



การศึกษาผลกระทบต่อการรับแรงเฉือนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น
ในดินเม็ดละเอียด

THE STUDY ON SHEAR STRENGTH OF FINE-GRAINED SOIL DUE TO
CHANGING OF WATER CONTENT



โดย
น.ส. ชลิตา อู่ตะเภา
นาย ปิยะพัทธ์ พรหมบุตร
นาย ไพฑูรย์ วิษณุโยธิน

วัน เดือน ปี..... 16.ตุล. 2541
เลขทะเบียน..... 039015
เลขเรียกหนังสือ..... T 40256 ฐ 251 ก

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 039015

การศึกษาผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น
ในดินเม็ดละเอียด

THE STUDY ON SHEAR STRENGTH OF FINE-GRAINED SOIL DUE TO
CHANGING OF WATER CONTENT



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY ON SHEAR STRENGTH OF FINE-GRAINED SOIL DUE TO
CHANGING OF WATER CONTENT

MISS CHALICA	U-TAPAO	CODE 37014081
MR. PIYAPAT	PROMBUT	CODE 37014260
MR. PAITON	VISANUYOTHIN	CODE 37014305



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE BACHELOR'S DEGREE OF CONSTRUCTION ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ (ไทย) การศึกษาผลกระทบท่อกำลังรับแรงเฉือนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง
ความชื้นในดินเม็ดละเอียด
(อังกฤษ) The study on shear strength of fine-grained soil due to
changing of water content

นักศึกษา 1. น.ส. ชลิตา อู่ตะเภา รหัสประจำตัว 37014081
2. นาย ปิยพัทธ์ พรหมบุตร รหัสประจำตัว 37014260
3. นาย ไพฑูรย์ วิษณุโยธิน รหัสประจำตัว 37014305
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการก่อสร้าง
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
1. อ. สุพจน์ ศรีนิล
2. อ. สุวัฒน์ ทิรเศรษฐ์	
3. อ. อุบะ สิริแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นาย อำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้ หากขาดการสนับสนุนในทุกด้านจาก
บุคลากร ผู้ให้

ญาติพี่น้อง สำหรับกำลังใจ และความช่วยเหลือ สนับสนุน

อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล อาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่านผู้ให้คำแนะนำ

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ตลอดจนครู-อาจารย์ทุกท่านผู้ร่วมประสิทธิประสาทวิชา ความรู้จน
ล่าสุดมาเป็นโครงการพิเศษฉบับนี้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ คืออาคารปฏิบัติงานโดยเฉพาะห้อง Lab Soil อีกทั้ง
เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด

Asian Institute of Technology สำหรับข้อมูลการศึกษาเก่าๆ

ลุงจำลอง ลุงอะฮ้อน และพี่ๆเจ้าหน้าที่อาคารปฏิบัติงานภาควิชาวิศวกรรมโยธาและเครื่องกล ทุก
ท่านที่คอยเปิด-ปิดอาคารปฏิบัติงาน อีกทั้งแก้ไขปัญหาด้านเทคนิคเฉพาะหน้าหลายครั้งหลายครา

เพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา รุ่นที่ 17 ทุกคนที่คอยเอาใจช่วย บ้างลงแรงช่วยเตรียมงานและ
ทดสอบจริง

เพื่อนๆ ภาควิชาอื่นร่วมสถาบันที่คอยห่วงใยและเอาใจช่วย แม้จะไม่ค่อยได้พบหน้าตากันบ่อยนัก

รุ่นน้อง รุ่นที่ 15 และ 16 ทุกคนที่มาช่วยเตรียมงาน บ้างใส่ใจถามไถ่ทุกข์สุข

จึงใคร่ขอกราบขอพระคุณที่มีส่วนช่วยให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และกราบขออภัย
บุคคลผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้แต่ยังคงระลึกถึงตลอดไป

น.ส. ชลิดา อู่ตะเภา

นาย ปิยพัทธ์ พรหมบุตร

นาย ไพฑูรย์ วิษณุโยธิน

คณะผู้จัดทำโครงการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น
ในดินเม็ดละเอียด

THE STUDY ON SHEAR STRENGTH OF FINE-GRAINED SOIL DUE TO
CHANGING OF WATER CONTENT

โดย น.ส. ชลิตา อู่ตะเภา	รหัสประจำตัว	37014081
นาย ปิยพัทธ์ พรหมบุตร	รหัสประจำตัว	37014260
นาย ไพฑูรย์ วิชญ์โยธิน	รหัสประจำตัว	37014305

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเม็ดละเอียด ได้กระทำในชั้นดินลึก 1.5-2.7 เมตร บริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเก็บตัวอย่างจำนวน 20 ตัวอย่าง ด้วยกระบอกเปลือกบาง เพื่อนำมาจำแนกประเภทดินตามระบบ Unified และทดสอบหาค่า Shear Strength Parameter ด้วยการทดสอบแบบ Direct Shear และแบบ UU Triaxial ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า ดินที่ความลึก 1.5-2.1 เมตร เป็นดิน Elastic Silt (MH) และที่ความลึก 2.1-2.7 เมตร เป็น Fat Clay (CH) ค่ามุมเสียดทานภายใน (ϕ) จะแปรตาม ปริมาณความชื้นในดินเม็ดละเอียด ส่วนค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน (c) แปรผกผันกับ ปริมาณความชื้นในดินเม็ดละเอียด

ABSTRACT

Variation of shear strength parameter due to changing of water content was studied in the fine grained soil obtained from the depth of 1.5-2.7 meters at the faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology of Ladkrabang. There were 20 soil samples carried out by the thin wall tube. Those samples were classified by unified soil classification and were determined shear strength parameter by direct shear and triaxial test. Elastic silt (MH) and fat clay (CH) were found at the depth of 1.5-2.1 meters and 2.1-2.7 meters, respectively. The value of the internal friction angle of those fine grained soil increases with water content increasing which contrary to the cohesion value.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

กิติกรรมประกาศ	(i)
บทคัดย่อ	(ii)
สารบัญ	(iii)
สารบัญตาราง	(v)
สารบัญรูป	(vi)
สารบัญสัญลักษณ์	(viii)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
แนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา	1
ขอบเขตของโครงการพิเศษ	2
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	3
คุณสมบัติของดินเม็ดละเอียดในที่ต่าง ๆ	3
รายงานที่เกี่ยวกับการศึกษาผลกระทบต่อกำลังของดินเม็ดละเอียด เนื่องจากความชื้น	5
วิธีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและทดสอบดิน	6
ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษา	11
อุปกรณ์ และ สถานที่ดำเนินการศึกษา	11
ขั้นตอนดำเนินการศึกษา	11
วิธีวิเคราะห์ผลการศึกษา	19
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์	20
คุณสมบัติของดิน	20
ผลกระทบต่อกำลังของดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น	22
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. แสดงตารางบันทึกและผลการทดสอบคุณสมบัติดิน	33
ภาคผนวก ข. แสดงตารางบันทึกและผลการทดสอบการรับกำลังของดิน	50
ภาคผนวก ค. ขั้นตอนการทดสอบการรับกำลังของดิน โดยวิธี UU Triaxial	75
ภาคผนวก ง. รูปแสดงวิธีดำเนินการศึกษา	79



สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	คุณสมบัติทั่วไปของดินบริเวณรังสิต	3
ตารางที่ 2.2	ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติชั้นดินที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย	4
ตารางที่ 2.3	ผลการเจาะสำรวจดิน บริเวณลาดกระบัง BH1	4
ตารางที่ 2.4	ผลการเจาะสำรวจดิน บริเวณลาดกระบัง BH2	5
ตารางที่ 2.5	คุณสมบัติของ Black Cotton	5
ตารางที่ 2.6	มาตรฐานวิธีการทดสอบและเครื่องมือ	7
ตารางที่ 2.7	แสดงสัญลักษณ์กลุ่มดิน	9
ตารางที่ 2.8	รายละเอียดการจำแนกประเภทของดิน โดยระบบ Unified	10
ตารางที่ 3.1	แสดงกิจกรรมในแต่ละวัน	13
ตารางที่ 4.1	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างดินเม็ดละเอียดทั้ง 4 ชุด	20
ตารางที่ 4.2	แสดงคุณสมบัติของดินที่นำมาศึกษาเทียบกับดินเม็ดละเอียดในที่ต่าง ๆ	21
ตารางที่ 4.3	Shear Strength Parameter ของตัวอย่างดินเม็ดละเอียดทั้ง 4 ชุดที่ค่าความชื้นต่างๆ	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter in Triaxial Test	6
รูปที่ 2.2	Mohr's Envelope	8
รูปที่ 3.1	แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ	12
รูปที่ 3.2	แสดงการใช้ดินในการทดสอบแต่ละกระบอกตัวอย่าง	13
รูปที่ 3.3	แสดงการเตรียมตัวอย่างแบบไม่อัดตัวอย่าง Unconsolidated	14
รูปที่ 3.4	แผนภูมิแสดงการติดตั้งเครื่องมือทดสอบ Triaxial	15
รูปที่ 3.5	แสดงเครื่องมือใช้ทดสอบ Direct Shear Test	17
รูปที่ 4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil-Shop B. เปรียบเทียบ Direct Shear กับ UU Test	25
รูปที่ 4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil-Shop B. เปรียบเทียบ Top กับ Bottom	26
รูปที่ 4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil B. เปรียบเทียบ Direct Shear กับ UU Test	27
รูปที่ 4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil B. เปรียบเทียบ Top กับ Bottom	28
รูปที่ 5.1	แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter	29
รูปผนวกที่ 1	กระบอกตัวอย่างดิน	80
รูปผนวกที่ 2	การ Calibrate Proving Ring	80
รูปผนวกที่ 3	การ Calibrate Pycnometer	81
รูปผนวกที่ 4	การเจาะตัวอย่างดิน	81
รูปผนวกที่ 5	การเก็บตัวอย่างดิน	82
รูปผนวกที่ 6	ปิดปากกระบอกทันทีหลังเก็บตัวอย่างดินจากหลุมเจาะ	82
รูปผนวกที่ 7	ปิดปากกระบอกด้วยเทียนไซ	83
รูปผนวกที่ 8	ปิดปากกระบอกด้วยถุงพลาสติก	83
รูปผนวกที่ 9	คลุมกระบอกเก็บตัวอย่างดินด้วยกระดาษขึ้น	84
รูปผนวกที่ 10	เครื่องมือคั่นดินออกจากกระบอกเก็บตัวอย่าง	84
รูปผนวกที่ 11	อุปกรณ์ในการหาค่า Liquid Limit	85
รูปผนวกที่ 12	อุปกรณ์ในการหา ขนาดของเม็ดดิน ด้วย Hydrometer	85
รูปผนวกที่ 13	ห้องเก็บตัวอย่างดิน	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปผนวกที่ 14	เครื่องมือตัดแต่งตัวอย่างดิน	86
รูปผนวกที่ 15	ชุดเครื่องมือ Triaxial พร้อมทำการทดสอบ	87
รูปผนวกที่ 16	การวิบัติของดินด้วยแรงเฉือน	87
รูปผนวกที่ 17	ถ้วยและวงแหวน ในการหาความชื้น	88



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดของมวลดิน
c	=	แรงยึดเหนี่ยวในมวลดิน
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดดิน
E	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของดิน
E_m	=	โมดูลัสยืดหยุ่นของถุงยางที่ใช้ทดสอบ UU test
e	=	อัตราส่วนช่องว่าง
G	=	ความถ่วงจำเพาะ
G_s	=	ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน
G_w	=	ความถ่วงจำเพาะของน้ำ
G.I.	=	ดัชนีของกลุ่ม
L.L.	=	พิกัดความเหลว
P.I.	=	ดัชนีความเหนียวหนืด
P.L.	=	พิกัดความเหนียวหนืด
S_r	=	ระดับความอิ่มตัว
V	=	ปริมาตรทั้งหมดของมวลดิน
V_a	=	ปริมาตรของอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน
V_s	=	ปริมาตรของเม็ดดิน
V_v	=	ปริมาตรทั้งหมดของช่องว่างระหว่างเม็ดดิน
V_w	=	ปริมาตรของน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน
w	=	น้ำหนักของน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน
w_n	=	ความชื้นในมวลดินตามธรรมชาติ
σ	=	หน่วยแรงรวม
σ_1, σ_3	=	หน่วยแรงหลักและหน่วยแรงรอง
τ	=	หน่วยแรงเฉือน, ความต้านทานแรงเฉือนของดิน
γ, γ_n	=	หน่วยน้ำหนักของมวลดินตามธรรมชาติ
γ_d	=	หน่วยน้ำหนักของมวลดินแห้ง
γ_{sat}	=	หน่วยน้ำหนักของมวลดินอิ่มตัว
γ_w	=	หน่วยน้ำหนักของน้ำ
ϕ	=	มุมเสียดทานภายในของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินนั้นมีความสำคัญมาก เพราะต้องนำคุณสมบัติที่ได้ไปใช้ออกแบบโครงสร้างต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดิน โดยดินนั้นอาจใช้รองรับน้ำหนักโครงสร้าง เช่น รองรับน้ำหนักอาคาร เชื้อเพลิง สนามบิน หรือ ทำเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น ใช้งานดินเป็นต้น

แต่ในบางครั้งเราอาจจะประสบปัญหา ในเรื่องการขาดข้อมูลและความเข้าใจที่เพียงพอเกี่ยวกับคุณสมบัติดิน ทำให้ต้องใช้อัตราส่วนปลอดภัยมากซึ่งมีผลให้สิ้นเปลืองในการก่อสร้าง หรือไม่ก็อาจเกิดการพังทลายระหว่างการใช้งานเนื่องจากสภาพดินเปลี่ยนแปลงไปจากข้อมูลเดิมที่ใช้ออกแบบก่อสร้าง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการรับกำลังของดิน

ซึ่งการศึกษาโครงการพิเศษนี้ จะได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินเม็ดละเอียด

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อทราบถึงผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น ในดินเม็ดละเอียดซึ่งไม่ได้อยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated)
- 2) สามารถนำผลจากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางประกอบในการออกแบบการรับกำลังของ ดินเม็ดละเอียด

1.3 แนวความคิดที่ใช้ในการศึกษา

กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลัก คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของดิน (Cohesion, c) และค่าแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน (Internal Friction Angle, ϕ)

ปัจจัยดังกล่าวนี้มักจะถูกนำไปใช้ในลักษณะที่เป็นค่าคงที่ แต่ความจริงแล้ว ค่าดังกล่าวไม่ใช่ค่าคงที่ แต่จะขึ้นอยู่กับ วิธีที่ใช้ทดลอง การรับแรงกระทำในอดีต และสถานะปัจจุบัน (ความอัดแน่นของอนุภาค รูปร่างของเม็ดดิน และความชื้น) ดังนั้นดินชนิดเดียวกันไม่จำเป็นต้องมีค่า c และ ϕ เท่ากัน

กำลังต้านทานแรงเฉือนของดินที่มีเม็ดเล็กและละเอียดเช่นดินเหนียว ขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำที่ห่อหุ้มเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ตามค่าของปริมาณน้ำในมวลดิน ขนาดของเม็ดดิน และการบดอัดดิน ฉะนั้นค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของดินประเภทนี้จึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงหรือขึ้นอยู่กับน้ำหนักหรือแรงกดที่กระทำ

1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

- 1) ทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของตัวอย่างดินในช่วงความลึก 0-3 ม. จากผิวดินในบริเวณลาดกระบัง และจำแนกกลุ่มดินด้วยระบบ Unified
- 2) ทดสอบหาค่า Shear Strength ของดิน ณ สภาพความชื้นต่างๆ ด้วยวิธี Unconsolidated Undrained Test และ Direct Shear Test

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบถึงผลกระทบต่อกำลังรับแรงเฉือนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น ในดินเม็ดละเอียดซึ่งไม่ได้อยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated)
- 2) นำผลจากการทดลองมาใช้เป็นแนวทางประกอบในการออกแบบการรับกำลังของดินเม็ดละเอียด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 คุณสมบัติของดินเม็ดละเอียดในที่แตกต่างกัน

จากการค้นคว้าข้อมูล พบว่าได้มีรายงานผลการศึกษาคูณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของชั้นดินในที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้ว มีผลการทดสอบที่ความลึกตั้งแต่ 3 เมตรขึ้นไป เนื่องจากมีโอกาสที่จะนำผลไปใช้ออกแบบได้มากกว่า แต่ก็ยังมีบางรายงานที่ได้กล่าวถึงผลการทดสอบในช่วง 0-3 เมตร ดังนี้

1) จากรายงาน การศึกษาคูณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินบริเวณสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) (Uba Sirikeaw , 1992 [14]) สรุปดังนี้

ดินเหนียวอ่อนในกรุงเทพฯระดับความลึก 1.5-7.0 เมตร จะเป็นดินจำพวก High Plasticity (CH) มีค่าคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้

Plastic Limit	25 - 40 %
Liquid Limit	90 - 30 %
Plasticity Index	56 - 68
Liquidity Index	0.7 - 0.9
Natural Water Content	77 - 95 %
Specific Gravity	2.58 - 2.69

ค่า Undrained Shear Strength (S_u) ของดินกลุ่ม CH ที่ระดับความลึก 1.5-2.0 เมตร มีค่า S_u เป็น 1.9 t/m^2 ที่ระดับความลึก 3.0-3.50 เมตร มีค่า S_u เป็น 2 t/m^2 4.5-5.0 เมตร เป็น 1.57 t/m^2 และที่ระดับความลึก 6.0-6.9 เมตร มีค่า S_u เป็น 2 t/m^2

2) Yongyuth Taesiri , 1976 [15] อธิบายคุณสมบัติต่างๆ ของสภาพชั้นดินบริเวณรังสิต ดัง ตารางที่ 2.1 และอธิบายสภาพชั้นดินบริเวณสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) มีคุณสมบัติต่างๆ ดัง ตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทั่วไปของดินบริเวณรังสิต (Yongyuth Taesiri , 1976)

General Properties	Depth , m		
	0 to 2.0	2.0 to 11.0	11.0 to 17.0
Plastic Limit %	20-30	25-35	15-20
Liquid Limit %	95-100	95-105	40-60
Natural Water Content %	60-95	70-95	20-30
Liquidity Index	0.4-0.9	0.7-0.8	0-0.3
Total Unit Weight Ton/m^3	1.5-1.7	1.4-1.6	2-2.2
Specific Gravity	2.69-2.70	2.66-2.72	2.72-2.73
PH	4-6	6-8.5	8-8.5
Salt Content mg/liter	10-30	10-20	18-40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของชั้นดินที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (คัดแปลงจาก Yongyuth Taesiri ,1976)

Soil Type	Depth , m	w _n	L.L.	P.L.	P.I.	L.I.	γ _t	e	G
Soft Clay	1.0	42	72	31	41	0.38	1.72	1.28	2.70
	2.0	64	87	33	48	0.69	1.60	1.80	
	3.0	81	90	35	53	0.82	1.52	2.26	
	4.0	83	90	35	56	0.86	1.51	2.30	
	5.0	82	89	35	55	0.86	1.52	2.24	
	6.0	82	88	34	54	0.85	1.53	2.18	
	7.0	80	86	33	53	0.84	1.54	2.12	
	8.0	78	83	30	52	0.81	1.56	2.06	
	9.0	77	80	29	51	0.80	1.57	2.00	
	10.0	78	78	28	50	0.78	1.58	1.94	

3) จากรายงานผลการเจาะสำรวจทางปฐพีกลศาสตร์ สถานที่ก่อสร้าง อาคาร 12 ชั้น สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดย บริษัท Worman and Associates Consultants co,ltd แสดงผลใน ตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ผลการเจาะสำรวจดินบริเวณลาดกระบัง BH1 (คัดแปลงจาก Worman and Associates Consultants co,ltd)

Depth From/To	Sample Type	γ _t	Group Symbol	L.L.	P.L.	P.I.	%w	L.I.	e	G _s	Uc (ksc)
1.50-2.00	ST01	1.81	CL	46.55	26.69	19.86	45.33	93.86	1.08	2.59	0.46
3.00-3.50	ST02	1.47	MH-OH	50.85	31.80	19.05	109.54	408.08	2.69	2.59	0.09
4.50-5.00	ST03	1.43	MH-OH	54.80	30.75	24.05	115.47	352.27	2.93	2.61	0.21
6.00-6.50	ST04	1.44	CH	63.25	31.22	32.03	110.27	246.80	2.80	2.60	0.18
7.50-8.00	ST05	1.44	CL	49.80	31.62	18.18	117.97	474.97	2.97	2.62	0.23
9.00-9.50	ST06	1.49	CL	43.95	31.66	12.29	103.66	585.84	2.55	2.60	0.37
10.50-11.00	ST07	1.58	CL	34.16	20.77	13.39	77.97	427.18	1.95	2.62	0.32
12.00-12.50	ST08	1.71	CL	34.68	19.43	15.25	60.81	271.34	1.46	2.62	0.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ผลการเจาะสำรวจดินบริเวณลาดกระบัง BH2 (คัดแปลงจาก Worman and Associates Consultantsco,ltd)

Depth From/To	Sample Type	γ_t	Group Symbol	L.L.	P.L.	P.I.	%w	L.I.	e	G_s	Uc (ksc)
1.50-2.00	ST01	1.56	CH	53.60	22.44	31.16	81.46	186.41	2.06	2.63	0.29
3.00-3.50	ST02	1.48	CH	56.70	24.36	32.34	90.49	204.48	2.40	2.64	0.15
4.50-5.00	ST03	1.46	CH	56.13	19.46	36.97	101.99	225.06	2.54	2.56	0.18
6.00-6.50	ST04	1.48	CH	56.50	22.28	34.22	89.97	197.81	2.32	2.59	0.17
7.50-8.00	ST05	1.38	CH	66.80	26.84	39.96	119.42	231.68	3.02	2.53	0.23
9.00-9.50	ST06	1.46	CH	54.00	23.06	30.94	110.69	253.65	2.57	2.59	0.30
10.50-11.00	ST07	1.58	CH	42.77	16.65	26.12	70.47	206.05	1.71	2.51	0.27
12.00-12.50	ST08	1.59	CH	50.78	16.97	33.81	70.47	147.32	1.63	2.51	0.25

2.2 รายงานที่เกี่ยวกับการศึกษาผลกระทบต่อกำลังของดินเม็ดละเอียด เนื่องจากความชื้น

Mr. Katti , Gupta , Kulkarni ชาวอินเดีย ได้ศึกษาเรื่อง **Effect of Desorption on Swelling , Swelling Pressure and Strength Characteristics of Expensive Soil Samples** โดยนำตัวอย่างดินเม็ดละเอียด Black Cotton ในอินเดีย ซึ่งเป็นดินที่เปลี่ยน Swelling Pressure และการบวมไปตามความชื้น ซึ่งมีผลต่อ Shear Strength ของดินดังกล่าวมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของ Black Cotton (คัดแปลงจาก Katti Gupta Kulkarni , 1985)

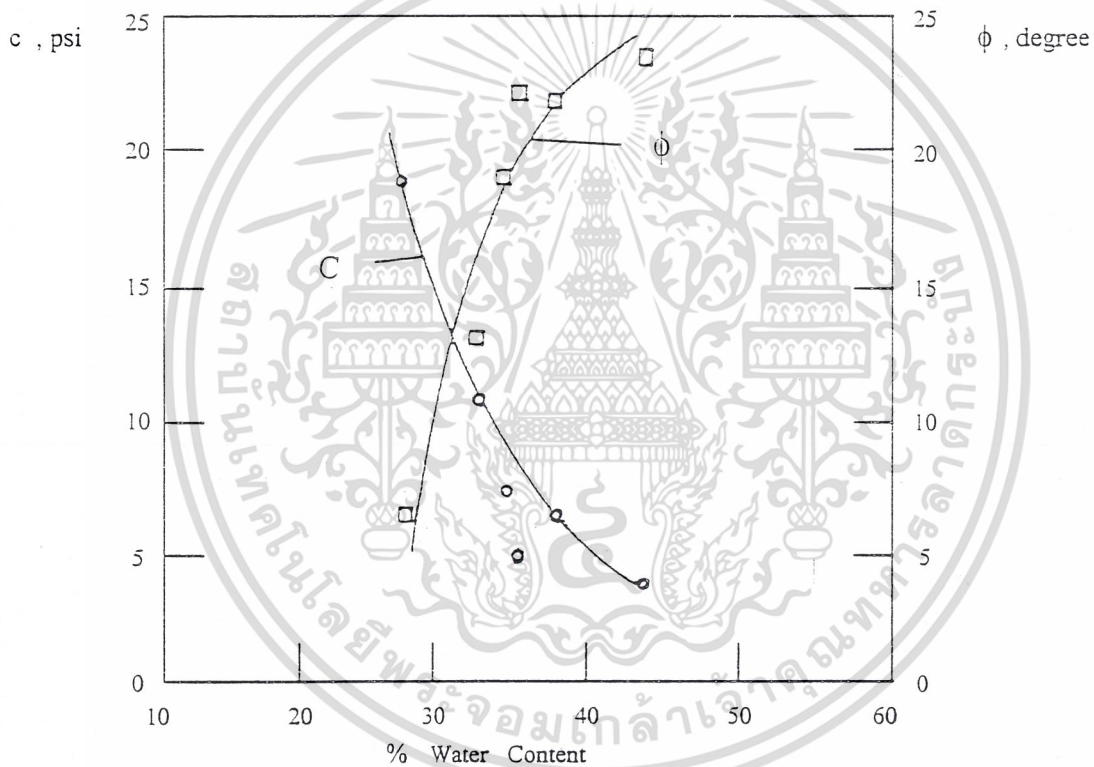
Liquid Limit, Percent	67.0
Plasticity Index , Percent	18.0
Shrinkage Limit , Percent	8.0
Specific Gravity	2.72
Sand (2.00mm to 0.06mm)	15
Silt (0.06mm to 0.002mm)	16
Clay (< 0.002mm)	69
Textural Classification (USBPR System)	Clay
Engineering Classification (AASHO System)	A-7-5 (15)
Standard Proctor Density , pcf	82.5
O.M.C. , Percent	29.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการประมาณการเปลี่ยนแปลงของ Strength จะเปลี่ยนไปตามความชื้นในตัวอย่างดินเม็ดละเอียด จะต้องปฏิบัติตามสภาวะของ Triaxial Method (CU Test)

- 1) System I ตัวอย่างดินต้องอิมตัวและมีการบวมที่อิสระ อยู่ภายใต้การลดลงของความชื้น
- 2) System II ตัวอย่างดินต้องอิมตัวภายใต้ปริมาตรคงที่และการลดลงของความชื้น
- 3) ตัวอย่างดินอิมตัวใน Triaxial Cell จะต้องสะดวกในการวัด Vertical Swelling Pressure อยู่ภายใต้การลดลงของความชื้นและพยายามให้ Cell Pressure เท่ากับ Swelling Pressure และ Deviator Stress

พบว่า มีผลต่อค่า Cohesion และ Internal Friction Angle กล่าวคือเมื่อปริมาณความชื้นที่อยู่ในมวลดินเนื่องลดลง จะมีผลทำให้ค่า Cohesion มีค่าเพิ่มขึ้น และค่า Internal Friction Angle มีค่าลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter in Triaxial Test

(Katti Gupta Kulkarni, 1985)

2.3 วิธีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและทดสอบดิน

1) วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

ใช้วิธี Hand Auger ซึ่งตัวอย่างดินจะถูกเก็บโดยกระบอกเปลือกบาง (ASTM : D1587-83)

2) วิธีการทดสอบ

มาตรฐานวิธีการทดสอบและเครื่องมือ ส่วนใหญ่จะอ้างอิงจาก ASTM ดังแสดงในตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานวิธีการทดสอบและเครื่องมือ

มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ		เครื่องมือ
1. Liquid Limit , Plastic Limit , Plasticity Index ของดิน	ASTM Designation : D4318 - 84	1.Liquid Limit Device 2.Flat Grooving Tool 3. Gage 4. Containers 5.Storage Containers 6.Ground Glass Plate 7.Spatula
2. Particle – Size Analysis ของดิน	ASTM Designation : D422-63 (Reapproved 1990)	1.Stirring Apparatus 2.Hydrometer (152H) 3.Sedimentation Cylinder 4.Thermometer 5.Constant Temperature Room
3. Specific Gravity ของดิน	ASTM Designation : D854 – 83 (Reapproved 1990)	1.Pycnometer 2.Stirring Apparatus
4. Direct Shear Test ของดิน	ASTM Designation : D3080 - 90	1.Shear Device (D - 100 A) 2.Shear Box 3.Loading Device 4.Dial Gage
5.Unconsolidated Undrained Compressive Strength of Cohesive Soil in Triaxial Compression	ASTM Designation : D2850 - 87	1.Axial Loading Device (T-400) 2.Axial Loading – Measuring Device 3.Chamber Pressure –Maintaining and Measurement Device 4.Triaxial Compression Chamber 5.Specimen Cap and Base 6.Rubber Membranes 7.Sample Extruder 8.Apparatus for Water Content 9.Miscellaneous Apparatus
6.Laboratory Determination of Water Content ของดิน	ASTM Designation : D2216 - 90	1.Drying Oven ใช้ที่อุณหภูมิ 110 ± 5 ° C และเวลาที่ใช้ในการอบ 12-16 ชั่วโมง 2.Specimen Containers 3.Contauner Handing Apparatus

2.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

1) กำลังต้านทานต่อแรงเฉือนของดิน

BOWLES, J.E. (1968) ได้กล่าวไว้ว่า กำลังของดิน คือ กำลังในการต้านทานแรงเฉือน ซึ่งขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบหลักคือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของดิน และ ค่าแรงเสียดทานภายในระหว่างเม็ดดิน ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ นั้นได้ถูกรวมไว้ในองค์ประกอบ c และ ϕ แล้ว

องค์ประกอบดังกล่าวนี้มักจะถูกนำไปใช้ในลักษณะที่เป็นค่าคงที่ แต่ความจริงแล้ว องค์ประกอบดังกล่าวไม่ใช่ค่าคงที่ แต่จะขึ้นอยู่กับ วิธีที่ใช้ทดลอง การรับแรงกระทำในอดีต และสภาวะปัจจุบัน (ความอัดแน่นของอนุภาค รูปร่างของเม็ดดิน และความชื้น) ดังนั้นดินชนิดเดียวกัน ไม่จำเป็นต้องมีค่า c และ ϕ เท่ากัน

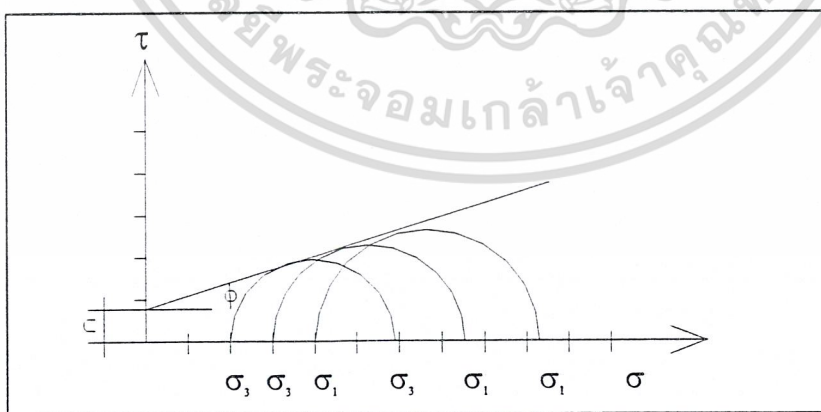
ซึ่งสำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesive Soil) ค่า Shear Strength จะขึ้นอยู่กับค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินเป็นส่วนใหญ่ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำในดิน ขนาดเม็ดดิน และ ความหนาแน่นของดิน

2) วงกลมของมอห์ร์

LAMBE, G.A. (1962) ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อทำการทดลองดินชนิดเดียวกันหลายๆตัวอย่าง โดยเปลี่ยนค่าแรงดันทางข้าง (Lateral Pressure) ต่างกัน แสดงเป็น Mohr's Circle ดังรูปที่ 2.2 และเนื่องจากมุม ϕ มีค่าคงที่ ฉะนั้นวงกลมต่างๆ ก็จะมีเส้นสัมผัสร่วมกัน เส้นสัมผัสนี้เรียกว่า Mohr's Envelope (บางครั้งเรียกว่า Failure Envelope) อนึ่งสังเกตว่าเมื่อ σ_3 เพิ่มขึ้น ค่า σ_1 ก็จะเพิ่มขึ้น

เมื่อต่อเส้นสัมผัสออกไปตัดแกน Y ก็จะได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวที่ปรากฏ (c) อนึ่งเส้นสัมผัสนี้ควรเป็นเส้นเดียวกันกับที่ได้จากสมการकुอมบีในการทำ Direct Shear Test ถ้าการทดลองได้กระทำภายใต้สภาพเดียวกัน

สังเกตว่า ดินจะวิบัติเมื่อ Mohr's Circle สัมผัสกับเส้น Mohr's Envelope



รูปที่ 2.2 Mohr's Envelope

อนึ่ง ในการนำผลการทดลองมาเขียน Mohr's Circle แล้วลากเส้นสัมผัส Mohr's Envelope เมื่อหาค่า c , ϕ อาจจะนำผลการทดลองที่ได้มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การจำแนกประเภทดินโดยระบบของ Unified

ASTM:D 2487-90 ได้แสดงการจำแนกดินไว้ดังนี้ การจำแนกประเภทของดิน จะแบ่งดินออกเป็นกลุ่มๆ ใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนชื่อกลุ่มดิน แต่ละกลุ่มมีอักษรอย่างน้อย 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลัก และกลุ่มที่สองจะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมายในตัวมันเอง ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์กลุ่มดิน (มณฑิธร กังคศิเทียม 1987)

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

เมื่อพิจารณาตามขนาดของเม็ดดิน จะแบ่งดินออกเป็น ดินเม็ดหยาบ กับ ดินเม็ดละเอียด โดยดินเม็ดหยาบเป็นพวกที่ค้ำบนตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50% ได้แก่ กรวด ทราย ดินเม็ดละเอียดเป็นพวกที่ ลอดผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50% ได้แก่ ตะกอนทรายอินทรีย์ และทรายเม็ดละเอียด ดินเหนียวอินทรีย์ ตะกอนทรายอินทรีย์ และดินเหนียวอินทรีย์ ฟิต ดินโคลนหรือดินเลนสีดำ และดินอินทรีย์สูง

ในการจำแนกดินจำพวกเม็ดละเอียด จะต้องหาค่าครรชนีความเหนียว (Plasticity Index , P.I.) และ Liquid Limit (L.L.) ของดิน แล้วนำไปเขียนจุดลงในแผนภูมิความเหนียว (Plasticity Chart) มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.8

ส่วนการแบ่งดินเหนียวและตะกอนทรายนั้น อาศัยสมการ $P.I. = 0.73 (L.L. - 20)$ ซึ่งเป็นเส้นตรง เรียกว่า A-line โดยดินเหนียวจะอยู่บนเส้น “ A ” และตะกอนทรายจะอยู่ใต้เส้น “ A ”

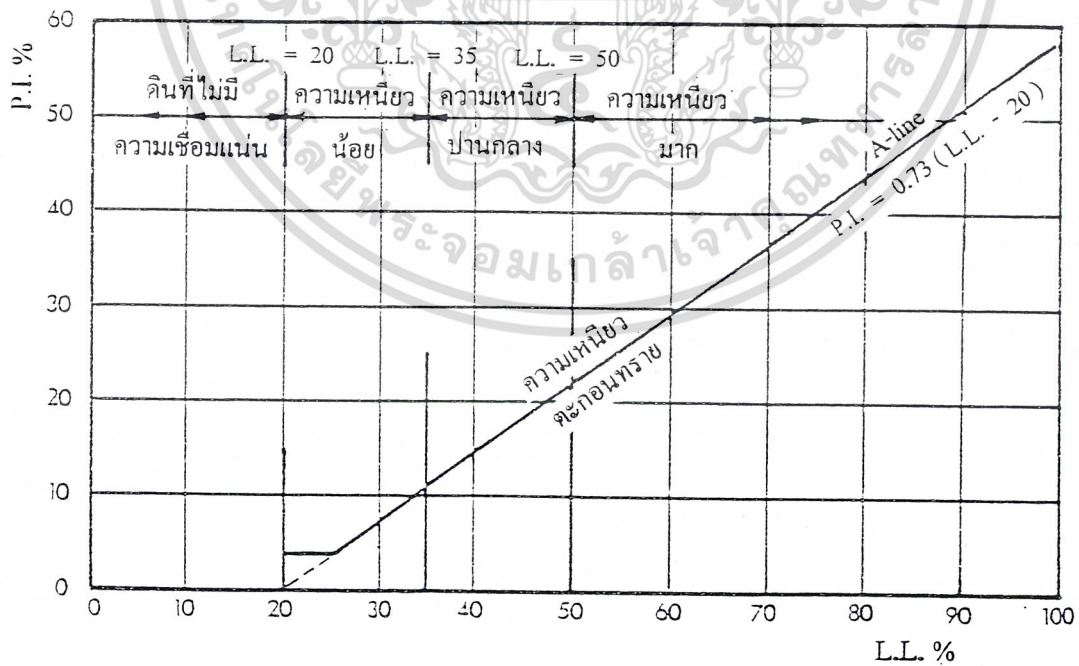
ดังนั้นเมื่อนำค่า P.I. และ L.L. ของดินที่จะจำแนกประเภทไปเขียนจุดลงในแผนภูมิความเหนียว ถ้าจุดเหนือเส้น “ A ” ก็เป็น ดินเหนียว ถ้าจุดอยู่ใต้เส้น “ A ” ก็เป็น ตะกอนทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 รายละเอียดการจำแนกประเภทดิน โดยระบบ Unified (คัดแปลงจาก ASTM : D2487)

การจำแนกประเภททั่วไป		ชื่อกลุ่มดิน	
ดินพวกเม็ดละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 50 %	ตะกอนทราย และดินเหนียว L.L. น้อยกว่า หรือ เท่ากับ 50	ML	ตะกอนทรายอินทรีย์และ ทรายละเอียดมาก หินฝุ่น ทรายละเอียดปนตะกอนทรายหรือดินเหนียวมีความเหนียวเล็กน้อย
		CL	ดินเหนียวอินทรีย์มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวล้วน
	OL	ตะกอนทรายอินทรีย์และ ดินเหนียวปนตะกอนทรายอินทรีย์ มีความเหนียวต่ำ	
มากกว่า 50 %	ตะกอนทราย และดินเหนียว L.L. มากกว่า 50	MH	ตะกอนทรายอินทรีย์และ ทรายละเอียดหรือ ตะกอนทราย ปนไม้ก้ำหรือดินเบา ตะกอนที่ขี้ดหยุ่น
		CH	ดินเหนียวอินทรีย์มีความเหนียวสูง ดินเหนียวมีความหนืดสูง
	OH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีความเหนียวปานกลางถึงสูง ตะกอนทรายอินทรีย์	
ดินพวกสารอินทรีย์สูง		PT	พีท โคลนสีดำและดินอินทรีย์สูงอื่นๆ

เกณฑ์การจำแนกประเภท



แผนภูมิครรชนีความเหนียว

แยกได้โดย สี กลิ่น การสัมผัส และ ลักษณะเนื้อ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 อุปกรณ์และสถานที่ดำเนินการศึกษา

3.1.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่องมือเก็บตัวอย่างดินแบบ Hand Auger
- 2) กระบอกลูกแก้วตัวอย่างดินเปลือกบาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว x 0.75 เมตร จำนวน 24 กระบอก
- 3) ชุดทดสอบ Atterberg's Limit
- 4) ชุดทดสอบ Hydrometer
- 5) ชุดทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะของดิน
- 6) ชุดทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดิน ได้แก่ Triaxial Test (Triaxial Tester T400 Digital ซึ่ง Proving Ring มีค่า $K=0.082$ kg/Div) และ Direct Shear Test (D 130-A ซึ่ง Proving Ring มีค่า $K=0.153$ kg/Div)
- 7) ชุดทดสอบค่าความชื้นในมวลดิน
- 8) Program Excel ในการคำนวณและเขียนกราฟ ϕ , c และ %w
- 9) Program AutoCad ในการเขียนกราฟ Mohr's Circle

3.1.2 สถานที่ดำเนินการศึกษา

อาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3.2 ขั้นตอนดำเนินการศึกษา

3.2.1 การเตรียมการ

- 1) การ Calibrate เครื่องมือดังนี้ Proving Ring ตาชั่ง Pycnometer
- 2) เจาะเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่คาดว่าจะทำการศึกษาขึ้นมาทดสอบ คุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม เพื่อทราบว่า ดินนั้น เป็นดินเม็ดละเอียด ตรงตามขอบเขตที่ต้องการศึกษาหรือไม่
- 3) ทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินที่จะทำการศึกษาโดย

เพื่อที่จะทราบระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินในกระบอกลูกแก้ว ตัวอย่าง จากความชื้นเริ่มต้น (Natural Water Content) จนถึงค่าต่ำสุด ซึ่งไม่ควรต่ำกว่า P.L. โดยการเปิดปากกระบอกลูกแก้ว ซึ่งบรรจุดินอยู่ออกเพื่อให้ความชื้นสามารถถ่ายเทออกได้ และทำการปิดปากกระบอกลูกแก้ว เพื่อให้ความชื้นจากภายในกระบอกลูกแก้ว ซึ่งสูงกว่า บริเวณปากกระบอกลูกแก้วกระจายทั่วทั้งกระบอกลูกแก้ว โดยใช้ระยะเวลาในการปิด-เปิดปากกระบอกลูกแก้วต่าง ๆ กัน หลังจากนั้นพิจารณาเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมซึ่งจะนำมาใช้ปรับเปลี่ยนความชื้นของดินตัวอย่างอื่นที่จะใช้ทดสอบจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) รวบรวมข้อมูล

4.1) การศึกษาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินเมื่อละเอียดอันมีผลต่อค่า c และ ϕ

4.2) การศึกษาคุณสมบัติของชั้นดินในกรุงเทพฯ

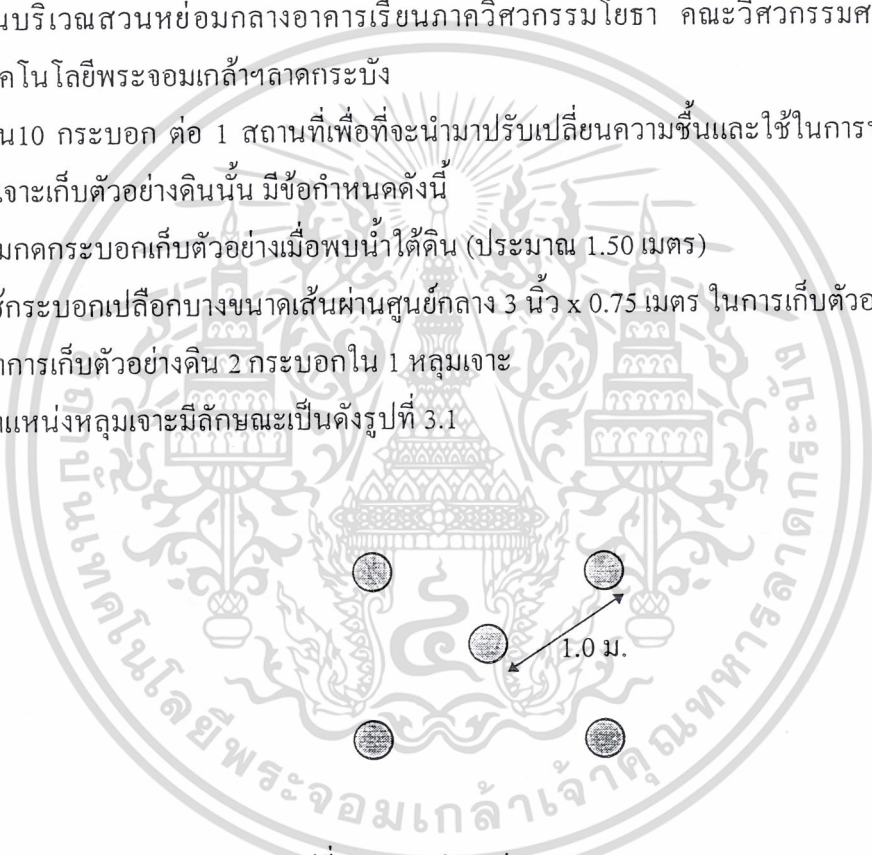
3.2.2 การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างโดยวิธี Hand Auger แบบ Undisturbed และทดสอบดินจาก 2 แหล่ง คือ

- 1) ดินบริเวณหน้าอาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯลาดกระบัง
- 2) ดินบริเวณสวนหย่อมกลางอาคารเรียนภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯลาดกระบัง

จำนวน 10 กระจบอก ต่อ 1 สถานที่เพื่อที่จะนำมาปรับเปลี่ยนความชื้นและใช้ในการทดสอบกำลังต่อไป ซึ่งในการเจาะเก็บตัวอย่างดินนั้น มีข้อกำหนดดังนี้

- 1) เริ่มกดกระจบอกเก็บตัวอย่างเมื่อพบน้ำใต้ดิน (ประมาณ 1.50 เมตร)
- 2) ใช้กระจบอกเปลือกบางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว x 0.75 เมตร ในการเก็บตัวอย่างดิน
- 3) ทำการเก็บตัวอย่างดิน 2 กระจบอกใน 1 หลุมเจาะ
- 4) ตำแหน่งหลุมเจาะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การปรับเปลี่ยนความชื้น

- 1) นำกระบอกเก็บตัวอย่างดินออกมาเปิดปากกระบอกทุกกระบอก และวางผึ่งไว้ในห้องที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้คงที่ได้มากที่สุด
- 2) นำดินกระบอกที่ 1 มาทดสอบหาความสัมพันธ์ในมวลดินและกำลังรับแรงเฉือนทันทีหลังจากเปิดปากกระบอก โดยแบ่งดินในกระบอกเพื่อทำการทดสอบดังรูปที่ 3.2



- นำมาหาความสัมพันธ์ในมวลดิน ได้แก่ e , S_r , $\%w$ และหาค่าเฉลี่ย
 - นำมาทดสอบกำลังรับแรงเฉือนด้วยวิธี Direct Shear
 - นำมาทดสอบกำลังรับแรงเฉือนด้วยวิธี UU TEST โดยเครื่องมือ Triaxial
- รูปที่ 3.2 แสดงการใช้ดินในการทดสอบในแต่ละกระบอกตัวอย่าง

- 3) 2 วัน หลังจากเปิดปากกระบอก นำดินกระบอกที่ 2 มาปิดปากกระบอกเป็นเวลา 2 วัน เพื่อให้ความชื้นได้มีการกระจายทั่วกระบอก แล้วนำมาทดสอบเหมือนกระบอกที่ 1
 - 4) ในกระบอกถัด ๆ ไปก็ทำในลักษณะเดียวกันดังตารางที่ 3.1
- ตารางที่ 3.1 แสดงกิจกรรมในแต่ละวัน

วัน/เดือน/ปี	กิจกรรมต่อวัน		
	เปิด	ปิด	ทดสอบ
19/02/41	ALL	-	1B
20/02/41	-	1T	-
21/02/41	-	2B	-
22/02/41	1T	2T	1T
23/02/41	2B	3B-5T	2B
24/02/41	2T	-	2T
16/03/41	3B-5T	-	-
17/03/41	-	-	-
18/03/41	-	3B	-
19/03/41	-	3T	-
20/03/41	3B	4B	3B
24/03/41	3T	4T	3T
27/03/41	4B	5B	4B
29/03/41	4T	5T	4T
30/03/41	5B	-	5B
31/03/41	5T	-	5T

หมายเหตุ T = กระบอกบน และ B = กระบอกล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทิ้งระยะเวลาในการผึ่งดินไว้ในอากาศ อาจมีการปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมโดยให้ช่วงห่างของความชื้นอยู่ที่ประมาณมากกว่า 5 %

3.2.4 การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน

- 1) Atterberg's Limit (ASTM : D4318 - 84)

Liquid Limit และ Plastic Limit

- 2) ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (ASTM : D854-83 Reapproved 1990)

- 3) การหาขนาดของเม็ดดิน โดยวิธี Hydrometer (ASTM : D422-63 Reapproved 1990)

3.2.5 การทดสอบกำลังของดิน

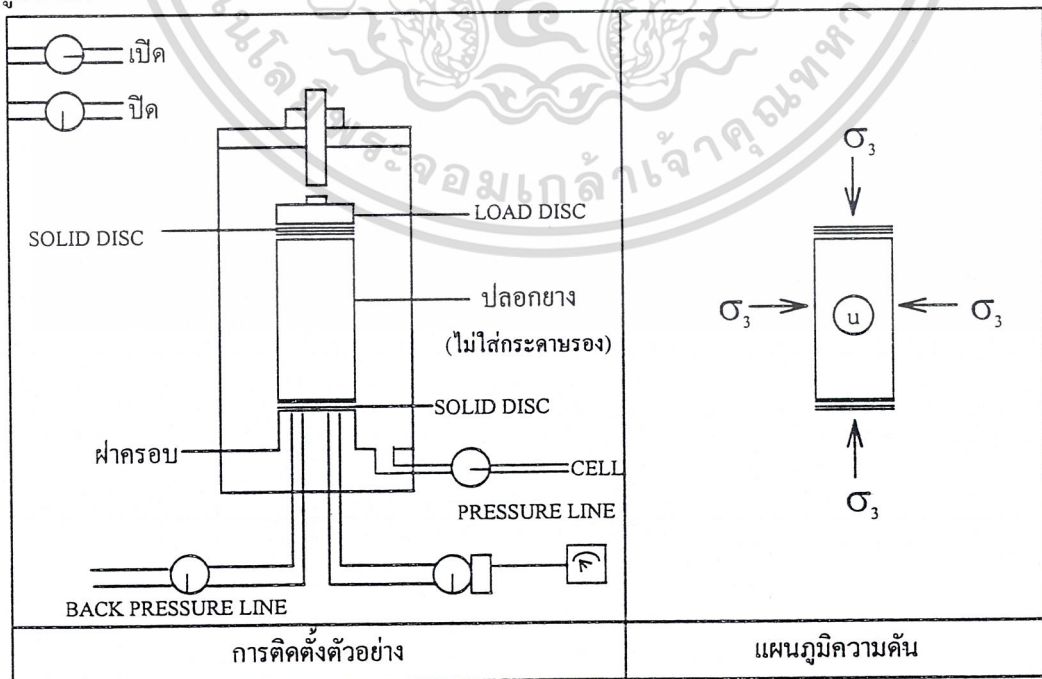
- 1) Unconsolidated Undrained , UU Triaxial Test (ASTM : D2850 - 87)

- 1.1) การเตรียมตัวอย่างดินเหนียวคงสภาพมีขนาดมาตรฐาน ดังนี้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (นิ้ว)	ความสูงของตัวอย่าง (นิ้ว)
1.4	2.8 - 3.0
2.8	5.6 - 6.0

แต่ขนาดอื่นก็อาจใช้ได้ โดยที่ความสูงของตัวอย่างจะต้องมากกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง (ทั้งนี้เพื่อให้รอยเฉือน (Failure Plane) ไม่อยู่ในส่วนของผิวบนหรือผิวล่างของตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้มีความฝืดบนส่วนนั้นเกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง และค่าของ F_u จะมากกว่าที่ควรจะเป็น) การทดลองเลือกขนาด 2 นิ้ว x 4 นิ้ว

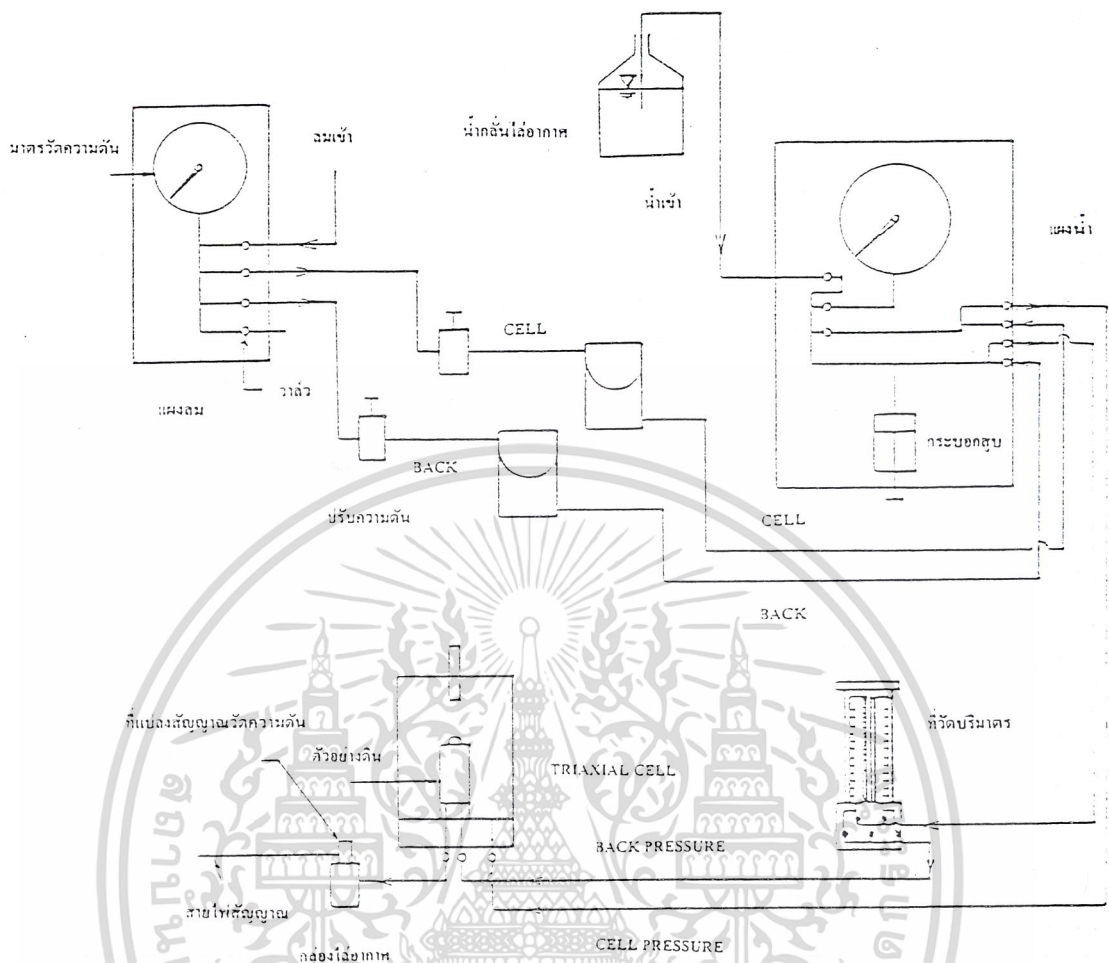
- 1.2) การเตรียมตัวอย่างแบบไม่อัดตัวอย่าง Unconsolidated สามารถกระทำดังแสดงในรูปที่ 3.3 และ รูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 แสดงการเตรียมตัวอย่างแบบไม่อัดตัวอย่าง Unconsolidated (สถาพร ภูวิจิตรจารุ 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ส่วนตัวหรือของนักวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนภูมิแสดงการติดตั้งเครื่องมือทดสอบ Triaxial (ศตภาพ ภูวิจิตรจารุ, 1997)

- 1.3) ทำการ shear ตัวอย่างดิน โดยอัตราการกดประมาณ 0.5-1.0 %ความสูงตัวอย่าง/นาที่อ่านค่า proving ring ตามการเปลี่ยนของ deformation dial gauge จนค่า proving ring ที่อ่านได้มีค่าลดลงประมาณ 3-4 ค่า
- 1.4) นำเซลล์ไป ถอด และแกะตัวอย่างออกมาวาดรูปการวิบัติ นำตัวอย่างใส่ภาชนะซึ่งและเข้าเตาอบเพื่อหาความชื้น
- 1.5) ทดสอบตัวอย่างเหมือนโดยใช้ Confining pressure ต่างๆ กัน อย่างน้อย 3 ตัวอย่าง นำมาเขียน Mohr Circle
- 1.6) ลากเส้นตรงสัมผัสวงกลมทั้งหมดเรียกว่า Mohr-Coulomb's Envelope จุดตัดบนแกน Shearing stress เรียกว่า Cohesion (c) และมุมเอียง คือ Angle of internal friction (ϕ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7) การคำนวณและรายงานผลการทดลอง

1.7.1) คำนวณยกพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน ซึ่งจะเปลี่ยนไป

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

A_c = Corrected Area

A_o = Initial Area

$$\epsilon = \text{Strain} = \frac{\Delta V}{L_o}$$

1.7.2) คำนวณหา Vertical Deviator Load

$$F_a = (\text{P.R.}) \times K_p$$

K_p = Proving Ring Constant

P.R. = Proving Ring Reading

1.7.3) คำนวณหา Vertical Deviator Stress

$$\sigma_a = F_a / A_c$$

ค่าปรับแก้ของ Deviator Stress เนื่องจากค่า Stiffness of Rubber

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{4E_m \epsilon_1}{D}$$

$D = \sqrt{4A / \pi}$ = เส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นตัวอย่าง

E_m = Young's Modulus ของ Rubber Membrane

t = ความหนาของ Rubber Membrane

ϵ_1 = Axial Strain การเคลื่อนที่ตามแนวแกน

1.7.4) คำนวณหา Principal Stresses

$$\sigma_3 = \sigma_c = \text{Confining Pressure}$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_a = \text{Total Vertical Stress}$$

1.7.5) เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง

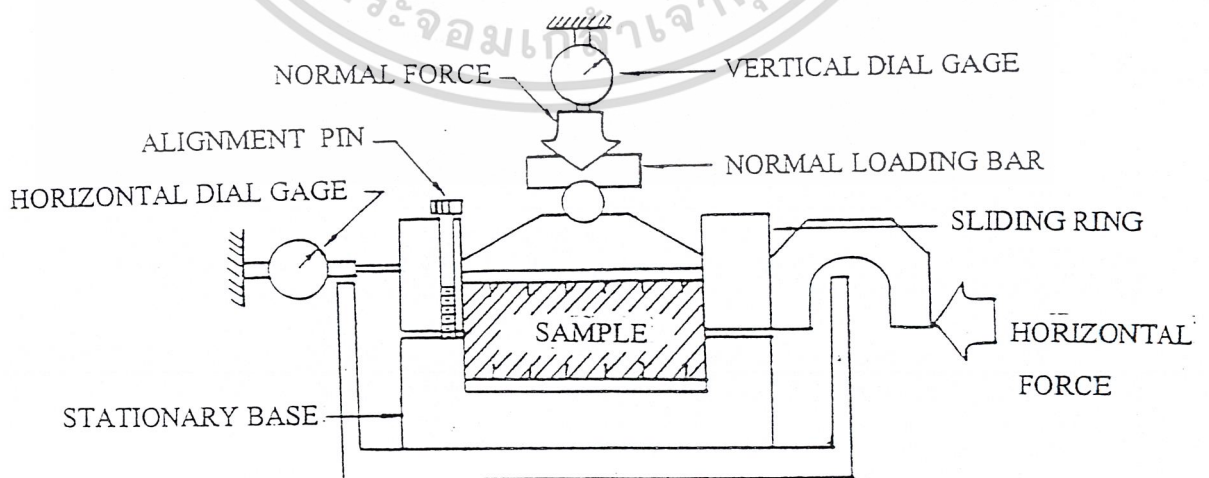
$$\sigma_1 \text{ และ } \Delta V$$

$$\sigma_3 \text{ และ } \Delta V$$

1.7.6) อ่านค่า σ_1 สูงสุด และ σ_3 นำมาเขียน Mohr's Circle

2) Direct Shear Test (ASTM : D3080 - 90)

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ เรียกว่า Direct Shear Machine ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องมือใช้ทดสอบ Direct Shear Test (สถาพร คูวิจิตรจากร, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1) การเตรียมตัวอย่างดินเหนียว

ตัวอย่างที่นิยมใช้ คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว และความหนา 1.0 นิ้ว บรรจุลงบน Shear Box โดยมีการกระทบกระเทือนน้อยที่สุด

2.2) การเฉือนตัวอย่าง (Shearing)

กดตัวอย่างดินด้วยน้ำหนัก (Normal Load) ที่ต้องการแล้วรอให้การทรุดตัวทางแนวตั้งหยุด ซึ่งจะกินเวลาประมาณ 2-10 นาที

อ่านค่าแรงเฉือนจาก Proving Ring Dial ค่าการเคลื่อนตัวทางแนวตั้ง จาก Vertical Dial Gage ทุกๆ การเคลื่อนที่ตามแนวราบ 0.01 นิ้ว จนกระทั่งตัวอย่างดินไม่สามารถรับแรงเฉือนได้อีก โดยค่าจาก Proving Ring Dial จะลดลง

เตรียมตัวอย่างเหมือน ๆ กันอีกอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง โดยใช้น้ำหนักของแตกต่างกัน แล้วทำการทดลอง

2.3) การคำนวณและรายงานผลการทดลอง

2.3.1) คำนวณหา Shearing Stress, τ

$$\tau = \frac{P.R. \times K}{A}$$

P.R. = Proving Ring Reading

K = Proving Ring Constant

A = Shearing Area

2.3.2) เขียนกราฟ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง τ และ ΔH , ΔV และ ΔH ของทุกตัวอย่าง ในการทดลองชุดเดียวกัน หาค่าสูงสุดของ τ จากกราฟ

2.3.3) เขียน Mohr's Diagram ระหว่าง σ และ τ_{max} ของทุกตัวอย่างแล้วลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น เส้นตรงนี้เรียกว่า "Mohr - Coulomb Failure Envelope" คือเส้นที่แทนความแข็งแรงหรือกำลังของดินดังสมการ $\tau = c + \sigma \tan \phi$

3.2.6 เทคนิคพิเศษในการดำเนินการศึกษา

1) ในการหาค่า e , S_r และ $\%w$ ได้นำวงแหวนเหล็กทรงกระบอกกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว x 1 นิ้ว ซึ่งถือได้ว่ามีปริมาตรคงที่ มาเป็นอุปกรณ์ช่วย

2) การทดสอบ $\%w$ ของดินในขอบเขตที่ทำการศึกษา

2.1) $\%w$ ก่อนการทดสอบ Direct Shear และ UU Test

เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบความชื้นของดินซึ่งหาจาก 2 วิธี คือ ใช้วงแหวนเหล็ก และ ใช้ถ้วยสังกะสีไม่ใช้วงแหวน

2.2) $\%w$ หลังการทดสอบ Direct Shear และ UU Test

ซึ่งเมื่อเทียบกับ $\%w$ ก่อนการทดสอบแล้วไม่ควรแตกต่างกันหรือแตกต่างกันน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3) การปรับเปลี่ยนความชื้น

3.1) เนื่องจากต้องควบคุมความชื้นให้ลดลง เป็นไปตามเวลาที่ต้องการและหามาได้จากชั้นตอนการเตรียมการควรรักษาสภาพแวดล้อมให้คงที่มากที่สุดได้แก่ อุณหภูมิในบริเวณที่เก็บตัวอย่างดิน ห่างไกลจากความชื้น วางในที่ร่มไม่ตากแดด

3.2) ความชื้นของดินทั้งกระบอกควรมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ฉะนั้นหลังจากที่ปลายกระบอกดินมีความชื้นลดลง และลดลงมากกว่าช่วงกลางกระบอก จึงใช้เทียนไขปิดที่ปลายกระบอกทั้ง 2 ด้าน เพื่อให้ความชื้นกระจายจากกระบอกสู่ปลายกระบอกตัวอย่าง จากนั้นใช้ถุงพลาสติกหุ้มทับเทียนไขอีกชั้นเพื่อป้องกันความชื้นระคายออกอีกชั้นหนึ่ง

3.3 วิธีวิเคราะห์ผลการศึกษา

3.3.1 การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน เพื่อจำแนกประเภทของดิน โดยวิธี Unified

3.3.2 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินด้วยวิธี Direct Shear Test และ UU Test เพื่อให้ค่าที่ได้จาก

Mohr- Coulomb Failure Envelopeอันได้แก่ค่า c และ ϕ

3.3.3 การใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง c ϕ และ $\%w$ เพื่อศึกษาแนวโน้มของค่า c และ ϕ ณ ความชื้น ต่างๆ



บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์

4.1 คุณสมบัติของดิน

ดินเม็ดละเอียด ถูกเก็บขึ้นมาจาก 2 บริเวณ บริเวณละ 2 ความลึก รวมทั้งสิ้น 4 ชุดตัวอย่าง ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้แก่

- 1) Top Civil-Shop B. -- ดินจากบริเวณอาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธาในช่วง 1.5 - 2.1 เมตร จากผิวดิน
- 2) Bottom Civil-Shop B. -- ดินจากบริเวณอาคารปฏิบัติการภาควิศวกรรมโยธาในช่วง 2.1 - 2.7 เมตร จากผิวดิน
- 3) Top Civil B. -- ดินจากบริเวณอาคารเรียนภาควิศวกรรมโยธาที่ความลึก 1.5 - 2.1 เมตร จากผิวดิน
- 4) Bottom Civil B. -- ดินจากบริเวณอาคารเรียนภาควิศวกรรมโยธาที่ความลึก 2.1 - 2.7 เมตร จากผิวดิน

จากทดสอบคุณสมบัติของดินตัวอย่างทั้ง 4 ชุด ได้ผลการทดสอบออกมาดังแสดงในตารางที่ 4.1 และได้แสดงเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของดินเม็ดละเอียดในที่ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ส่วนรายละเอียดผลการทดสอบคุณสมบัติ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก. และเก็บบันทึกไว้ภายในแผ่น Disk ซึ่งแนบมาด้วย ท้ายเล่ม

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างดินเม็ดละเอียดทั้ง 4 ชุด

PROPERTIES	Civil-Shop B.		Civil B.	
	Top	Bottom	Top	Bottom
ระดับความลึก (Depth) ; เมตร	1.80	2.40	1.80	2.40
ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity , G_s)	2.78	2.80	2.60	2.71
สัดส่วนของดินเหนียว (Portion of Clay)	45%	54%	37%	51%
สัดส่วนของตะกอนทราย (Portion of Silt)	55%	46%	63%	49%
ความชื้นในดินตามธรรมชาติ (Natural Water Content , w_n)	105%	116%	90%	96%
ระดับความอิ่มตัว (Degree of Saturation , S_r)	64%	65%	58%	61%
อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio , e_v)	5.07	5.25	4.10	4.35
หน่วยน้ำหนักทั้งหมด (Bulk Unit Weight , γ) ; ตัน/ม ³	1.20	1.08	1.35	1.30
ขีดจำกัดความเหลว (Liquid Limit , L.L.)	91.6%	98.2%	68.7%	85.1%
ขีดจำกัดความเป็นพลาสติก (Plastic Limit , P.L.)	50.1%	40.7%	41.2%	36.4%
ครรชนิความเหนียว (Plasticity Index , P.I.)	41.4%	57.5%	27.5%	48.6%
ตำแหน่งในแผนภูมิความเหนียว (Plasticity Chart)	ใต้ A-Line	เหนือ A-Line	ใต้ A-Line	เหนือ A-Line
กลุ่มดิน (Group Symbol)ตาม USC	MH	CH	MH	CH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติของดินที่นำมาศึกษาเทียบกับดินเม็ดละเอียดในต่าง ๆ

	Depth , m	G _s	W _n , %	γ, ton/m ³	L.L. , %	P.L. , %	P.I. , %	Group Symbol
Top Civil-Shop B.	1.8	2.78	105	1.20	91.6	50.1	41.4	MH
Bot Civil-Shop B.	2.4	2.80	116	1.08	98.2	40.7	57.5	CH
Top Civil B.	1.8	2.60	90	1.35	68.7	41.2	27.5	MH
Bot Civil B.	2.4	2.71	96	1.30	85.1	36.4	48.6	CH
ลาดกระบ้ง								
BH1	1.5-2.0	2.59	45.33	1.81	46.55	26.69	19.86	CL
	30-3.5	2.59	109.54	1.47	50.85	31.80	19.05	MH-OH
BH2	1.5-2.0	2.6	81.46	1.56	53.60	22.44	31.16	CH
	3.0-3.5	2.64	90.49	1.48	56.70	24.36	32.34	CH
รังสิต	0-2	2.69-2.70	60-95	1.50-1.70	95-100	20-30	65-80	CH
	2-11	2.66-2.72	70-95	1.40-1.60	95-105	25-35	60-80	CH
AIT	1	2.70	42	1.72	72	31	41	CH
	2	2.70	64	1.60	87	33	48	CH
	3	2.70	81	1.52	90	35	53	CH
ดินกรุงเทพฯ	1.5-7.0	2.58-2.69	77-95		90-30	25-40	56-68	CH
อินเดีย (Black Cotton)		2.72			67		18	MH

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของดินตัวอย่างทั้ง 4 ชุดดังตารางที่ 4.1 พบว่า

- 1) ดินที่ระดับความลึก 1.80 เมตร เป็นดินในกลุ่ม MH และดินที่ระดับความลึก 2.40 เมตร เป็นดินในกลุ่ม CH เหมือนกัน ทั้งดินที่มาจาก บริเวณ Civil-Shop B.และบริเวณ Civil B.
- 2) ดินบริเวณ Civil-Shop B. มีค่าคุณสมบัติต่างๆ สูงกว่าดินบริเวณ Civil B. อันได้แก่ G_s, w_n, L.L., P.L. และ P.I. เป็นต้น
- 3) ดินจากทั้ง 2 บริเวณ ดินชุด Bottom มีค่าคุณสมบัติต่างๆ สูงกว่าดินชุด Top อันได้แก่ G_s, w_n, L.L. และ P.I. เป็นต้น
- 4) ดินบริเวณ Civil-Shop B. มีสัดส่วนของดินเหนียว มากกว่าดินบริเวณ Civil B. ที่ความลึกจากผิวดินเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของ ดินที่นำมาทดสอบในโครงการพิเศษนี้ กับ ดินเม็ดละเอียดในช่วง ความลึก 0 - 3 ม. ดังตารางที่ 4.2 พบว่า

- 1) ดินมีค่าคุณสมบัติ ใกล้เคียงกับคุณสมบัติของดินบริเวณลาดกระบังมากที่สุด เป็นเพราะอยู่ใน บริเวณใกล้กัน
- 2) ดินมีค่าคุณสมบัติ ต่างจากดินเม็ดละเอียดในบริเวณอื่นๆ ค่อนข้างมาก ทั้งนี้เป็นเพราะอยู่ใน สภาพธรรมชาติที่ต่างกัน

4.2 ผลกระทบต่อกำลังของดินเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในมวลดิน

ผลการทดสอบหาค่า Shear Strength Parameter โดย Direct Shear Test และ UU Test ของตัวอย่าง ดินเม็ดละเอียดทั้ง 4 ชุด ที่ค่า %w ต่าง ๆ กัน ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Shear Strength Parameter ของตัวอย่างดินเม็ดละเอียดทั้ง 4 ชุด ที่ค่าความชื้นต่าง ๆ กัน

Civil-Shop B.						Civil B.					
Top 1.50 - 2.10 m.						Top 1.50 - 2.10 m.					
Tube No.	%w	c,t/m ² (Direct)	φ (Direct)	c,t/m ² (UU.)	φ (UU.)	Tube No.	%w	c,t/m ² (Direct)	φ (Direct)	c,t/m ² (UU.)	φ (UU.)
1	105.09	0.66	28.20	0.71	25.23	1	84.52	0.59	33.20	0.72	25.81
2	100.86	0.76	24.81	0.78	24.56	2	77.73	0.77	31.82	0.83	24.76
3	89.05	0.81	24.58	0.80	22.44	3	66.01	0.80	30.21	0.94	25.91
4	66.74	0.90	19.23	1.15	20.22	4	50.46	1.01	25.15	1.09	20.32
5	56.67	1.05	17.44	1.41	13.19	5	47.59	1.15	25.11	1.37	19.74
Bottom 2.10 - 2.70 m.						Bottom 2.10 - 2.70 m.					
Tube No.	%w	c,t/m ² (Direct)	φ (Direct)	c,t/m ² (UU.)	φ (UU.)	Tube No.	%w	c,t/m ² (Direct)	φ (Direct)	c,t/m ² (UU.)	φ (UU.)
1	116.02	0.68	22.70	0.81	23.08	1	91.83	0.64	24.10	0.77	17.43
2	99.80	0.67	23.40	0.85	21.12	2	85.35	0.71	23.72	0.89	16.59
3	85.89	0.87	19.50	1.02	17.83	3	72.25	0.85	20.18	0.96	12.87
4	68.34	0.96	17.37	1.16	13.65	4	60.14	1.17	16.81	1.04	13.67
5	57.57	1.00	11.70	1.49	10.40	5	52.39	1.24	17.20	1.34	12.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากดินที่นำมาใช้ในการทดสอบ เป็นดินจำพวกเม็ดละเอียด ช่วงความลึกดินประมาณ 1.50 - 2.70 เมตร ซึ่งชั้นดินดังกล่าวไม่สามารถระบายน้ำในช่องว่างได้ ดังนั้นในโครงการพิเศษนี้ ค่าความดันน้ำในช่องว่างจึงไม่นำมาพิจารณา ร่วมกับค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน

เพื่อให้เกิดความชัดเจนและ สะดวกในการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดสอบของดินตัวอย่างทั้ง 4 ชุด ผลการทดสอบแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับค่า c และ ϕ ซึ่งได้เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่าง Direct Shear Test กับ UU Test ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.3 และได้เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างชุดตัวอย่าง Top กับ ชุดตัวอย่าง Bottom ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.4

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil-Shop B. ในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 พบว่า

- 1) ค่า c มีแนวโน้มลดลง เมื่อ %w มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ปริมาณน้ำมีผลต่อสถานภาพความชื้นเหลวของดิน ทำให้กำลังของดินลดลง ส่วนค่า ϕ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ %w มีค่าเพิ่มขึ้น
- 2) ค่า c ซึ่งได้จากการทดสอบแบบ Direct Shear มีค่าต่ำกว่า ค่า c ซึ่งได้จากการทดสอบแบบ UU ส่วน ค่า ϕ มีค่าสูงกว่า ที่ค่า %w เท่ากัน เนื่องจากแนวความคิดของการทดสอบแบบ Direct Shear ได้กำหนดกระบวนการพังทลาย โดยให้แรงกดตั้งฉากที่ค่าต่างๆ กัน
- 3) ค่า c ของตัวอย่างดินในชุด Top มีค่าต่ำกว่า ค่า c ของตัวอย่างดินในชุด Bottom เล็กน้อย ส่วนค่า ϕ มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ที่ค่า %w เท่ากัน ซึ่งบอกได้ว่า ตัวอย่างดินในชุด Bottom มีความเหนียวกว่า ตัวอย่างดินในชุด Top

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil B. ในรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 พบว่า

- 1) ค่า c มีแนวโน้มลดลง เมื่อ %w มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่า ϕ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ %w มีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับดินบริเวณ Civil-Shop B.
- 2) ค่า c ซึ่งทดสอบแบบ Direct Shear Test มีค่าต่ำกว่า ค่า c ซึ่งทดสอบแบบ UU Test ส่วนค่า ϕ มีค่าสูงกว่า ที่ค่า %w เท่ากัน เช่นเดียวกับดินบริเวณ Civil-Shop B.
- 3) ค่า c ของตัวอย่างดินในชุด Top มีค่าต่ำกว่า ค่า c ของตัวอย่างดินในชุด Bottom เล็กน้อย ส่วนค่า ϕ มีค่าสูงกว่า ค่อนข้างมาก ที่ค่า %w เท่ากัน ซึ่งบอกได้ว่า ตัวอย่างดินในชุด Bottom มีความเหนียวกว่า ตัวอย่างดินในชุด Top

จากผลการทดสอบคุณสมบัติและกำลังของดินเม็ดละเอียด ทั้ง 4 ชุดตัวอย่าง พบว่า

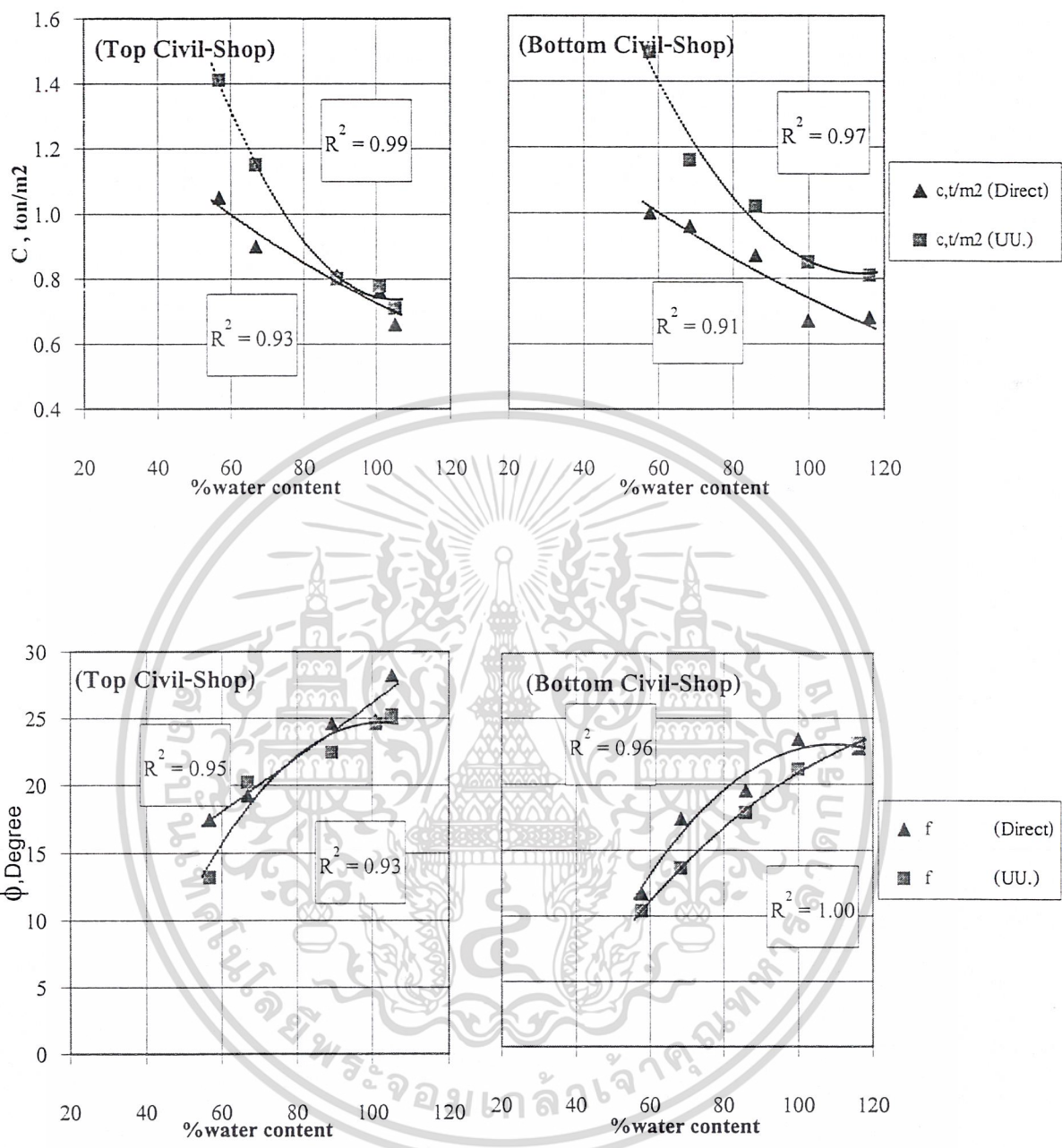
- 1) ค่า c มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า ϕ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ %w มีค่าเพิ่มขึ้น เหมือนกันในทุกชุดตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบของดินเม็ดละเอียด Black Cotton ในอินเดีย เนื่องจาก มีอนุภาคของน้ำเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคเม็ดดินมากขึ้น ค่า c จึงลดลง ค่า ϕ จึงสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ค่า c ที่ได้จากการทดสอบแบบ Direct Shear จะมีค่าสูงกว่า ค่า c ที่ได้จากการทดสอบแบบ Unconsolidated Undrain ส่วนค่า ϕ จะสูงกว่า เนื่องจาก เครื่องมือและลักษณะในการทดสอบที่แตกต่างกันของเครื่องมือทั้ง 2 กล่าวคือ Direct Shear Test กำหนดระนาบรับแรงเฉือน ซึ่งเหมาะกับการทดสอบกำลังของทราย ส่วน UU Test ไม่ได้มีการกำหนดระนาบรับแรงเฉือน และมีแรงดันรอบขึ้นตัวอย่าง ซึ่งใกล้เคียงกับสภาพตามธรรมชาติมากกว่า
- 3) ตัวอย่างดิน ในชุด Top ซึ่งเป็นดินในกลุ่ม MH ของทั้ง 2 บริเวณ มีค่า c ต่ำกว่า ในชุด Bottom ซึ่งเป็นดินในกลุ่ม CH แต่มีค่า ϕ สูงกว่า ซึ่งอาจสังเกตได้จากระนาบการเฉือนพังของดิน MH ชั้นกว่า ระนาบการเฉือนพังของดิน CH เนื่องจากเป็นดินคนละกลุ่มซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน อันได้แก่ โครงสร้างการยึดเกาะ กล่าวคือ MH มีโครงสร้างแบบ Honey Comb ส่วน CH มีโครงสร้างแบบ Fluctuate เป็นต้น

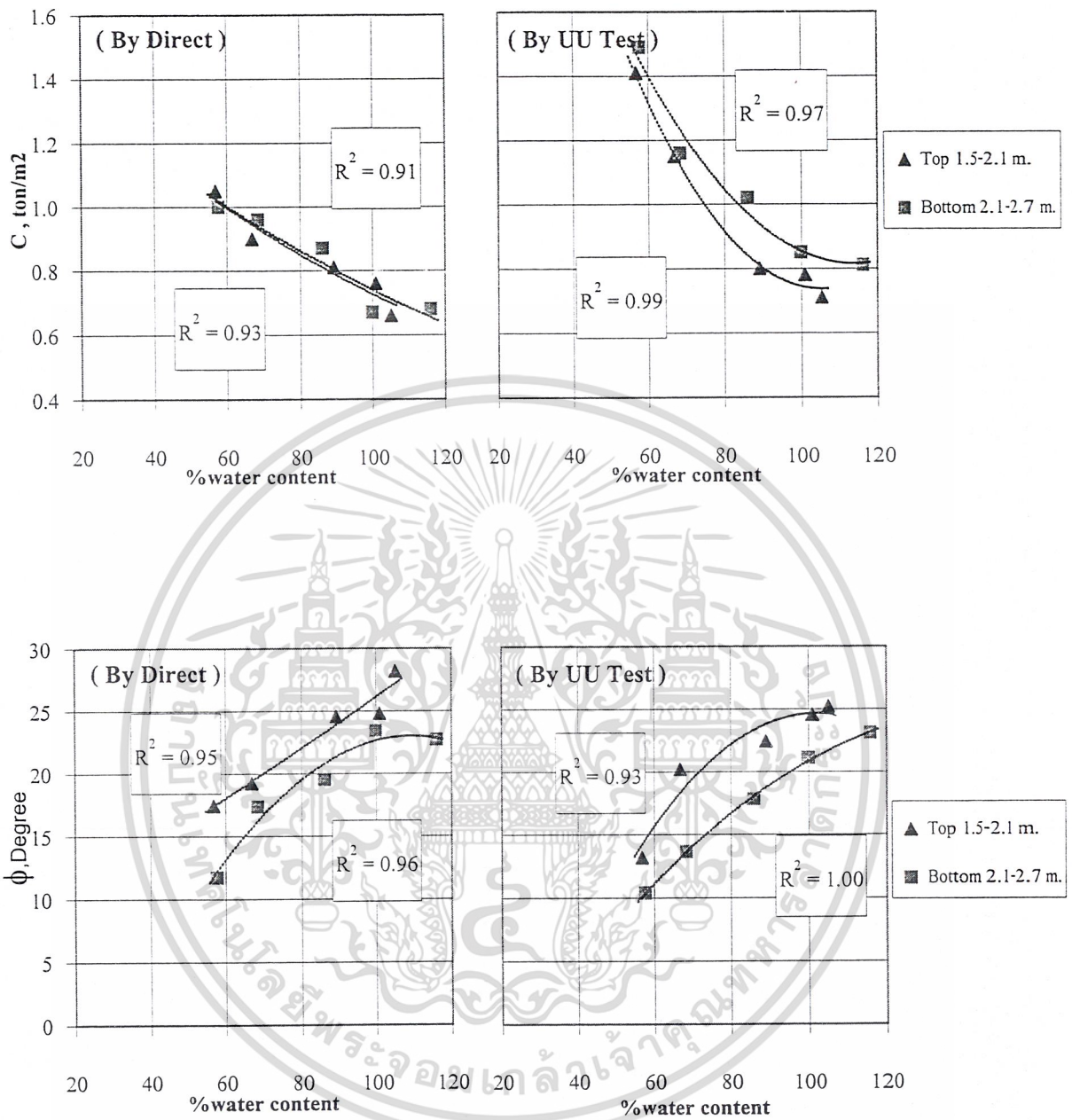


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil-Shop B. ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่าง Direct Shear (Direct) กับ UU Test (UU)

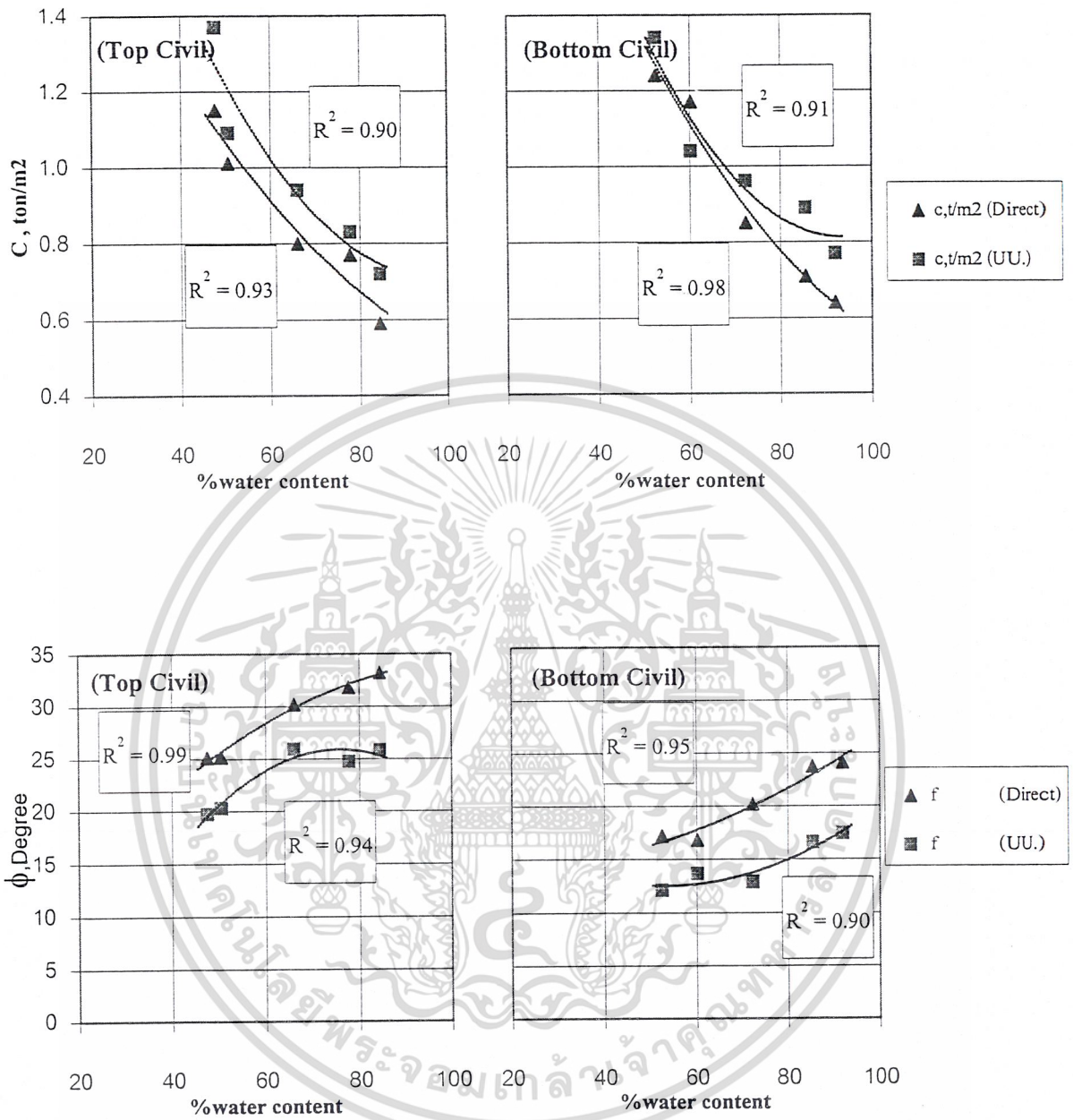
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil-Shop B.

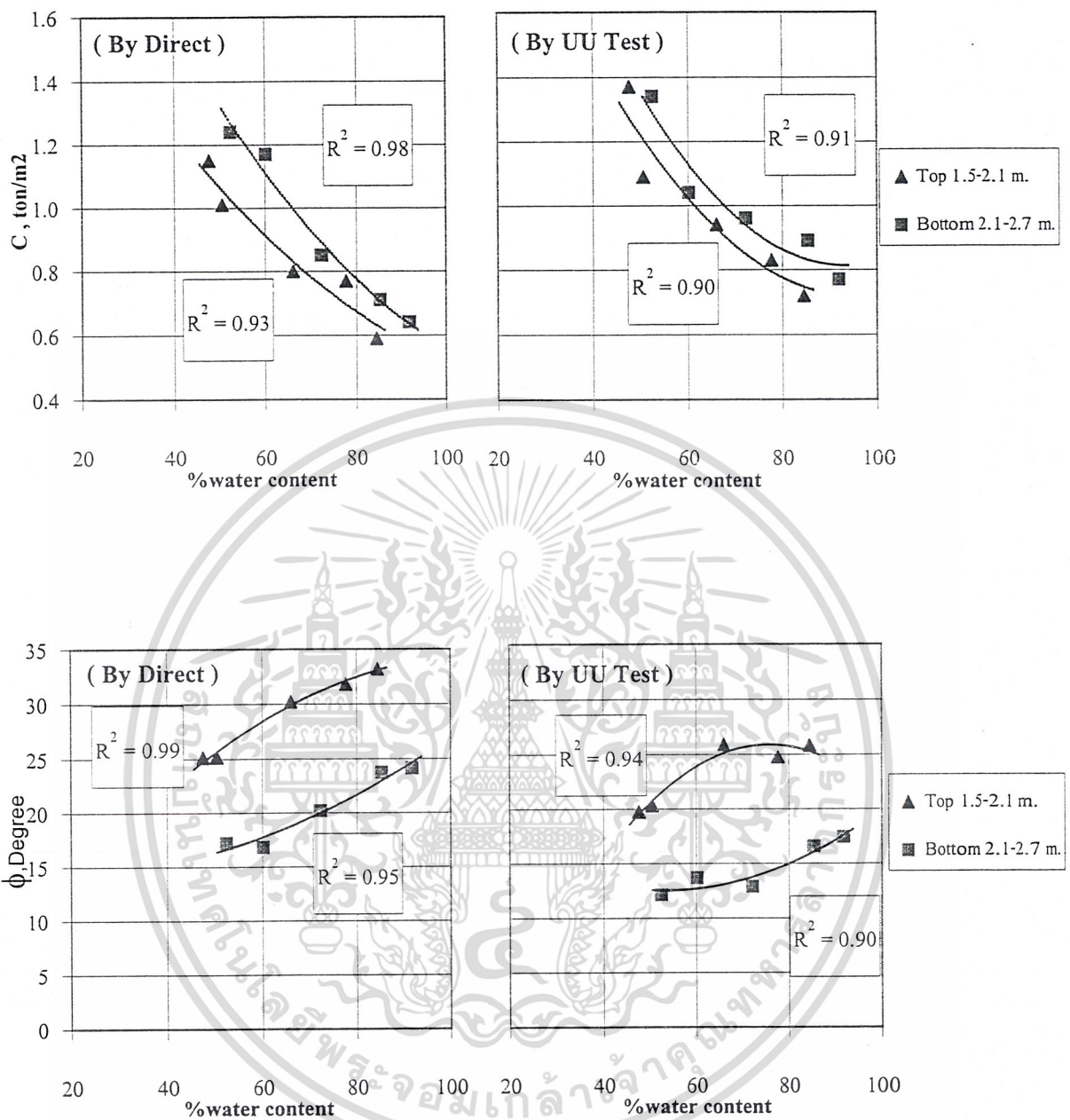
ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่าง ชุดตัวอย่าง Top กับ Bottom

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil B. ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่าง Direct Shear (Direct) กับ UU Test (UU)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



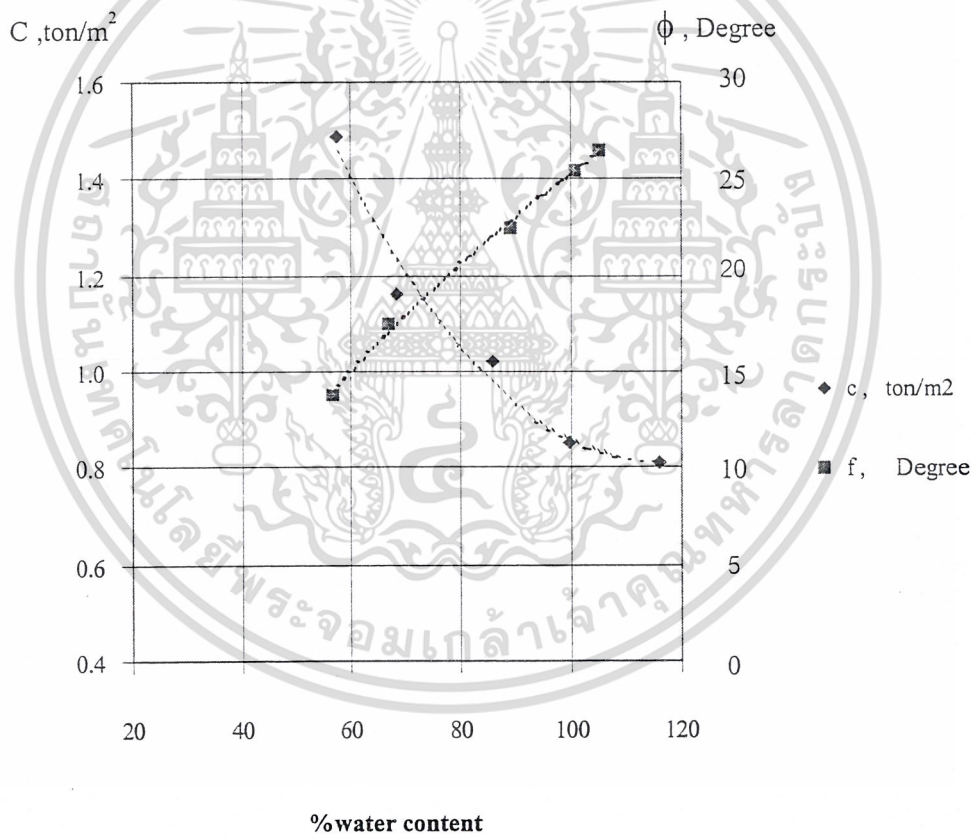
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter ของดินบริเวณ Civil B.
ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่าง ชุดตัวอย่าง Top กับ Bottom

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากรายงานการศึกษาต่าง ๆ ที่ได้ทำการค้นคว้า และผลการศึกษาจากโครงการพิเศษนี้ สรุปได้ว่า ปริมาณความชื้นในมวลดิน มีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนของดินจำพวกเม็ดละเอียด ซึ่งพิจารณาได้จากการเปลี่ยนแปลงของ ส่วนประกอบกำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength Parameter) อันประกอบด้วย แรงยึดเหนี่ยว (Cohesion, c) และ มุมเสียดทานภายใน (Internal Friction Angle, ϕ) พบว่า เมื่อปริมาณความชื้นในมวลดินเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ c ลดลง แต่ ϕ เพิ่มขึ้น และ เมื่อปริมาณความชื้นในมวลดิน ลดลง จะมีผลทำให้ c เพิ่มขึ้น ส่วน ϕ ลดลง ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ซึ่งนำผลมาจากการทดสอบดินเม็ดละเอียดกลุ่ม CH และ MH ด้วย UU Test



รูปที่ 5.1 แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่าง %w กับ Shear Strength Parameter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) เนื่องจาก Proving Ring ถูกใช้มาเป็นเวลานาน ค่าคงที่ต่างๆ ที่นำมาใช้ในการคำนวณ อาจมีการคาดเคลื่อนไปได้บ้าง ควรมีการนำมา Calibrate เพื่อปรับแก้ค่าคงที่ให้ตรงตามสภาพในขณะนั้น ๆ
- 2) กระจกเปลือยบางที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินในโครงการพิเศษนี้ เป็นกระจกซึ่งทำขึ้นมาเอง โดยใช้ท่อเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 นิ้ว x 0.75 เมตรหนา 2 มิลลิเมตร และทำการกลึงปลายกระจกให้มีขนาดใกล้เคียงกับมาตรฐานมากที่สุด
- 3) ในการทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ในมวลดิน ได้มีการนำวงแหวนเหล็กซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว x 1 นิ้วหนา 2 มิลลิเมตร มาใช้ในการบรรจุตัวอย่างดิน เพื่อเป็นการควบคุมปริมาตร ซึ่งมีได้มีมาตรฐานมารองรับ
- 4) เนื่องจากในสภาพความเป็นจริง ดินตามธรรมชาติไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด ถึงแม้ว่าจะเป็นดินที่ระดับเดียวกันก็ตาม ดังนั้นคุณสมบัติของดินตัวอย่างแต่ละกระบอก อาจมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไป จากดินในกระบอกตัวอย่างที่นำมาทดสอบ หาค่าคุณสมบัติ ดังนั้นในการ คัดเลือกดินที่จะนำมาทดสอบและนำเสนอจึงค่อนข้างยากที่จะให้มีคุณสมบัติตรงตามต้องการ และได้ค่าผลการทดสอบที่แน่นอน
- 5) ในการนำดินตัวอย่าง มาทดสอบนั้นต้องการดินในลักษณะ Undisturbed แต่การควบคุมกระทำได้ยากมาก พบว่าในขั้นตอนการเจาะเก็บตัวอย่างดินในกระบอกเปลือยบาง ต้องมีความระมัดระวังในการกดตัวอย่างลงไปชั้นดิน ไม่ให้มีการกระแทก ลงไปอย่างรุนแรง ส่วนการดันดินออกจากกระบอกตัวอย่าง เพื่อนำมาทดสอบ โดยการใช้อุปกรณ์กดดินนั้น ดินจะถูกอัดตัวกันแน่น ก่อนที่จะพ้นจากปากกระบอกออกมา จึงควรมีการปรับปรุง กระจกเปลือยบางให้สามารถนำดินออกมาใช้ทดสอบ โดยมีการรบกวนดินน้อยที่สุด
- 6) การวิบัติของดินเนื่องจากแรงเฉือนจะเกิดขึ้นบนระนาบที่หน่วยแรง σ น้อยที่สุด หรือเมื่อหน่วยแรง σ_1 น้อยที่สุดทั้งนี้เพราะหน่วยแรง σ_3 มีค่าคงที่จะได้ว่า θ_c เท่ากับ 45 องศาบวกกับ $\phi/2$ (เมื่อ θ_c เท่ากับมุมของระนาบที่วิบัติ) ดังนั้นการติดตั้งชิ้นตัวอย่างภายใน Triaxial Cell และการตัดแต่งชิ้นตัวอย่างก่อนทดสอบควรทำให้ได้มาตรฐาน มากที่สุด
- 7) เส้นแนวโน้มในกราฟที่แสดงดังรูปที่ 4.1 ถึงรูปที่ 4.4 นั้นเป็นเส้นที่ลากขึ้นมาด้วยรูปแบบสมการกำลังสองซึ่งเห็นว่าเหมาะสมแล้ว แต่หากในการศึกษา มีจำนวนตัวอย่างมากกว่านี้ก็น่าที่จะได้ผลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ASTM Designation: D 422 (1963 Reapproved 1990), Annual book of ASTM. Standards Section 4, Construction Vol. 04.08 Soil and Rock; Dimension Stone and Geosynthetic.
- [2] ASTM Designation: D 854 (1983 Reapproved 1990), Annual book of ASTM. Standards Section 4, Construction Vol. 04.08 Soil and Rock; Dimension Stone and Geosynthetic.
- [3] ASTM Designation: D 2216 (1990), Annual book of ASTM. Standards Section 4, Construction Vol. 04.08 Soil and Rock; Dimension Stone and Geosynthetic.
- [4] ASTM Designation: D 2487 (1990), Annual book of ASTM. Standards Section 4, Construction Vol. 04.08 Soil and Rock; Dimension Stone and Geosynthetic.
- [5] ASTM Designation: D 2850 (1987), Annual book of ASTM. Standards Section 4, Construction Vol. 04.08 Soil and Rock; Dimension Stone and Geosynthetic.
- [6] ASTM Designation: D 3080 (1990), Annual book of ASTM. Standards Section 4, Construction Vol. 04.08 Soil and Rock; Dimension Stone and Geosynthetic.
- [7] ASTM Designation: D 4221 (1990), Annual book of ASTM. Standards Section 4, Construction Vol. 04.08 Soil and Rock; Dimension Stone and Geosynthetic.
- [8] ASTM Designation: D 4318 (1984), Annual book of ASTM. Standards Section 4, Construction Vol. 04.08 Soil and Rock; Dimension Stone and Geosynthetic.
- [9] Bolwes, J.E. (1996), Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill Book Company, U.S.A., 1175p.
- [10] Das, B.M. (1985), Advance Soil Mechanics, McGraw-Hill Book Company, U.S.A., 511p.
- [11] Lambe, W. (1979), Soil Mechanics, John Wiley and Sons, New York, 553p.
- [12] Katti, R.K., Gupta, D.K., Kulkarni, S.K., Proceeding of The Third International Conference on Expansive Soil, Vol. I, Division 1-5, Lecturer in Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Bombay, India.
- [13] Lambe, T.W. (1951), Soil Testing for Engineering, John Wiley and Sons, New York, 553p.
- [14] Uba Sirikeaw. (1992), Final Report on Soil Engineering Course, Geotechnical Division, Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- [15] Yongyuth Taesiri. (1976), Consolidation Characteristics of Rangsit Clay, Geotechnical Division, Thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- [16] Yoshitada Yoshida, Jiro Kuwane and Reiko Kuwane. (1991), Soil and Foundation Vol. 31, No.1, 181-186, The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Japan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [17] มณเฑียร กังศ ศิเทียม. 2538. กลศาสตร์ของดินทางวิศวกรรม. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพฯ. 371น.
- [18] วรากร ไม้เรียง จิรพัฒน์ โชติไกร และ ประทีป ดวงเดือน. 2525.ปฐพีกลศาสตร์ และ ปฏิบัติการ. ฟิสิกเซนส์เตอร์การพิมพ์. กรุงเทพฯ. 180น.
- [19] ศ. วัฒนา ธรรมมงคล และ ศ.ดร. วินิต ช่อวิเชียร. 2532. ปฐพีกลศาสตร์. หจก. ป. สัมพันธ์พาณิชย์. 328น.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

แสดงตารางบันทึกและผลการทดสอบคุณสมบัติดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L				SPECIFIC GRAVITY TEST			
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>1</u>			
Location <u>Civil-Shop B.</u>		Boring No. <u>1</u>		Sample No. <u>1/T *</u>			
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>1.80 m.</u>					
Tested By <u>INT</u>		Date <u>๙ 23/01/41</u>					
SPECIFIC GRSVITY DETERMINATION				FLASK CALIBRATION			
TRIAL NO.	1	2		1	2	3	4
1. TEMPERATURE	33	33		20	30	35	40
2. FLASK+WATER	656.70	656.70		658.50	657.30	656.40	655.10
3. FLASK+WATER+SOIL	676.50	673.50					
4. CONTAINER NO.	S1	S2					
5. DRY SOIL+CONTAINER	363.50	246.80					
6. WT. OF CONTAINER	332.70	220.60					
7. DRY SOIL	30.80	26.20					
8. SP.GR.OF WATER	0.9947	0.9947					
9.SP.GR.OF SOIL (7X8)/(2+7-3)	2.785	2.772					
AVERAGE SP. GR. OF SOIL	2.779						

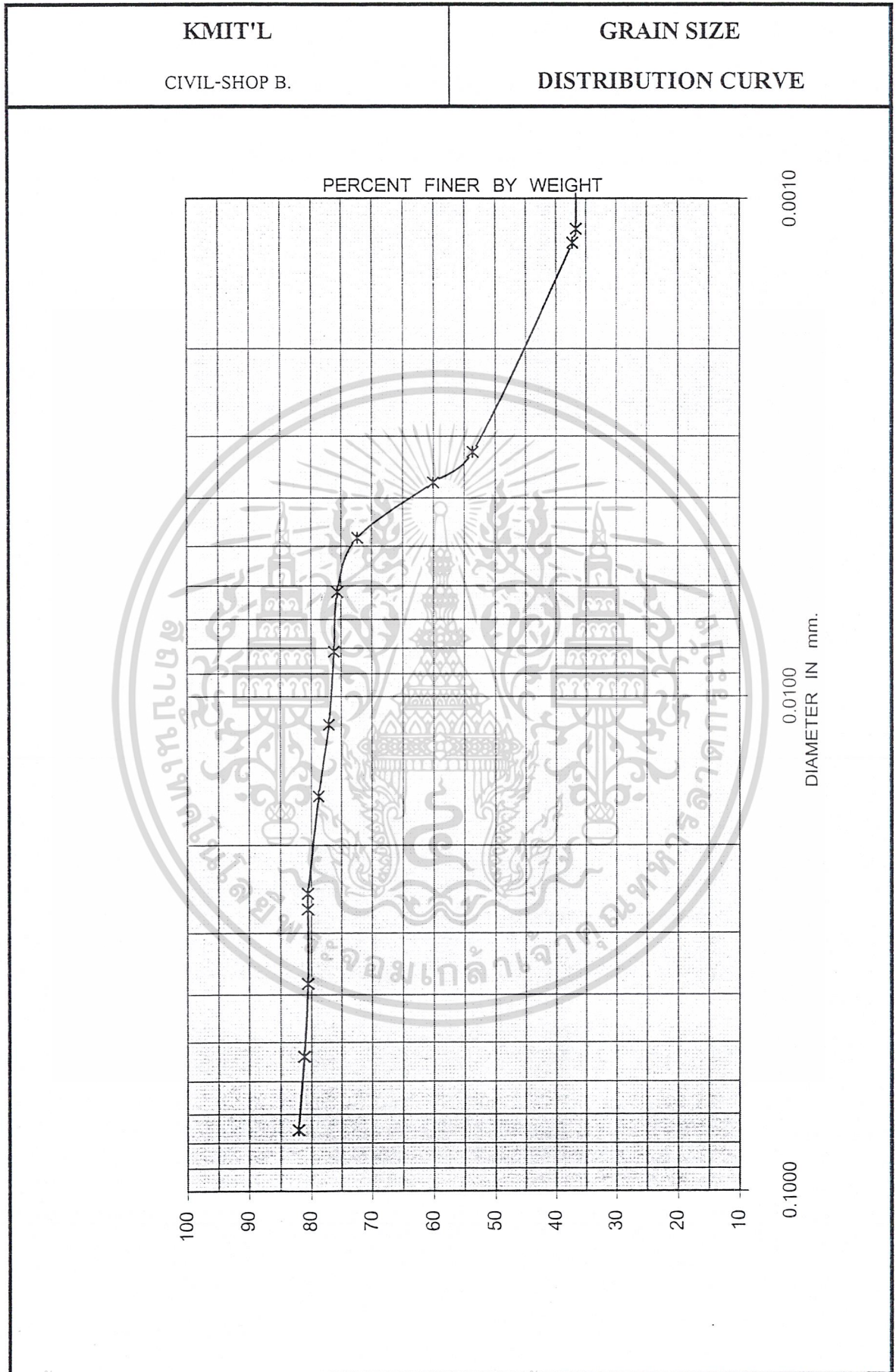
Temperature (C)	Weight of Flask + Water (gm)
20	658.50
30	657.30
35	656.40
40	655.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Top Civil-Shop B.

KMIT'L					HYDROMETER ANALYSIS				
Project		Special Project	Owner		INT	Job No.		1	
Location		Civil-Shop B.	Boring No.		1	Sample No.		1/T *	
Soil Description			Gray Silty Clay		Depth		1.80 m.		
Tested By		INT			Date		๙ 19/12/40		
SP.GR.OF SOIL			2.80		SAMPLE WEIGHT			60 g.	
HYDROMETER NO.			K1985		CAN NO.			A	
DISPERSING AGENT			4%		DRY SOIL+CAN			307.9 g.	
MENICUS CORRECTION			0.5		CAN WT.			254.8 g.	
% FINER THAN NO.200			100		WT.OF DRY SOIL			53.1 g.	
DATE	TIME	ELAPSED TIME,Min	R _A	TEMP. °C	R _C	N %	h cm.	D mm.	N' %
23-Dec	14:00	0.25	27.5	29	28.0	82.0	10.2	0.0752	82.0
"		0.5	27.2	"	27.7	81.1	10.3	0.0535	81.1
"		1	27.0	"	27.5	80.6	10.4	0.0380	80.6
"		2	27.0	"	27.5	80.6	10.4	0.0269	80.6
"		2	27.0	"	27.5	80.6	9.0	0.0250	80.6
"		5	26.4	"	26.9	78.8	9.2	0.0160	78.8
"		10	25.8	"	26.3	77.0	9.4	0.0114	77.0
"		20	25.5	"	26.0	76.2	9.5	0.0081	76.2
"		35	25.3	"	25.8	75.6	9.6	0.0062	75.6
"	15:35	60	24.2	"	24.7	72.4	10.0	0.0048	72.4
"	16:35	120	20.0	28	20.5	60.1	11.7	0.0037	60.1
"	17:25	170	17.8	"	18.3	53.6	12.5	0.0032	53.6
24-Dec	13:10	1355	12.2	29	12.7	37.2	14.7	0.0012	37.2
"	17:00	1585	12.0	28	12.5	36.6	14.8	0.0012	36.6
25-Dec	8:46	2470	12.0	28	12.5	36.6	14.8	0.0009	36.6
$N = K_1 \cdot R_c$ $D = K_2 \cdot \sqrt{\frac{h}{t}}$					$N' = N \cdot (\% \text{ Finer. No.200})$ $R_c = R_a + C_M + C_T$				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



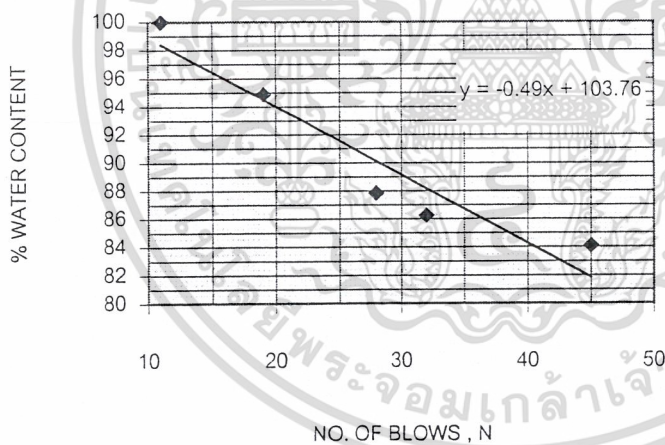
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Top Civil-Shop B.

KMIT'L		LIQUID AND PLASTIC LIMITS			
Project	Special Project	Owner	INT	Job No.	3
Location	Civil-Shop B.	Boring No.	1	Sample No.	1/T*
Soil Description	Gray Silty Clay		Depth	1.80 m.	
Tested By	INT		Date	๙/19/12/40	

LIQUID LIMIT TEST:

NO.OF BLOWS , N	11	19	28	32	45		
CAN NO.	5	4	3	103	57		
WET SOIL+CAN ,gm.	46.60	38.60	29.50	30.90	33.10		
DRY SOIL+CAN ,gm.	31.50	27.50	23.00	24.00	25.70		
WT.OF CAN ,gm.	16.40	15.80	15.60	16.00	16.90		
WT.OF WATER ,gm.	15.10	11.10	6.50	6.90	7.40		
WT.OF DRY SOIL ,gm.	15.10	11.70	7.40	8.00	8.80		
% WATER CONTENT	100.00	94.87	87.84	86.25	84.09		



LIQUID LIMIT = 91.6
 PLASTIC LIMIT = 50.1
 P.I. = 41.4

PLASTIC LIMIT TEST:

CAN NO.	1	2					
WET SOIL+CAN ,gm.	33.50	30.40					
DRY SOIL+CAN ,gm.	25.50	23.50					
WT.OF CAN ,gm.	9.70	9.60					
WT.OF WATER ,gm.	8.00	6.90					
WT.OF DRY SOIL ,gm.	15.80	13.90					
% WATER CONTENT	50.63	49.64				Average=	50.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L				SPECIFIC GRAVITY TEST			
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>2</u>			
Location <u>Civil-Shop B.</u>		Boring No. <u>1</u>		Sample No. <u>1/B*</u>			
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>2.40 m.</u>					
Tested By <u>INT</u>		Date <u>๑ 2/02/41</u>					
SPECIFIC GRSVITY DETERMINATION				FLASK CALIBRATION			
TRIAL NO.	1	2		1	2	3	4
1. TEMPERATURE	33	33		20	30	35	40
2. FLASK+WATER	656.70	656.70		658.50	657.30	656.40	655.10
3. FLASK+WATER+SOIL	680.20	682.00					
4. CONTAINER NO.	S1	S2					
5. DRY SOIL+CONTAINER	369.20	259.40					
6. WT. OF CONTAINER	332.70	220.20					
7. DRY SOIL	36.50	39.20					
8. SP.GR.OF WATER	0.9947	0.9947					
9.SP.GR.OF SOIL (7X8)/(2+7-3)	2.793	2.805					
AVERAGE SP. GR. OF SOIL	2.799						

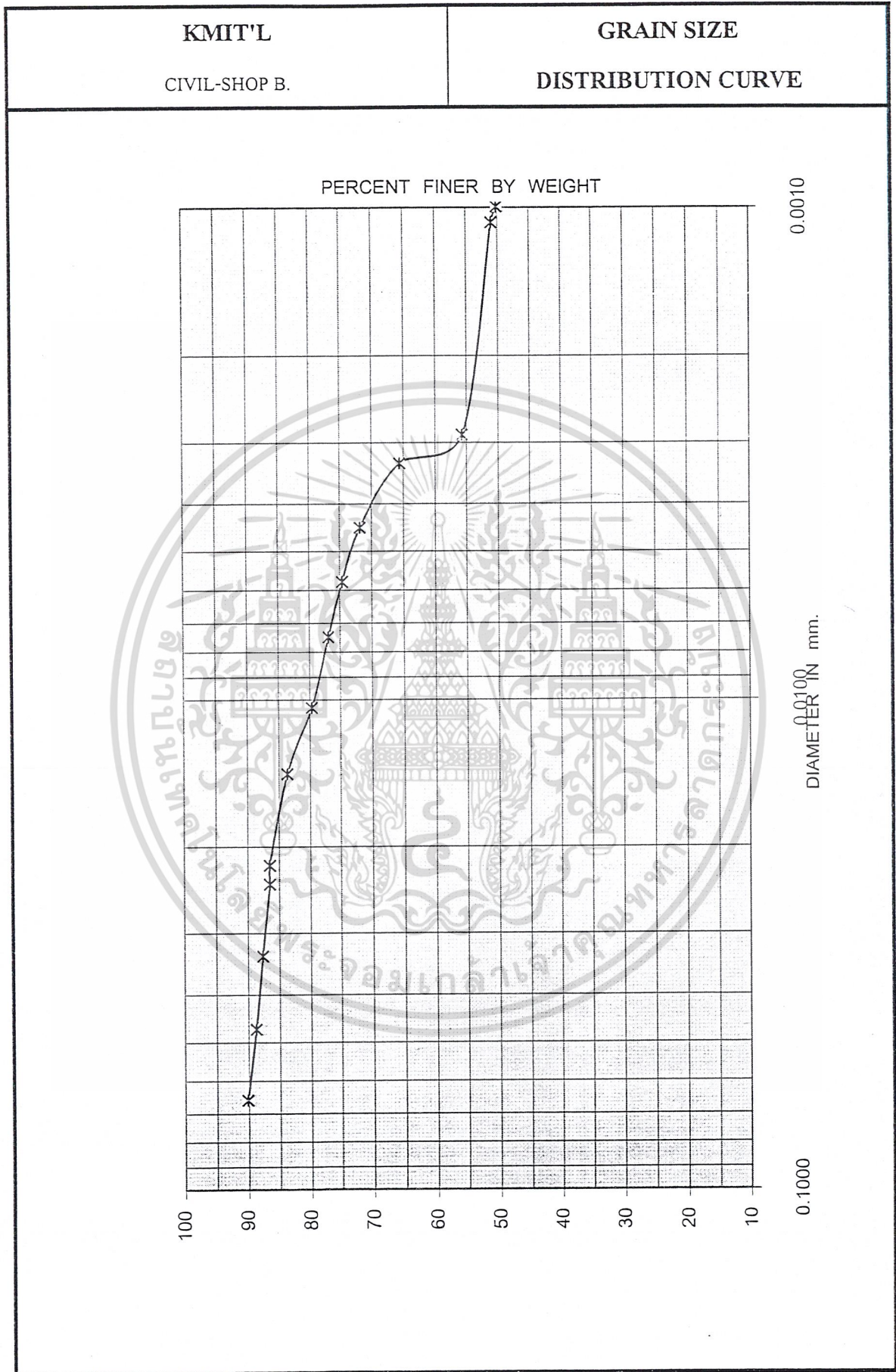
TEMPERATURE , C	WEIGHT OF FLASK + WATER , gm
20	658.50
30	657.30
35	656.40
40	655.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottom Civil-Shop B.

KMIT'L					HYDROMETER ANALYSIS				
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>3</u>									
Location <u>Civil-Shop B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/B*</u>									
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>2.40 m.</u>									
Tested By <u>INT</u> Date <u>จ 2/02/41</u>									
SP.GR.OF SOIL			2.85		SAMPLE WEIGHT			60 g.	
HYDROMETER NO.			K1985		CAN NO.			A	
DISPERSING AGENT			4%		DRY SOIL+CAN			309.5 g.	
MENICUS CORRECTION			0.5		CAN WT.			254.8 g.	
% FINER THAN NO.200			100		WT.OF DRY SOIL			54.7 g.	
DATE	TIME	ELAPSED TIME,Min	R _A	TEMP. °C	R _C	N %	h cm.	D mm.	N' %
2-Feb	13:00	0.25	31.5	33	32.0	90.1	8.7	0.0657	90.1
"		0.5	31.0	"	31.5	88.7	8.9	0.0470	88.7
"		1	30.6	"	31.1	87.6	9	0.0334	87.6
"		2	30.2	"	30.7	86.5	9.2	0.0239	86.5
"		2	30.2	"	30.7	86.5	7.7	0.0218	86.5
"		5	29.2	"	29.7	83.6	8.1	0.0142	83.6
"		10	27.8	"	28.3	79.7	8.7	0.0104	79.7
"		20	26.8	"	27.3	76.9	9	0.0075	76.9
"		35	26.0	"	26.5	74.6	9.4	0.0058	74.6
"	14:35	60	25.0	"	25.5	71.8	9.7	0.0045	71.8
"	15:35	120	22.8	"	23.3	65.6	10.6	0.0033	65.6
"	16:35	180	19.3	32	19.8	55.8	11.9	0.0029	55.8
3-Feb	12:10	1355	17.6	33	18.1	51.0	12.6	0.0011	51.0
"	16:00	1585	17.3	33	17.8	50.1	12.7	0.0010	50.1
4-Feb	9:00	2605	17.0	31	17.5	49.3	12.8	0.0008	49.3
$N = K_1 \cdot R_c$ $D = K_2 \cdot \sqrt{\frac{h}{t}}$ $N' = N \cdot (\% \text{ Finer. No.200})$ $R_c = R_a + C_M + C_T$									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

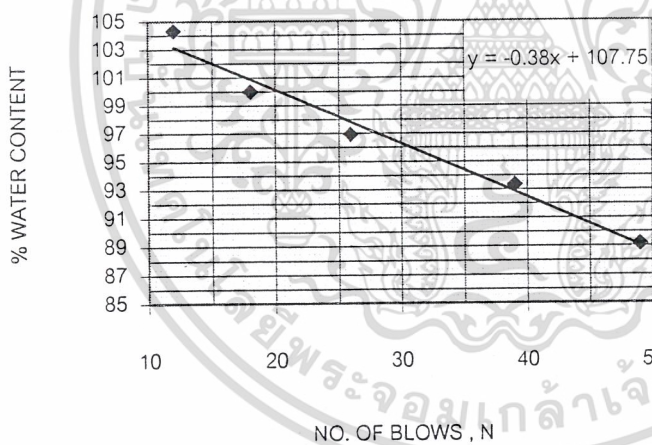


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L	LIQUID AND PLASTIC LIMITS		
Project <u>Special Project</u>	Owner <u>INT</u>	Job No. <u>1</u>	
Location <u>Civil-Shop B.</u>	Boring No. <u>1</u>	Sample No. <u>1/B *</u>	
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>	Depth <u>2.40 m.</u>		
Tested By <u>INT</u>	Date <u>๙ 30/01/41</u>		

LIQUID LIMIT TEST:

NO.OF BLOWS , N	12	18	26	39	49		
CAN NO.	5	4	3	103	57		
WET SOIL+CAN ,gm.	48.00	43.90	43.50	41.70	40.10		
DRY SOIL+CAN ,gm.	35.90	34.10	34.00	33.30	32.70		
WT.OF CAN ,gm.	24.30	24.30	24.20	24.30	24.40		
WT.OF WATER ,gm.	12.10	9.80	9.50	8.40	7.40		
WT.OF DRY SOIL ,gm.	11.60	9.80	9.80	9.00	8.30		
% WATER CONTENT	104.31	100.00	96.94	93.33	89.16		



LIQUID LIMIT = 98.2
 PLASTIC LIMIT = 40.7
 P.I. = 57.5

PLASTIC LIMIT TEST:

CAN NO.	1	2				
WET SOIL+CAN ,gm.	32.10	29.00				
DRY SOIL+CAN ,gm.	25.50	23.50				
WT.OF CAN ,gm.	9.70	9.60				
WT.OF WATER ,gm.	6.60	5.50				
WT.OF DRY SOIL ,gm.	15.80	13.90				
% WATER CONTENT	41.77	39.57			Average=	40.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L				SPECIFIC GRAVITY TEST			
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>1</u>			
Location <u>Civil B.</u>		Boring No. <u>2</u>		Sample No. <u>1/T*</u>			
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>1.80 m.</u>					
Tested By <u>INT</u>		Date <u>๑ 13/1/41</u>					
SPECIFIC GRSVITY DETERMINATION				FLASK CALIBRATION			
TRIAL NO.	1	2		1	2	3	4
1. TEMPERATURE	33	33		20	30	36	40
2. FLASK+WATER	652.55	652.55		654.40	653.00	652.10	651.30
3. FLASK+WATER+SOIL	671.40	675.90					
4. CONTAINER NO.	S1	S2					
5. DRY SOIL+CONTAINER	251.30	252.80					
6. WT. OF CONTAINER	220.70	215.20					
7. DRY SOIL	30.60	37.60					
8. SP.GR.OF WATER	0.9947	0.9947					
9.SP.GR.OF SOIL (7X8)/(2+7-3)	2.590	2.625					
AVERAGE SP. GR. OF SOIL	2.608						

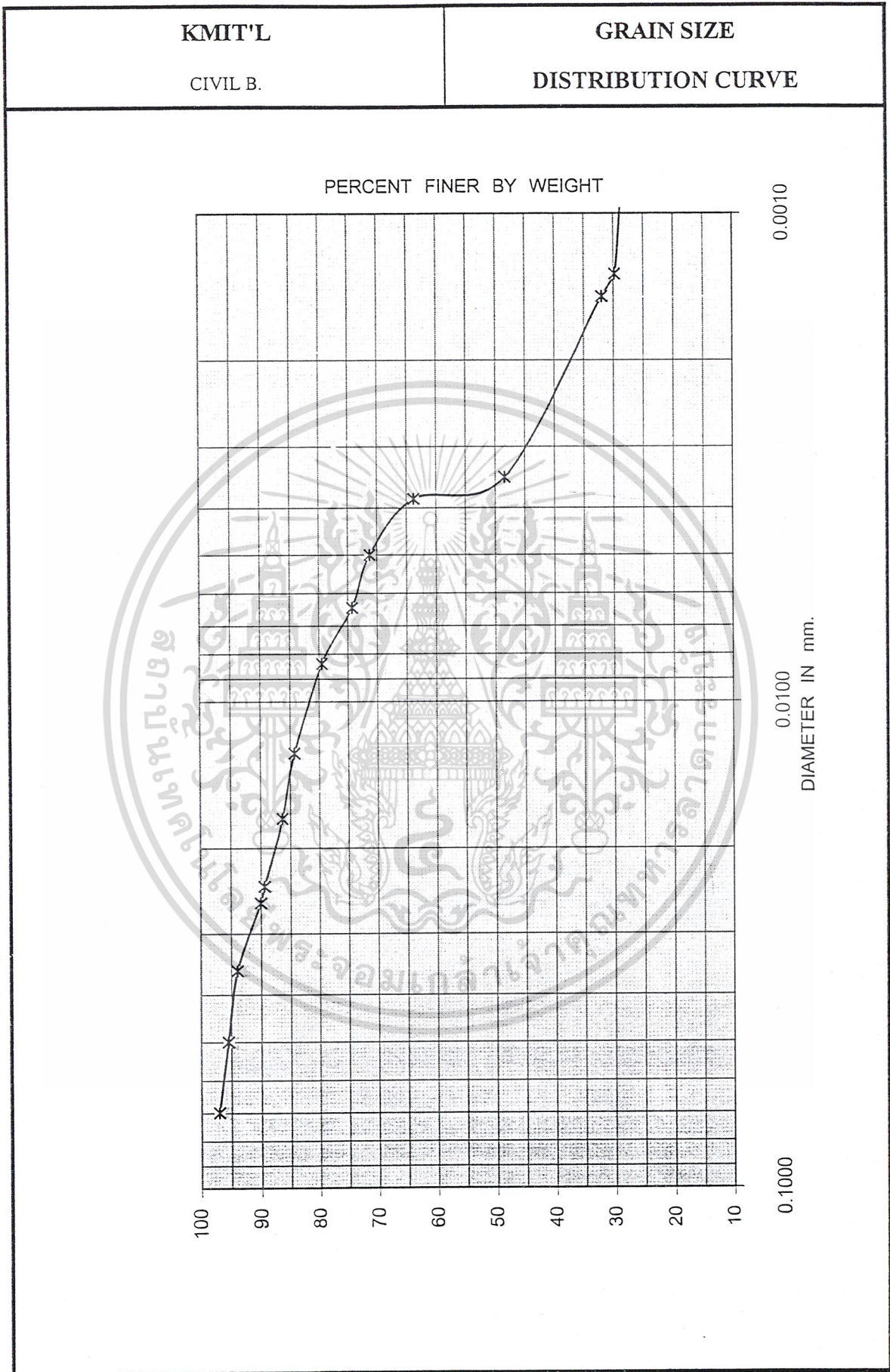
Temperature (C)	Weight of Flask + Water (gm)
20	654.40
30	653.00
36	652.10
40	651.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Top Civil B.

KMIT'L				HYDROMETER ANALYSIS							
Project		Special Project		Owner		INT		Job No.		3	
Location		Civil B.		Boring No.		2		Sample No.		1/T*	
Soil Description				Gray Silty Clay				Depth		1.80 m.	
Tested By				INT				Date		๑ 13/1/41	
SP.GR.OF SOIL				2.60				SAMPLE WEIGHT		60 g.	
HYDROMETER NO.				K1985				CAN NO.		A	
DISPERSING AGENT				4%				DRY SOIL+CAN		268.8 g.	
MENICUS CORRECTION				0.5				CAN WT.		215.2 g.	
% FINER THAN NO.200				100				WT.OF DRY SOIL		53.6 g.	
DATE	TIME	ELAPSED TIME,Min	R _A	TEMP. °C	R _C	N %	h cm.	D mm.	N' %		
13-Jan	14:30	0.25	31.5	34	32.0	97.0	8.7	0.0698	97.0		
"		0.5	31.0	"	31.5	95.5	8.9	0.0500	95.5		
"		1	30.5	"	31.0	94.0	9.1	0.0357	94.0		
"		2	29.2	"	29.7	90.0	9.6	0.0259	90.0		
"		2	29.0	"	29.5	89.4	8.2	0.0240	89.4		
"		4	28.0	"	28.5	86.4	8.6	0.0174	86.4		
"		8	27.3	33	27.8	84.3	9.1	0.0128	84.3		
"	15:00	20	25.7	"	26.2	79.5	9.8	0.0084	79.5		
"		35	24.0	"	24.5	74.3	10.1	0.0064	74.3		
"	15:40	60	23.0	"	23.5	71.2	10.5	0.0050	71.2		
"	16:40	120	20.5	32	21.0	63.8	12.1	0.0038	63.8		
"	17:40	180	15.5	32	16.0	48.4	14.8	0.0035	48.4		
14-Jan	11:00	1160	10.1	31	10.6	32.0	17.1	0.0015	32.0		
"	15:00	1460	9.3	"	9.8	29.8	17.4	0.0013	29.8		
15-Jan	15:30	2930	9.0	"	9.5	28.7	17.4	0.0009	28.7		
$N = K_1 \cdot R_C$ $D = K_2 \cdot \sqrt{\frac{h}{t}}$ $N' = N \cdot (\% \text{ Finer. No.200})$ $R_C = R_a + C_M + C_T$											

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Top Civil B.

KMIT'L	LIQUID AND PLASTIC LIMITS					
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>2</u>						
Location <u>Civil B.</u> Boring No. <u>2</u> Sample No. <u>1/T*</u>						
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>1.80 m.</u>						
Tested By <u>INT</u> Date <u>๑ 13/1/41</u>						
LIQUID LIMIT TEST:						
NO.OF BLOWS , N	10	26	35	45	52	
CAN NO.	9	11	23	21	66	
WET SOIL+CAN ,gm.	48.80	36.50	36.80	36.90	35.90	
DRY SOIL+CAN ,gm.	38.30	31.60	32.00	32.20	31.70	
WT.OF CAN ,gm.	24.40	24.40	24.40	24.50	24.50	
WT.OF WATER ,gm.	10.50	4.90	4.80	4.70	4.20	
WT.OF DRY SOIL ,gm.	13.90	7.20	7.60	7.70	7.20	
% WATER CONTENT	75.54	68.06	63.16	61.04	58.33	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: right;"> <p>LIQUID LIMIT = <u>68.7</u></p> <p>PLASTIC LIMIT = <u>41.2</u></p> <p>P.I. = <u>27.5</u></p> </div> </div>						
PLASTIC LIMIT TEST:						
CAN NO.	10	20				
WET SOIL+CAN ,gm.	44.60	50.50				
DRY SOIL+CAN ,gm.	38.90	42.70				
WT.OF CAN ,gm.	24.50	24.50				
WT.OF WATER ,gm.	5.70	7.80				
WT.OF DRY SOIL ,gm.	14.40	18.20				
% WATER CONTENT	39.58	42.86				Average= 41.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottom Civil B.

KMIT'L				SPECIFIC GRAVITY TEST			
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>2</u>			
Location <u>Civil B.</u>		Boring No. <u>2</u>		Sample No. <u>1/B*</u>			
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>2.40 m.</u>					
Tested By <u>INT</u>		Date <u>จ 2/02/41</u>					
SPECIFIC GRAVITY DETERMINATION				FLASK CALIBRATION			
TRIAL NO.	1	2		1	2	3	4
1. TEMPERATURE	33	33		20	30	35	40
2. FLASK+WATER	656.70	656.70		658.50	657.30	656.40	655.10
3. FLASK+WATER+SOIL	679.60	680.70					
4. CONTAINER NO.	S1	S2					
5. DRY SOIL+CONTAINER	257.10	252.90					
6. WT. OF CONTAINER	220.70	215.20					
7. DRY SOIL	36.40	37.70					
8. SP.GR.OF WATER	0.9947	0.9947					
9.SP.GR.OF SOIL (7X8)/(2+7-3)	2.682	2.737					
AVERAGE SP. GR. OF SOIL	2.710						

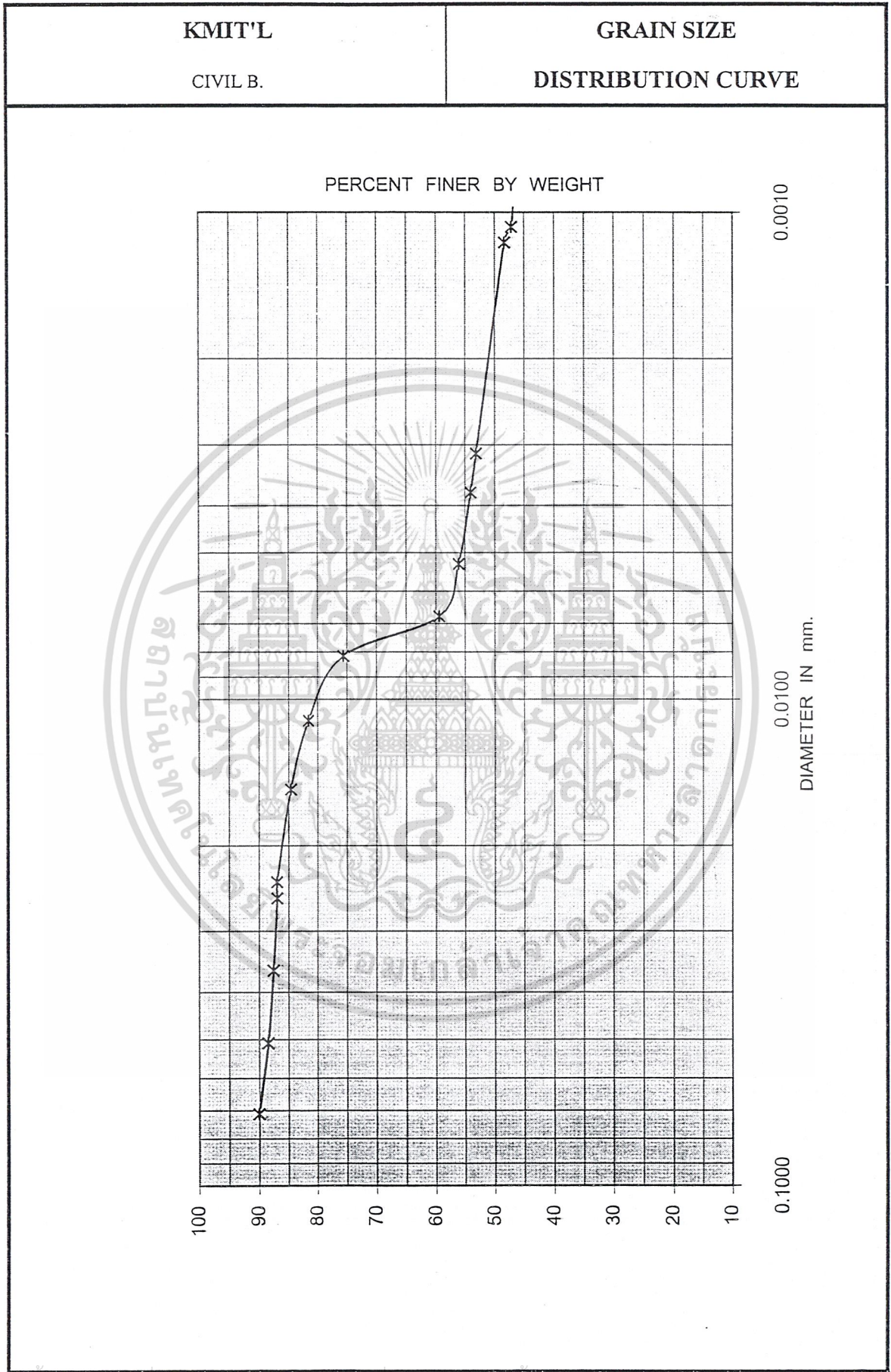
Temperature (C)	Weight of Flask + Water (gm)
20	658.50
30	657.30
35	656.40
40	655.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottom Civil B.

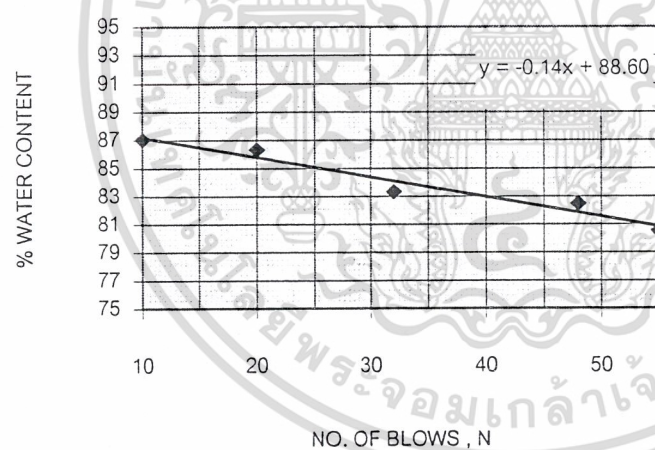
KMIT'L					HYDROMETER ANALYSIS				
Project		Special Project	Owner	INT	Job No.		3		
Location		Civil B.	Boring No.	2	Sample No.		1/B*		
Soil Description			Gray Silty Clay		Depth		2.40 m.		
Tested By		INT			Date		จ 2/02/41		
SP.GR.OF SOIL			2.71		SAMPLE WEIGHT			60 g.	
HYDROMETER NO.			K1985		CAN NO.			A	
DISPERSING AGENT			4%		DRY SOIL+CAN			268.1 g.	
MENICUS CORRECTION			0.5		CAN WT.			215.3 g.	
% FINER THAN NO.200			100		WT.OF DRY SOIL			52.8 g.	
DATE	TIME	ELAPSED TIME,Min	R _A	TEMP. °C	R _C	N %	h cm.	D mm.	N' %
2-Feb	13:00	0.25	29.5	33	30.0	90.0	9.4	0.0711	90.0
"		0.5	29.0	"	29.5	88.5	9.6	0.0508	88.5
"		1	28.7	"	29.2	87.6	9.7	0.0361	87.6
"		2	28.5	"	29.0	87.0	9.8	0.0257	87.0
"		2	28.5	"	29.0	87.0	8.4	0.0238	87.0
"		5	27.7	"	28.2	84.6	8.7	0.0153	84.6
"		10	26.7	"	27.2	81.6	9.1	0.0111	81.6
"		20	24.7	"	25.2	75.6	9.9	0.0082	75.6
"		35	19.3	"	19.8	59.4	11.9	0.0068	59.4
"	14:35	60	18.2	"	18.7	56.1	12.4	0.0053	56.1
"	15:35	120	17.5	"	18.0	54.0	12.6	0.0038	54.0
"	16:35	180	17.2	32	17.7	53.1	12.8	0.0031	53.1
3-Feb	12:10	1355	15.6	33	16.1	48.3	13.4	0.0012	48.3
"	16:00	1585	15.2	33	15.7	47.1	13.5	0.0011	47.1
4-Feb	9:00	2605	15.0	31	15.5	46.5	13.6	0.0009	46.5
$N = K_1 \cdot R_c$ $D = K_2 \cdot \sqrt{\frac{h}{t}}$ $N' = N \cdot (\% \text{ Finer. No.200})$ $R_c = R_a + C_M + C_T$									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottom Civil B.

KMIT'L	LIQUID AND PLASTIC LIMITS						
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>							
Location <u>Civil B.</u> Boring No. <u>2</u> Sample No. <u>1/B*</u>							
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>2.40 m.</u>							
Tested By <u>INT</u> Date <u>๙ 30/01/41</u>							
LIQUID LIMIT TEST:							
NO.OF BLOWS , N	10	20	32	48	55		
CAN NO.	9	11	23	21	66		
WET SOIL+CAN ,gm.	50.40	42.10	42.00	42.20	44.90		
DRY SOIL+CAN ,gm.	38.30	33.90	34.00	34.20	35.80		
WT.OF CAN ,gm.	24.40	24.40	24.40	24.50	24.50		
WT.OF WATER ,gm.	12.10	8.20	8.00	8.00	9.10		
WT.OF DRY SOIL ,gm.	13.90	9.50	9.60	9.70	11.30		
% WATER CONTENT	87.05	86.32	83.33	82.47	80.53		
 <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: right;"> <p>LIQUID LIMIT = <u>85.1</u></p> <p>PLASTIC LIMIT = <u>36.4</u></p> <p>P.I. = <u>48.6</u></p> </div> </div>							
PLASTIC LIMIT TEST:							
CAN NO.	10	20					
WET SOIL+CAN ,gm.	44.20	49.30					
DRY SOIL+CAN ,gm.	38.90	42.70					
WT.OF CAN ,gm.	24.50	24.40					
WT.OF WATER ,gm.	5.30	6.60					
WT.OF DRY SOIL ,gm.	14.40	18.30					
% WATER CONTENT	36.81	36.07				Average=	36.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

แสดงตารางบันทึกและผลการทดสอบการรับกำลังของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Top Civil-Shop B.

KMIT'L		RELATIONSHIP OF SOIL				
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>						
Location <u>Civil-Shop B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/T</u>						
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>						
Tested By <u>INT</u> Date <u>sun22/02/41</u>						
TRIAL NO.		1	2	3		AVG
1. Volume of RING ; V	cm ³	39.637	42.459	39.038		
2. WET SOIL+RING+CAN	gm.	91.59	101.87	104.00		
3. DRY SOIL+RING+CAN	gm.	71.80	75.20	75.10		
4. WT. OF CAN	gm.	9.40	9.40	9.50		
5. WT. OF RING	gm.	44.40	43.70	39.00		
6. WT. OF WET SOIL ; Wi	gm.	37.79	48.77	55.50		
7. WT. OF DRY SOIL ; Ws	gm.	18.00	22.10	26.60		
8. r _w ; 6/1	gm./cm ³	0.95	1.15	1.42		1.17
9. Vs	cm ³	6.62	6.75	6.56		
10. %w ; (2-3)/7		109.94	120.68	108.65		113.09
11. VOID RATIO ; e		4.98	5.29	4.95		5.07
12. DEGREE OF SATURATION ; Sr		62.88	65.02	62.60		63.50

$$V_s = \frac{W_i}{(1 + \%w)G \cdot r_w}$$


$$e = \frac{V - V_s}{V_s}$$

$$S_r = \frac{\%wG}{e}$$

$$G = \boxed{2.85}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

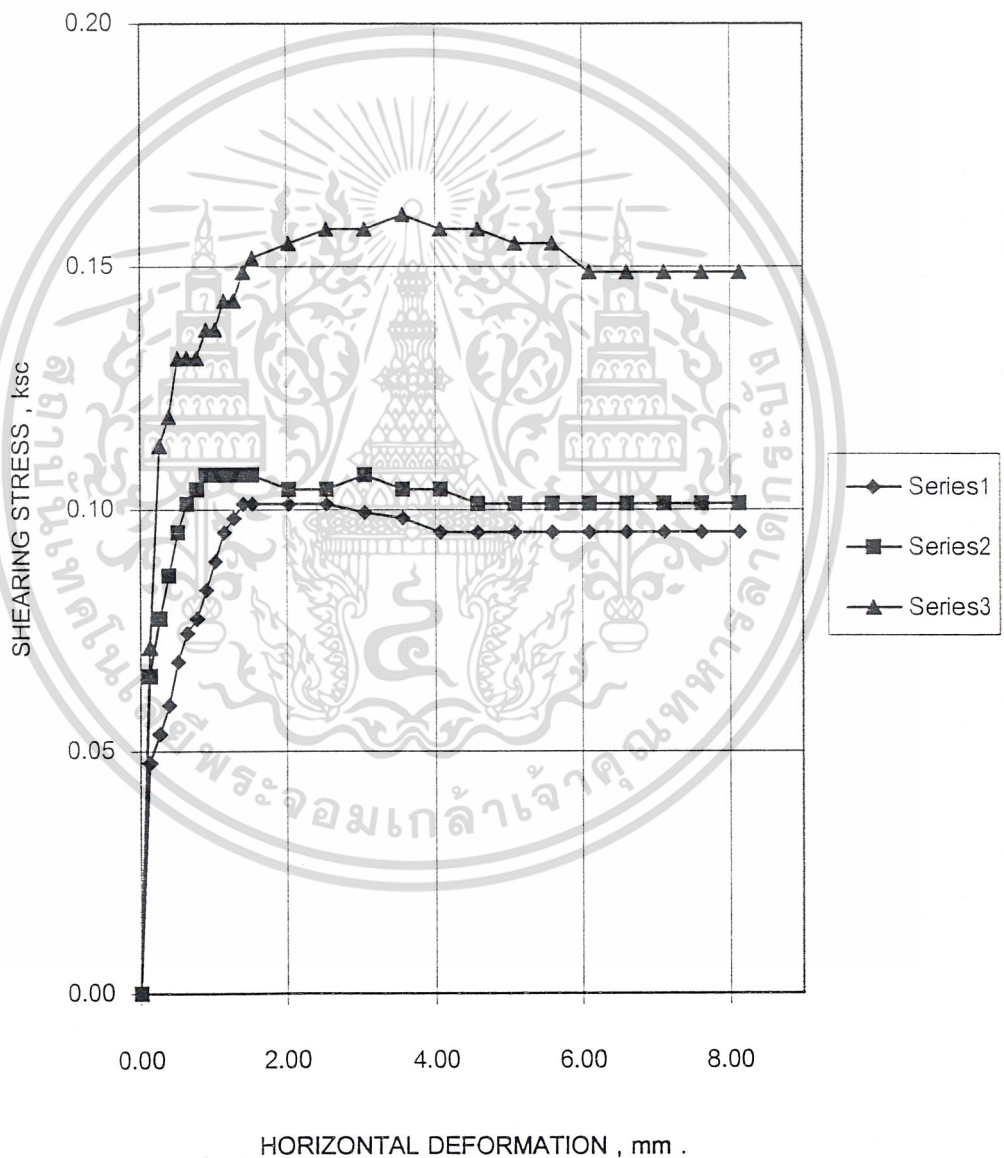
KMIT'L				WATER CONTENT					
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>									
Location <u>Civil-Shop B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/T</u>									
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>									
Tested By <u>INT</u> Date <u>sun22/02/41</u>									
TRIAL NO.	Before Test			After Direct Shear			After Triaxial		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. CAN NO.	Be/1	Be/2	Be/3	D/1af	D/2af	D/3af	T/1af	T/2af	T/3af
2. WET SOIL + CAN gm.	62.00	45.54	52.83	88.66	77.85	73.19	116.17	145.00	99.14
3. DRY SOIL + CAN gm.	36.10	26.90	32.70	56.20	50.10	52.70	71.80	85.10	65.60
4. WT. OF CAN gm.	9.50	9.50	9.50	23.50	23.50	23.50	23.70	23.60	23.50
5. WT. OF DRY SOIL gm.	26.60	17.40	23.20	32.70	26.60	29.20	48.10	61.50	42.10
6. %w ; (2-3)/5	97.37	107.13	86.77	99.27	104.32	70.17	92.25	97.40	79.67
Average	97.09			91.25			89.77		



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

KMIT'L		DIRECT SHEAR TEST	
SHEET 2 (Stress-Strain Curves)			
Project	Special Project	Owner	INT
Job No.	1		
Location	Civil-Shop B.	Boring No.	1
Sample No.	1/T		
Soil Description	Gray Silty Clay	Depth	1.50 - 2.10 m.
Tested By	INT	Date	sun22/02/41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L	DIRECT SHEAR TEST			
SHEET 3				
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>				
Location <u>Civil-Shop B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/T</u>				
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>				
Tested By <u>INT</u> Date <u>sun22/02/41</u>				
TYPE OF TEST <u>U.U.TEST</u>				
SAMPLE NO.	WATER CONTENT%		NORMAL STRESS ksc.	MAX. SHEARING STRESS , ksc.
	BEFORE TEST	AFTER TEST		
1	103.7	99.3	0.041	0.10
2	113.9	104.3	0.080	0.11
3	97.7	70.2	0.162	0.16

SHEARING , ksc

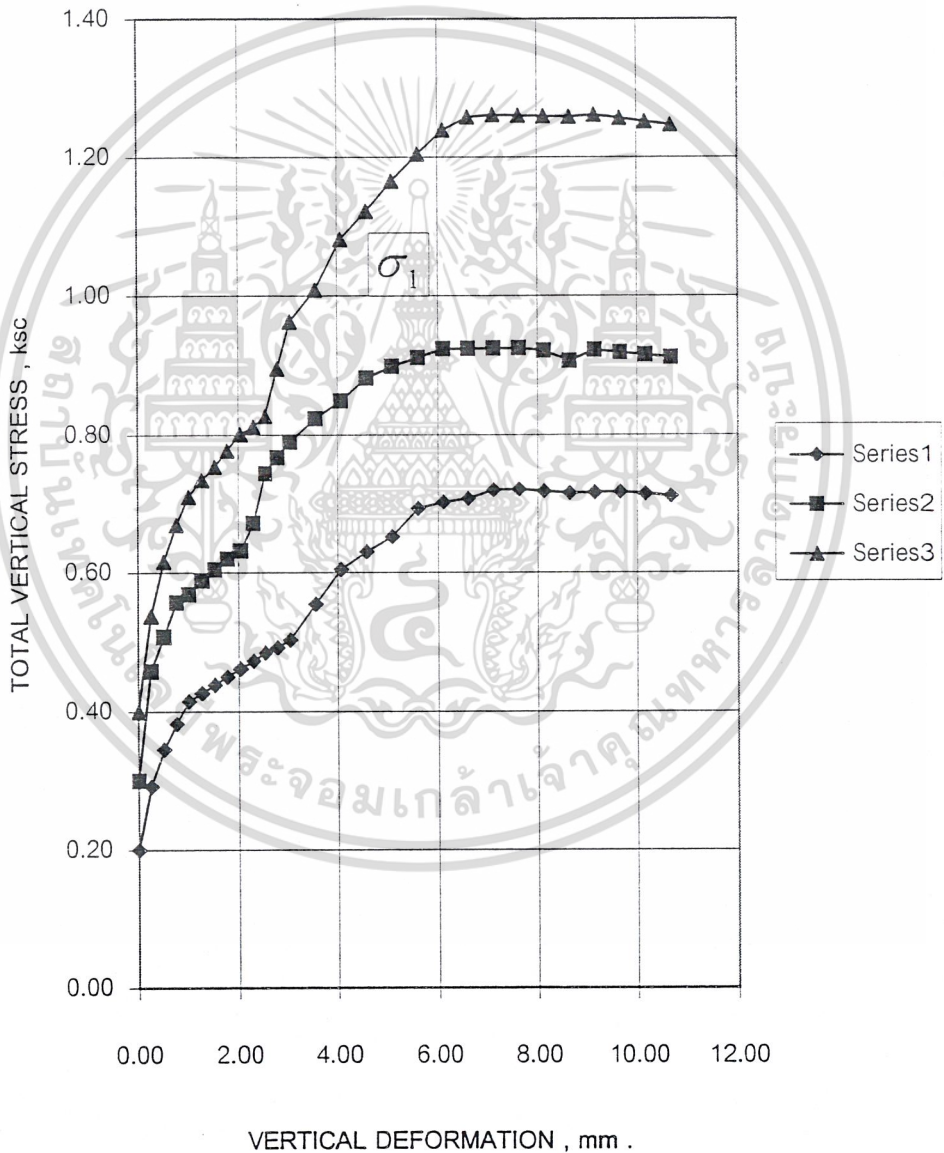
NORMAL STRESS , ksc

$y = 0.54x + 0.07$

COHESION =	0.07	ksc. ,	ϕ ANGLE =	28.20	DEGREE
------------	------	--------	----------------	-------	--------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L	TRIAXIAL TEST		
SHEET 2 (Stress-Strain Curves)			
Project <u>Special Project</u>	Owner <u>INT</u>	Job No. <u>1</u>	
Location <u>Civil-Shop B.</u>	Boring No. <u>1</u>	Sample No. <u>1/T</u>	
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>	Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>		
Tested By <u>INT</u>	Date <u>sun22/02/41</u>		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L		TRIAXIAL TEST		
SHEET 3				
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>				
Location <u>Civil-Shop B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/T</u>				
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>				
Tested By <u>INT</u> Date <u>sun22/02/41</u>				
TYPE OF TEST <u>U.U.TEST</u>				
SAMPLE NO.	WATER CONTENT		CONFINING STRESS	MAX. VERTICAL
	BEFORE TEST	AFTER TEST	σ_3 ,ksc.	STRESS σ_1 , ksc.
1	103.7	92.2	0.20	0.72
2	113.9	97.4	0.30	0.92
3	97.7	79.7	0.40	1.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 COHESION = ที่สแกนไว้คือ 0.07 ksc. , ϕ ANGLE = ไม่อนุญาตให้ 25.23 ไร่ประโยชน์ DEGREE ค่ะ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottom Civil-Shop B.


KMIT'L	RELATIONSHIP OF SOIL					
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>						
Location <u>Civil-Shop B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/B</u>						
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>2.10 - 2.70 m.</u>						
Tested By <u>INT</u> Date <u>fri 19/02/41</u>						
TRIAL NO.		1	2	3		AVG
1. Volume of RING ; V	cm ³	39.637	42.459	39.038		
2. WET SOIL+RING+CAN	gm.	88.72	95.67	90.12		
3. DRY SOIL+RING+CAN	gm.	69.90	71.80	68.00		
4. WT. OF CAN	gm.	9.40	9.40	9.50		
5. WT. OF RING	gm.	44.40	43.70	39.00		
6. WT. OF WET SOIL ; Wi	gm.	34.92	42.57	41.62		
7. WT. OF DRY SOIL ; Ws	gm.	16.10	18.70	19.50		
8. r _w ; 6/1	gm./cm ³	0.88	1.00	1.07		0.98
9. Vs	cm ³	6.41	6.54	6.42		
10. %w ; (2-3)/7		116.86	127.65	113.44		119.32
11. VOID RATIO ; e		5.18	5.49	5.08		5.25
12. DEGREE OF SATURATION ; Sr		64.29	66.29	63.60		64.73
$V_s = \frac{W_i}{(1 + \%w)G \cdot r_w}$ $e = \frac{V - V_s}{V_s}$ $S_r = \frac{\%wG}{e}$ $G = \boxed{2.85}$						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางสถาบัน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

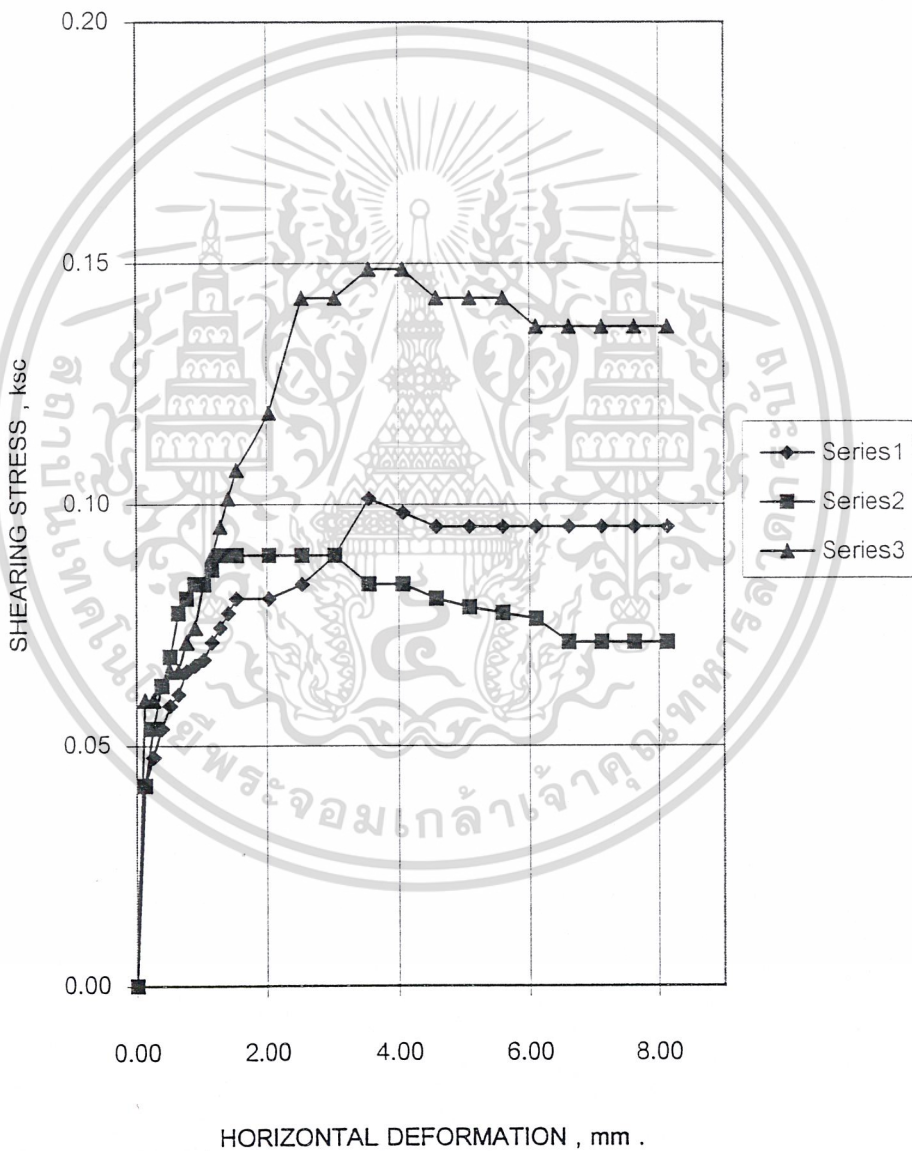
Bottom Civil-Shop B.

KMIT'L				WATER CONTENT					
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>1</u>					
Location <u>Civil-Shop B.</u>		Boring No. <u>1</u>		Sample No. <u>1/B</u>					
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>2.10 - 2.70 m.</u>							
Tested By <u>INT</u>		Date <u>fri 19/02/41</u>							
TRIAL NO.	Before Test			After Direct Shear			After Triaxial		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. CAN NO.	Be/1	Be/2	Be/3	D/1af	D/2af	D/3af	T/1af	T/2af	T/3af
2. WET SOIL + CAN gm.	29.50	27.11	31.52	74.66	56.31	64.29	88.00	80.65	87.23
3. DRY SOIL + CAN gm.	19.10	17.50	20.00	48.20	38.50	43.20	54.50	49.80	55.10
4. WT. OF CAN gm.	9.50	9.50	9.50	23.50	23.50	23.50	23.70	23.60	23.50
5. WT. OF DRY SOIL gm.	9.60	8.00	10.50	24.70	15.00	19.70	30.80	26.20	31.60
6. %w ; (2-3)/5	108.33	120.13	109.71	107.13	118.73	107.06	108.77	117.75	101.68
Average	112.72			110.97			113.26		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูล และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

KMIT'L		DIRECT SHEAR TEST	
SHEET 2 (Stress-Strain Curves)			
Project	Special Project	Owner	INT Job No. 1
Location	Civil-Shop B.	Boring No.	1 Sample No. 1/B
Soil Description	Gray Silty Clay		Depth 2.10 - 2.70 m.
Tested By	INT		Date fri 19/02/41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเรียนการสอนเพื่อจุดประสงค์เฉพาะเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L		DIRECT SHEAR TEST		
SHEET 3				
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>1</u>
Location <u>Civil-Shop B.</u>		Boring No. <u>1</u>	Sample No. <u>1/B</u>	
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>2.10 - 2.70 m.</u>		
Tested By <u>INT</u>		Date <u>fri 19/02/41</u>		
TYPE OF TEST <u>U.U.TEST</u>				
SAMPLE NO.	WATER CONTENT%		NORMAL STRESS ksc.	MAX. SHEARING STRESS , ksc.
	BEFORE TEST	AFTER TEST		
1	112.6	107.1	0.041	0.10
2	123.9	118.7	0.080	0.09
3	111.6	107.1	0.162	0.15

SHEARING , ksc

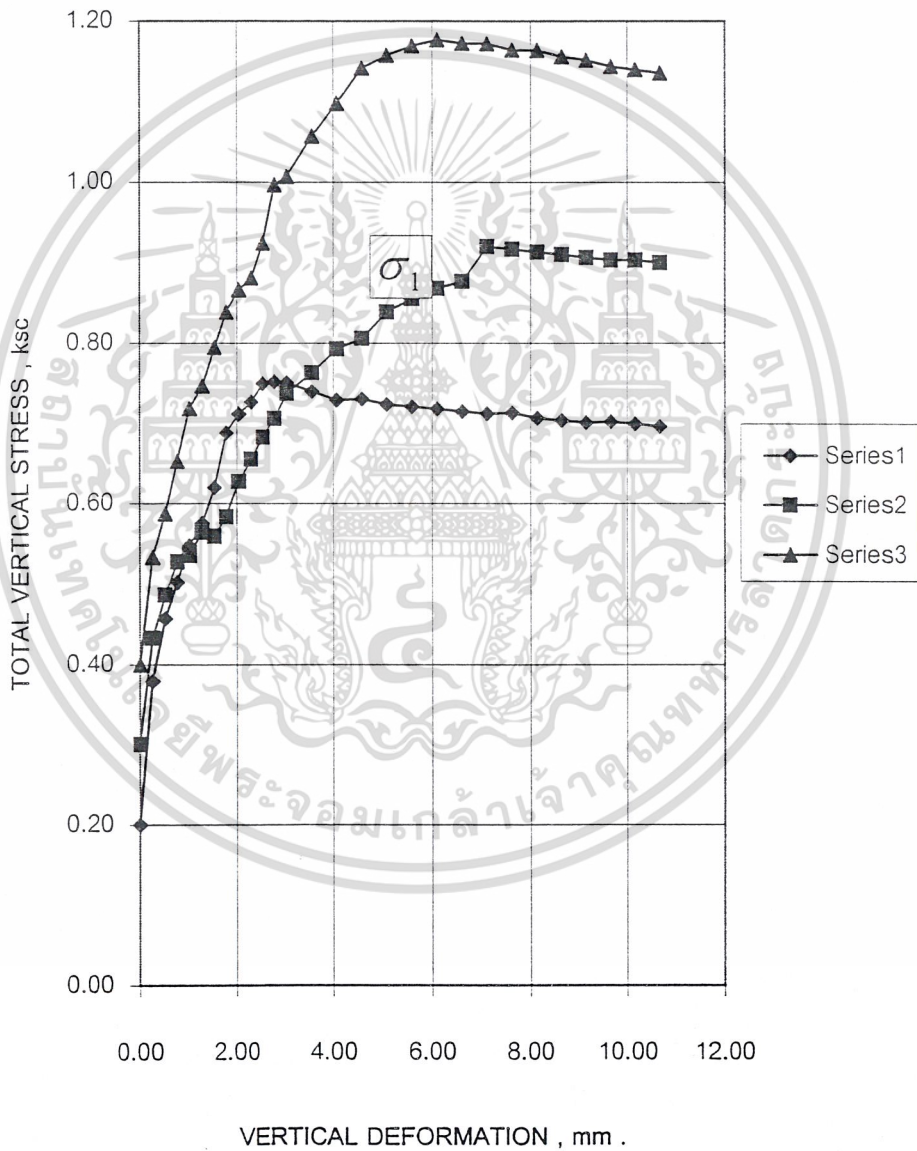
NORMAL STRESS , ksc

$y = 0.45x + 0.07$

COHESION =	0.07	ksc. ,	ϕ ANGLE =	22.70	DEGREE
------------	------	--------	----------------	-------	--------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L		TRIAXIAL TEST	
SHEET 2 (Stress-Strain Curves)			
Project	Special Project	Owner	INT
Job No.	1		
Location	Civil-Shop B.	Boring No.	1
Sample No.	1/B		
Soil Description	Gray Silty Clay	Depth	2.10 - 2.70 m.
Tested By	INT	Date	fri 19/02/41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะที่โครงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottom Civil-Shop B.

KMIT'L		TRIAXIAL TEST		
SHEET 3				
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>1</u>
Location <u>Civil-Shop B.</u>		Boring No. <u>1</u>		Sample No. <u>1/B</u>
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>2.10 - 2.70 m.</u>		
Tested By <u>INT</u>		Date <u>fri 19/02/41</u>		
TYPE OF TEST <u>U.U.TEST</u>				
SAMPLE NO.	WATER CONTENT		CONFINING STRESS σ_3 , ksc.	MAX. VERTICAL STRESS σ_1 , ksc.
	BEFORE TEST	AFTER TEST		
1	112.6	108.8	0.20	0.75
2	123.9	117.7	0.30	0.92
3	111.6	101.7	0.40	1.18
<p style="text-align: center;"> SHEARING STRESS, KSI $c = 0.081$ $\phi = 23.08$ NORMAL STRESS, KSC. </p>				
COHESION = <u>0.08</u> ksc. , ϕ ANGLE = <u>23.08</u> DEGREE				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L	RELATIONSHIP OF SOIL
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>	
Location <u>Civil B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/T</u>	
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>	
Tested By <u>INT</u> Date <u>sun22/02/41</u>	

TRIAL NO.	1	2	3			AVG
1. Volume of RING ; V cm³	29.877	29.258	27.253			
2. WET SOIL+RING+CAN gm.	89.23	101.88	89.12			
3. DRY SOIL+RING+CAN gm.	72.80	78.60	73.10			
4. WT. OF CAN gm.	9.40	9.40	9.50			
5. WT. OF RING gm.	44.40	44.50	44.50			
6. WT. OF WET SOIL ; Wi gm.	35.43	47.98	35.12			
7. WT. OF DRY SOIL ; Ws gm.	19.00	24.70	19.10			
8. r _w ; 6/1 gm./cm³	1.19	1.64	1.29			1.37
9. Vs cm³	5.91	5.56	5.47			
10. %w ; (2-3)/7	86.47	94.25	83.87			88.20
11. VOID RATIO ; e	4.05	4.26	3.98			4.10
12. DEGREE OF SATURATION ; Sr	57.81	59.90	57.07			58.26

$$V_s = \frac{W_i}{(1 + \%w)G \cdot r_w}$$

$$e = \frac{V - V_s}{V_s}$$

$$S_r = \frac{\%wG}{e}$$


$$G = \boxed{2.71}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Top Civil B.

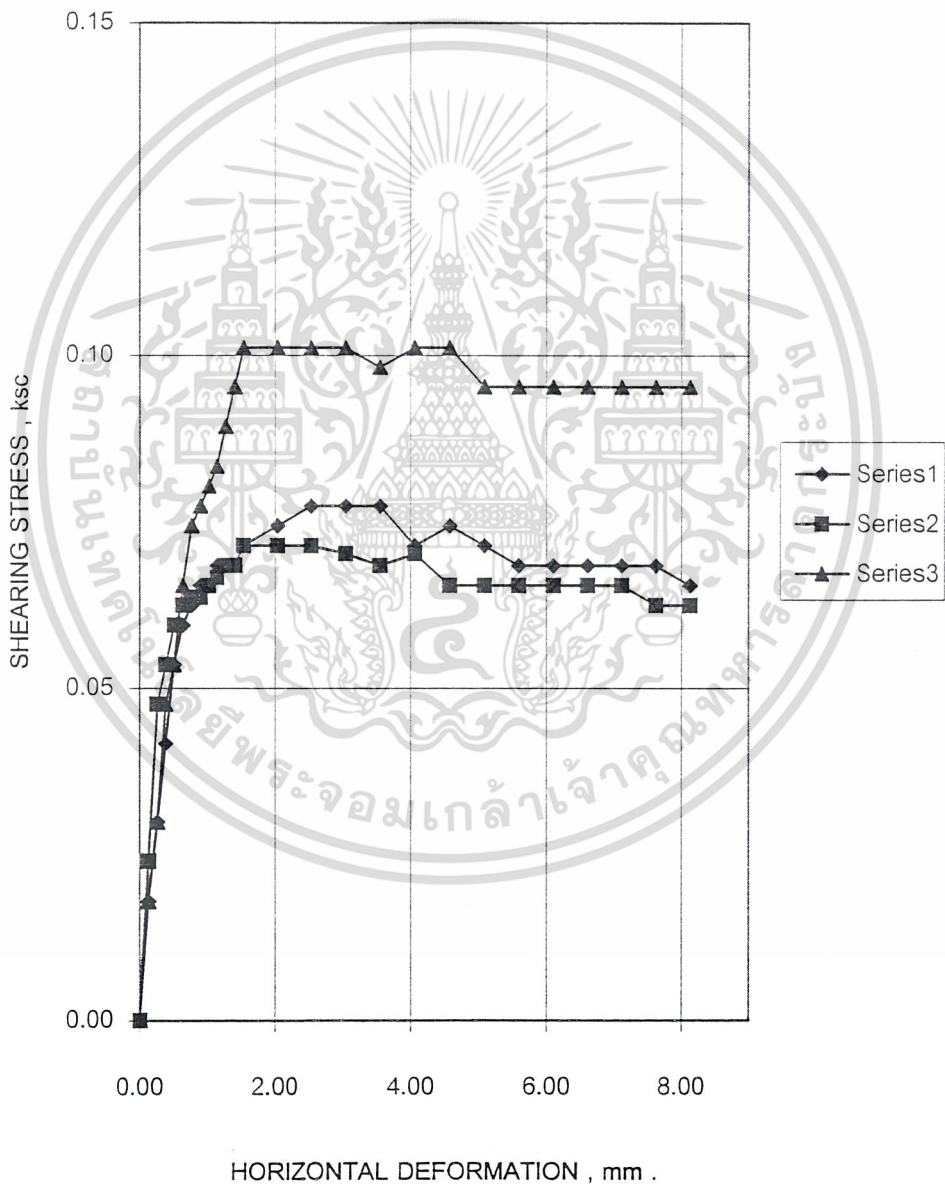
KMIT'L				WATER CONTENT					
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>1</u>					
Location <u>Civil B.</u>		Boring No. <u>1</u>		Sample No. <u>1/T</u>					
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>							
Tested By <u>INT</u>		Date <u>sun22/02/41</u>							
TRIAL NO.	Before Test			After Direct Shear			After Triaxial		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. CAN NO.	Be/1	Be/2	Be/3	D/1af	D/2af	D/3af	T/1af	T/2af	T/3af
2. WET SOIL + CAN gm.	38.09	54.44	56.12	62.50	78.21	72.19	78.95	108.46	125.44
3. DRY SOIL + CAN gm.	25.40	32.90	37.00	47.70	54.60	54.60	57.30	70.50	86.75
4. WT. OF CAN gm.	9.60	9.60	9.60	29.30	28.45	28.30	28.80	28.45	29.60
5. WT. OF DRY SOIL gm.	15.80	23.30	27.40	18.40	26.15	26.30	28.50	42.05	57.15
6. %w ;(2-3)/5	80.32	92.45	69.78	80.43	90.29	66.88	75.96	90.27	67.70
Average	80.85			79.20			77.98		



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L		DIRECT SHEAR TEST	
SHEET 2 (Stress-Strain Curves)			
Project	Special Project	Owner	INT
Job No.	1		
Location	Civil B.	Boring No.	1
Sample No.	1/T		
Soil Description	Gray Silty Clay	Depth	1.50 - 2.10 m.
Tested By	INT	Date	sun22/02/41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

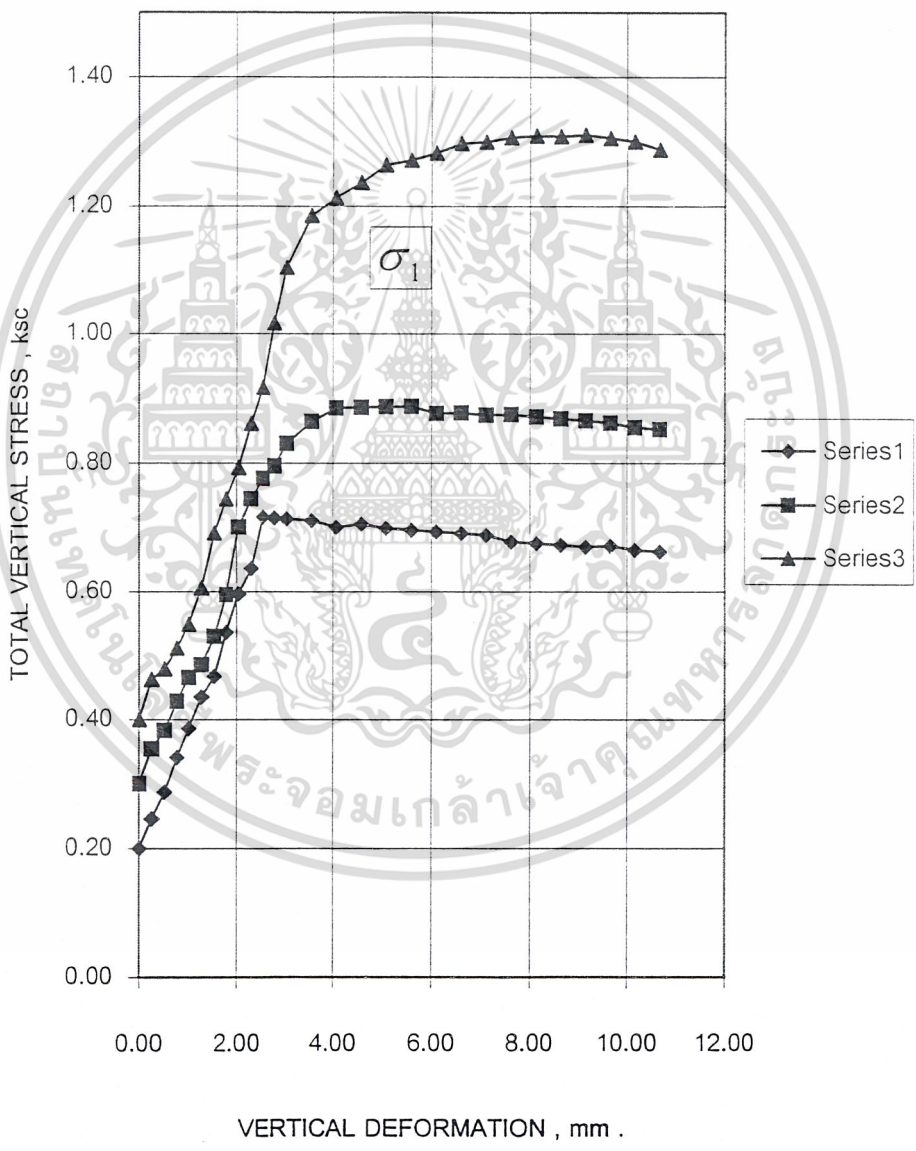
KMIT'L		DIRECT SHEAR TEST		
SHEET 3				
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>1</u>
Location <u>Civil B.</u>		Boring No. <u>1</u>		Sample No. <u>1/T</u>
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>		
Tested By <u>INT</u>		Date <u>sun22/02/41</u>		
TYPE OF TEST <u>U.U.TEST</u>				
SAMPLE NO.	WATER CONTENT%		NORMAL STRESS	MAX. SHEARING
	BEFORE TEST	AFTER TEST	ksc.	STRESS , ksc.
1	83.4	80.4	0.041	0.08
2	93.3	90.3	0.080	0.07
3	76.8	66.9	0.162	0.10

$y = 0.23x + 0.06$

COHESION =	0.06	ksc. ,	ϕ	ANGLE =	33.20	DEGREE
------------	------	--------	--------	---------	-------	--------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L	TRIAXIAL TEST
SHEET 2 (Stress-Strain Curves)	
Project <u>Special Project</u>	Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>
Location <u>Civil B.</u>	Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/T</u>
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>	Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>
Tested By <u>INT</u>	Date <u>sun22/02/41</u>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้วยประการใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L		TRIAXIAL TEST		
SHEET 3				
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>				
Location <u>Civil B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/T</u>				
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>1.50 - 2.10 m.</u>				
Tested By <u>INT</u> Date <u>sun22/02/41</u>				
TYPE OF TEST <u>U.U.TEST</u>				
SAMPLE NO.	WATER CONTENT		CONFINING STRESS σ_3 ,ksc.	MAX. VERTICAL STRESS σ_1 ,ksc.
	BEFORE TEST	AFTER TEST		
1	83.4	76.0	0.20	0.72
2	93.3	90.3	0.30	0.89
3	76.8	67.7	0.40	1.31
COHESION = <u>0.07</u> ksc. , ϕ ANGLE = <u>25.81</u> DEGREE				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottom Civil B.

KMIT'L		RELATIONSHIP OF SOIL			
Project	Special Project	Owner	INT	Job No.	1
Location	Civil B.	Boring No.	1	Sample No.	1/B
Soil Description	Gray Silty Clay		Depth	2.10 - 2.70 m.	
Tested By	INT		Date	wed 19/02/41	

TRIAL NO.		1	2	3		AVG
1. Volume of RING ; V	cm ³	29.877	29.258	27.253		
2. WET SOIL+RING+CAN	gm.	92.25	93.58	90.63		
3. DRY SOIL+RING+CAN	gm.	72.60	73.80	73.50		
4. WT. OF CAN	gm.	9.40	9.40	9.50		
5. WT. OF RING	gm.	44.40	44.50	44.50		
6. WT. OF WET SOIL ; Wi	gm.	38.45	39.68	36.63		
7. WT. OF DRY SOIL ; Ws	gm.	18.80	19.90	19.50		
8. r _w ; 6/1	gm./cm ³	1.29	1.36	1.34		1.33
9. Vs	cm ³	5.39	5.41	5.35		
10. %w ; (2-3)/7		104.52	99.40	87.85		97.25
11. VOID RATIO ; e		4.54	4.40	4.09		4.35
12. DEGREE OF SATURATION ; Sr		62.36	61.17	58.20		60.57

$$V_s = \frac{W_i}{(1 + \%w)G \cdot r_w}$$

$$e = \frac{V - V_s}{V_s}$$

$$S_r = \frac{\%wG}{e}$$

$$G = \boxed{2.71}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

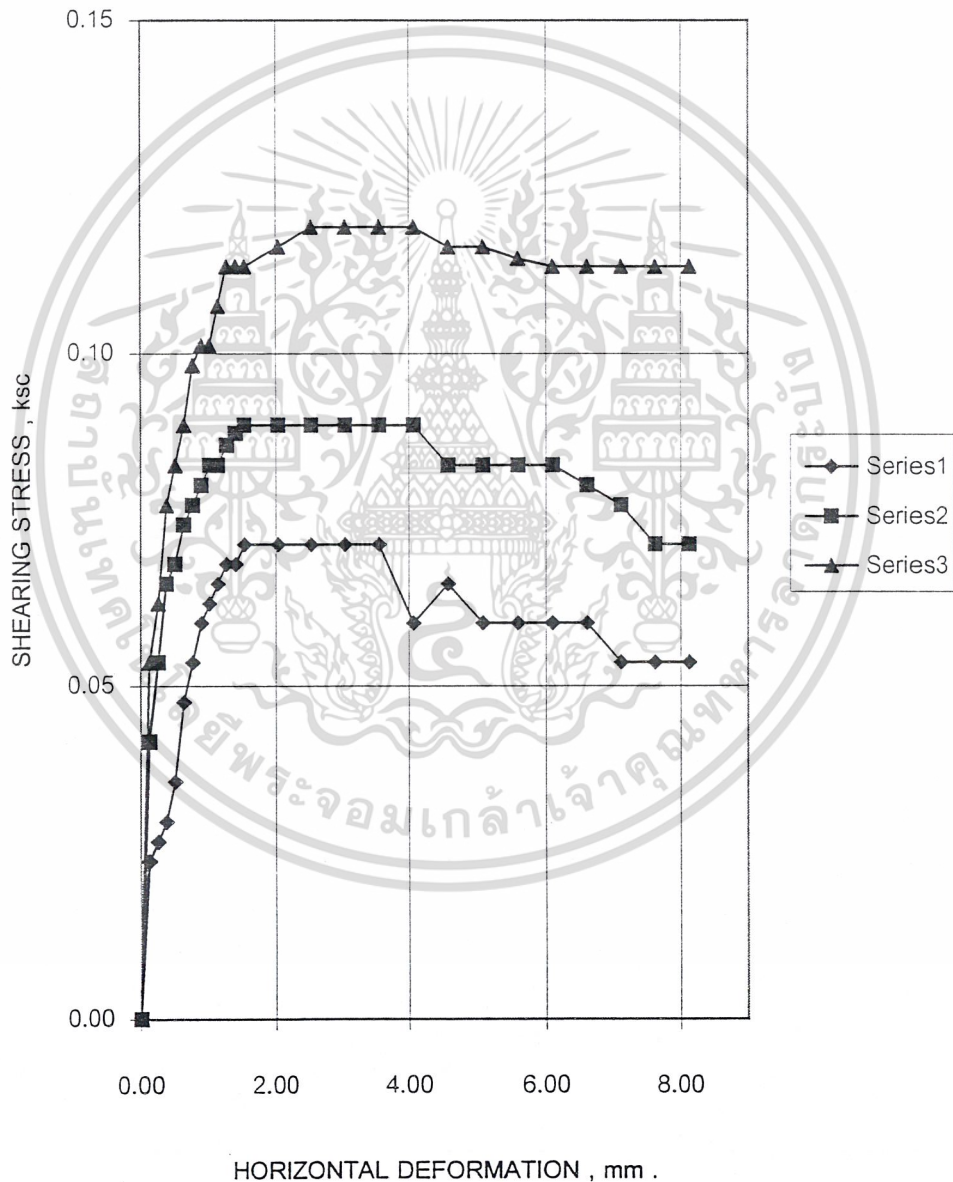
Bottom Civil B.

KMIT'L				WATER CONTENT					
Project <u>Special Project</u>		Owner <u>INT</u>		Job No. <u>1</u>					
Location <u>Civil B.</u>		Boring No. <u>1</u>		Sample No. <u>1/B</u>					
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u>		Depth <u>2.10 - 2.70 m.</u>							
Tested By <u>INT</u>		Date <u>wed 19/02/41</u>							
TRIAL NO.	Before Test			After Direct Shear			After Triaxial		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. CAN NO.	Be/1	Be/2	Be/3	D/1af	D/2af	D/3af	T/1af	T/2af	T/3af
2. WET SOIL + CAN gm.	51.68	42.06	45.78	77.71	73.35	95.35	89.33	69.68	94.19
3. DRY SOIL + CAN gm.	30.60	27.00	30.60	53.10	52.00	67.00	61.45	51.50	65.90
4. WT. OF CAN gm.	9.60	9.60	9.60	29.30	28.45	28.30	28.80	28.45	29.60
5. WT. OF DRY SOIL gm.	21.00	17.40	21.00	23.80	23.55	38.70	32.65	23.05	36.30
6. %w ; (2-3)/5	100.38	86.55	72.29	103.40	90.66	73.26	85.39	78.87	77.93
Average	86.41			89.11			80.73		



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูล และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

KMIT'L		DIRECT SHEAR TEST	
SHEET 2 (Stress-Strain Curves)			
Project	Special Project	Owner	INT
Job No.			1
Location	Civil B.	Boring No.	1
Sample No.			1/B
Soil Description	Gray Silty Clay		Depth
		2.10 - 2.70 m.	
Tested By	INT		Date
		wed 19/02/41	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

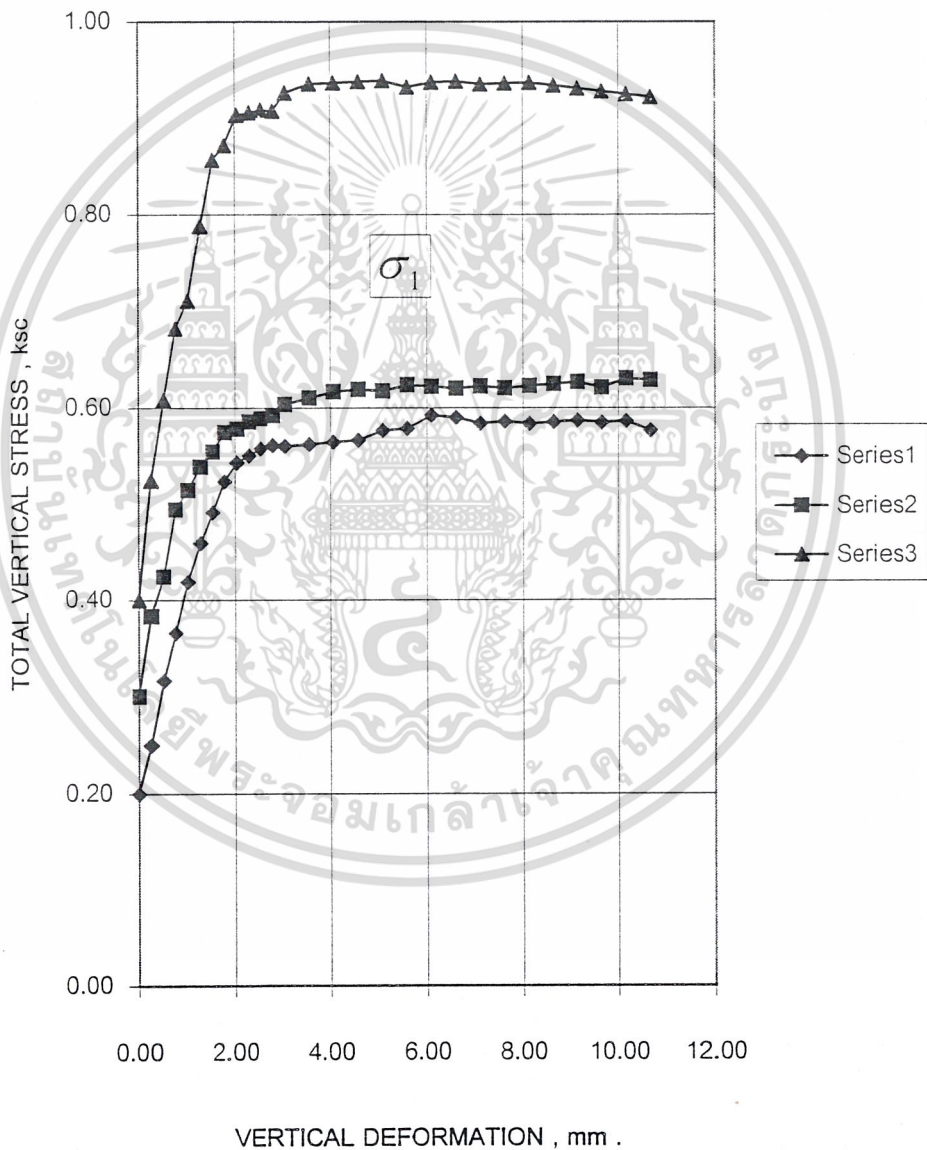
KMIT'L		DIRECT SHEAR TEST			
		SHEET 3			
Project	Special Project	Owner	INT	Job No.	1
Location	Civil B.	Boring No.	1	Sample No.	1/B
Soil Description	Gray Silty Clay		Depth	2.10 - 2.70 m.	
Tested By	INT		Date	wed 19/02/41	
TYPE OF TEST		U.U. TEST			
SAMPLE NO.	WATER CONTENT%		NORMAL STRESS ksc.	MAX. SHEARING STRESS , ksc.	
	BEFORE TEST	AFTER TEST			
1	102.5	103.4	0.041	0.07	
2	93.0	90.7	0.080	0.09	
3	80.1	73.3	0.162	0.12	

The graph plots Shearing Stress (ksc) on the vertical axis against Normal Stress (ksc) on the horizontal axis. The vertical axis has major grid lines every 0.10 units from 0.00 to 0.50. The horizontal axis has major grid lines every 0.10 units from 0.00 to 0.50. Three data points are plotted at approximately (0.041, 0.07), (0.080, 0.09), and (0.162, 0.12). A straight line is drawn through these points, and its equation is given as $y = 0.39x + 0.06$.

COHESION =	0.06	ksc. ,	ϕ ANGLE =	24.10	DEGREE
------------	------	--------	----------------	-------	--------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L		TRIAXIAL TEST	
SHEET 2 (Stress-Strain Curves)			
Project	Special Project	Owner	INT
Job No.	1		
Location	Civil B.	Boring No.	1
Sample No.	1/B		
Soil Description	Gray Silty Clay		Depth
			2.10 - 2.70 m.
Tested By	INT		Date
			wed 19/02/41



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขได้โดยปริยายด้วยข้อความ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMIT'L		TRIAXIAL TEST SHEET 3		
Project <u>Special Project</u> Owner <u>INT</u> Job No. <u>1</u>				
Location <u>Civil B.</u> Boring No. <u>1</u> Sample No. <u>1/B</u>				
Soil Description <u>Gray Silty Clay</u> Depth <u>2.10 - 2.70 m.</u>				
Tested By <u>INT</u> Date <u>wed 19/02/41</u>				
TYPE OF TEST <u>U.U.TEST</u>				
SAMPLE NO.	WATER CONTENT		CONFINING STRESS	MAX. VERTICAL
	BEFORE TEST	AFTER TEST	σ_3 ,ksc.	STRESS σ_1 , ksc.
1	102.5	85.4	0.20	0.59
2	93.0	78.9	0.30	0.63
3	80.1	77.9	0.40	0.94
<p style="text-align: center;"> $c = 0.077$ $\phi = 17.43$ </p>				
COHESION = <u>0.08</u> ksc. , ϕ ANGLE = <u>17.43</u> DEGREE				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.

ขั้นตอนการทดสอบการรับกำลังของดินโดยวิธี UU Triaxial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบการรับกำลังของดินโดยวิธี UU Triaxial

Unconsolidated Undrained , UU Triaxial Test (ASTM D2850 - 87)

1. วัตถุประสงค์

ทำการทดลองกำลังของดินเหนียวอ่อนคงสภาพ แบบไม่อัดตัวอย่าง (Unconsolidated) กระทำแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained)

2. ตัวอย่างดิน

ดินเหนียวอ่อนคงสภาพ (Undisturbed Sample)

3. วิธีการทดลอง

3.1 นำตัวอย่างดินคงสภาพ เพิ่งเอาออกจากกระบอกเก็บตัวอย่าง มาตัดแต่งให้เป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งโดยปกติจะมีขนาดมาตรฐาน ดังนี้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (นิ้ว)	ความสูงของตัวอย่าง (นิ้ว)
1.4	2.8 - 3.0
2.8	5.6 - 6.0

แต่ขนาดอื่นก็อาจใช้ได้ โดยที่ความสูงของตัวอย่างจะต้องมากกว่า 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง (ทั้งนี้เพื่อให้รอยเฉือน (Failure Plane) ไม่อยู่ในส่วนของผิวบนหรือผิวล่างของตัวอย่าง ซึ่งจะทำให้มีความผิดพลาดส่วนนั้นเกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง และค่าของ F_v จะมากกว่าที่ควรจะเป็น) การทดลองเลือกขนาด 2x4 นิ้ว

3.2 ใช้กระบอกแบบ (Miter Box) แบบผ่าหุ้มตัวอย่างในการที่จะตัดส่วนล่างและส่วนบนของตัวอย่างให้ได้ความยาวตามต้องการ แล้วทำการวัดขนาดที่แน่นอนโดยใช้เวอร์เนีย ความสูงควรวัดอย่างน้อย 3 ค่า รอบตัวอย่าง เช่นเดียวกับเส้นผ่านศูนย์กลาง ก็ควรจะวัดตอนบน ตอนกลาง และตอนล่าง เพื่อนำค่าเหล่านี้มาหาค่าเฉลี่ยต่อไป

3.3 การติดตั้งตัวอย่าง Triaxial Cell ให้ทำดังรูปที่ II

3.4 ต่อสายความดันเซลล์ (Cell Pressure Line) เข้าวาล์ว A ปิด วาล์ว B

3.5 วางแผ่นตัน (Solid Disc) ลงบนฐานที่ตั้งตัวอย่าง

3.6 วางตัวอย่างลงบนที่ตั้งตัวอย่าง ถอดแบบแยกออก

3.7 วางแผ่นกดบนตัวอย่าง

3.8 ใช้ที่เบ่งปลอกยาง เบ่งปลอกยาง คูกลมภายในให้ปลอกยางติดผนังที่เบ่ง บีบสายคูคไว้

3.9 สวมปลอกยางครอบตัวอย่าง ปลอ่ยที่บีบสายคูคให้ปลอกยางรัดตัวอย่าง

3.10 ใช้ที่เบ่งวงแหวนยางสวมวงแหวนยาง 2 ตัว ไว้ที่ปลายล่าง แล้วสอดลงไปพื้นฐานที่ตั้งตัวอย่าง แล้วปลอ่ยออกให้รัดปลอกยาง ทำเช่นเดียวกับสวมบนของตัวอย่าง

3.11 สวมฝาครอบเซลล์ลงบนฐาน ลองตะแคนกด (Piston) บนแผ่นกดให้ได้ศูนย์กลาง ชักแกนกด

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมเจ้าคุณทหารวิศวกรรมศาสตร์ ห้ามมิให้คัดลอกโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.12 เปิดวาล์วสายความดันเซลล์ (Cell Pressure Line) และต่อเข้าถังน้ำ ให้น้ำไหลเข้าเซลล์จนเต็ม
- 3.13 ที่แผงควบคุมความดันเซลล์ ตั้งความดันที่จะกระทำตัวอย่าง (σ_3) โดยปิดวาล์ว H , N เปิดวาล์ว K , M ปรับที่ปรับความดันลม (Air Regulator) ด้วยการหมุนเข็มนาฬิกา อ่านค่าความดันที่เพิ่มขึ้นจากมาตรความดัน (Pressure Gauge) จนถึงความดันที่ต้องการซึ่งควรเริ่มทดสอบที่ความดันเท่ากับ P_0 ความลึกตัวอย่างดิน แล้วปิดวาล์ว M เปิดวาล์ว H เพื่อระบายความดันในแผงความดันที่หน้าปัดจะตกเป็นศูนย์ แล้วปิดวาล์ว H ต่อสายความดันเซลล์ (Cell Pressure Line) เข้ากับกระบอกควบคุมความดัน เปิดวาล์ว A เข้า เซลล์ เปิดวาล์ว T , P ค่อยๆเพิ่มความดันในเซลล์ ด้วยการหมุนเกลียวกระบอกควบคุมความดัน อ่านค่าความดันเพิ่มที่มาตรวัดความดัน จนกระทั่งถึงความดันที่จะทำการทดสอบ เปิดวาล์วความดันทดสอบที่ตั้งไว้ (วาล์ว M) ในขณะที่แกนกดถูกความดันเซลล์ลอยขึ้นจนสุด
- 3.14 ยกเซลล์ขึ้นตั้งบนเครื่องกด (หรือตั้งไว้แล้วแต่แรก) ติดตั้ง Proving Ring และ มาตรหน้าปัด (Deformation Dial Gauge)
- 3.15 ตั้งอัตรากดที่เครื่องกด ประมาณ 0.5-1.0 % ความสูงตัวอย่างต่อนาที อ่านค่า Proving Ring ตามค่าการยุบตัวของตัวอย่างดิน ตามการเปลี่ยนของ Deformation Dial Gauge ทุกค่าตามตาราง
- 3.16 นำเซลล์ไป ถอด และแกะตัวอย่างออกมาวาดภาพการวิบัติ นำตัวอย่างใส่ภาชนะชั่งและเข้าเตาอบเพื่อหาความชื้น

4. การคำนวณและรายงานผลการทดลอง

- 4.1 คำนวณยกพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน ซึ่งจะเปลี่ยนไป

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

A_c = Corrected Area

A_o = Initial Area

$$\epsilon = \text{Strain} = \frac{\Delta V}{L_o}$$

- 4.2 คำนวณหา Vertical Deviator Load

$$F_a = (P.R.) \times K_p$$

K_p = Proving Ring Constant

P.R. = Proving Ring Reading

- 4.3 คำนวณหา Vertical Deviator Stress

$$\sigma = F_a / A_c$$

ค่าปรับแก้ของ Deviator Stress เนื่องจากค่า Stiffness of Rubber

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{4E_m \epsilon_1}{D}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$D = \sqrt{4A/\pi}$ = เส้นผ่านศูนย์กลางชั้นตัวอย่าง

E_m = Young's Modulus ของ Rubber Membrane

t = ความหนาของ Rubber Membrane

ε_1 = Axial Strain การเคลื่อนที่ตามแนวแกน

4.4 คำนวณหา Principal Stresses

$\sigma_3 = \sigma_c$ = Confining Pressure

$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_v$ = Total Vertical Stress

ในกรณีที่ทำกรทดลอง CU - Test และวัด Pore Pressure ด้วย

$\bar{\sigma}_3 = \sigma_3 - \sigma_u$ = Effective Minor Principal Stresses

$\bar{\sigma}_1 = \sigma_3 + \sigma_v$ = Effective Major Principal Stresses

เมื่อ u = Pore Pressure

4.5 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง

σ_1 และ ΔV หรือ $\bar{\sigma}_1$ และ ΔV

σ_3 และ ΔV หรือ $\bar{\sigma}_3$ และ ΔV

u และ ΔV

4.6 อ่านค่า σ_1 สูงสุด และ σ_3 นำมาเขียน Mohr's Circle

4.7 ทดสอบตัวอย่างเหมือน โดยใช้ Confining Pressure ต่างๆ กัน อย่างน้อย 3 ตัวอย่าง นำมาเขียน Mohr's Circle Mohr-Coulomb's Envelope

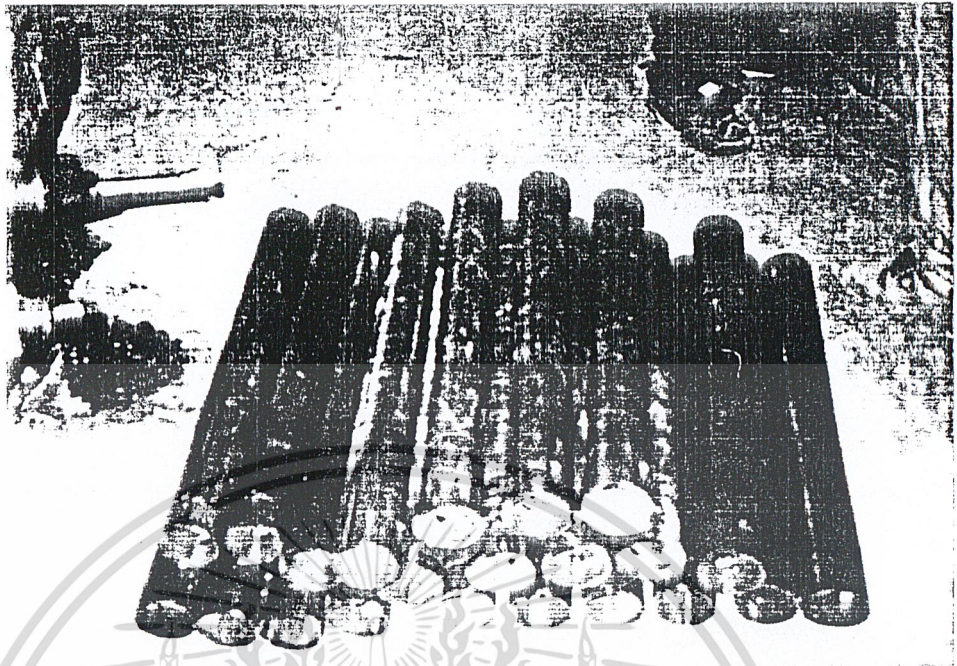
4.8 ลากเส้นลากเส้นตรงสัมผัสวงกลมทั้งหมดเรียกว่า Mohr-Coulomb's Envelope จุดตัดบนแกน Shearing Stress เรียกว่า Cohesion (c) และมุมเอียง คือ Internal Friction Angle (ϕ)



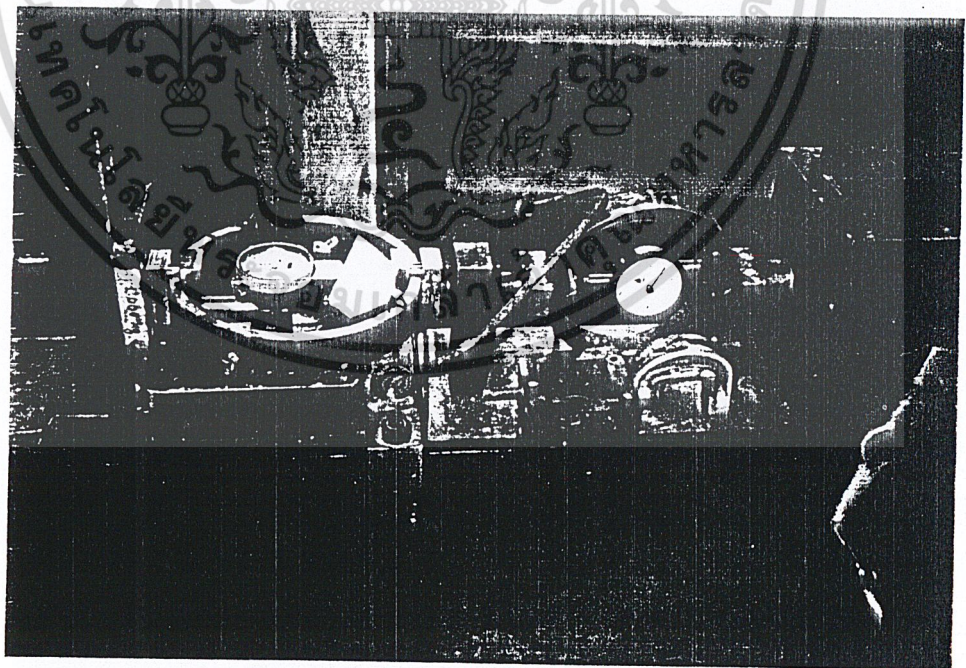
ภาคผนวก ง.

รูปแสดงวิธีดำเนินการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

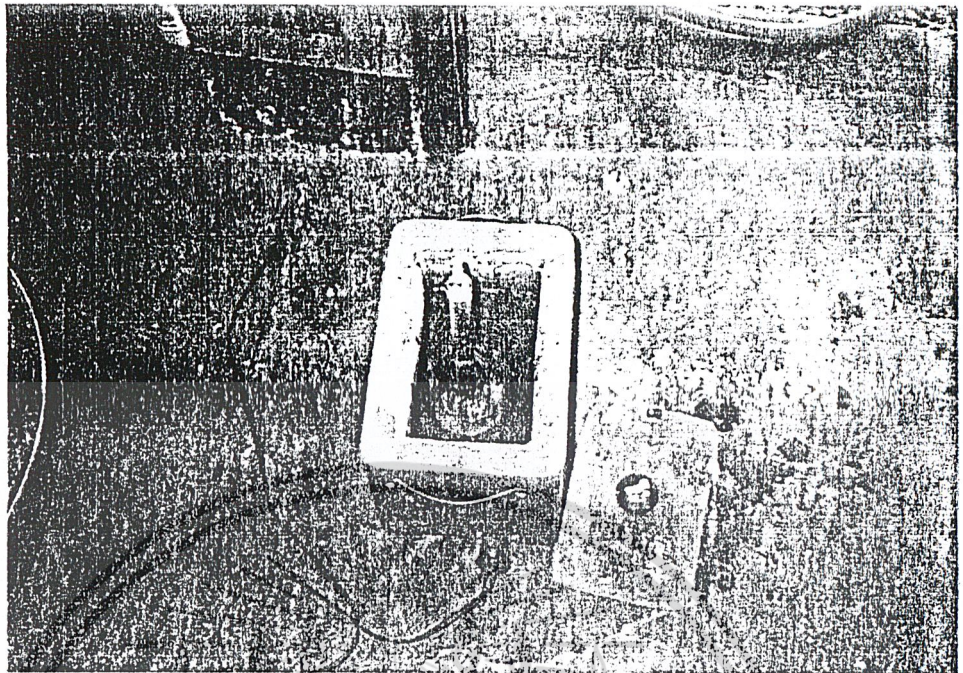


รูปผนวกที่ 1. กระบอกตัวอย่างดิน



รูปผนวกที่ 2. การ calibrate proving ring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ 3. ทวี calibrate pycnometer

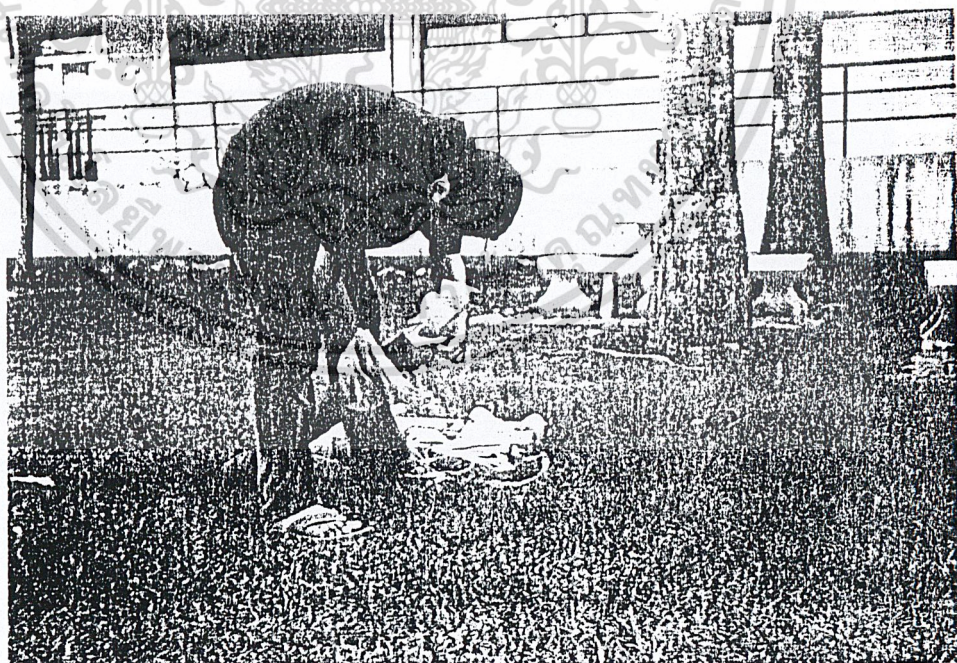


รูปผนวกที่ 4. การเจาะตัวอย่างดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

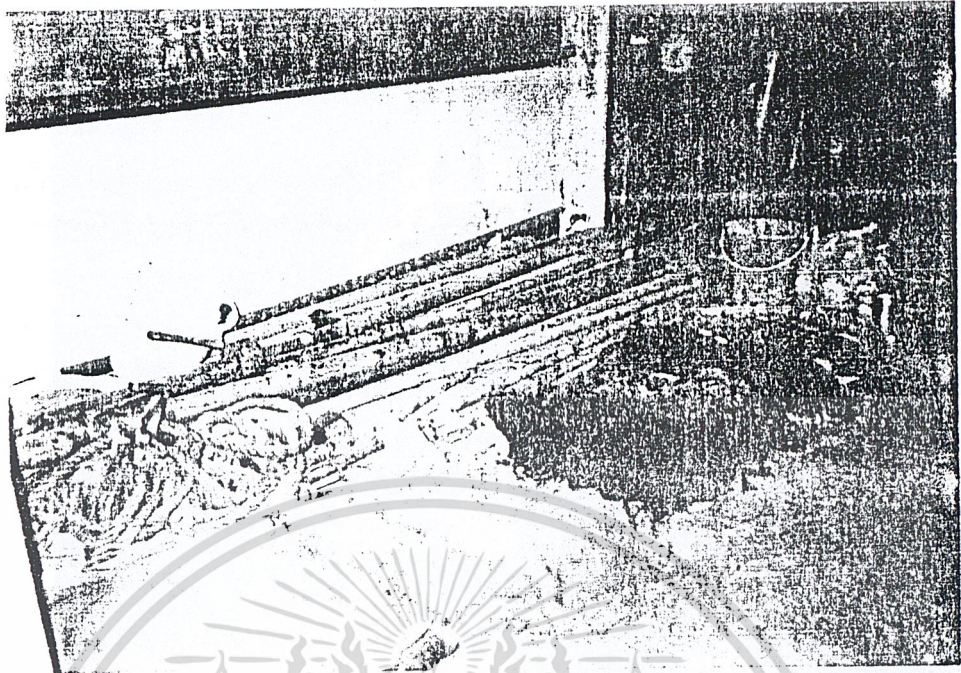


รูปผนวกที่ 5. การเก็บตัวอย่างดิน

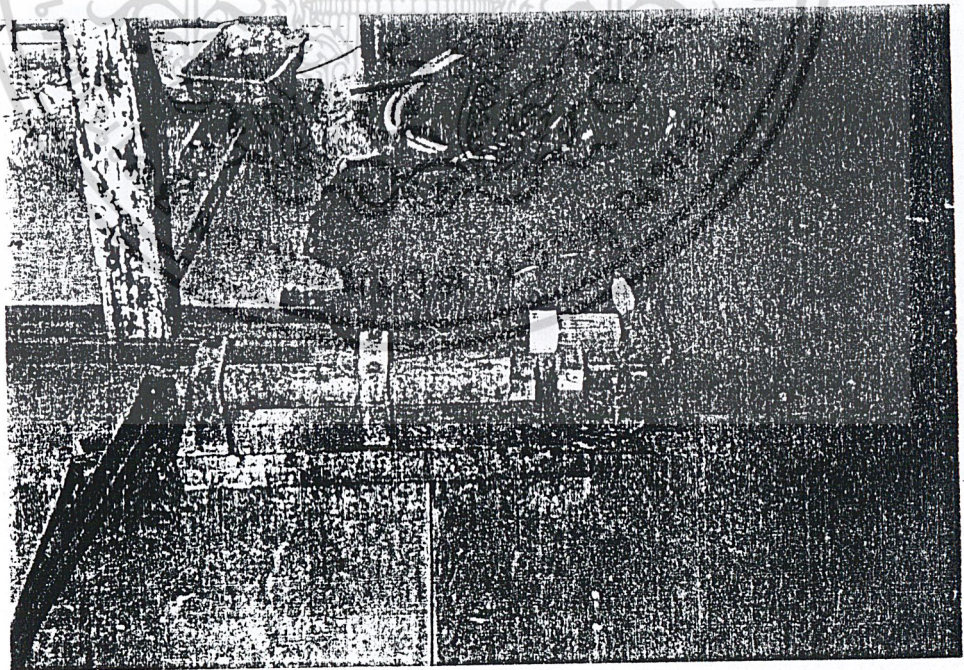


รูปผนวกที่ 6. ปิดปากกระบอกทันที หลังเก็บตัวอย่างดินจากหลุมเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

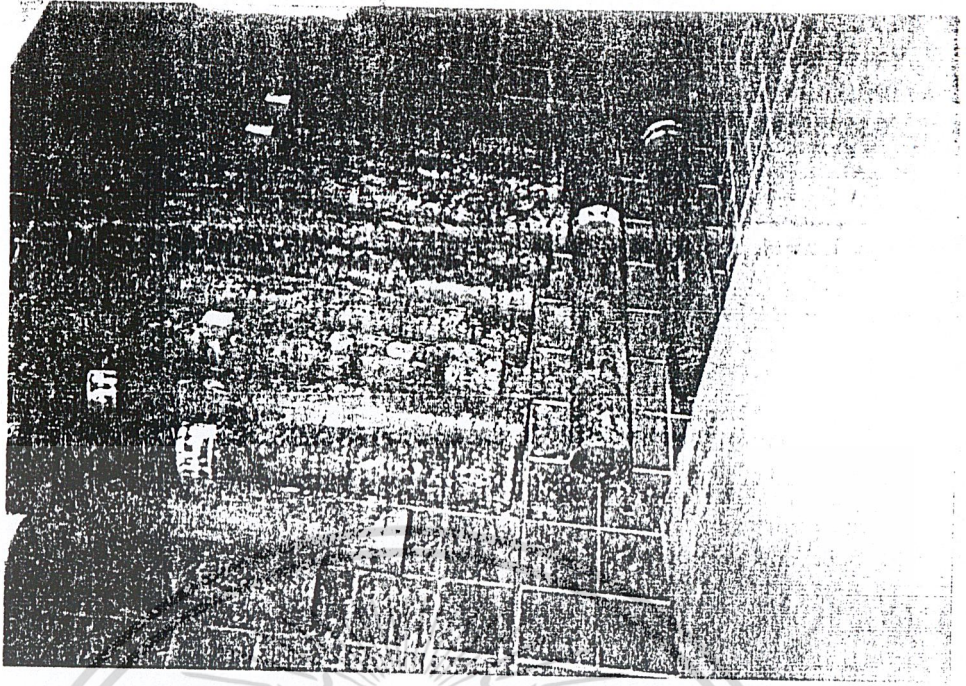


รูปผนวกที่ 9. กลุ่มกระเบื้องที่แตกหักอย่างเห็นด้วยกระเบื้องชั้น

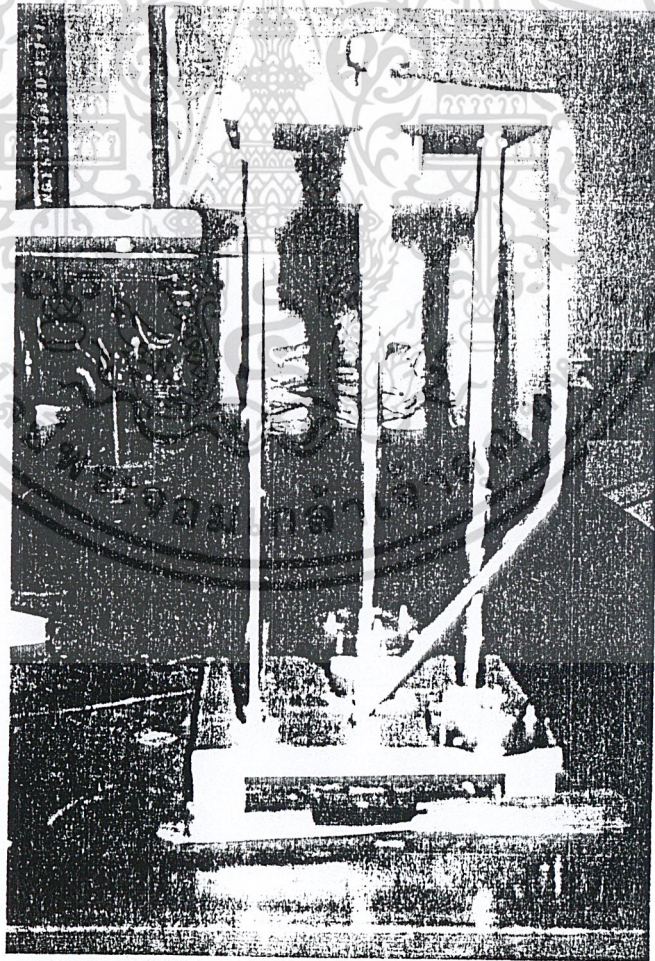


รูปผนวกที่ 10. เครื่องมือดันดินออกจากกระเบื้องที่แตกหัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

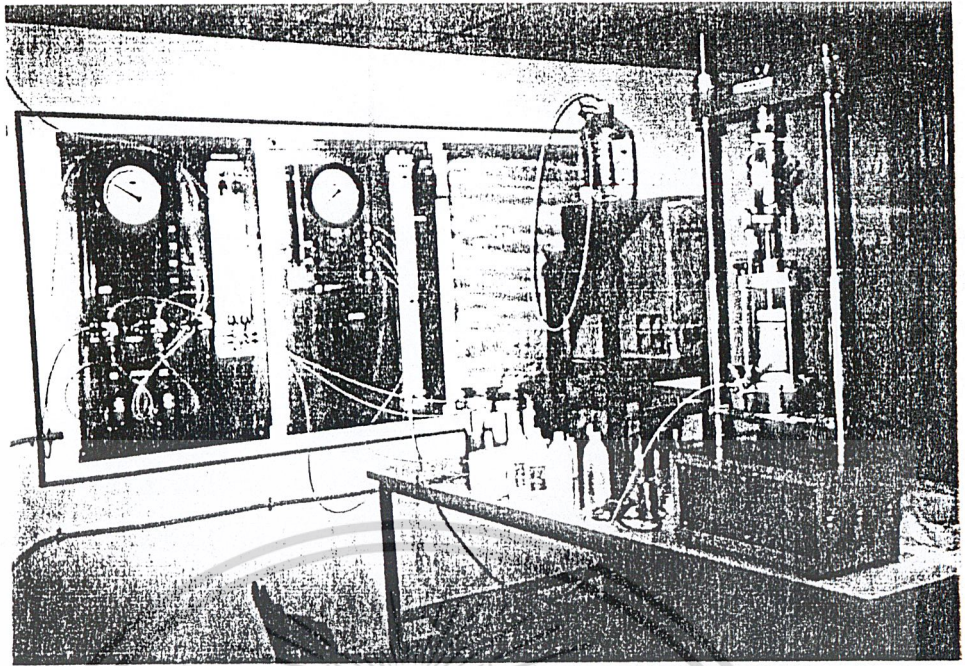


รูปผนวกที่ 13. ห้องเก็บข้าวอย่างดิน

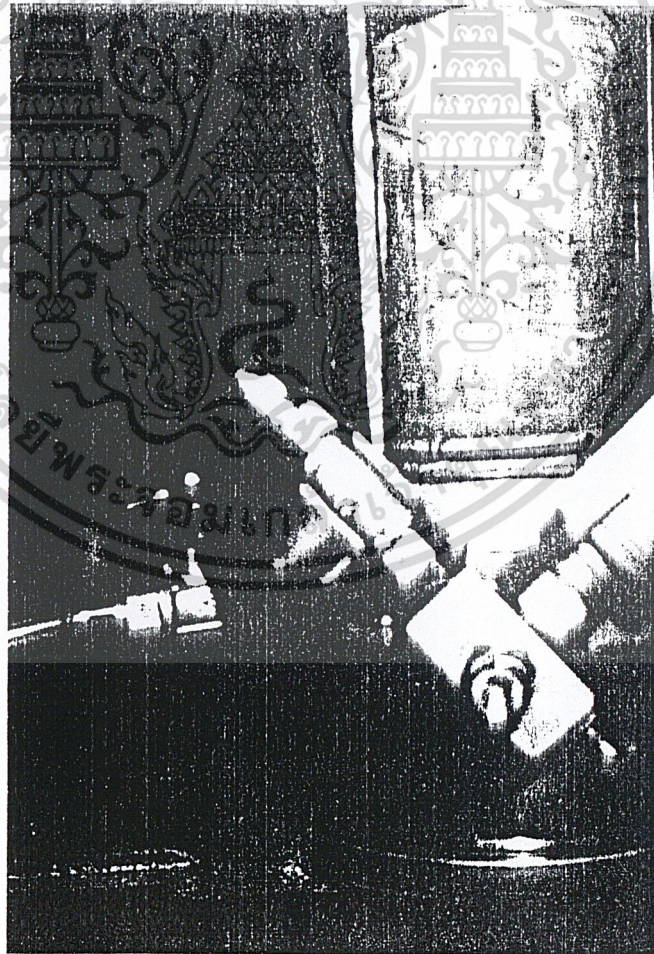


รูปผนวกที่ 14. เครื่องมือตัดแต่งตัวอย่างดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

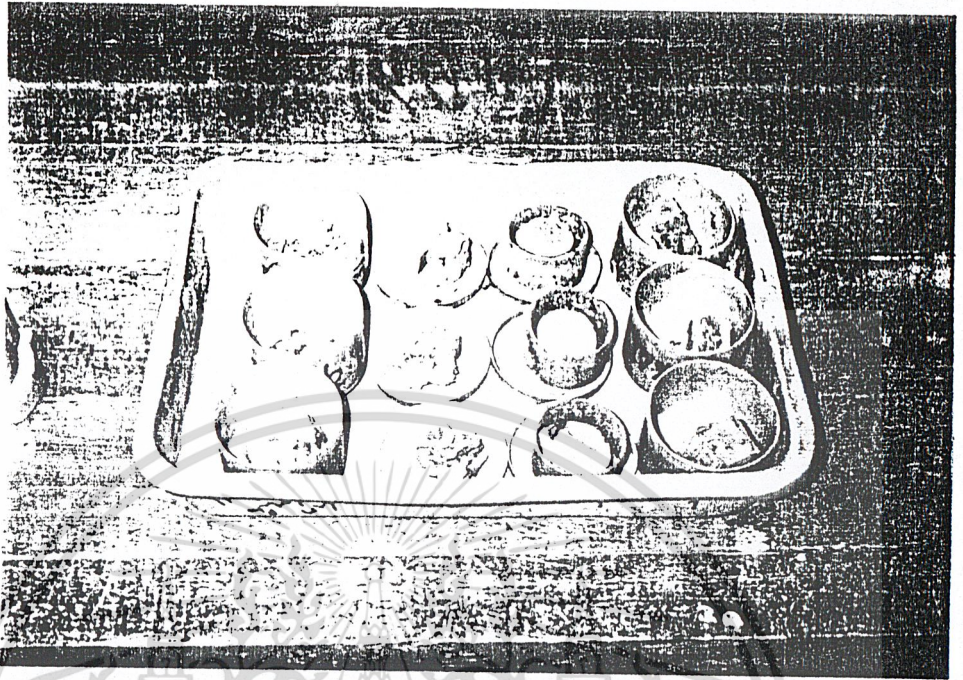


รูปผนวกที่ 15. ชุดเครื่องมือ Triaxial พร้อมทำการทดสอบ



รูปผนวกที่ 16. การวัดดินด้วยแรงเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ 17. ถ้วยและวงแหวนในการหาความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้