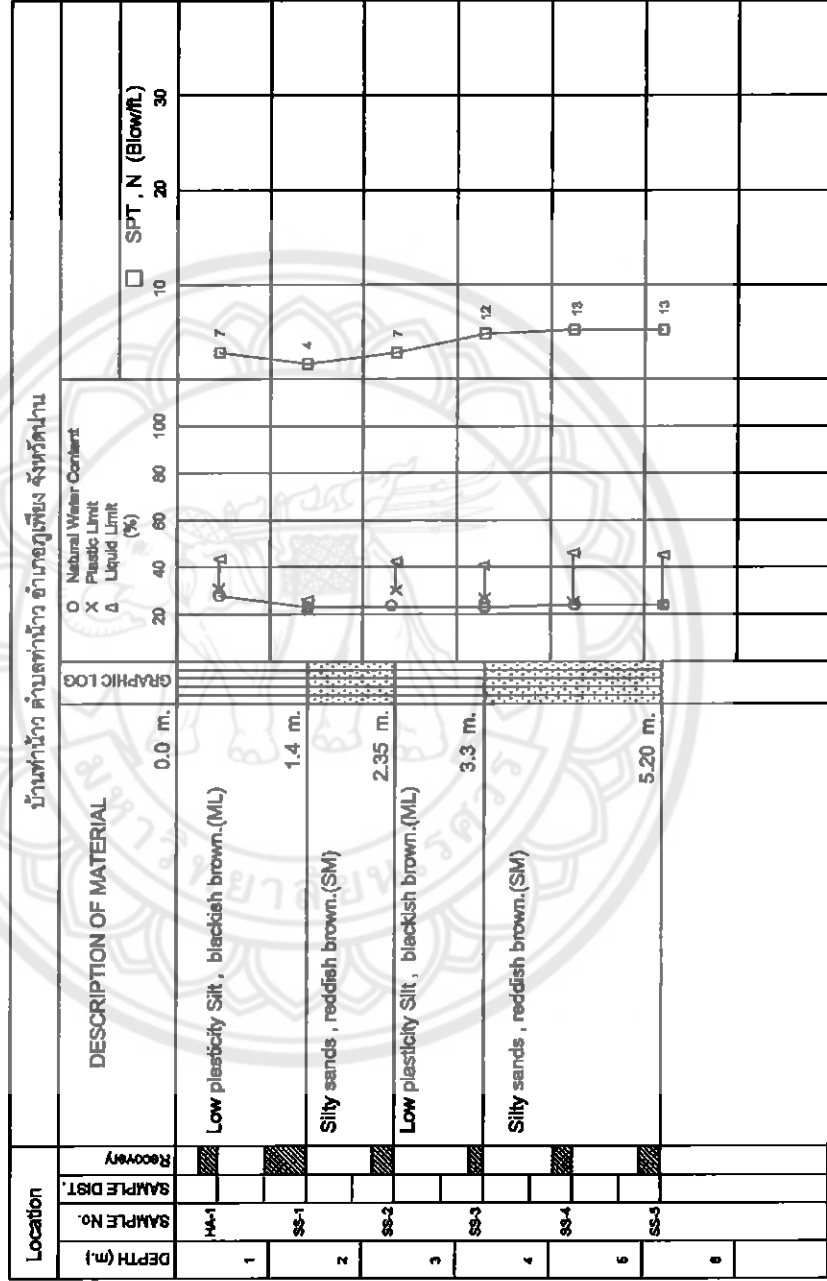


ภาคผนวก ฅ

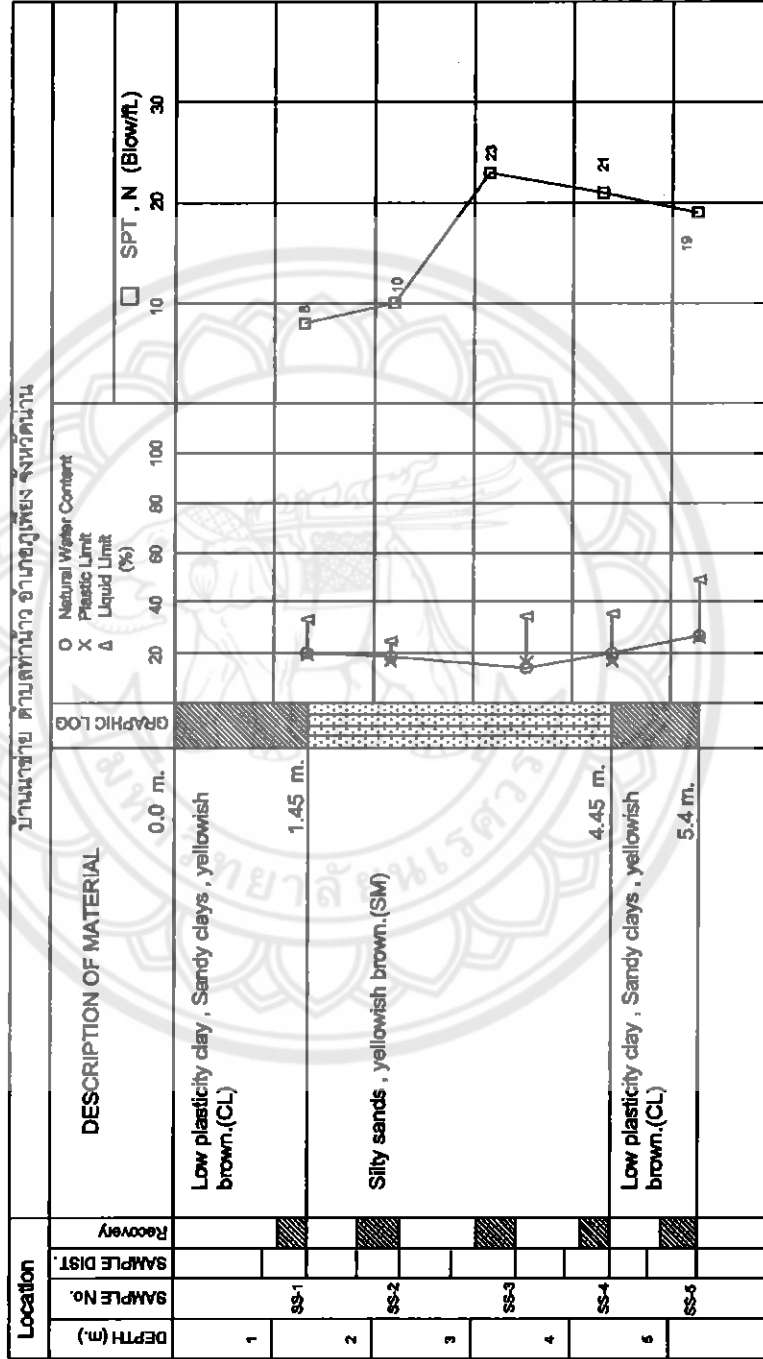
รูป Boring log



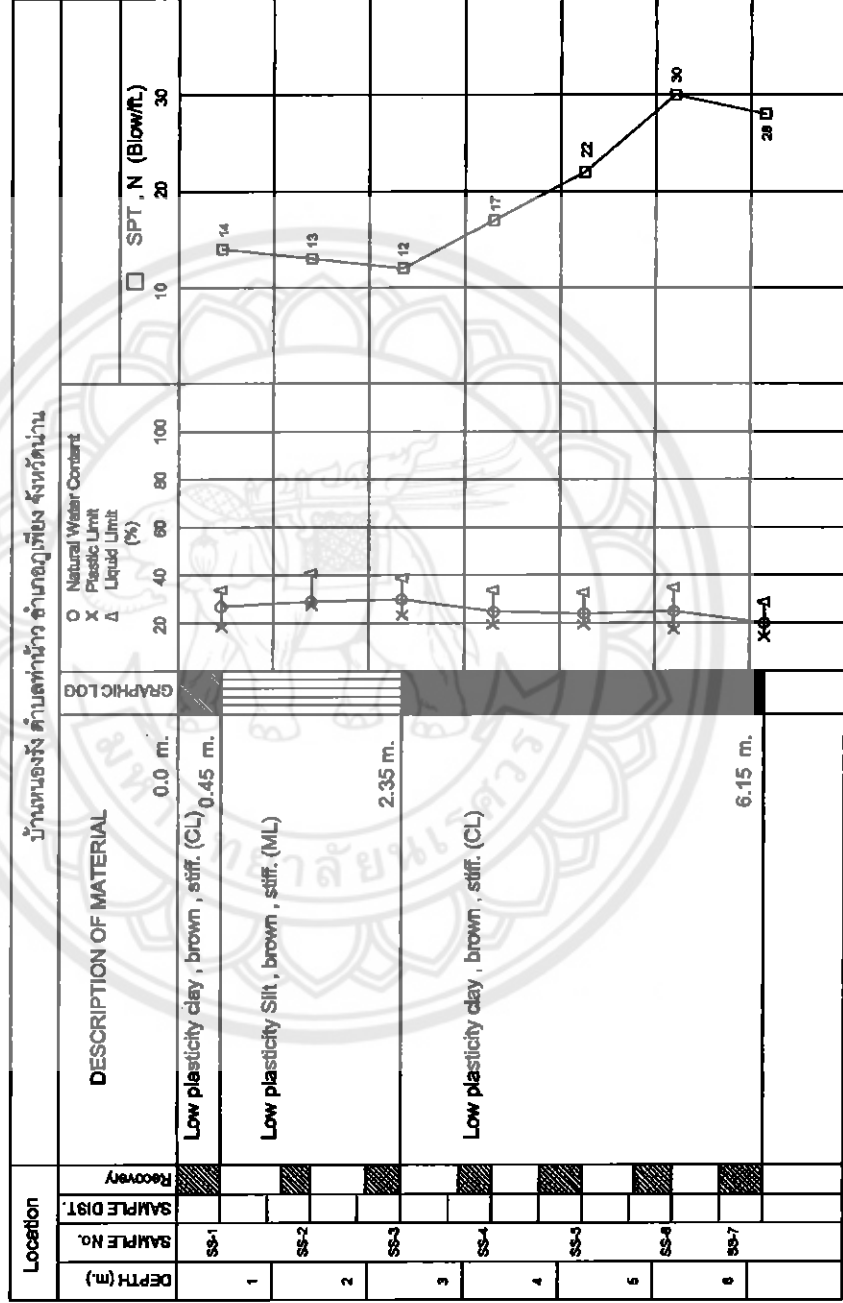
รูปที่ ฅ1 Boring log บ้านท่าหน้า



รูปที่ ๓2 Boring log บ้านนาข้าย



รูปที่ ๓3 Boring log บ้านหนองรัง



ภาคผนวก ญ

ตารางประกอบกรณาคำนวณต่างๆ



รูปที่ ๑ ความสัมพันธ์ SPT-N Value กับความแข็งแรงของดินเม็ดละเอียด

1.1 ดินเม็ดละเอียด (Fine-grain materials, cohesive soils)

Correlation of Undrained Shear Strength and Unit Weight of Clay ($q_u = 2c$)			
Consistency	q_u (t/m^2)	SPT (blow/ft)	Saturated Unit Weight (t/m^3)
Very Soft	0-2.44	0-2	<1.60-1.76
Soft	2.44-4.88	3-4	1.60-1.92
Medium	4.88-9.76	5-8	1.76-2.00
Stiff	9.76-19.53	9-16	1.84-2.08
Very Stiff	19.53-39.06	16-32	1.92-2.24
Hard	>39.06	>32	>2.08

ที่มา: มณฑิร กังคศิเทียม (2543)

รูปที่ ๒ ความสัมพันธ์ SPT-N Value กับความแข็งแรงของดินเม็ดหยาบ

1.2 ดินเม็ดหยาบ (Coarse-grain materials, cohesionless soils)

Granular Soil Properties (after Teng 1962)					
Compactness	Relative Density (%)	SPT N (blow/ft)	Angle of Internal Friction (deg)	Unit Weight	
				Moist (t/m^3)	Submerged (t/m^3)
Very Loose	0-15	0-4	<28	<1.60	<0.96
Loose	16-35	5-10	28-30	1.52-2.00	0.88-1.04
Medium	36-65	11-30	31-36	1.76-2.08	0.96-1.12
Dense	66-85	31-50	37-41	1.76-2.24	1.04-1.36
Very Dense	86-100	>51	>41	>2.08	>1.20

ที่มา: มณฑิร กังคศิเทียม (2543)

รูปที่ ๓ ค่าของ Effective depth (L) based on Hydrometer and Sedimentation Cylinder

Actual Hydrometer Reading (ที่จนค่าที่จุดบนพิกัด)	Effective Depth L,cm	\sqrt{L}	Actual Hydrometer Reading (ที่จนค่าที่จุดบนพิกัด)	Effective Depth L,cm	\sqrt{L}
0	16.30	4.037	16	13.70	3.701
1	16.10	4.012	16.5	13.60	3.688
2	16.00	4.000	17	13.60	3.674
3	15.80	3.975	17.5	13.40	3.661
4	15.60	3.950	18	13.30	3.647
5	15.50	3.937	18.5	13.25	3.640
6	15.30	3.911	19	13.20	3.633
7	15.20	3.899	19.5	13.10	3.619
8	15.00	3.873	20	13.00	3.605
9	14.80	3.847	20.5	12.95	3.599
10	14.70	3.834	21	12.90	3.592
10.5	14.60	3.821	21.5	12.8	3.578
11	14.50	3.808	22	12.70	3.564
11.5	14.40	3.795	22.5	12.60	3.550
12	14.30	3.781	23	12.50	3.535
12.5	14.25	3.775	23.5	12.45	3.528
13	14.20	3.768	24	12.40	3.521
13.5	14.10	3.755	24.5	12.30	3.507
14	14.00	3.742	25	12.20	3.493
14.5	13.90	3.728	25.5	12.10	3.478
15	13.80	3.715	26	12.00	3.464
15.5	13.75	3.708	26.5	11.95	3.457

ที่มา: ชูศักดิ์ ศิริรัตน์ (2549)

รูปที่ ๓ (ต่อ)ค่าของ Effective depth (L) based on Hydrometer and Sedimentation
Cylinder

Actual Hydrometer Reading (ที่ชน ค่าที่จุดบนพวงมี)	Effective Depth L,cm	\sqrt{L}	Actual Hydrometer Reading (ที่ชน ค่าที่จุดบนพวงมี)	Effective Depth L,cm	\sqrt{L}
27	11.80	3.450	38	10.10	3.178
27.5	11.80	3.435	38.5	10.00	3.162
28	11.70	3.420	39	9.90	3.146
28.5	11.60	3.406	39.5	9.80	3.130
29	11.50	3.391	40	9.70	3.114
29.5	11.45	3.384	40.5	9.65	3.106
30	11.40	3.376	41	9.60	3.098
30.5	11.30	3.362	41.5	9.50	3.082
31	11.20	3.347	42	9.40	3.066
31.5	11.15	3.339	42.5	9.30	3.050
32	11.10	3.332	43	9.20	3.003
32.5	11.00	3.317	43.5	9.15	3.025
33	10.90	3.301	44	9.10	3.017
33.5	10.80	3.286	44.5	9.00	3.000
34	10.70	3.271	45	8.90	2.983
34.5	10.65	3.263	45.5	8.85	2.975
35	10.60	3.256	46	8.80	2.966
35.5	10.50	3.240	46.5	8.70	2.960
36	10.40	3.225	47	8.60	2.933
36.5	10.30	3.209	47.5	8.50	2.915
37	10.20	3.194	48	8.40	2.898
37.5	10.15	3.186	48.5	8.35	2.890

ที่มา: ชุคักดิ์ ศิริรัตน์ (2549)

รูปที่ ๓ (ต่อ)ค่าของ Effective depth (L) based on Hydrometer and Sedimentation
Cylinder

Actual Hydrometer Reading (กรัม ค่าบนหลอดวัด)	Effective Depth L,cm	\sqrt{L}	Actual Hydrometer Reading (กรัม ค่าบนหลอดวัด)	Effective Depth L,cm	\sqrt{L}
49	8.30	2.881	55	7.30	2.702
49.5	8.20	2.864	55.5	7.20	2.683
50	8.10	2.846	56	7.10	2.665
50.5	8.00	2.828	56.5	7.05	2.655
51	7.90	2.811	57	7.00	2.646
51.5	7.85	2.802	57.5	6.90	2.627
52	7.80	2.793	58	6.80	2.608
52.5	7.70	2.775	58.5	6.70	2.588
53	7.60	2.757	59	6.60	2.569
53.5	7.50	2.739	59.5	6.55	2.559
54	7.40	2.720	60	6.50	2.549
54.5	7.35	2.711			

ที่มา: ชุศักดิ์ ศิริรัตน์ (2549)

รูปที่ ๔ การปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ (Temperature Correction, Ct)

Temperature Correction Factors C_T

Temperature °C	factor C_T
15	1.10
16	-0.90
17	-0.70
18	-0.50
19	-0.30
20	0.00
21	+0.20
22	+0.40
23	+0.70
24	+1.00
25	+1.30
26	+1.65
27	+2.00
28	+2.50
29	+3.05
30	+3.80

ที่มา: ชุศักดิ์ ศิริรัตน์ (2549)

รูปที่ ๕ ตารางค่า K ที่ใช้ในสมการสำหรับคำนวณ diameter ของ particle

Temp - °C	K คัดจาก specific gravity ของ soil particle = 2.65)
16	0.0144
17	0.0142
18	0.0140
19	0.0138
20	0.0137
21	0.0135
22	0.0133
23	0.0132
24	0.0130
25	0.0129
26	0.0127
27	0.0126
28	0.0125
29	0.0123
30	0.0122

ที่มา: ชุศักดิ์ ศิริรัตน์ (2549)

รูปที่ ๖ ตาราง Correction Factors

Correction Factors **a** for Unit Weight of Solids

Unit Weight of Soil Solids, g/cm ³	Correction factor a
2.85	0.96
2.80	0.97
2.75	0.98
2.70	0.99
2.65	1.00
2.60	1.01
2.55	1.02
2.50	1.04

ที่มา: ชุศักดิ์ ศิริรัตน์ (2549)

