



การหาค่าตัวประกอบการยึดเกาะของคอนกรีตกับดินเหนียว

Adhesion Factor between Concrete and Bangkok Clay ( Keingkaew )



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032503

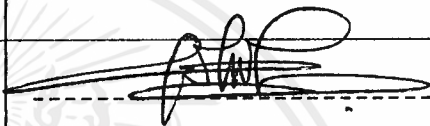



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE  
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1992

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การหาค่าตัวประกอบการยึดเกาะระหว่างคอนกรีตกับดินเหนียวใน  
พื้นที่กรุงเทพมหานคร ( กิ่งแก้ว )  
นักศึกษา นาย สราวุฒิ ลุสวัณดี รหัสประจำตัว 32.1325  
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมก่อสร้าง  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.สุพจน์ ศรีโณ

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ	
ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ	
อ. ศักดิ์ชัย สภาเทพย์	

ภาควิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นาย สุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 10 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2536

หัวข้อโครงการพิเศษ การหาค่าตัวประกอบการยึดเกาะระหว่างคอนกรีตกับดินเหนียวในพื้นที่  
กรุงเทพมหานคร ( กิ่งแก้ว )  
นักศึกษา นาย ศาวุฒิ กุฬวัชร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา อ. สุพจน์ ศรีนิล  
ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมก่อสร้าง  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
พ.ศ. 2535

### บทคัดย่อ

ในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ เพื่อศึกษาตัวประกอบการยึดเกาะระหว่าง ดินเหนียว  
กับคอนกรีต โดยทำการหาค่าเสียดทาน ระหว่างผิวของคอนกรีตกับดินเหนียว และทดสอบหาค่า  
undrained shear strength ของดินเหนียวโดยวิธี direct shear ซึ่งใกล้เคียงกับ  
สภาพความเป็นจริงมากโดยหาดินตัวอย่างทุกๆ 1 เมตร ลึก 19 เมตรเพื่อศึกษาค่า adhesion  
factor ของดินตัวอย่าง

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อ ค่า Undrained Shear Strength เพิ่มขึ้น  
ค่า adhesion factor จะมีค่าลดลง

ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อค่า undrained shear strength เพิ่มขึ้นค่า  
adhesion factor จะมีค่าลดลงจากการเปรียบเทียบค่า adhesion factor ที่ได้จาก  
การศึกษากับที่เสนอโดย Tomlinson พบว่าค่าที่ได้จากการศึกษามีค่าต่ำกว่าค่าที่ เสนอโดย  
Tomlinson

Project Title Adhesion Factor between Concret and Bangkok Clay  
Student Mr. Sarawut Lusawad  
Project Advisor Mr. Supot Srinin  
Level of Study Bachelor of Engineering in Construction Engineering  
Department Civil Engineering Faculty of Engineering King Mongkut  
Institute of Technology Ladkrabang  
Year 1992

#### ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study about the adhesion factor between concrete and Bangkok Clay . This project can do by find the undrain shear strength of Bangkok Clay and find the friction between the skin of concrete and Bangkok Clay by direct shear test. The sample can bring from every meter and depth is 19 meters.

The result is when the undrained shear strength increase , the adhesion will decrease

From the comparision the adhesion factor from this project and Tomlinson(1957), we find that the value of the adhesion from this projec is lower than the value from Tomlinson.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ ได้รับความดีความชอบให้แก่บุคคล ผู้ให้ความอนุเคราะห์ ตลอดจน  
แนะนำ ในด้านต่างๆ ต่อผู้จัดทำดังนี้

อาจารย์ สุพงษ์ ศรีนิล

- อาจารย์ที่ปรึกษา และให้คำแนะนำในการคัดคว้า

ตลอดจนพี่ๆ ที่ shop และเพื่อนๆ ที่ช่วยในการทำรายการทดลอง

ผู้จัดทำ

นาย ศรวิทย์ ลุสวัณศ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	1
ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ	1
ขอบเขตของโครงการพิเศษ	1
วิธีที่ใช้ในโครงการพิเศษ	2
เครื่องมือและอุปกรณ์	2
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและผลการศึกษาที่ผ่านมา	3
การรับน้ำหนักของเสาเข็มเดี่ยว	3
พฤติกรรมของเสาเข็มเมื่ออยู่ภายใต้แรงกระทำ	4
ผลการตอกเข็มลงในดินเหนียว	6
ผลการศึกษาที่ผ่านมา	11
3. วิธีดำเนินการศึกษา	24
ขั้นตอนการศึกษา	24
ขอบข่าย	24
Atterberg's Limits	26
Direct Shear test	29
4. ผลการศึกษา	34
5. สรุปผลการศึกษา	153
6. ตัวอย่างเปรียบเทียบการคำนวณกำลังรับของเสาเข็ม	154
ระหว่าง Tomlinson และ ผลจากการทดลอง	
บรรณานุกรม	159

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	35
2.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	36
3.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	37
4.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	41
5.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	42
6.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	43
7.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	47
8.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	48
9.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	49
10.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	53
11.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	54
12.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	55
13.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	59
14.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	60
15.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	61
16.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	65
17.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	66
18.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	67
19.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	71
20.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	72
21.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	73
22.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	77
23.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	78
24.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	79
25.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	83
26.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	84
27.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	85
28.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	89
29.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	90
30.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	91
31.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
32.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	96
33.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	97
34.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	101
35.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	102
36.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	103
40.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	107
41.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	108
42.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	109
43.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	113
44.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	114
45.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	115
46.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	119
47.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	120
48.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	121
49.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	125
50.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	126
51.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	127
52.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	131
53.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	132
54.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	133
55.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	137
56.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	138
57.	ตารางแสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก	139
58.	ตารางแสดงค่า Liquid Limit, Plastic Limit และ Plastic Index ของดินตัวอย่าง	149
59.	ตารางแสดงค่า Friction ระหว่าง ก้อนกรวดและดินเหนียว	150
60.	ตารางแสดงค่า Adhesion Factor ของดินระดับต่างๆ	151

## สารบัญภาพ

	หน้า
1. กราฟแสดง Load-Settlement	5
2. แสดงการถ่ายน้ำหนักจกหัวเสาเข็มสู่ผิว	6
3. แสดงแรงค้ำน้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการตอกเข็ม	8
4. แสดงกลไกการเคลื่อนตัวของเสาเข็มเนื่องจากการตอกเข็มที่อยู่ติดกัน	9
5. แสดงบริเวณที่ถูกรบกวนและการเคลื่อนตัวของดินในแต่ละช่วงของการตอก เข็มใน Cohesion Soil	10
6. แสดงการเคลื่อนตัวของดินรอบๆปลายเข็มที่ตอกลงใน Cohesion Soil	11
7. แสดงผิวของเสาเข็มเนื่องจากน้ำหนักกระทำที่หัวเข็ม	13
8. แสดงระยะเวลาคืนสภาพของดินหลังตอกเข็ม	14
9. แสดงการถ่ายน้ำหนักจากเสาเข็มสู่ Stiff Clay	17
10. แสดงสภาพดินชั้นเบญจกถึงลงในชั้น Stiff Clay	17
11. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Adhesion Factor และ ค่า Undrained Shear Strength ของดินเหนียว	18
12. แสดงค่า Adhesion Factor สำหรับเข็มตอกในดินเหนียว	19
13. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Adhesion Factor กับค่า Undrained Shear Strength ของ Tomlinson (1957) และ ของ Homberg (1970)	19
14. แสดงค่า Adhesion Factor สำหรับเข็มตอกในดินเหนียว	21
15. แสดงสภาพต่างๆ ของมวลดินเหนียว	27
16. แสดงการเคลื่อนตัวของรูฝักค้ำสัดร์	29
17. แสดงการเคลื่อนตัวและแรงต้านทาน	30
18. แสดงเครื่องมือทดสอบ Direct Shear Test	33

## บทที่ 1

## บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฐานรากโดยทั่วไปจะทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักโครงสร้างลงสู่ชั้นดิน ในกรณีที่ชั้นดินระดับที่มีความแข็งแรงเพียงพอ การถ่ายน้ำหนักจะทำโดยให้ฐานรากแผ่กว้างที่เดิมในระดับชั้นเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนจะต้องใช้เสาเข็มถ่ายน้ำหนักลงสู่ชั้นดินที่แข็งแรงกว่าเพื่อช่วยในการรับน้ำหนักและลดการทรุดตัวของโครงสร้าง

ในการประเมินการรับน้ำหนักของเสาเข็มในบริเวณที่เป็นดินเหนียวชั้น กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มกรณีแรงฝืดที่ผิว ที่สัมพันธ์กับค่าตัวประกอบการยึดเกาะเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาหาค่าตัวประกอบการยึดเกาะของเสาเข็มคอนกรีตกับดินเหนียวในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพื่อนำข้อมูลจากการศึกษามาใช้ประกอบการออกแบบต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

เพื่อศึกษาถึงวิธีหาค่าตัวประกอบการยึดเกาะ (Adhesion factor) ระหว่างดินเหนียวในกรุงเทพมหานครกับคอนกรีต เพื่อที่จะได้นำผลที่ได้จากการศึกษามาช่วยในการออกแบบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มคอนกรีตได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

ในการออกแบบให้เสาเข็มเป็นเสาเข็มถ่ายน้ำหนักนั้น ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ กำลังรับน้ำหนักของดินที่ปลายเสาเข็ม และแรงเสียดทานผิว ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า Shear Strength ระหว่างผิวคอนกรีตกับดินที่อยู่รอบๆเสาเข็ม และค่าตัวประกอบการยึดเกาะ ( Adhesion Factor ,  $\alpha$  )

ขอบเขตของโครงการพิเศษ

ทำการทดลองหาค่าแรงฝืด(friction) ของดินเหนียวตัวอย่างในพื้นที่กรุงเทพมหานครในบริเวณ กิ่งแก้ว กับ ผิวของคอนกรีตตัวอย่างศึกษาข้อมูลที่ได้ และ หาความสัมพันธ์ระหว่าง Adhesion factor กับค่า Shear strength (  $S_u$  ) ของดินในแต่ละระดับชั้นของความลึก โดยจะทำการทดสอบชั้นดินเหนียวที่เจาะลึกจนถึง 19 เมตร

## วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ

ทำการทดลองหาค่าแรงเสียดทานผิวของดินเหนียวกับผิวคอนกรีตโดยวิธีdirect shearและทดสอบค่า drained shear strength ( $S_u$ ) โดยหาค่า Direct Shear ของสภาพดินเดียวกัน

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Direct Shear Machine
2. Dial Gage
3. เลื่อยตัดดิน
4. เทียน หรือ พาราฟิน

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการออกแบบลาดตะแคงการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มในกรุงเทพมหานครได้เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลการศึกษาที่ผ่านมา

การรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเดี่ยว

ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุก ( Bearing Capacity ) ของเสาเข็มนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับน้ำหนักของตัวเสาเข็มเอง และความสามารถในการรับน้ำหนักของดินรอบๆเสาเข็มและที่ปลายเสาเข็ม ถ้าความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มสูงกว่าความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน คำน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจริงๆจะขึ้นอยู่กับ ความสามารถในการรับน้ำหนักของดินรอบๆ เสาเข็ม

เสาเข็มจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งถ่ายน้ำหนักของโครงสร้างผ่านมายังชั้นดิน โดยอาศัยแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น ระหว่างพื้นที่ผิวประสิทธิผลของเสาเข็มกับมวลดินที่ล้อมรอบเสาเข็มส่วนหนึ่งและส่วนที่เหลือจะรับโดยดินที่อยู่ปลายเสาเข็ม

เสาเข็มในชั้นดินเหนียวน้ำหนักบรรทุกส่วนใหญ่ จะถูกรับโดยแรงยึดเกาะระหว่างพื้นที่ผิวของเสาเข็ม กับดินที่อยู่รอบๆเสาเข็ม ซึ่งจะเรียกเสาเข็มอย่างนี้ว่า "เสาเข็มเสียดทาน" (Friction Pile) ในบริเวณที่เป็นดินทรายน้ำหนักบรรทุกส่วนใหญ่จะรับไว้โดย แรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม เสาเข็มชนิดนี้เรียกว่า "เสาเข็มรับน้ำหนักที่ปลาย" (End Bearing Pile)

ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของเข็มเดี่ยวจะมีค่าเท่ากับ ผลบวกของแรงต้านทาน เนื่องจากผิวเสาเข็มและแรงต้านทานที่ปลายเสาเข็ม

$$Q_b = Q_{ub} + Q_s$$

ค่า  $Q_b$  คือ ค่า End Bearing Resistance สำหรับดินเหนียวหาได้จาก

$$Q_b = N_c S_{ub} A_b$$

เมื่อ  $N_c$  คือ ค่า Bearing Capacity Factor

$S_{ub}$  คือ ค่า Undisturbed Undrained Cohesion ที่ปลายเสาเข็ม

$A_b$  คือ ค่า พื้นที่หน้าตัดของปลายเสาเข็ม

ค่า  $Q_u$  คือ ค่า Resistance Of the Shaft หาได้โดย

$$Q_u = \alpha S_u A_u$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ ค่า Adhesion Factor

$S_u$  คือ ค่าเฉลี่ยของ Undisturbed Undrained Shear Strength ของดินรอบๆเสาเข็ม

$A_u$  คือ ค่าพื้นที่ของลำตัวของเสาเข็ม

ดังนั้นค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเดี่ยวในดินเหนียวจะเท่ากับ

$$Q = N_c S_{uc} A_b + \alpha S_u A_u$$

สำหรับดินเหนียวที่เป็นชั้นๆ ในแต่ละชั้นค่า  $\alpha$  และค่า  $S_u$  ไม่เท่ากัน จะคำนวณหาแรงเสียดทานผิวในแต่ละชั้นแล้วนำมารวมกัน

พฤติกรรมของเสาเข็มเมื่ออยู่ใต้แรงกระทำ

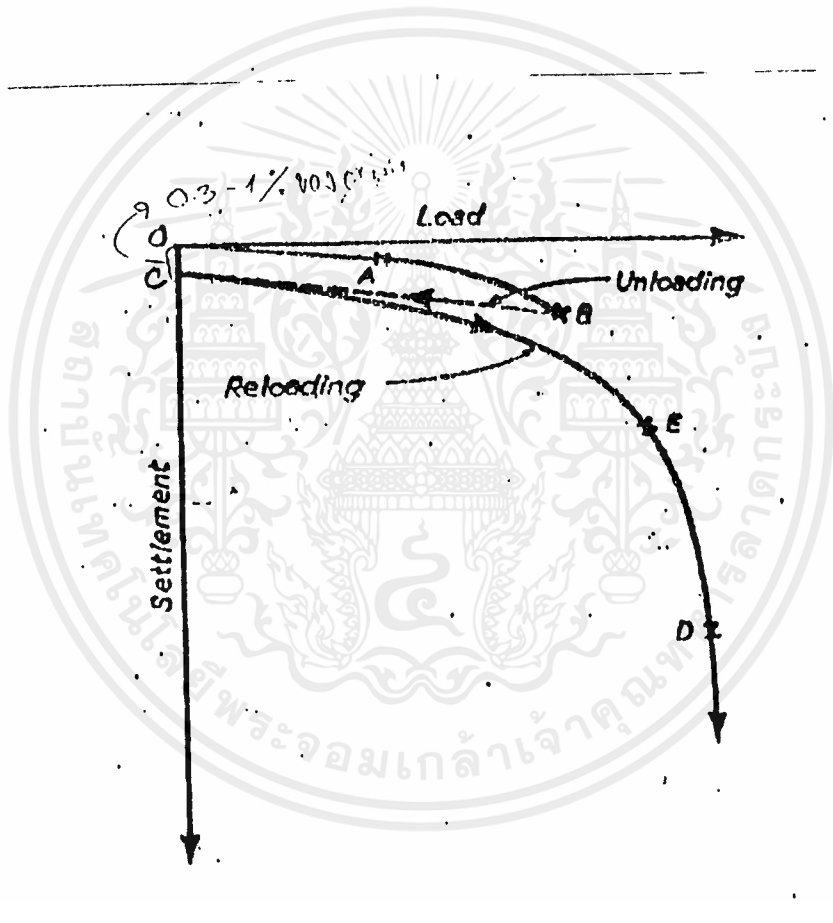
เมื่อเสาเข็มที่ตอกในดินเหนียวรับน้ำหนักที่เพิ่มในอัตราเร็ว หรืออย่างช้าๆ จะได้กราฟ Load-Settlement ดังภาพ 2.1 ในช่วงแรก ระบบของดินและเสาเข็มจะอยู่ในสภาพยืดหยุ่น (Elastic) ซึ่งจำได้ กราฟเป็นเส้นตรง (ช่วง OA) ซึ่งถ้าน้ำหนักบรรทุกออกในช่วงนี้ หัวเข็มจะกลับเข้าระดับเดิมก่อนใส่ น้ำหนัก และเมื่อน้ำหนักกระทำเพิ่มขึ้นต่อไปจากจุด A จะเกิดการรูดากที่ผิวสัมผัสของดินและเสาเข็มเกิดการเลื่อนไถลขึ้นที่จุด B ในช่วงนี้จะเกิด แรงเสียดทานสูงสุด ถ้าเอาน้ำหนักกระทำออกที่จุด B นี้ เสาเข็มจะไม่กลับไปสู่ระดับเดิมอีก และทรุดตัวถาวรเป็น ระยะ OC สำหรับระยะทรุดตัวที่ทำให้เกิดแรงผิวดินสูงสุดนี้มีค่าน้อยมากประมาณ 0.3 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม ส่วนแรงต้านทานสูงสุดที่ปลายเสาเข็มนี้ต้องมีระยะทรุดตัวประมาณ 10 - 20 % ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม เมื่อปลายเสาเข็มเกิดแรงต้านทานสูงสุด (จุด D ภาพ 2.1) เสาเข็มจะเกิดแรงทรุดตัว โดยที่ไม่เพิ่มน้ำหนักกระทำต่อไปอีก หรือเพิ่มน้อยแต่การทรุดตัวเกิดขึ้นมาก

สำหรับการถ่ายน้ำหนักจากตัวเสาเข็มลงสู่ดินจะแสดงใน Diagram ในภาพที่ 2.2 โดยน้ำหนักกระทำในภาพ 2.1 อธิบายได้ดังนี้

เมื่อใส่น้ำหนักจนถึงจุด A น้ำหนักจะถูกรับโดยแรงฝืดผิวบนผิวเสาเข็ม และจะไม่ถ่ายน้ำหนักต่อไปยังส่วนปลายเข็ม (ภาพที่ 2.2 ก) เมื่อเพิ่มน้ำหนักจนเข้าใกล้จุด B แรงฝืดผิวจะถึงค่าสูงสุดและที่ปลายเสาเข็มเริ่มรับน้ำหนักบ้าง (ภาพ 2.2ข) เมื่อเพิ่มน้ำหนักขึ้นอีกแรงฝืดผิวก็จะไม่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุด B แรงต้านทานที่ปลายของเสาเข็มจะถึงค่าสูงสุด (ภาพ 2.2ค)

ภาพที่ 2.1

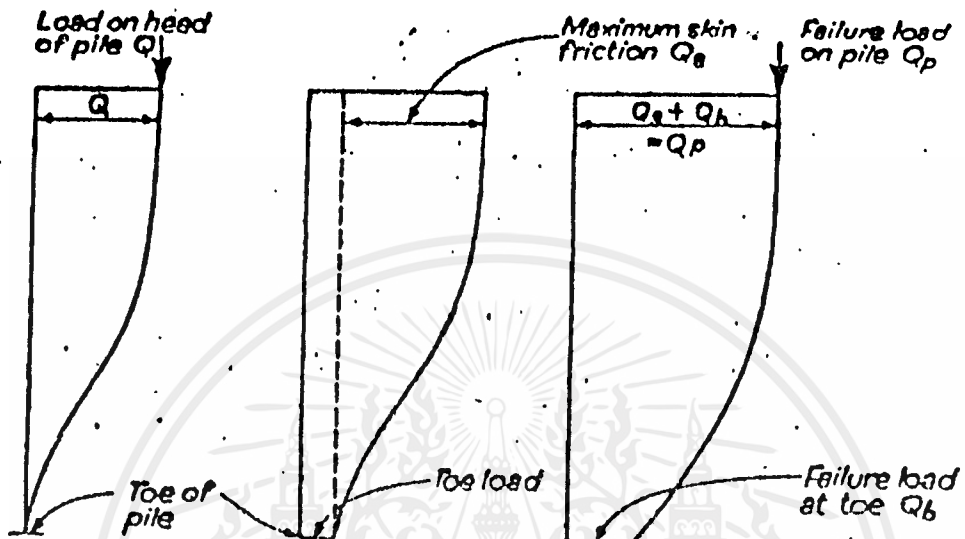
กราฟแสดง Load-Settlement



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาพที่ 2.2

แสดงการถ่ายน้ำหนักจากหัวเสาเข็มสู่ผิวเดิม



- (ก) จุด A บนกราฟ Load - Settlement ในภาพที่ 2.1  
 (ข) จุด B บนกราฟ Load - Settlement ในภาพที่ 2.1  
 (ค) จุด D บนกราฟ Load - Settlement ในภาพที่ 2.1

## ผลของการตอกเข็มลงในดินเหนียว

ผลของการตอกเข็มลงในดินเหนียว 4 ประการดังนี้

1. เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดินเหนียวบริเวณรอบ ๆ ของเสาเข็ม
2. เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะหน่วยแรง (Stress State) ในดินรอบ ๆ เสาเข็ม
3. เกิดแรงค้ำน้ำส่วนเพิ่ม (Excess Pore Pressure) รอบ ๆ เสาเข็ม
4. เมื่อเวลาผ่านไปช่วงระยะหนึ่ง กำลังของดินจะกลับมามีค่าเท่าเดิม

## ผลต่อกำลังแรงเฉือนของดินเหนียวเนื่องจาก การตอกเข็ม

เนื่องจากการตอกเข็มทำให้ดินบริเวณรอบ ๆ เสาเข็มถูกรบกวน จึงทำให้ค่า Undrained shear Strength ของดินลดลงอย่างมาก เนื่องจากการเปลี่ยนรูปร่างของดิน และการเปลี่ยนแปลงของแรงค้ำน้ำในดิน Total Stress ในแนวด้านข้าง ( $\sigma_h$ ) เพิ่มขึ้นมาก แต่ค่า Total Stress ในแนวตั้ง ( $\sigma_v$ ) อาจเพิ่มเพียงเล็กน้อย

เมื่อเวลาผ่านไปกำลังของดินจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนเป็นปกติ (เสาเข็มไม่มีน้ำหนักบรรทุกกระทำ) ซึ่งเกิดจากสาเหตุ 2 ประการประกอบกันดังนี้

1. Thixotropy เป็นการคืนกลับของกำลังแรงเฉือนของดินที่ลดลงเนื่องจาก โครงสร้างของดินถูกรบกวนจากการตอกเข็ม และมีบางส่วนที่มีค่าเท่าเดิม
2. Consolidation ผลจากการตอกเข็มดินเหนียวโดยรอบจะถูกอัดตัว เพราะ การแทนที่ของเสาเข็มทำให้แรงค้ำน้ำเพิ่มสูงขึ้นมาก เมื่อเวลาผ่านไปเกิดการกระจายตัวของแรง ค้ำน้ำที่เพิ่มขึ้น ทำให้ Effective Stress สูงขึ้น เป็นผลให้กำลังแรงเฉือนของดินสูงขึ้น ใน บางกรณีการตอกเข็มอาจจะทำให้แรงค้ำน้ำลดลงก็ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับ การรับน้ำหนักของดินในอดีต ใน ดินชนิด Over Consolidate Clay, ดินเหนียวแข็ง (Stiff Clay) ดินจะบวมตัว (Swelling) และจะรับน้ำหนักได้ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ในกรณีนี้ Long - Term Condition จะเป็นค่าวิกฤตในการออกแบบ

## แรงค้ำน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการตอกเข็ม

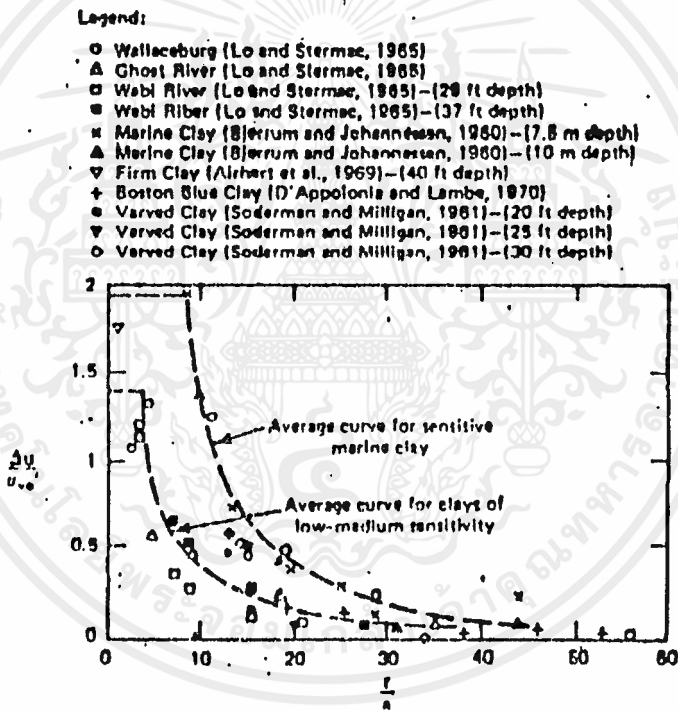
แรงค้ำน้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการตอกเข็มนี้มีค่าเท่ากับ หรือบางครั้งมากกว่าค่า Effective Stress และจะลดลงอย่างรวดเร็วตามระยะที่ห่างจากเข็ม (ภาพรูป 2.3) ในดิน ที่มีความไวสูงกว่าจะมีแรงค้ำน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่า

แรงค้ำน้ำที่เพิ่มขึ้นจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ระยะ 4 เท่าของรัศมีเสาเข็ม สำหรับ Normal Clay และ 8 เท่าของรัศมีเสาเข็มสำหรับ Sensitive Clay และที่ระยะ 30 เท่า ของรัศมีเสาเข็มอาจไม่คิดแรงค้ำน้ำที่เพิ่มขึ้นก็ได้

สำหรับการกระจายตัวของแรงค้ำน้ำส่วนเพิ่ม (Excess Pore Water Pressure) นั้นส่วนใหญ่จะกระจายหมดในหนึ่งเดือน อัตราการเพิ่มกำลังของดินเหนียวมีความสัมพันธ์กับอัตราการกระจายตัวของแรงค้ำน้ำ Soderberg, 1962 พบว่าการเพิ่มของความสามารถในการรับ น้ำหนักของเสาเข็ม (หรือกำลังแรงเฉือนของดิน) มีพฤติกรรมคล้ายคลึงกันมากกับการแผ่กระจาย ของแรงค้ำน้ำเมื่อเวลาผ่านไป และอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังของดิน หรือการเพิ่มค่าแรงยึด

เกาะ (Adhesion - Regein) หลังการตอกจะพิจารณาจากอัตราการซบักตัวคายน้ำ (Rate of Consolidation) ของดินรอบ ๆ เส้าเข็ม การประมาณระยะเวลาสำหรับการก่อสร้างอาคารหลังการตอกเข็มอาจจะกำหนดจากข้อมูลเกี่ยวกับแรงดันน้ำส่วนเพิ่มบริเวณเส้าเข็ม และอัตราการแผ่กระจายของแรงดันน้ำ

ภาพที่ 2.3  
แสดงแรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการตอกเข็ม





ในภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงของ  $\sigma_v$  ที่เพิ่มขึ้น ( $\Delta u$ ) ในแนวรัศมีรอบเสาเข็ม เป็นค่า in - situ effective stress,  $a$  เป็นรัศมีของเสาเข็มและ  $r$  เป็นระยะใด ๆ ที่ห่างจากเสาเข็ม ซึ่งเขียนอยู่ในเทอมไร้มิติ  $u/\sigma_v$  ,  $r/a$

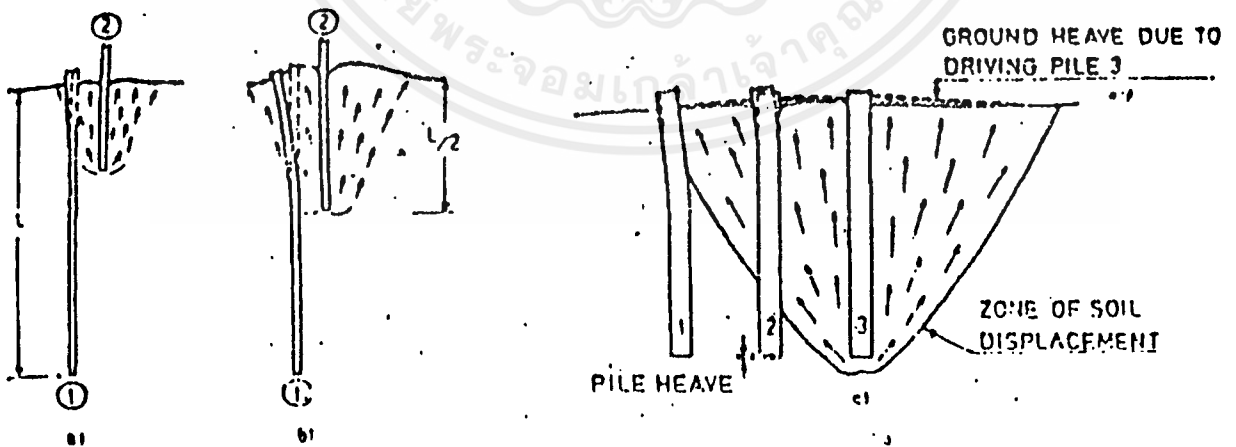
การเคลื่อนตัวของดิน และเข็มเนื่องจากการตอกเข็ม

ในการตอกเข็มจะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของดินเนื่องจากตัวเข็มไปแทนที่ เกิดการยุบอัดตัวของดินเหนียว ทำให้มีผลกระทบต่ออาคารข้างเคียงโดยเกิดการเคลื่อนตัวของอาคารข้างเคียงทำให้เกิดโมเมนต์ค้ำจุนมากถ่ายลงสู่เสาเข็ม หรือสำหรับการตอกเข็มจำนวนหลายต้นอาจพิจารณาใช้เข็มเจาะแทนได้

Hegerty และ Peck (1971) พบว่าจากการตอกเข็มลงในดินเหนียว การเคลื่อนตัวของดินใน Sensitive Clay จะน้อยกว่าใน Insensitive Clay และยังพบว่า ถ้าตอกเข็มตามเส้นรอบรูปของฐานรากก่อน จะทำให้ดินตรงกลางของฐานรากเกิดการ heave มากขึ้น และบริเวณรอบ ๆ ฐานรากจะเกิดการ heave ลดลง ถ้าดินมีระดับแตกต่างกันดินจะไหลเข้าสู่พื้นที่ที่มีระดับที่ต่ำกว่า

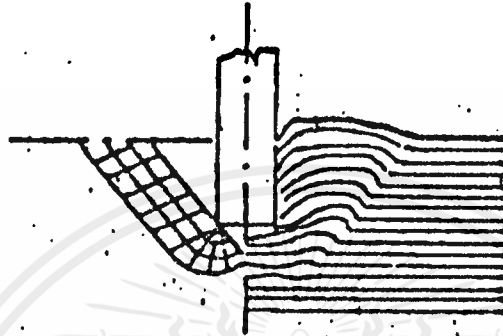
ภาพที่ 2.4

แสดงกลไกการเคลื่อนตัวของเสาเข็มเนื่องจากการตอกเข็มที่อยู่ติดกัน

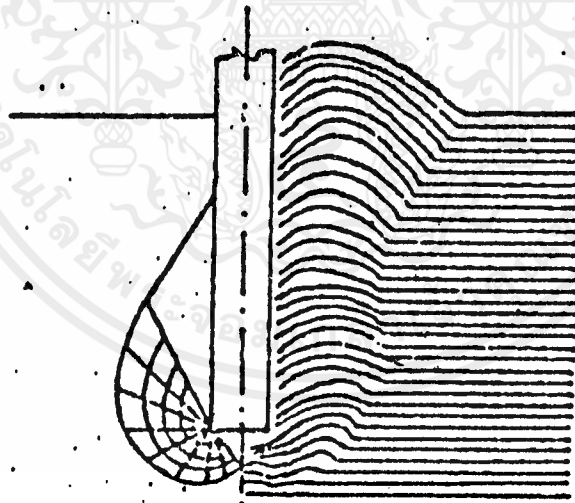


ภาพที่ 2.5

แสดงบริเวณที่ถูกรบกวน และการเคลื่อนตัวของดินในแต่ละช่องของการตอกเข็ม  
ใน Cohesion Soil



AFTER TERZAGHI  
(1943)

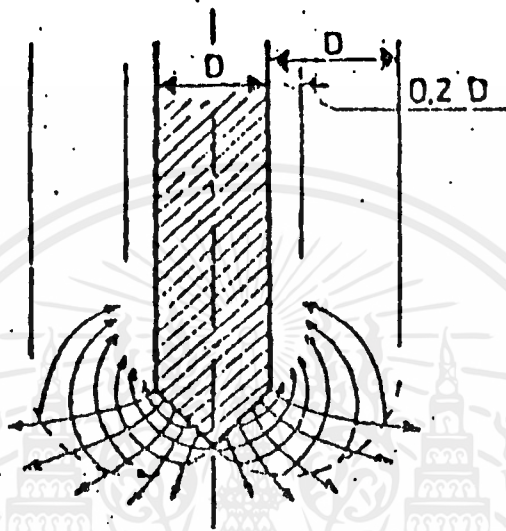


AFTER MEYERHOF  
(1959)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาพที่ 2.6

แสดงการเคลื่อนตัวของดินรอบๆ ปลายเข็มที่คดลงใน Cohesive Soil



## ผลการศึกษาที่ผ่านมา

เมื่อตอกเสาเข็มลงไปดินเหนียว ดินจะดันตัวขึ้นและถูกอัดตัวขยายออกด้านข้าง ดินส่วนนี้จะมีปริมาตรเท่ากับปริมาตรเสาเข็มที่คดกลงไปในดิน ในบริเวณที่คดเสาเข็มจะถูกรบกวน แรงดันน้ำเพิ่มขึ้นในดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) แรงดันน้ำที่เพิ่มจะต้องใช้เวลามากกว่าจะกระจายตัวไปหมด อาจจะเป็นสัปดาห์หรือเป็นเดือน ในช่วงนี้แรงเสียดทานผิว และแรงต้านทานที่ปลายเข็มจะขึ้นกับค่า Effective Overburden Pressure ดินส่วนที่เคลื่อนตัวออกเนื่องจากการตอกเข็มจะกลับเข้าติดกับตัวเข็มอีกครั้ง ดินจะมีความแข็งแรงขึ้นบริเวณผิวสัมผัสเนื่องจากน้ำกระจายตัวออก หรือถูกดูดโดยผิวเสาเข็ม เนื่องจากน้ำกระจายตัวออกไปและเกิด Re - Consolidation ทำให้ผิวดินที่ถูกดันให้สูงขึ้นนี้จะทรุดตัวลงสู่ระดับเดิม

ในดินเหนียวแข็ง (Stiff Clay) ดินชั้นนี้และดินนอกชั้นข้างจะมีรอยแตกในแนวรัศมีรอบเสาเข็ม ในส่วนบนดินจะไม่กลับมาสัมผัสกับผิวเสาเข็มอีก ถ้ารอยแตกขยายลึกลงไปในส่วนล่างของเสาเข็ม ทำให้แรงดันน้ำกระจายตัวเข้าไปในรอยแตกเกิดการขยายตัวของดินทำให้แรงดันน้ำเป็นลบ ทำให้แรงต้านทานประลัยของเข็มสูงในตอนแรก และอาจจะลดลงในภายหลังเนื่องจากการกระจายตัวของแรงดันน้ำที่เป็นลบ และเนื่องจากการล้าตัวของดินส่วนล่างของเสาเข็ม

### แรงต้านทานที่ปลายของเสาเข็ม

แรงต้านทานที่ปลายของเสาเข็มแบบตอก คำนวณได้จากสมการ

$$Q_b = N_c S_u A_b$$

ซึ่ง  $N_c$  = Bearing Capacity Factor

$S_u$  = Undrained Shear Strength

$A_b$  = พื้นที่หน้าตัดที่ปลายเสาเข็ม

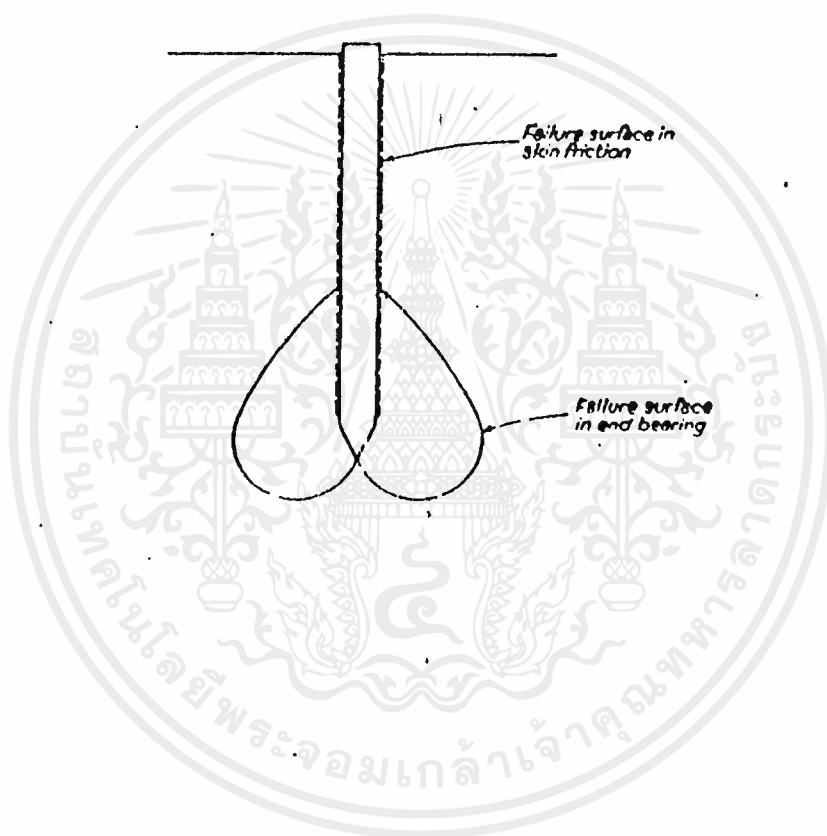
Meyerhof (1951) เสนอใช้ค่า  $N_c$  เท่ากับ 9 สำหรับเข็มที่ตอกในชั้นดินมากกว่า 5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม

Skempton (1951, 1959) เสนอค่า  $N_c$  เท่ากับ 9 สำหรับเสาเข็มที่ตอกลงในดินมากกว่า 4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม

Holmberg (1970) เสนอค่า  $N_c$  เท่ากับ 10 ซึ่งได้จากการทดสอบเสาเข็มแปลคเหล็กลมวงเส้นผ่าศูนย์กลาง 58 เซนติเมตร

สำหรับการวิบัติของดินที่ปลายของผิวเสาเข็มแสดงในภาพที่ 2.7

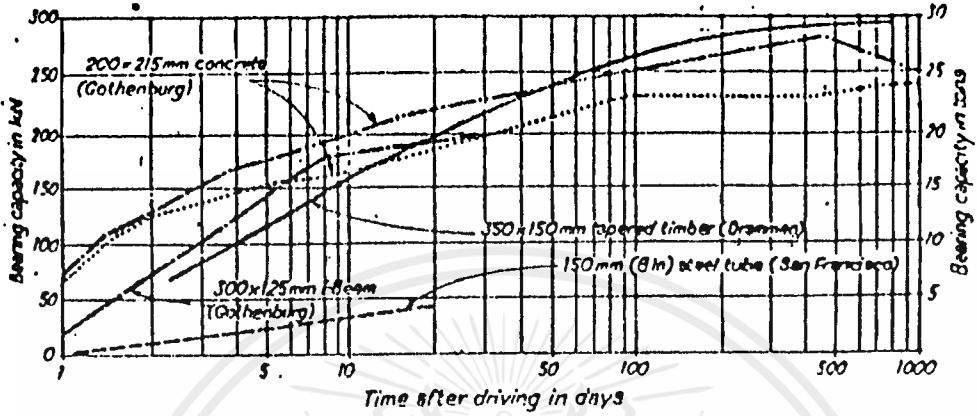
ภาพที่ 2.7  
แสดงผิวของเสาเข็มเนื่องจากน้ำหนักกระทำที่หัวเข็ม



สำหรับดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) และดินเหนียวที่มีความไว (Sensitive Clay) ค่า Undrained Shear Strength ควรจะเอาค่าที่ดินคืนสู่สภาพเดิมแล้ว (หลังจากที่แรงดันน้ำส่วนเพิ่มกระจายตัวออกมา) อัตราการเพิ่มของน้ำหนักบรรทุกประลัยในดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) ดังแสดงในภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8

แสดงระยะเวลาที่เสภาพของดินหลังตอกเข็ม



แรงต้านทานเนื่องจากผิวเสาเข็ม

แรงต้านทานผิวของเสาเข็ม คำนวณได้จากสมการ

$$Q_u = \alpha S_u A_s$$

เมื่อ  $\alpha$  เป็นค่า Adhesion factor

$S_u$  เป็นค่า Undrained Shear Strength เฉลี่ยของดินรอบ ๆ ผิวเสาเข็ม

$A_s$  เป็นค่า พื้นที่สัมผัสของดินกับเสาเข็ม

ค่า Adhesion factor ขึ้นอยู่กับค่า Undrained Shear Strength ของดินชนิดของชั้นดินที่อยู่เหนือชั้นดินเหนียวที่ตอกเข็ม จากการศึกษาพบว่า ค่า Adhesion factor เป็น 1 หรือมากกว่าสำหรับดินอ่อน (Soft Clay) และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.2 สำหรับดินแข็ง (Stiff Clay) หรือแข็งมาก ๆ (Tomlinson 1970, 1971)

จากการทดลองของ Industry Research and Information Association (CIRIA) ในปี 1969 ซึ่งตอกเสาเข็มเหล็กกลางในดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก ๆ ทำการตรวจสอบในระยะเวลา 1 เดือน, 3 เดือน, 1 ปี หลังตอกเข็มพบว่า จะเกิดรอยแตกตัวรอบเสาเข็มขยายลึกลงไปถึง 8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม และจะไม่กลับเข้ามาติดกับผิวเสาเข็มอีกแม้เวลาจะผ่านไปเป็นปี ระหว่างความลึก 8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็มเป็นบางส่วนที่ระยะมากกว่า 16 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม ดินเหนียวจะยึดติดกับผิวเสาเข็มเป็นบางส่วนที่ระยะมากกว่า 16 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม ดินเหนียวจะยึดติดกับผิวเสาเข็มเป็นผิวห่างหนา 1 - 5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นดินที่ถูกเสาเข็มดึงลงมาขณะตอก ดังนั้นในส่วนล่างของเสาเข็มการวิบัติจะไม่เกิดขึ้นเนื่องจากเข็มและดินเหนียว แต่จะเกิดระหว่างผิวแข็งและดินเหนียวรอบเสาเข็ม

การถ่ายน้ำหนักจากเสาเข็มกระจายลงสู่ดิน แสดงในรูปที่ 2.9 สังเกตว่า ในส่วนบนของเสาเข็มจะไม่มีการถ่ายน้ำหนักเนื่องจากเกิดช่องว่างรอบเสาเข็ม น้ำหนักบรรทุกเกือบทั้งหมดจะถูกถ่ายลงสู่ส่วนล่างของเสาเข็ม ซึ่งจะมีค่า adhesion factor ประมาณ 20 % ของค่า Undrained Shear Strength

Flast (1968) ได้พบว่าค่า adhesion factor ไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่า Undrained Shear Strength เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับค่า Plasticity index ของดินด้วย ดังรูปที่ 2.11

Tomlinson (1957, 1970, 1971) พบว่า เข็มที่ตอกลงไปดินเหนียวแข็งหรือแข็งมาก ๆ โดยที่ไม่ขึ้นดินอ่อนอยู่ด้านบน จะเกิดการอูด (heave) บนผิวดิน มีรอยแตกในแนวรัศมีและมีช่องว่างระหว่างเข็มและดินเหนียว ซึ่งจะเป็นตัวลดแรงยึดผิวของเข็มและดินเหนียว ช่องว่างนี้อาจเกิดการสั่นหรือการแกว่งของเสาเข็มในขณะตอก

นอกจากนี้ Tomlinson ยังพบว่าค่า adhesion factor ยังขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่อยู่บนชั้นดินเหนียวแข็งด้วย ดินอ่อนที่อยู่บนชั้นดินเหนียวแข็งจะมีผลต่อค่า adhesion factor น้อยกว่า แต่ดินจำพวกกรวด ทราย จะมีผลต่อค่า adhesion factor มากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.12 จากผลการศึกษาของ Tomlinson สรุปได้ดังนี้

กรณีที่ 1 เข็มซึ่งตอกผ่านทราย หรือทรายปนกรวด (Sandy Gravels) เป็นชั้นดินที่อยู่บนชั้นดินเหนียวแข็ง เข็มจะดึงดินชั้นบนลงมากด้วยระยะหนึ่งทำให้รอบผิวเข็มจะเป็นทรายที่ถูกอัดแน่น หรือดินเหนียวผสมทราย ทำให้มีแรงยึดผิวสูง เมื่อตอกเข็มจมลงในชั้นดินเหนียวแข็งลึก

กว่า 20 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม แรงเสียดทานผิวจะมีค่ามากกว่า 1.25 เท่าของค่า Undrained Shear Strength ของดิน ถ้าตอกลึกมากกว่านี้ผลของดินเหนียวจะลดลง และค่า adhesion factor จะลดลงเมื่อค่า Undrained Shear Strength เพิ่มขึ้น

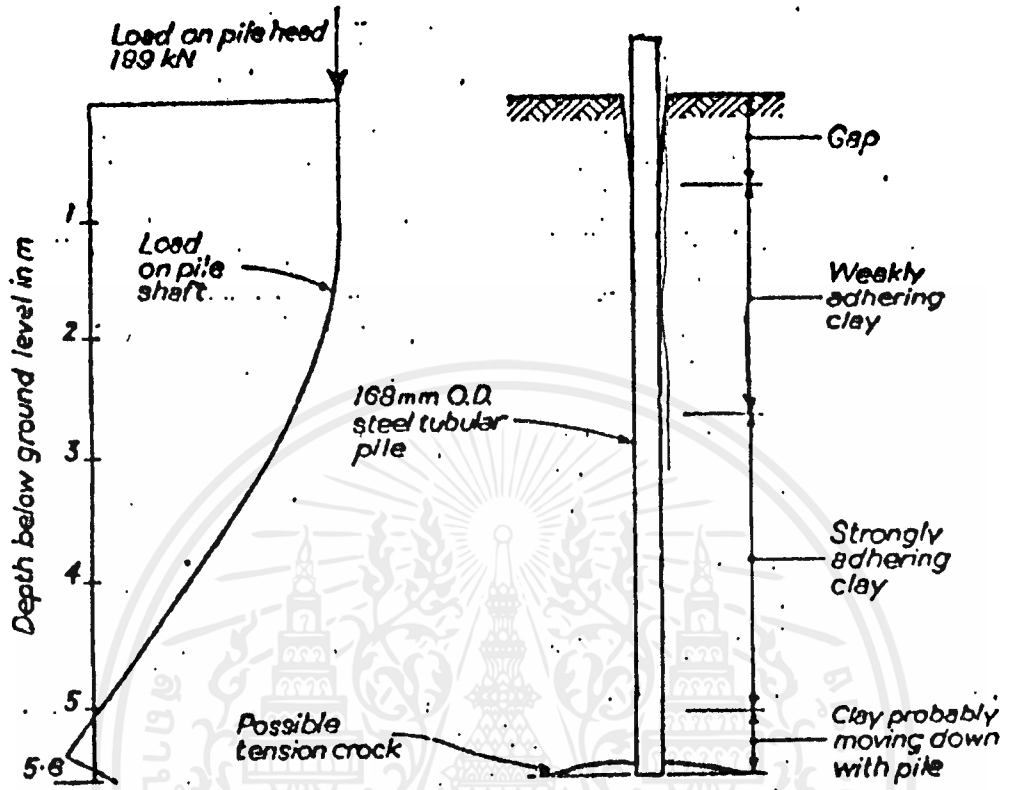
กรณีที่ 2 เข็มตอกที่ผ่านชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) ลงสู่ชั้นดินเหนียวแข็งหรือแข็งมาก ๆ ดินเหนียวอ่อนจะถูกเข็มดึงติดผิวลงไปช่วงระยะหนึ่ง ทำให้ค่าความฝืดผิวลดลง ถ้าตอกจมลงในชั้นดินเหนียวแข็งน้อยกว่า 20 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม ถ้าตอกลึกในชั้นดินเหนียวแข็ง 8 - 20 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม ค่า adhesion factor จะเป็น 0.4 ถ้าตอกลึกในดินเหนียวแข็งมากกว่า 20 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเข็ม ค่า adhesion factor จะคงที่ในช่วง  $S_u$  อยู่ระหว่าง 70 - 140  $\text{KN/m}^2$  โดยที่ค่า adhesion factor มีค่าเฉลี่ย 0.70

กรณีที่ 3 เข็มที่ตอกลงไปดินเหนียวแข็งล้วน แรงเสียดทานผิวของส่วนบนจะไม่มี เนื่องจากมีการแยกตัวออกของดิน ซึ่งค่า adhesion factor เท่ากับ 0.40 สำหรับระยะตอก 8 - 20 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม ถ้าตอกลึกมากกว่า 20 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม ค่า adhesion factor จะขึ้นอยู่กับ ค่า Undrained Shear Strength ของดิน โดยลดลงจาก 1 สำหรับ  $S_u$  มากกว่า 90  $\text{KN/m}^2$  และเป็น 0.40 ที่  $S_u$  เท่ากับ 170  $\text{KN/m}^2$

McClelland (1974) ได้รวบรวมข้อมูลและสรุปผลจากข้อมูลที่ได้จากเข็มตอกในดินเหนียวได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $S_u$  และค่า Adhesion Factor ดังแสดงในรูปที่ 2.14 Soft Clay ( $S_u < 24 \text{ kPa}$ ) ค่า Adhesion Factor มีค่าเป็น 1 หรือมากกว่า

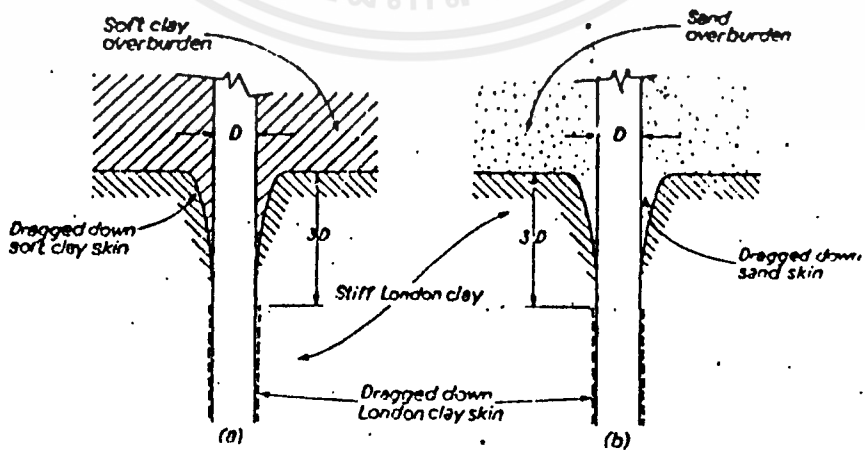
ภาพที่ 2.9

แสดงการถ่ายน้ำหนักจากเสาเข็มสู่ Stiff Clay



ภาพที่ 2.10

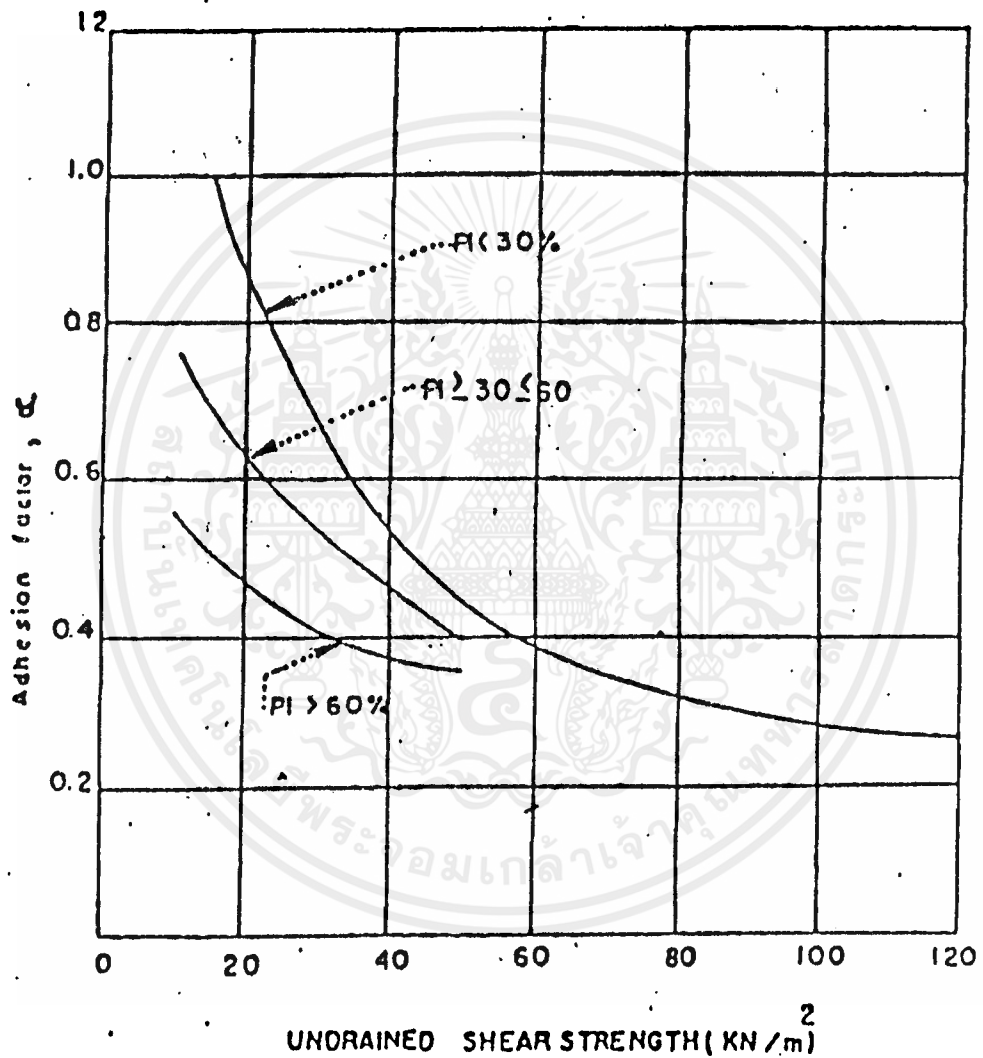
แสดงสภาพดินเหนียวถูกดึงลงไปใน Stiff Clay



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.11

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Adhesion Factor และ ค่า Undrain Shear Strength ของดินเหนียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.12

แสดงค่า Adhesion Factor สำหรับเข็มตอกในดินเหนียว

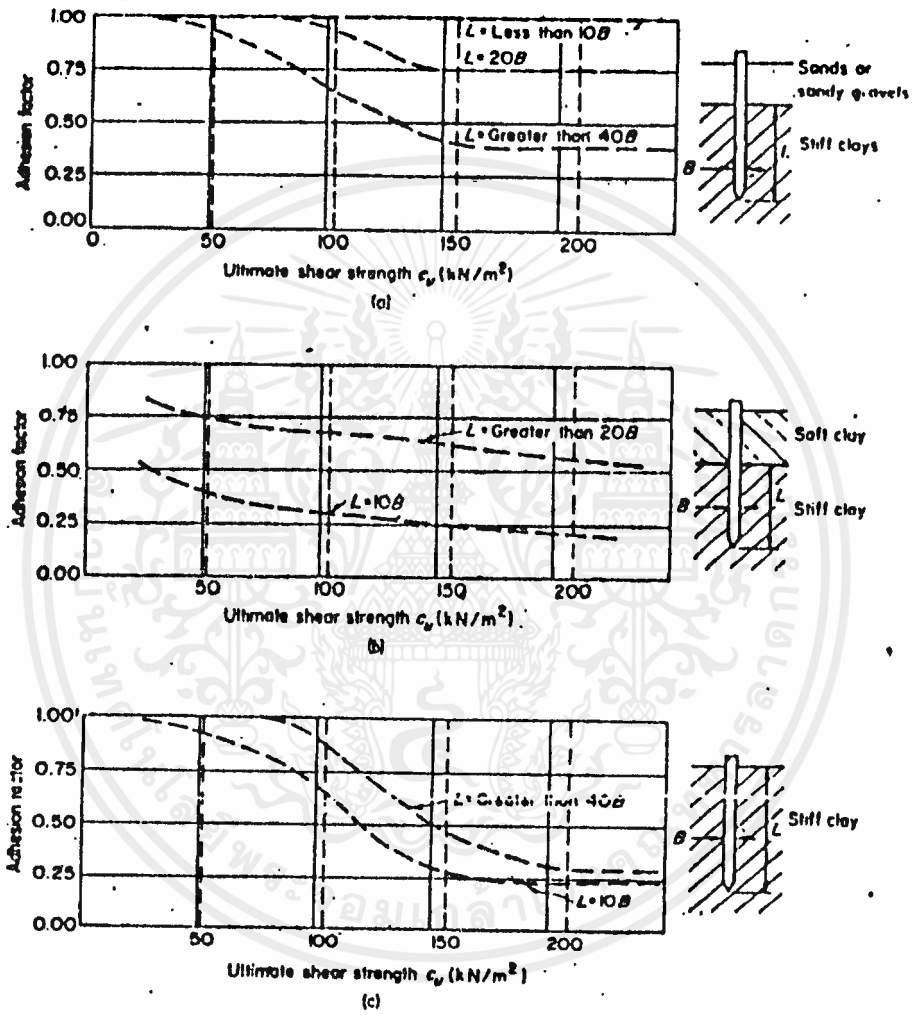
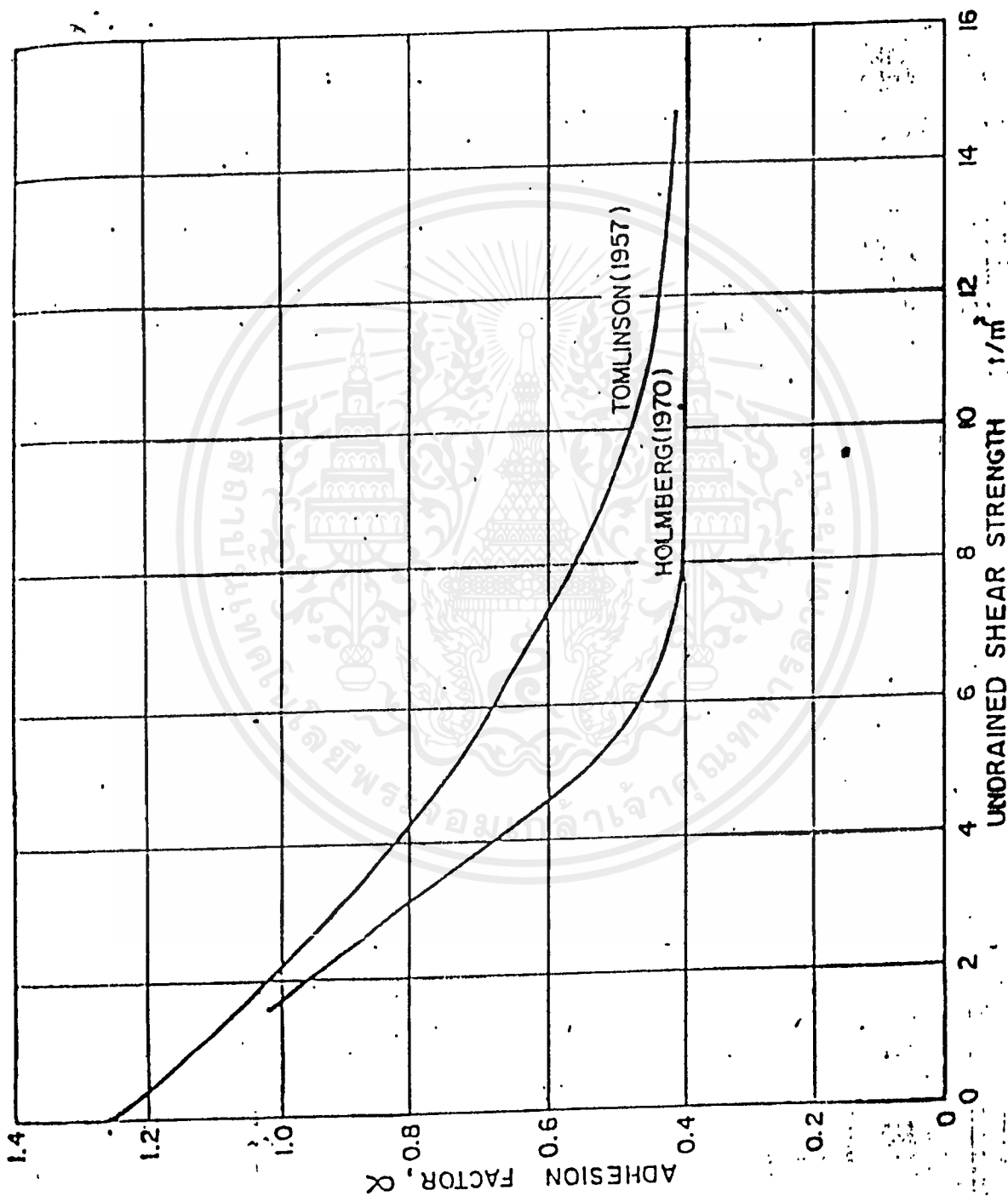


Fig. 7.10 Adhesion factors for driven piles in clay. (a) Case 1: piles driven through overlying sands or sandy gravels. (b) Case 2: piles driven through overlying weak clay. (c) Case 3: piles without different overlying strata.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาพที่ 2.13

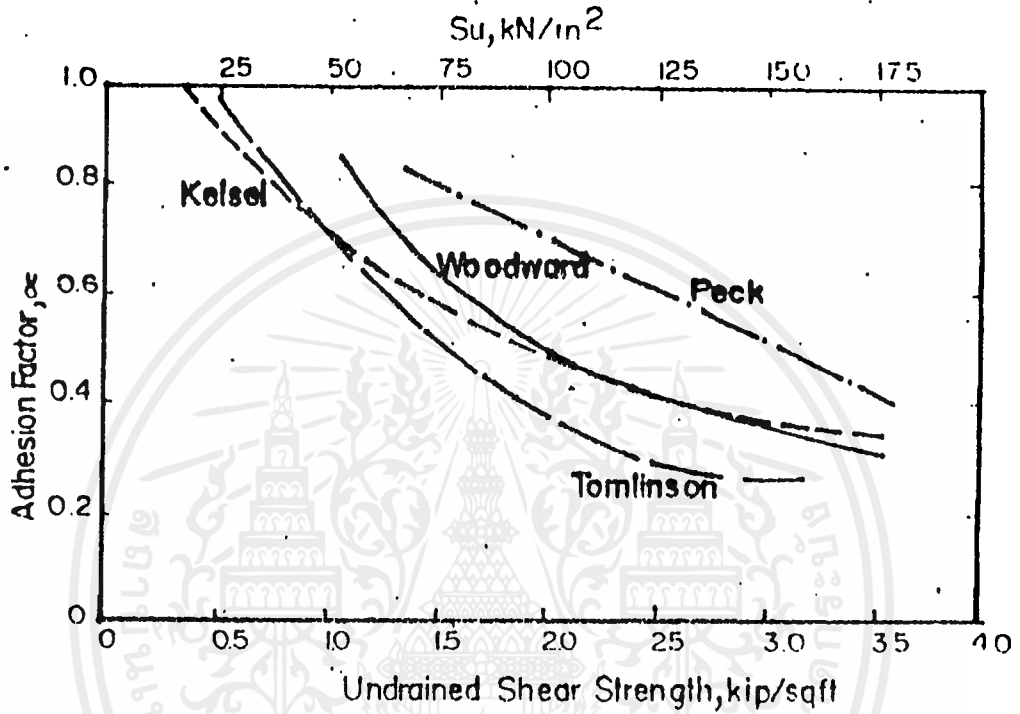
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Adhesion Factor กับค่า Undrained Shear Strength ของ Tomlinson (1957) และ ของ Holmberg (1970)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.14

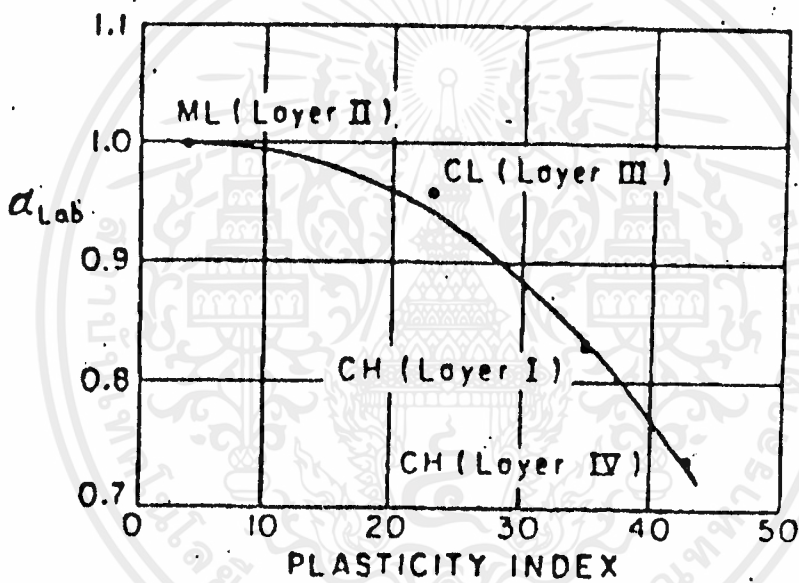
แสดงค่า Adhesion Factor สำหรับเข็มตอกในดินเหนียว



Michael W. O'Neill and Lymon C. Reen (1972) ได้ทำการทดสอบหาค่า Adhesion Factor กับดิน Beaumont Clay โดยทดสอบทั้งในห้องปฏิบัติการ และในสนาม การทดสอบในห้องปฏิบัติการยึดถือหลักที่ว่า Shear Strength ของดินจะลดลงเพราะน้ำจาก คอนกรีตจะไหลซึมเข้าไป ดังนั้นจึงหล่อคอนกรีตที่มีส่วนผสมเหมือนกับเสา เข็มและปลอกให้คอนกรีต ถูกบ่มในดินตัวอย่างที่มีความชื้นใกล้เคียงกับในสนามประมาณ 1 อาทิตย์ แล้วนำ Soil-Mortar Sample ไปทดสอบแบบ Undrained Direct Shear Test เพื่อตรวจดูแรงเสียดทานผิว ระหว่างคอนกรีตกับดิน จากนั้นคำนวณค่า Adhesion Factor ( ) จากอัตราส่วนระหว่างความ ผิดผิวและค่า Shear Strength ของดิน แล้วนำมา Plot กับค่า Plasticity index ดัง แสดงในรูป 2.15

ภาพที่ 2.15

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Adhesion Factor ที่ได้จากห้องปฏิบัติการ และ ค่า plasticity Index ของดินเหนียว (After Michael W.O'Neil and Laymon C.Reen,1972)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลของวัสดุที่ใช้ทำเข็มต่อค่า Adhesion Factor

จากการศึกษาที่ผ่านมาจนถึงขณะนี้ยังไม่มีข้อมูลที่เพียงพอในการเปรียบเทียบค่า adhesion factor เมื่อใช้วัสดุต่างชนิดกันในดินที่มีความต้านทานแรงเฉือน และระยะตอกลึกเท่ากัน แต่จากการศึกษาของ Tomlinson ดังที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า เมื่อตอกเข็มไม้หรือเข็มคอนกรีตทะลุผ่านชั้นทรายสู่ดินเหนียวแข็งจะให้ค่า Adhesion factor สูงกว่าเข็มเหล็ก แต่เมื่อตอกเข็มไม้หรือเข็มคอนกรีตทะลุผ่านชั้นดินเหนียวอ่อน จะให้ค่า Adhesion factor ต่ำกว่าเมื่อใช้เข็มเหล็ก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เกิดแรงดูดเนื่องจากน้ำหนักของดินเหนียวอ่อนต่อผิวของคอนกรีต หรือ

ไม้ที่มีความทรุกระมากกว่าเหล็ก แต่ในภายหลังค่าแรงฝืดผิวของคอนกรีตและไม้ อาจเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากไม้หรือคอนกรีตจะดูดน้ำจากดินในขณะที่ผิวของเหล็กไม่มีการดูดซับน้ำ

ในการที่ตอกเข็มในระดับลึก ๆ วัสดุที่ใช้ทำเข็มจะไม่มีผลใด ๆ เพราะการวิบัติจะวิบัติที่ผิวของดินที่เกาะอยู่รอบ ๆ ผิวเข็มกับดินเหนียวที่อยู่รอบ ๆ ไม้ใช้วิบัติระหว่างผิวเข็มกับดินเหนียว

### อิทธิพลของเวลาต่อการรับน้ำหนักของเสาเข็มในดินเหนียว

Bjerrum สรุปว่า เมื่อเสาเข็มรับน้ำหนักเป็นระยะเวลาานาน ๆ เสาเข็มจะถูกค้ำยัน โดย Effective Friction และ Effective Cohesion โดยเข็มจะทรุดตัวจนกระทั่งถึงระยะหนึ่งที่แรงเสียดทานผิวเพียงพอจึงจะหยุด ถ้าแรงเสียดทานผิวไม่พอเข็มก็จะทรุดตัวต่อไป การรับน้ำหนักเป็นเวลานาน จะทำให้ดินมีค่า Effective Skin Friction เพิ่มขึ้น และค่า Cohesion เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก Consolidation ของดิน Bjerrum ยังได้กล่าวด้วยว่า ถ้าเพิ่มน้ำหนักในอัตราช้ามาก ๆ จะทำให้ค่าแรงเสียดทานผิวลดลง ซึ่งต้องประมาณค่า Safety Factor ให้เหมาะสมสำหรับการใช้งานในอนาคต

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการศึกษา

##### ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษา และการวิเคราะห์ มีวิธีการศึกษา ดังนี้

1. ทำการทดลองหาค่า Stress และ Strain ของดินโดยวิธี Direct Shear เพื่อหาค่า (Poison's Ratio) เพื่อที่จะนำไปหา Normal Load ที่จะไปใช้ในการทำการทดลอง Direct Shear ระหว่างดินกับ Concrete
2. ทำการทดลองหาค่าแรงเสียดทานผิวของดินเหนียวกับคอนกรีต (Skin Friction) และหาค่าแรงเฉือนระหว่างดินเหนียวกับดินเหนียวโดยวิธี Direct Shear โดยดินที่ทดสอบจะต้องเป็นดินที่คงสภาพตามธรรมชาติมากที่สุด
3. นำดินตัวอย่างไปหาค่า Plastic Limit, Liquid Limit และค่า Water Content
4. จากนั้นก็ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบการยึดเกาะ (Adhesion Factor,  $\alpha$ ) กับค่า Undrained Shear Strength ของดิน

##### ขอบข่าย

การทดลองนี้เป็นการศึกษาทดลองเพื่อหาค่าตัวประกอบการยึดเกาะของดินเหนียวกับผิวคอนกรีต และค่า Undrained Shear Strength ของดิน โดยนำดินที่เก็บในบริเวณ (กิ่งแก้ว) จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยเก็บตัวอย่างตั้งแต่ชั้นบนสุดจนถึงชั้นทราย ซึ่งมีความลึกประมาณ 19 เมตร โดยเก็บดินแบบ Undisturb เพื่อให้ดินคงสภาพตามธรรมชาติที่สุด

##### การเตรียมตัวอย่างดิน

หลังจากที่ได้ตัวอย่างดินต้องใช้เทเยหรือพาราฟินหุ้มดินตัวอย่างเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นดินเปลี่ยนแปลงไป

## การเตรียมตัวอย่างดิน

เนื่องจากในการทดลองนี้ต้องการดินตัวอย่างประเภท Undisturb ทุกชั้นทุกเมตร ซึ่งดินตัวอย่างหาได้ค่อนข้างยาก จึงต้องนำดินตัวอย่างมาจากบริเวณบ่อน้ำในบริเวณกิ่งแก้ว จังหวัดกรุงเทพมหานคร

โดยการเก็บดินตัวอย่างจะทำการเปิดหน้าดินลงไปประมาณ 1 เมตร หลังจากนั้นจะพบดินเดิมซึ่งจะใช้เป็นดินตัวอย่างในการทดลอง หลังจากนั้นก็ทำการเก็บดินตัวอย่างแล้วก็ใช้เทียนหุ้มดินตัวอย่างไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นระเหยออกจากดินตัวอย่าง

## การหาค่า Poisson's Ratio

1. นำตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองมาหาค่า Stress และ Strain โดยจะทำการอ่านค่า 23 ช่วง คือ ช่วง 10 ช่อง และ 30 ช่อง Gap
2. จากนั้นนำค่าที่ได้ไปหาค่า โดยนำไปเข้าสู่สูตร

## การหาค่า Undrained Shear Strength ของดิน

1. นำตัวอย่างดินมาทำการทดลอง 3 ตัวอย่างโดยใช้ Normal Load 3 ค่า
2. นำค่าที่ได้ไป Plot กราฟ Stress และ Strain จากนั้นก็หาค่า Undrained Shear Strength โดยวิเคราะห์จากกราฟ

## การหาค่าแรงเฉือนระหว่างคอนกรีตกับดินหาได้โดย

1. นำตัวอย่างดินมาทำการทดลอง Direct Shear โดยใช้ Normal Load จากที่ได้ทดลองหาค่า โดย Normal Load

$$\text{Normal Load} = \frac{\mu}{1-\mu} rd$$

$$\mu = \text{poisson' ratio}$$

2. จากนั้นก็ทำการทดลองโดยจดค่าเมื่อเข็ม Gage สึกกลับซึ่งจุดคือจุดที่แรงเฉือนสูงสุดระหว่างคอนกรีตกับดิน

## วิธีการทดลองหาค่าต่างๆ

### ATTERBERG'S LIMITS

อ้างอิง	:	ASTM D 423 - 66
		ASTM D 424 - 59
		ASTM D 427 - 61

#### บทนำ

มวลดินอาจเปลี่ยนแปลงสภาพ และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ไปได้มากขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น (Water Content) ในมวลดินเอง โดยเฉพาะในมวลดินที่มีส่วนของเม็ดขนาดเล็กอยู่มาก เรียกว่า ดินเหนียว (Cohesive Soil) แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดมักเกิดจากสนามประจุไฟฟ้าโดยรอบ จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อความชื้นเปลี่ยนไป ดังนั้น คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินในลักษณะนี้ จะไวต่อความชื้นมาก ไม่เหมือนกับมวลดินที่มีเม็ดขนาดใหญ่เป็นส่วนประกอบ ซึ่งเรียกว่า ดินทราย (Granular Soil หรือ Cohesionless Soil)

ความชื้นในมวลดิน ณ จุดขณะเปลี่ยนสภาพ เรียกว่า "ลิมิต" (Limit) ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของมวลดินนั้น ๆ นอกจากจะใช้เป็นตัวบ่งคุณสมบัติพื้นฐานแล้ว ยังใช้ในการจัดจำแนกหมวดหมู่ (Soil Classification) และคาดคะเนคุณสมบัติทางวิศวกรรมบางอย่าง เช่น การทรุดตัวของชั้นดิน

#### ทฤษฎี

จุดเปลี่ยนสภาพ หรือ ลิมิตของมวลดิน ถูกเสนอขึ้นใช้เป็นครั้งแรกโดย นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน ชื่อ A. Atterberg โดยมีอยู่ด้วยกัน 5 ลิมิต คือ Cohesion limit, Sticky limit, Shrinkage limit, Plastic limit, และ Liquid limit แต่ภายหลังจากนำมาใช้ประโยชน์ทางปฐพีกลศาสตร์เพียงสามลิมิตสุดท้ายเท่านั้น

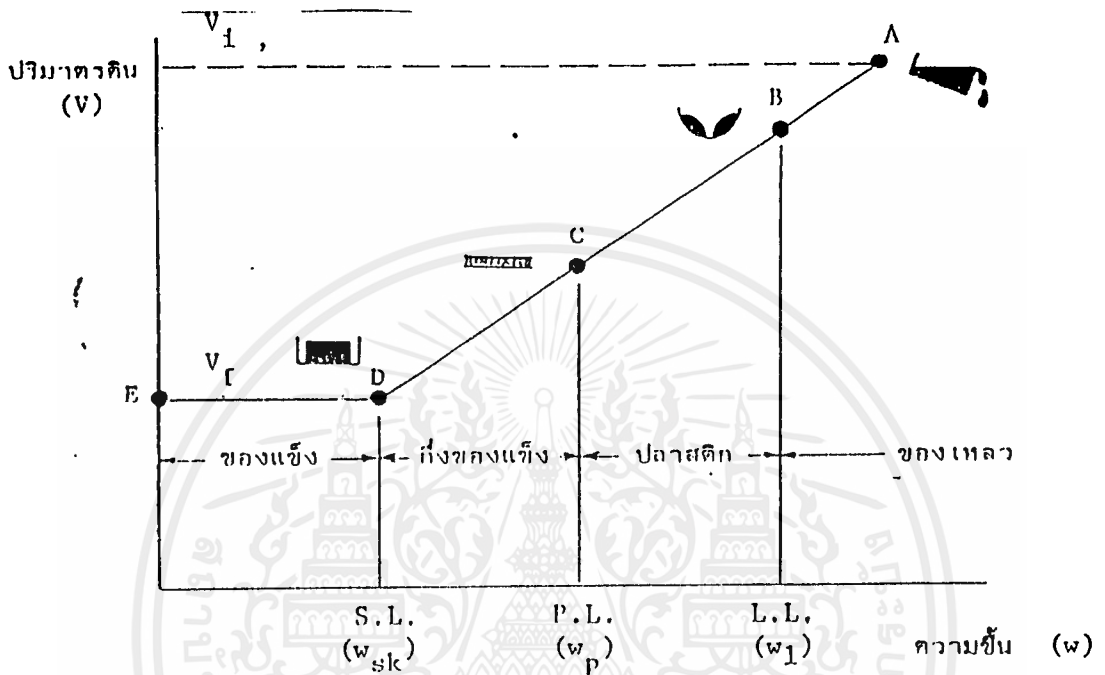
ถ้าเรานำดินมาผสมน้ำที่มีความชื้นสูง ดินจะมีสภาพคล้ายของเหลว เช่น ที่จุด A ในรูปที่ 3.1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณของมวลดินอึดตัว และความชื้นในดินจากจุด A ถ้าเราทำให้ความชื้นค่อย ๆ ลดลงไป ปริมาณของมวลดินก็จะลดลงเป็นปฏิกิริยากัน มวลดินจะเปลี่ยนสภาพไปจากของเหลวเป็นพลาสติก, กึ่งของแข็งตามลำดับ

1. Liquid Limit ( $w_L$  หรือ L.L.) คือ ความชื้นในมวลดินขณะที่มวลดินเริ่มเปลี่ยนสภาพ จากของเหลว (Viscous Fluid) ไปเป็นสารเหนียว ในสภาพพลาสติก (Plastic State) ที่จุด B

2. Plastic Limit ( $w_p$  หรือ p.L.) คือความชื้นในมวลดินขณะที่เปลี่ยนสภาพจากพลาสติก เป็นกึ่งของแข็ง (Semi-solid State) ที่จุด C

## ภาพที่ 3.1

แสดงสภาวะภาพต่างๆของมวลดินเหนียว



## วิธีการทดลอง

## ก. Liquid Limit

1. ร่อนตัวอย่างดินเหนียวผ่านตะแกรงเบอร์ 40 สีกประมาณ 200 กรัม (ในบางกรณีใช้ตัวอย่างดินเปลือกเลขที่ใดก็ได้ถ้าแน่ใจว่า เนื้อเล็กกว่าเบอร์ 40 ) แบ่งประมาณ 50 กรัม ไว้ทำ Shrinkage limit ส่วนที่เหลือใช้ทำ Liquid Limit และ Plastic Limit.

2. นำตัวอย่างร่อนแล้วผสมน้ำให้เข้ากัน โดยมีความที่ที่เหลวขนาดปูนฉาบ (ระวังอย่าให้เหลวเกินไป จะทำให้แห้งยาก) ให้มีคปาด (Spatula) ตักปาดลงบนถ้วยทองเหลือง โดยความหนาของดินตรงกลางประมาณ 1 ซม. แล้วบากโดยเครื่องมือบาก (Grooving Tool) ให้เป็นรอยบากตรงกลาง

3. เคาะถ้วยทองเหลืองด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 2 ครั้งต่อวินาที จนกระทั่งดินตอนล่างของรอยบากเคลื่อนเข้าบรรจบกัน 1 ซม. ดังใน แล้วจดบันทึกจำนวนครั้งของการเคาะไว้

4. ปาดแต่งดินอีกครั้ง ทำรอยบากแล้วเคาะซ้ำ ถ้าจำนวนการเคาะเท่ากับหรือห่างไม่เกิน 2 ครั้ง ให้ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นจำนวนการเคาะ ( $N$ ) ที่ถูกต้อง นำดินบริเวณรอยบากไปหาปริมาณความชื้น (การเคาะครั้งแรก จำนวนครั้งควรจะประมาณ 40-50 ครั้ง ถ้ามากกว่าให้เพิ่มน้ำอีก แต่ถ้าน้อยกว่ามากให้ทำให้แห้งลง)

5. ผสมน้ำเพิ่มในดิน แล้วทำตามข้อ 3 และ 4 โดยให้มีจำนวนครั้งของการเคาะน้อยลงประมาณ 10 ครั้ง แล้วนำดินไปหาความชื้น ทำเช่นนี้จนได้จำนวนครั้งของการเคาะน้อยกว่า 4 ค่า (จำนวนครั้งสุดท้ายควรอยู่ราว 5 ถึง 10 ครั้ง)

6. เมื่อได้ข้อมูลจำนวนการเคาะ ( $N$ ) และความชื้น นำไปเขียนลงในกราฟ ควรจะได้จุดที่อยู่ในแนวใกล้เชิงเส้นตรง ลากเส้นตรงผ่านจุดเหล่านี้ ดังในรูปที่ 2.7

7. จากจำนวนครั้งของการเคาะ 25 ครั้ง ในแกนราบลากเส้นตัดกราฟในข้อ 6 จากจุดตัดลากเส้นขนานแนวราบตัดค่าความชื้น ( $w$ ) ในแกนตั้งค่าความชื้นนี้คือ "Liquid Limit" ( $w_L$  หรือ L.L.)

#### ข. Plastic Limit

1. ดินที่เหลือจากการทดลอง Liquid Limit นำมาผึ่งให้หมาด ๆ แล้วนำมาปั้นเคลึงเป็นแท่งยาว ขนาดประมาณ 1 ซม. เสียก่อน แล้วค่อย ๆ คลึงให้เล็กจนกระทั่งผิวเริ่มแตกปริโดยรอบ

2. ถ้าขนาดของแท่งดินขณะที่แตกใหญ่กว่า 1 หุน ( $1/8$  นิ้ว) แสดงว่าแห้งไปให้เติมน้ำอีกแล้วปั้นใหม่ ถ้าขนาดเล็กกว่า 1 หุน ( $1/8$  นิ้ว) แล้วยังไม่แตก แสดงว่าดินเปียกไป ให้ผึ่งให้แห้งอีก

3. ในกรณีที่รอยแตกเกิดขึ้น เมื่อแท่งดินมีขนาด 1 หุน ( $1/8$  นิ้ว) ให้นำแท่งดินไปอบหาความชื้น คือ "Plastic Limit" (น้ำหนักดินที่ใช้ในการหาความชื้นควรจะมีมากกว่า 10 กรัมขึ้นไปเพื่อป้องกันการผิดพลาดขณะชั่ง)

4. ทำซ้ำอีกครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

# DIRECT SHEAR TEST

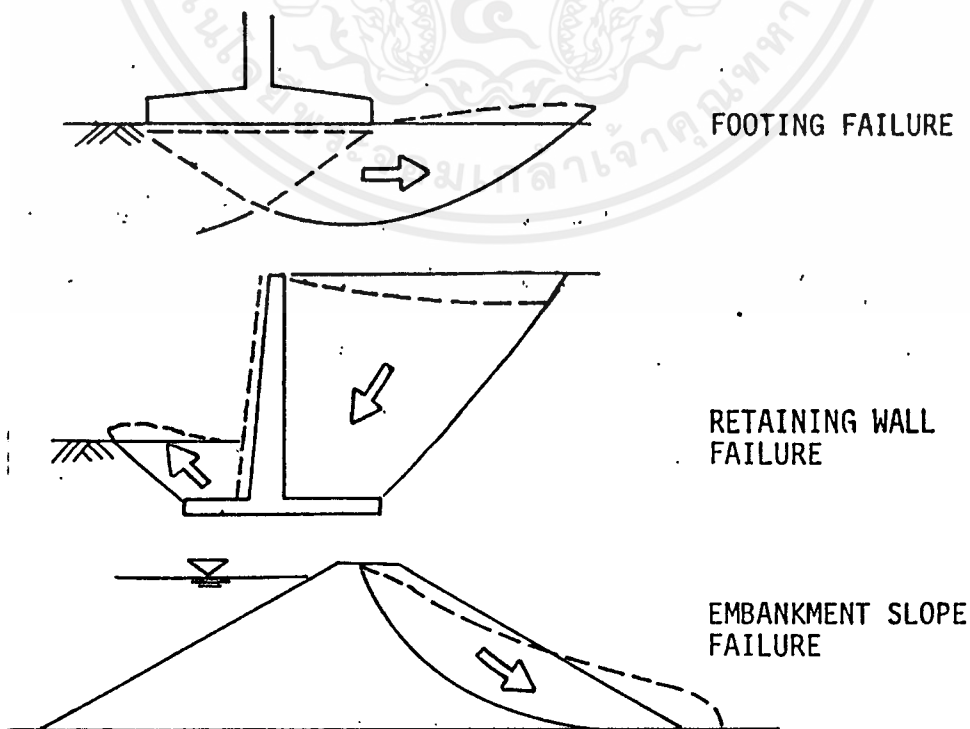
## บทนำ

คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของดินที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ กำลังหรือความแข็งแรงของมวลดิน (Soil Strength) ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์หรือออกแบบ ฐานราก, ผนังกันดิน, เขื่อนดิน และสิ่งก่อสร้างเกี่ยวกับดินและหินอีกหลายอย่าง ทางด้านปฐพีกลศาสตร์ เรามีกำลังของดินคือความสามารถของมวลดินในการรับแรงเฉือน (Shearing Strength) ซึ่งแตกต่างจากเหล็กหรือคอนกรีต ซึ่งพิจารณาแรงดึงหรือแรงอัดเป็นสำคัญ

เมื่อมวลดินได้รับแรงกระทำไม่ว่าจะเป็นแรงภายนอกหรือ เนื่องจากน้ำหนักของมวลดินเอง ในระยะแรกมี การเคลื่อนตัวเล็กน้อยอยู่ในช่วงของ Elastic แต่เมื่อน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นการเคลื่อนตัวก็จะสูงขึ้นจนถึงช่วงของ Ultimate โดยมีการเคลื่อนของดินส่วนหนึ่งเฉือนออกจากมวลดินอีกส่วนหนึ่ง เรียกว่า "การเคลื่อนพัง" (Shearing Failure) ดังตัวอย่างแสดงในภาพ

ในการวิเคราะห์ว่ามวลดินจะสามารถรับแรงต้านทานได้สูงสุดเท่าใด เช่น ฐานแผ่ จะรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่าใด หรือลาดเขื่อนจะก่อสร้างได้ชั้นที่สูงที่สุดเท่าใด จะต้องคำนวณได้จาก ความแข็งแรงของมวลดินและลักษณะของสิ่งก่อสร้าง

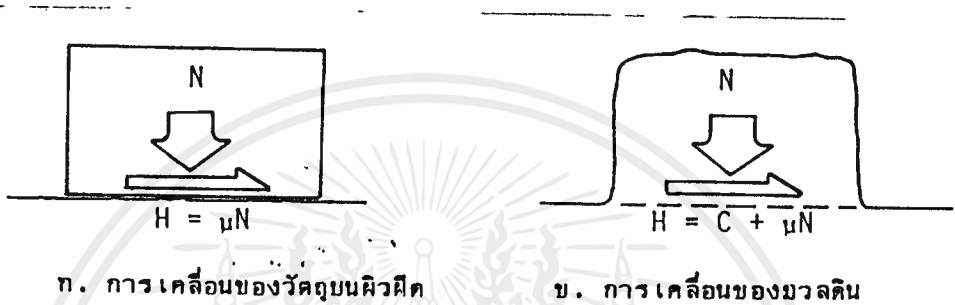
ภาพที่ 3.2  
แสดงการเคลื่อนพังทางปฐพีกลศาสตร์



ทฤษฎี

การเคลื่อนตัวของมวลดินมีลักษณะคล้ายกับการเคลื่อนของวัตถุบนผิวฝืด (Friction Surface) ดังแสดงในภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3  
แสดงการเคลื่อนตัวและแรงต้านทาน



ถ้าเราต้องการดึงหรือดันวัตถุบนผิวฝืดในรูปที่ 2 ก. ให้เคลื่อนไปจะต้องใช้แรงดึงในแนวราบ (H) จะต้องใช้แรงอย่างน้อยเท่ากับสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ( ) คูณด้วยแรงกดตั้งฉากผิว (N)

$$H = \mu N \text{ ----- (1)}$$

แต่ในมวลดินการที่จะเฉือนมวลดิน 2 ส่วนออกจากกัน นอกจากแรงในสมการที่ 1 แล้ว ยังต้องมีแรงเกิดจากความเหนียวของมวลดิน (Cohesive Force), C เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินขนาดเล็ก เช่น ดินเหนียว (Clay) แต่จะไม่เกิดขึ้นใน Cohesionless Soil เช่น ทราย กรวด หิน เพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นแรงเฉือนจึงต้องมีอย่างน้อยเท่ากับสมการที่ 2

$$H = C + \mu N \text{ ----- (2)}$$

ถ้าเราจะเปลี่ยนสมการที่ 10.2 ไปในรูปของความเข้มของแรง (Stress) โดยเอาพื้นที่ผิวเฉือน (Shearing Area) ไปหารสมการที่ 10.2 ก็จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \text{ ----- (3)}$$

$$\tau = \text{Shearing Strength} = H/A$$

$$c = \text{Cohesion} = C/A$$

$$\sigma = \text{Normal Stress} = N/A$$

$$\tan \phi = \text{Coefficient of Internal Friction}$$

สมการที่ 3 เป็นสมการที่สำคัญในเรื่องความแข็งแรงของมวลดิน เรียกว่า "Mohr-Coulomb's Equation" ดินแต่ละตัวอย่างจะมีค่าของ  $c$  และ  $\phi$  แตกต่างกันไป ซึ่งแต่ละค่าบ่งถึงความแข็งแรงของมวลดินนั้น ๆ เรียกว่า "Strength parameters" ตัวอย่างค่า  $c$  และ  $\phi$  ของดินบางชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่

#### ค่า Strength Parameters ของดินบางชนิด

ลักษณะของดิน	Cohesion, ksc.	Angle of Internal Friction, $\phi^\circ$	หมายเหตุ
Soft Bangkok Clay	0.05-0.15	0 - 10°	Undrained Strength
Soft Bankhen Clay	0.06-0.13	0 - 22°	Undrained Strength
Ottawa Sand	0.0	25° - 40°	Depend on Void Ratio
Gravel	0.0	35° - 50°	Depend on Void Ratio

#### วิธีการทดลอง

#### การเตรียมตัวอย่างดิน

#### ก. ตัวอย่างดินเหนียว (Cohesive Soil)

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ เรียกว่า Direct Shear Machine ดังแสดงในรูปที่ 10.3

1. ตัวอย่างดินจะตัดโดย Trimmer ซึ่งเป็นวงแหวนกลมขอบหนึ่ง บางคมใช้กดตัวอย่างขนาดตัวอย่างมาตรฐานที่นิยมใช้ คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว และความหนา 1.0 นิ้ว ก่อนตัดตัวอย่างเราควรชั่งน้ำหนักเฉพาะ Trimmer เสียก่อน เมื่อตัดตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว จึงชั่งน้ำหนักทั้งตัวอย่าง และ Trimmer

2. วัดขนาดตัวอย่างโดยละเอียดโดยใช้ไม้วอร์เน็ส ซึ่งทำให้เราคำนวณหาความหนาแน่นของตัวอย่างดินได้

3. ค่อย ๆ ดันตัวอย่างออกจาก Trimmer โดยใช้ Top Cap เป็นตัวช่วยให้ตัวอย่าง บรรจุกดบน Shear Box โดยมีการกระทบกระเทือนน้อยที่สุด โดยขณะที่ Sliding Ring จะ ถูกยึดไว้ติดกับ Stationary Base โดยมี Alignment Pin เป็นตัวยึด

4. เมื่อตัวอย่างคืนเข้าที่แล้ว จัด Loading Bar ให้อยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะใส่ Normal Load จัด Vertical Dial Gage, Horizontal Dial Gage และ Horizontal Shearing Device ให้เข้าที่ (ถ้าตั้งให้ Dial Gage ทุกตัวอยู่ที่ 0 จะสะดวกที่สุด)

#### ข. การเฉือนตัวอย่าง (Shearing)

1. กดตัวอย่างคืนด้วยน้ำหนัก (Normal Load) ที่ต้องการแล้วรอให้การทรุดตัวอย่างแนว ค้างหยุด ซึ่งกินเวลาประมาณ 2-10 นาที

2. เริ่มเพิ่มแรงเฉือนให้ตัวอย่าง โดยให้อัตราการ เคลื่อนที่ตาม แนวราบประมาณ .05 นิ้ว/นาที ถึง .10 นิ้ว/นาที โดยสม่ำเสมอ

3. อ่าน ค่าแรงเฉือนจาก Proving Ring Dial, ค่าการเคลื่อนที่ตัวอย่างแนวตั้ง จาก Vertical Dial Gage ทุก ๆ การเคลื่อนที่ตามแนวราบ .01 นิ้ว จนกระทั่งตัวอย่างคืน ไม่ สามารถรับแรงเฉือนได้อีก โดยค่าจาก Proving Ring Dial จะลดลง

4. เตรียมตัวอย่างเหมือน ๆ กันอีกอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง โดยใช้น้ำหนักของแตกต่างกัน แล้วทำการทดลอง เหมือนข้อ 1 ถึงข้อ 4

#### การคำนวณและรายงานผลการทดลอง

1. คำนวณหา Shearing Stress,

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

P.R. = Proving Ring Reading

K = Proving Ring Constant

A = Shearing Area

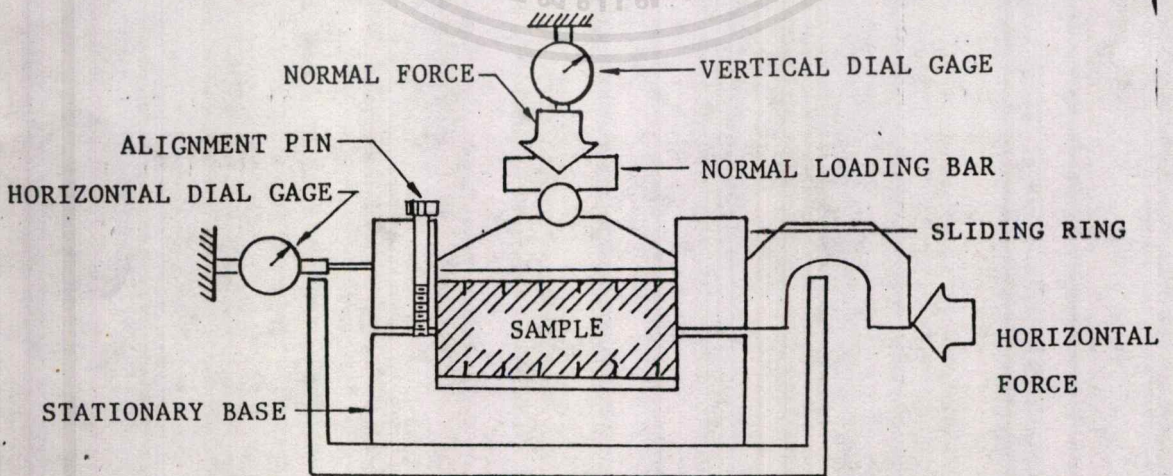
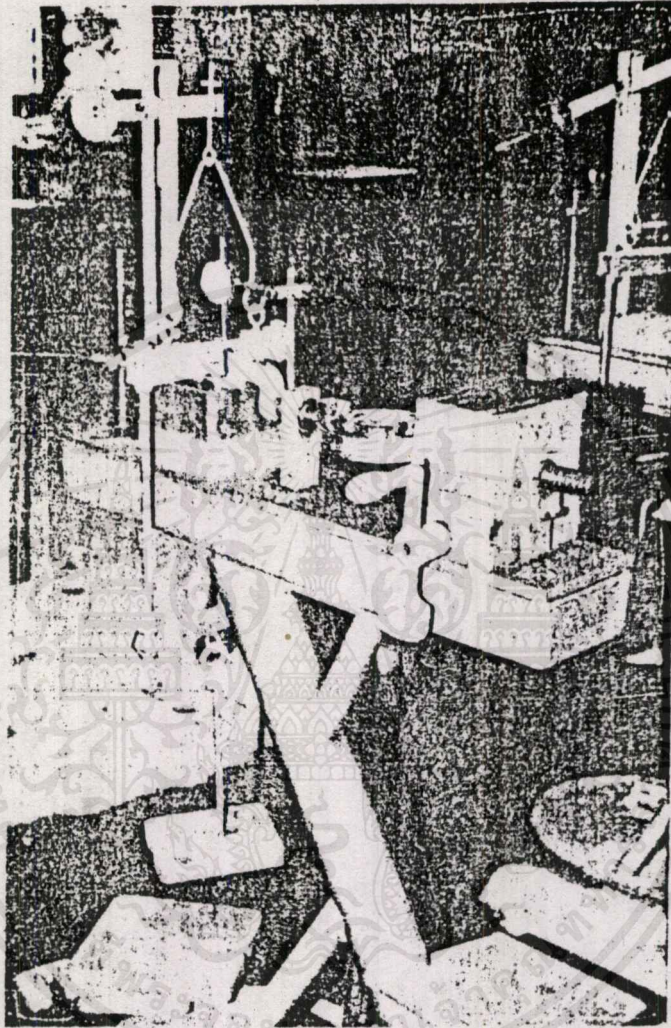
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง และ  $\Delta H$ ,  $\Delta V$  และ  $\Delta H$  ของทุกตัวอย่าง ในการทดลองชุดเดียวกัน หาค่าสูงสุดของ จากกราฟ

3. เขียน Mohr's Diagram ระหว่าง และ  $\sigma_{max}$  ของทุกตัวอย่างแล้วลาก เส้นตรงผ่านจุดเหล่านั้น เส้นตรงนี้ เรียกว่า "Mohr - Coulomb Failure Envelope" คือ เส้นที่แทนความแข็งแรงหรือกำลังของดินดังสมการ

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

ภาพที่ 3.4

เครื่องมือใช้ทดสอบ Direct Shear



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

## ผลการศึกษา

## ผลการทดลองประกอบด้วย

- ค่า Liquid Limit, plastic Limit และ Plastic Index
- ค่า Undrained Shear Strength ที่ได้จากการทำ Direct Shear ของดินเหนียว
- Mohr's diagram
- Friction between Concrete and Clay
- ค่า Adhesion factor



## ตารางที่ 1

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 1

Direct Shear Test

Depth of Soil = 1 m.  
 Soil Description Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	9	25	1.215
5.08	17	25	2.295
7.62	23	25	3.105
10.16	30	25	4.050
12.70	40	25	5.400
15.24	48	25	6.480
17.78	60	25	8.100
20.32	80	25	10.800
22.86	90	25	12.150
25.40	91	25	12.285
27.55	94	25	12.650
27.94	103	25	14.000
30.48	100	25	13.600
33.02	97	25	13.100
35.56	95	25	12.900
38.10	94	25	12.800

## ตารางที่ 2

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริกที่ 1

Direct Shear Test

Depth of Soil = 1 m.  
 Soil Description Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	10	25	1.35
5.08	18	25	2.43
7.62	25	25	3.37
10.16	35	25	4.72
12.70	48	25	6.48
15.24	66	25	8.98
17.78	88	25	11.88
20.32	113	25	15.25
22.86	140	25	18.90
25.40	170	25	22.95
27.94	175	25	23.70
30.48	180	25	24.40
33.02	179	25	24.20
35.56	176	25	23.80
38.10	176	25	23.80

## ตารางที่ 3

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริกที่ 1

Direct Shear Test

Depth of Soil = 1 m.  
 Soil Description Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	11	25	1.35
5.08	18.5	25	2.43
7.62	29	25	3.37
10.16	48	25	4.72
12.70	65	25	6.48
15.24	86	25	8.98
17.78	111	25	11.88
20.32	138	25	15.25
22.86	172	25	18.90
25.40	208	25	22.95
27.94	214	25	23.70
30.48	217	25	24.40
32.65	219	25	29.60
33.02	218	25	24.20
35.56	214	25	23.80

ผลจาก Mohr's Diagram ทองคิ่งที่ความลึก 1 เมตร

$$c = 4.5 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.18$$

$$\sigma = 0.11 \text{ ksc}$$

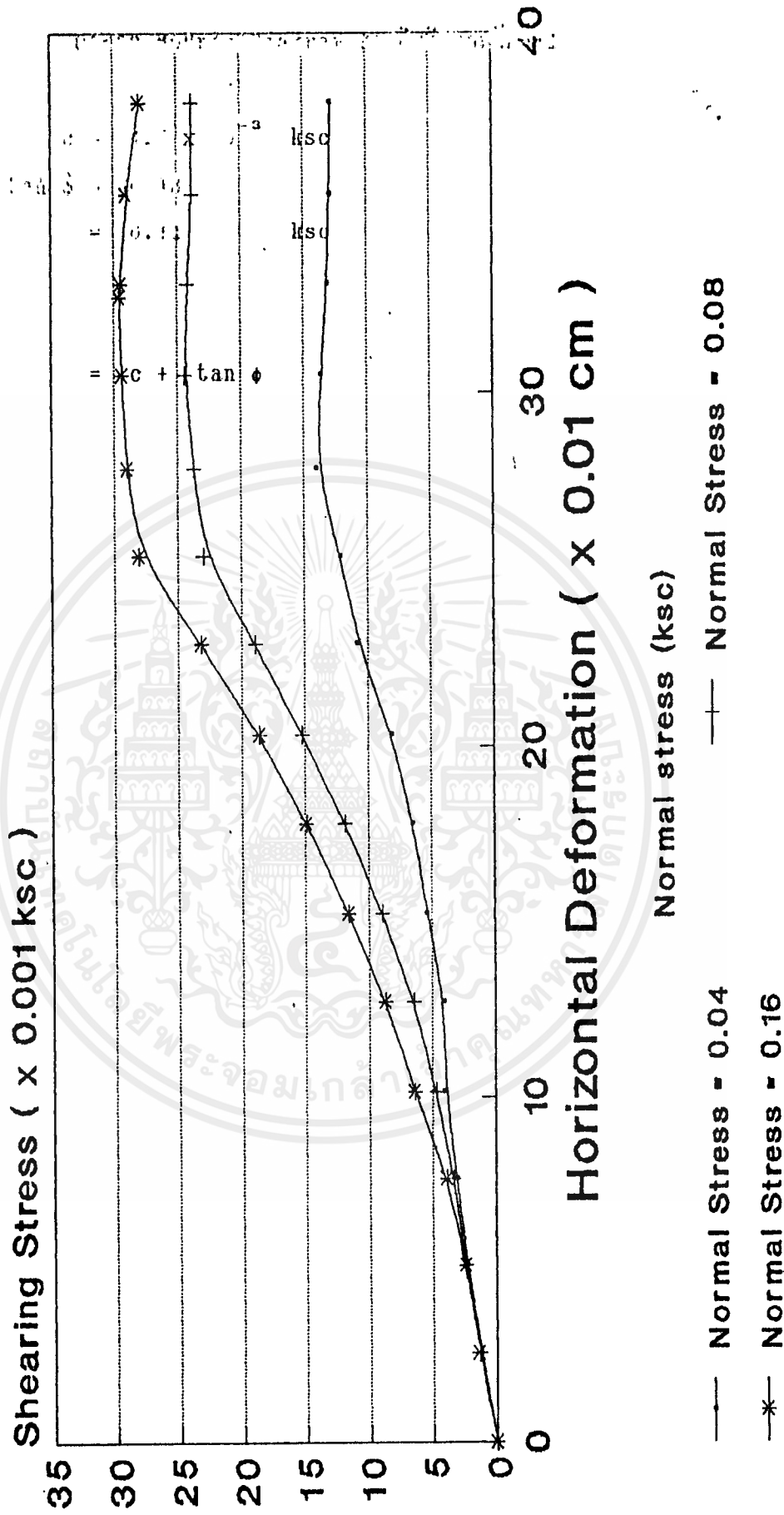
$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

$$= ( 4.3 \times 10^{-3} ) + 0.11(0.18)$$

$$= 0.0243 \text{ ksc}$$

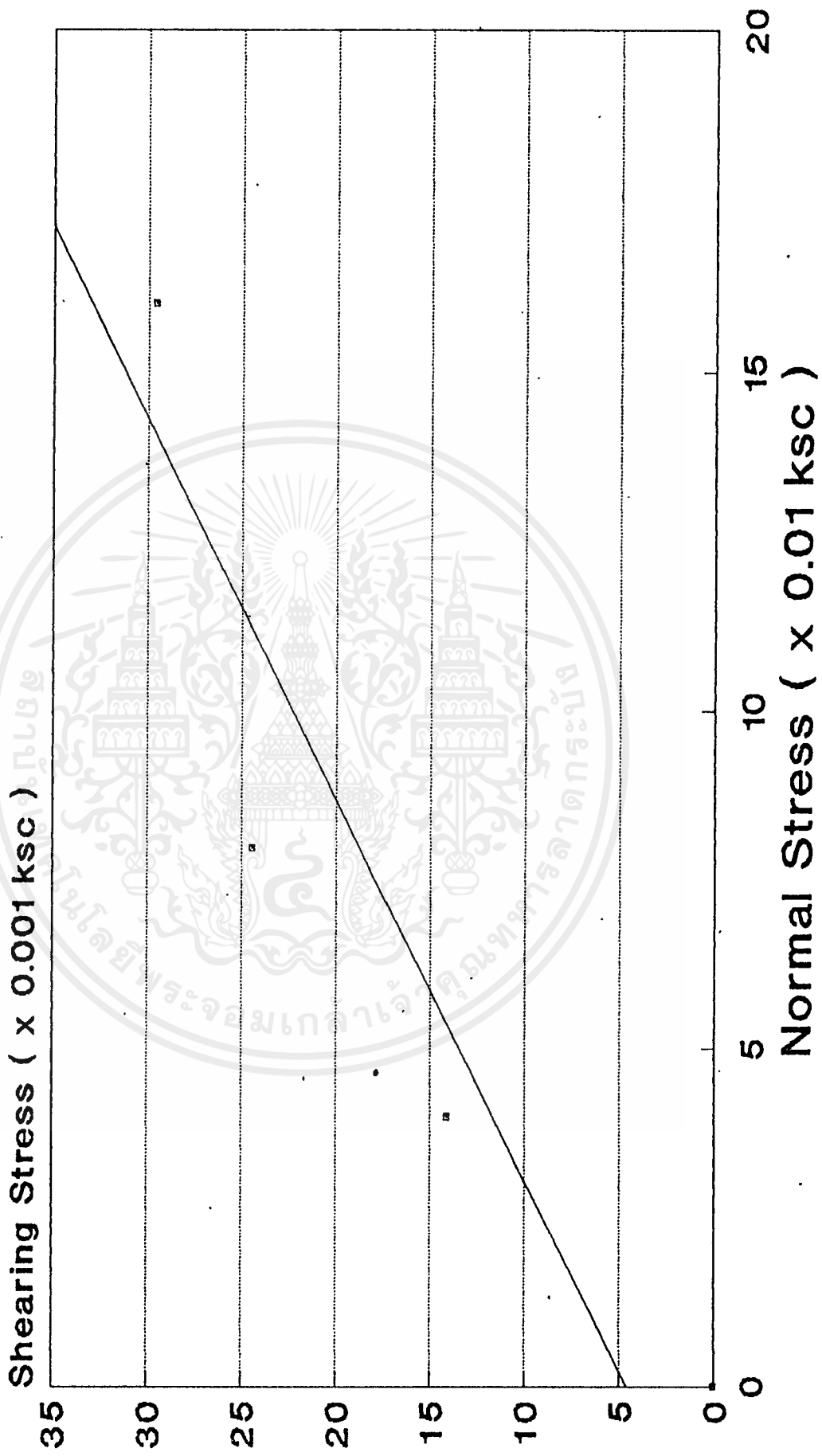


# Direct Shear Test Of soil at 1m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 1m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 4

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตที่ 2

Direct Shear Test

Depth of Soil = 2 m.  
 Soil Description Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	12	25	1.62
5.08	20	25	2.70
7.62	28	25	3.78
10.16	40	25	5.40
12.70	52	25	7.32
15.24	68	25	9.18
17.78	102	25	13.77
20.32	138	25	18.63
22.86	185	25	24.97
25.40	185	25	25.01
27.94	206	25	27.90
30.48	209	25	28.34
33.02	205	25	27.80
35.56	202.5	25	27.40
38.10	202	25	27.35

## ตารางที่ 5

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 2

Direct Shear Test

Depth of Soil = 2 m.  
 Soil Description Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	18	25	2.43
5.08	42	25	5.67
7.62	75	25	10.12
10.16	100	25	13.50
12.70	148	25	19.98
15.24	190	25	25.65
17.78	205	25	27.67
20.32	218	25	29.43
22.86	227	25	30.64
25.40	234	25	31.59
27.55	251	25	33.9
27.94	237	25	32.05
30.48	235	25	31.70
33.02	231	25	31.30
35.56	231	25	31.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 6

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเม็ดที่ 2

Direct Shear Test

Depth of Soil = 2 m.  
 Soil Description Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	23	25	3.10
5.08	50	25	6.75
7.62	83	25	11.20
10.16	123	25	16.60
12.70	158	25	21.33
15.24	194	25	36.19
17.78	235	25	31.72
20.32	270	25	36.45
22.86	290	25	39.15
25.40	310	25	41.85
27.94	313	25	42.30
30.48	315	25	42.55
33.02	311	25	42.03
35.56	307	25	41.50

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 2 เมตร

$$c = 9.28 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.2286$$

$$\phi = 0.266 \text{ ksc}$$

$$\gamma = c + \phi \tan \phi$$

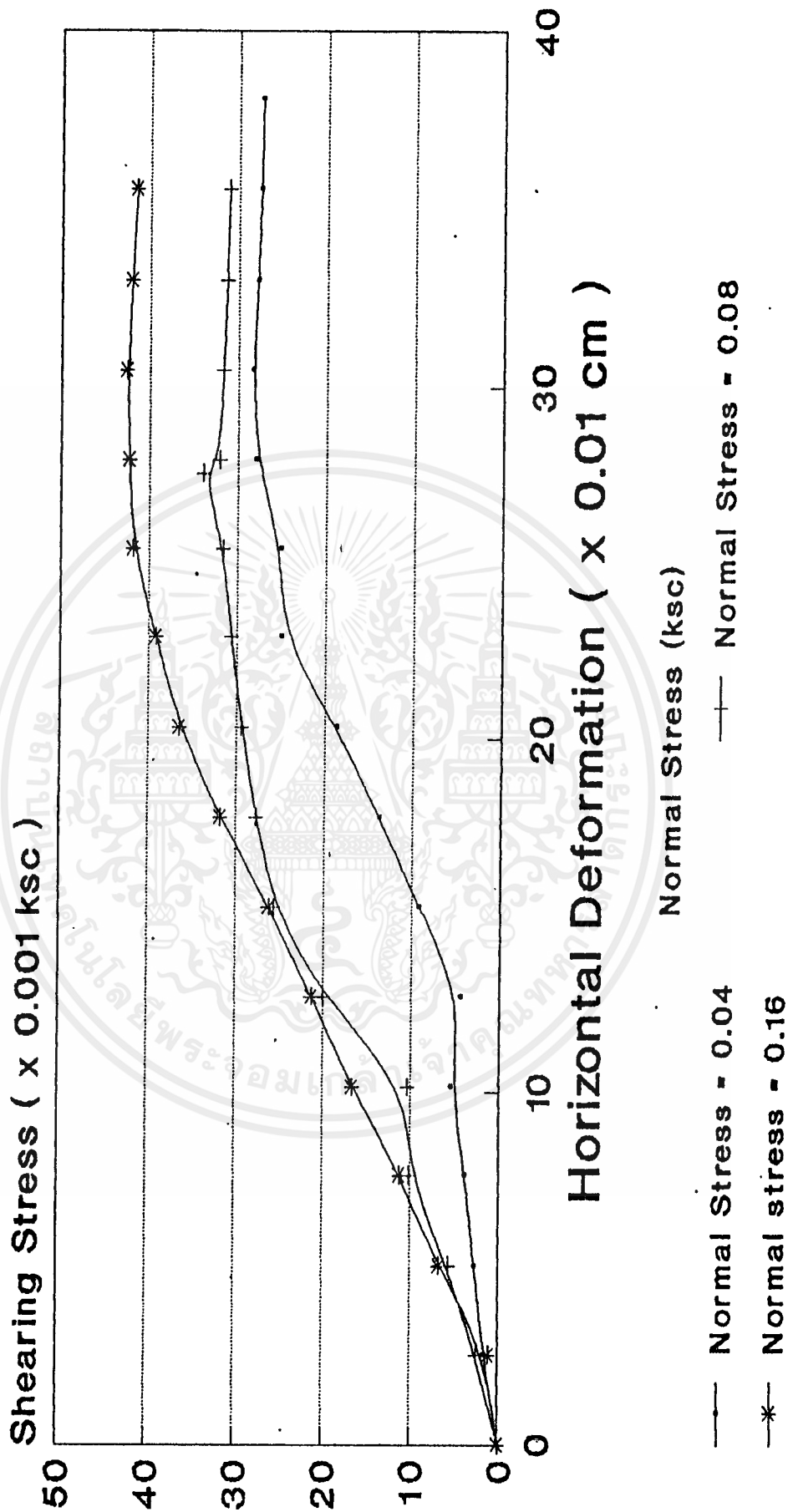
$$= (9.28 \times 10^{-3}) + 0.266(0.2286)$$

$$= 0.070 \text{ ksc}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 2m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 2m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 7

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก 3

Direct Shear Test

Depth of Soil = 3 m.  
 Soil Description Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	4	25	0.54
5.08	5	25	0.67
7.62	7	25	0.94
10.16	9	25	1.21
12.70	16	25	2.16
15.24	21	25	2.83
17.78	41	25	5.53
20.32	73	25	9.85
22.86	95	25	12.95
25.40	105	25	14.21
27.94	108	25	14.61
30.48	107	25	14.55
33.02	107	25	14.55
35.56	104	25	14.10
38.10	102	25	13.80

## ตารางที่ 8

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก 3

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	3	m.
Soil Description		Clay	
Normal Load	=	2	kg.
Normal Stress	=	0.08	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	14	25	1.89
5.08	29	25	3.91
7.62	47	25	6.34
10.16	52	25	7.02
12.70	71	25	9.58
15.24	100	25	13.50
17.78	117	25	15.79
20.32	138	25	18.63
22.86	152	25	20.52
25.40	171	25	23.08
27.94	175	25	23.60
30.48	180	25	23.95
33.02	179	25	23.90
35.56	176	25	23.80
38.10	176	25	23.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 9

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 3

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	3	m.
Soil Description		Clay	
Normal Load	=	4	kg.
Normal Stress	=	0.16	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	16	25	2.16
5.08	38	25	5.13
7.62	53	25	7.15
10.16	72	25	9.72
12.70	88	25	11.88
15.24	111	25	14.98
17.78	127	25	17.14
20.32	145	25	19.57
22.86	166	25	22.41
25.40	175	25	23.62
27.94	214	25	24.40
30.48	217	25	24.60
33.02	218	25	24.44
35.56	214	25	24.40
38.10	207	25	24.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 3 เมตร

$$c = 5.81 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.1475$$

$$\sigma = 0.3276 \text{ ksc}$$

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

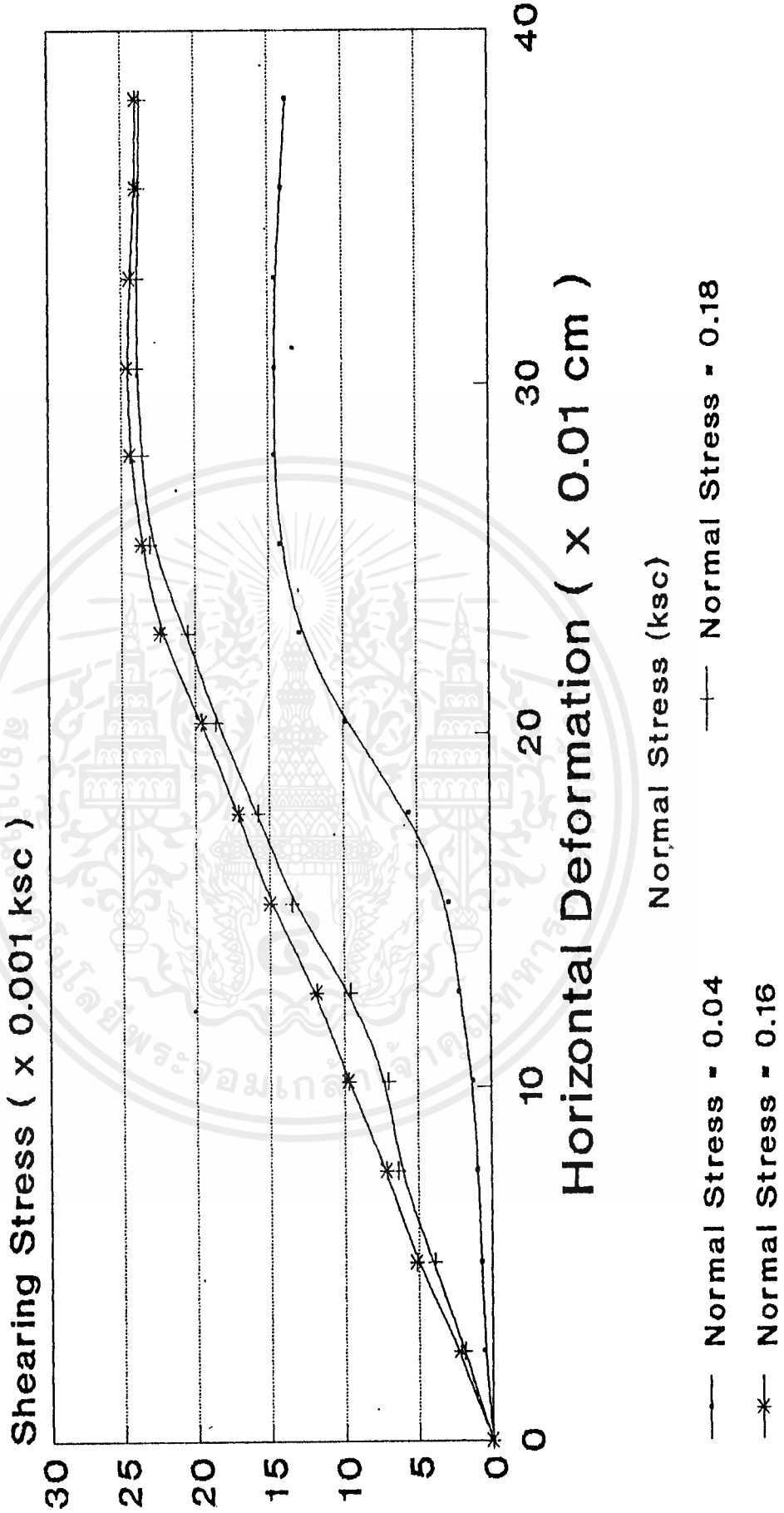
$$= ( 5.81 \times 10^{-3} ) + 0.1475(0.3276)$$

$$= 0.541 \text{ ksc}$$



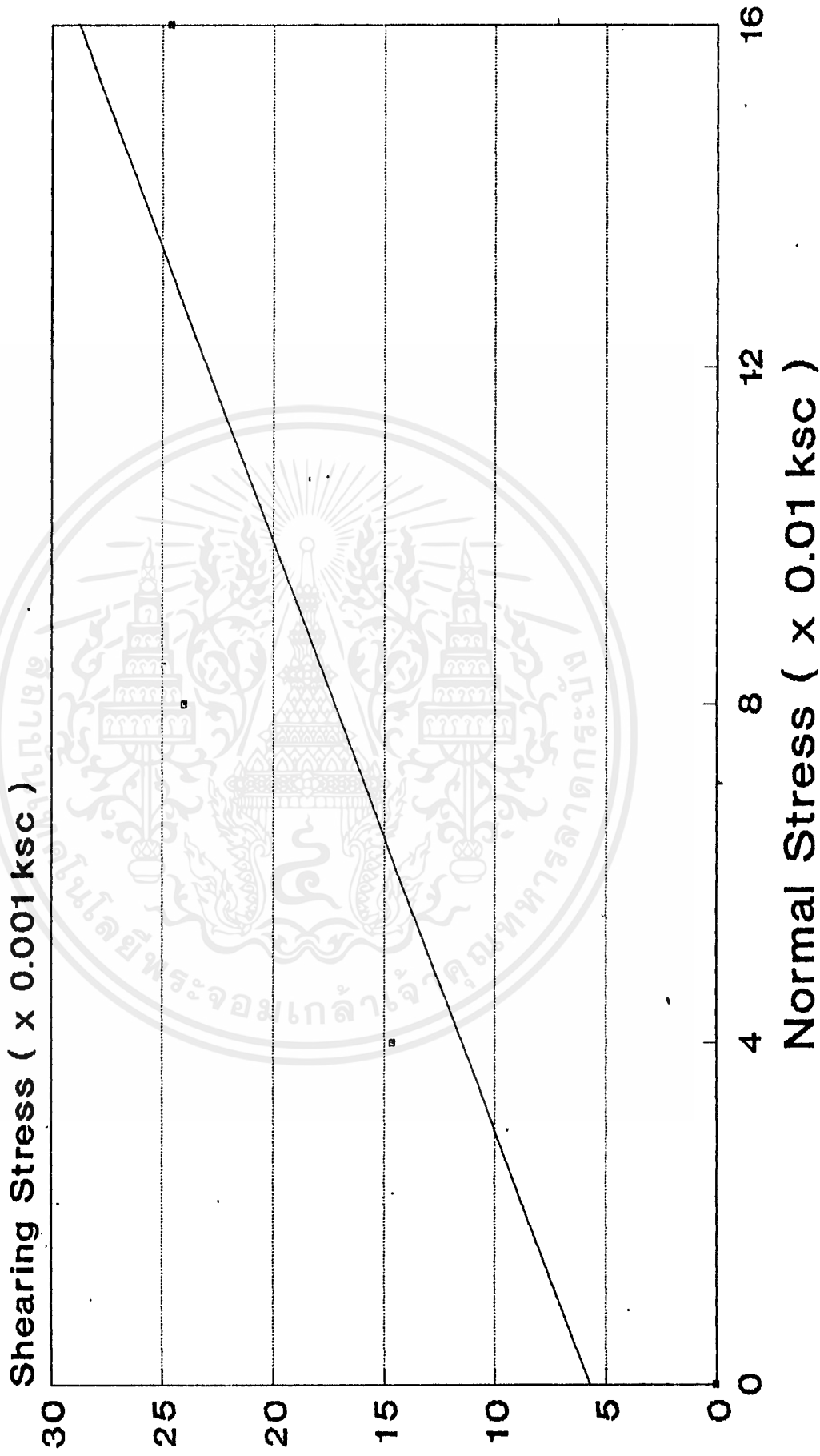
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of soil at 3m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 3m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 10

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริกที่ 4

Direct Shear Test

Depth of Soil = 4 m.  
 Soil Description Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	3	25	0.40
5.08	4.5	25	0.60
7.62	10	25	1.35
10.16	15	25	2.02
12.70	19	25	2.56
15.24	23.5	25	3.17
17.78	26	25	3.51
20.32	35	25	4.72
22.86	60	25	8.10
25.40	67	25	9.15
27.94	75	25	10.22
30.48	80	25	10.80
33.02	77	25	10.50
35.56	63	25	8.60

## ตารางที่ 11

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 4

Direct Shear Test

Depth of Soil = 4 m.  
 Soil Description Clay  
 Normal Load = 2 kg ✓  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	8	25	1.08
5.08	12	25	1.62
7.62	19	25	2.56
10.16	25	25	3.37
12.70	35	25	4.72
15.24	46	25	6.21
17.78	55	25	7.42
20.32	66	25	8.91
22.86	78	25	10.53
25.40	84	25	11.34
27.55	90	25	12.20
27.94	91.5	25	12.40
30.48	91	25	12.30
33.02	90	25	12.20
35.56	88	25	12.00

## ตารางที่ 12

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 4

Direct Shear Test

Depth of Soil = 4 m.  
 Soil Description Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	12.5	25	1.68
5.08	21	25	2.83
7.62	28	25	3.78
10.16	36	25	4.86
12.70	47	25	6.34
15.24	67	25	9.04
17.78	99	25	13.36
20.32	114	25	19.44
22.86	123	25	26.59
25.40	138	25	33.61
27.94	145	25	19.62
30.48	149	25	20.20
33.02	151.2	25	20.50
35.56	152	25	20.60
38.10	151	25	20.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจาก Mohr's Diagram ทรงคันทะความลึก 4 เมตร

$$c = 2.57 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.12$$

$$b = 0.5432 \text{ ksc}$$

$$\gamma = c + b \tan \phi$$

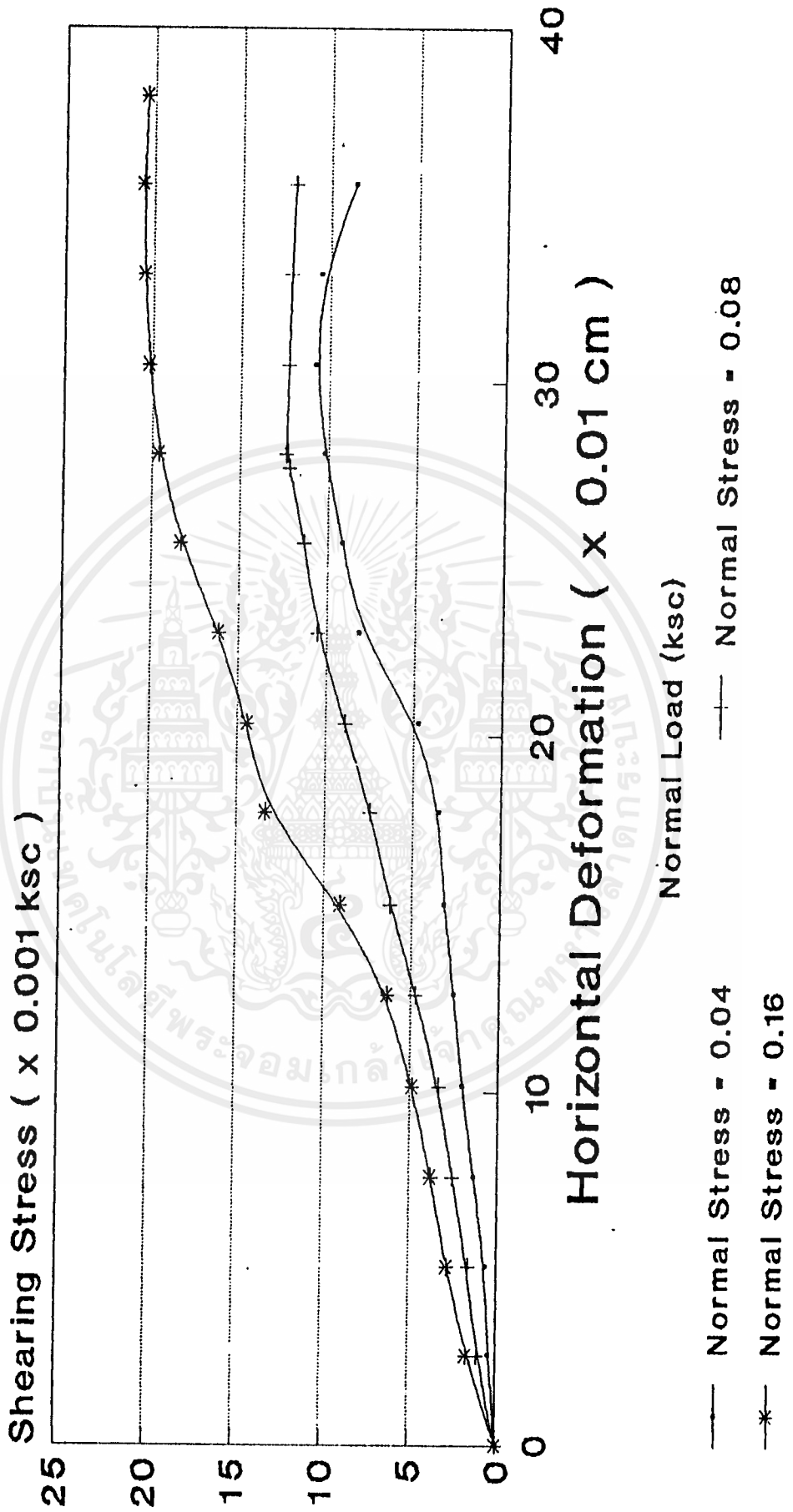
$$= ( 2.57 \times 10^{-3} ) + 0.5432(0.12)$$

$$= 0.067 \text{ ksc}$$

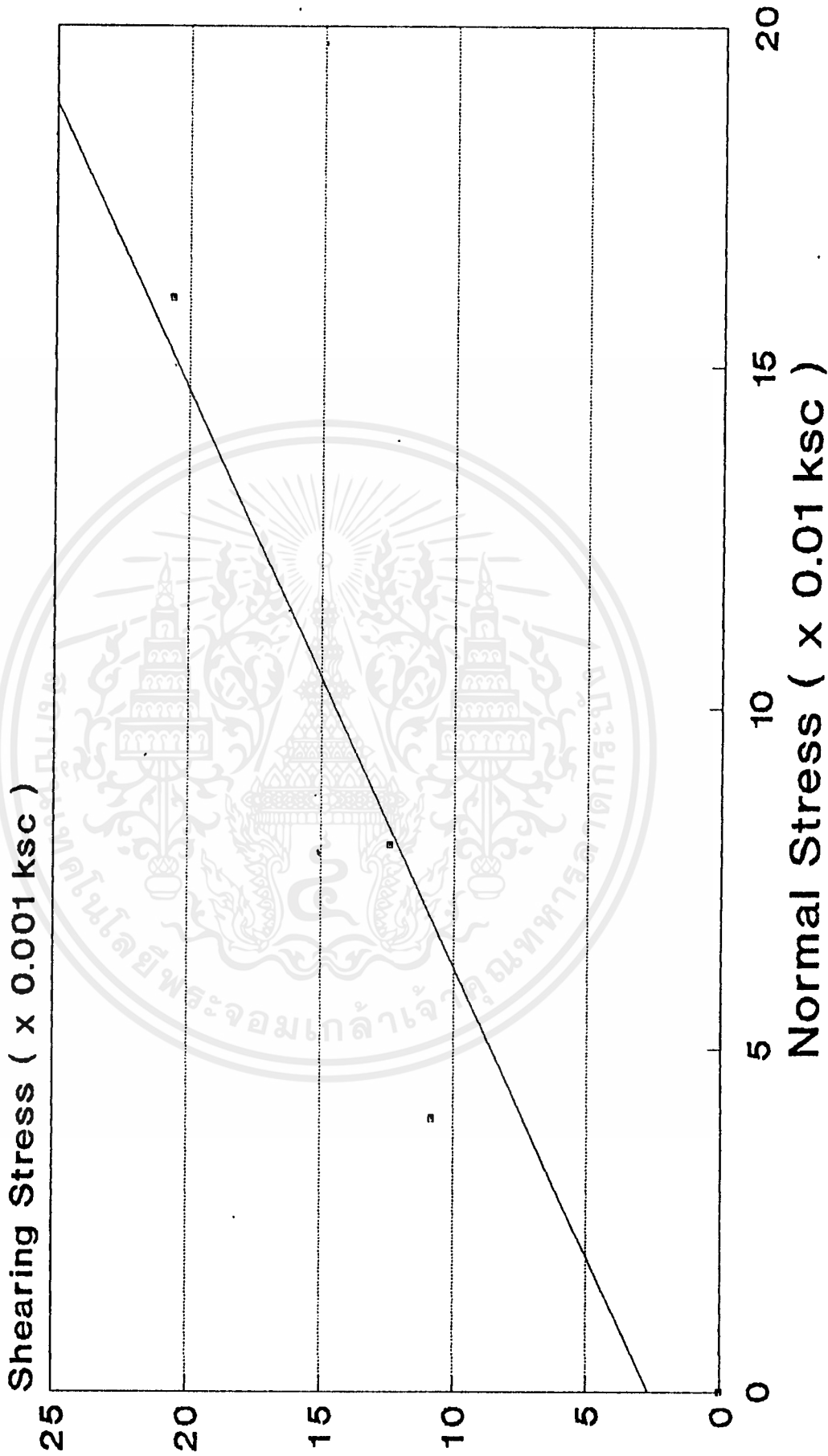


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of soil at 4m.



# Mohr's Diagram from Soil at 4m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 13

แสดงผลการ Direct Shear Test กองดินเหนียวเมตรที่ 5

Direct Shear Test

Depth of Soil = 5 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	7	25	0.94
5.08	14	25	1.89
7.62	21	25	2.83
10.16	36.5	25	4.92
12.70	43.3	25	5.84
15.24	46	25	6.21
17.78	54	25	7.29
20.32	68	25	9.18
22.86	83	25	11.20
25.40	104.5	25	14.10
27.94	111	25	15.00
29.84	114	25	15.41
30.48	113.5	25	15.35
33.02	113.2	25	15.30
35.56	113	25	15.26

## ตารางที่ 14

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมทรายที่ 5

Direct Shear Test

Depth of Soil = 5 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	12	25	1.62
5.08	22	25	2.97
7.62	33	25	4.45
10.16	40	25	5.40
12.70	50	25	6.75
15.24	62	25	8.37
17.78	72	25	9.72
20.32	81	25	10.93
22.86	88	25	11.88
25.40	114	25	15.39
27.94	118	25	16.05
30.48	142	25	19.20
33.02	151	25	20.50
34.92	153	25	20.72
35.56	152	25	19.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 15

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 5

Direct Shear Test

Depth of Soil = 5 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	23	25	3.10
5.08	30	25	4.05
7.62	35	25	4.72
10.16	50	25	6.75
12.70	62	25	8.37
15.24	77	25	10.39
17.78	95	25	12.82
20.32	118	25	15.93
22.86	143	25	19.30
25.40	175	25	23.62
27.94	198	25	26.75
30.48	201	25	27.20
32.65	210	25	28.38
34.92	212	25	28.75
35.56	211	25	28.60

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 5 เมตร

$$c = 4.48 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.1658$$

$$\sigma = 0.60 \text{ ksc}$$

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

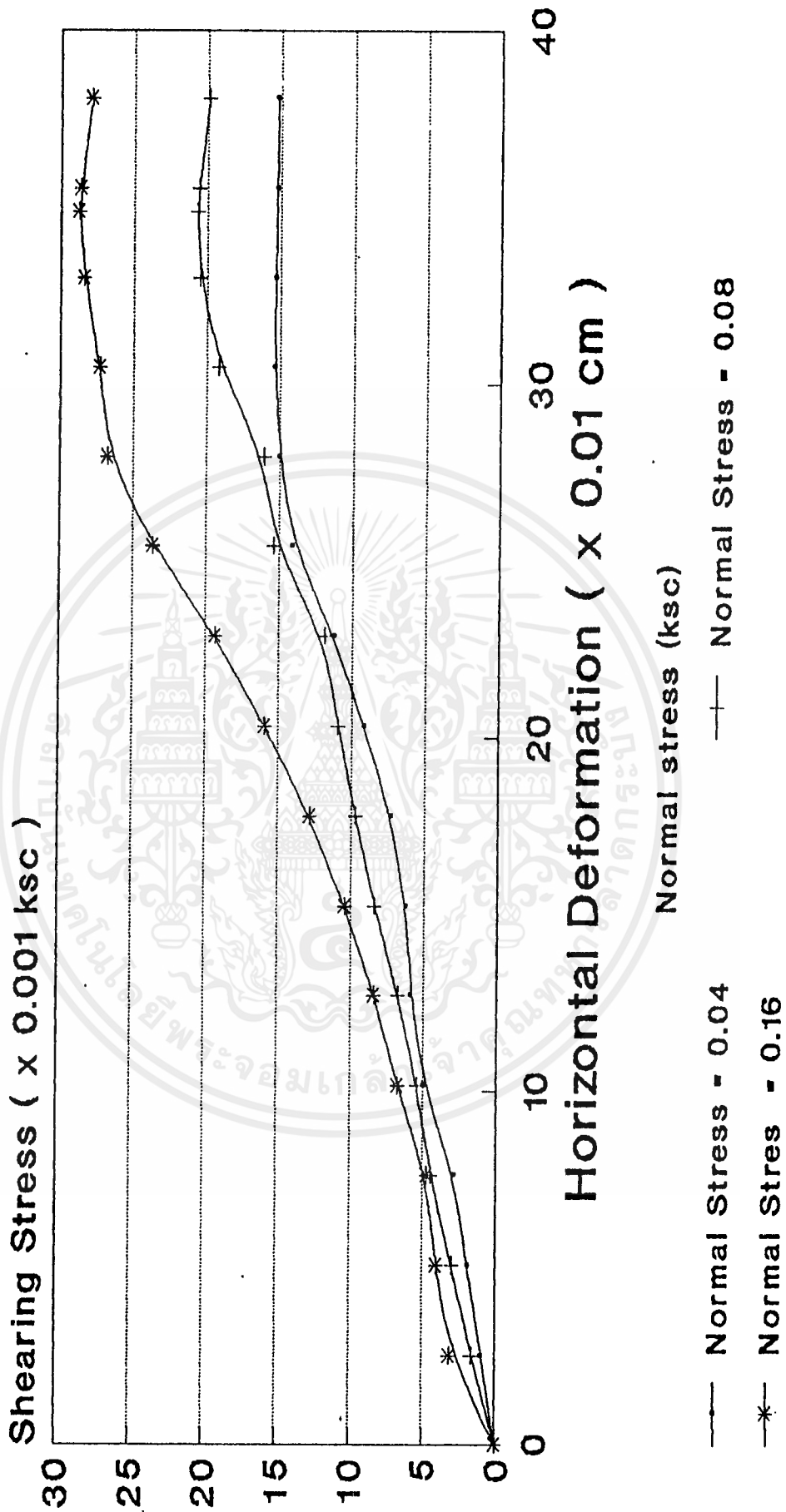
$$= ( 4.48 \times 10^{-3} ) + 0.60(0.1658)$$

$$\approx 0.10396 \text{ ksc}$$



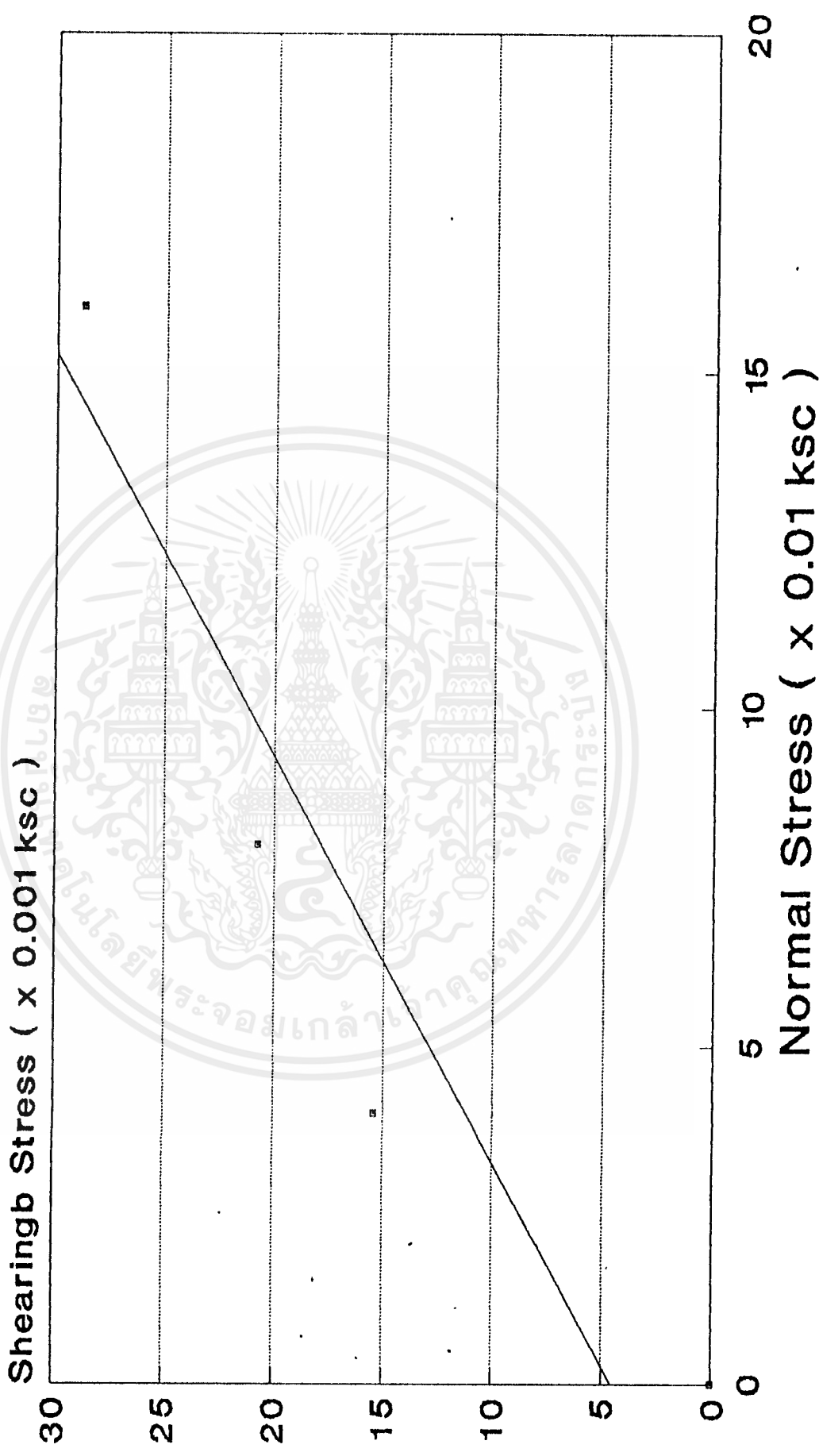
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 5m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 5m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 16

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเบรตที่ 6

Direct Shear Test

Depth of Soil = 6 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	10	25	1.35
5.08	18	25	2.43
7.62	25	25	3.37
10.16	33	25	4.45
12.70	53	25	7.15
15.24	73	25	9.84
17.78	80	25	10.80
20.32	92	25	12.42
22.86	103	25	13.90
25.40	108	25	14.70
27.94	109.2	25	14.75
28.10	109.5	25	14.81
30.48	108	25	14.70
33.02	105	25	14.30
35.56	105	25	14.30

## ตารางที่ 17

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเม็ดที่ 6

Direct Shear Test

Depth of Soil = 6 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	10	25	1.35
5.08	27	25	3.64
7.62	39	25	5.26
10.16	50	25	6.75
12.70	62	25	8.37
15.24	80	25	10.80
17.78	90	25	12.15
20.32	104	25	14.04
22.86	111	25	14.98
25.40	116	25	15.66
27.94	118	25	16.00
30.09	121	25	16.40
30.48	120	25	16.30
33.02	112	25	15.20
35.56	111	25	15.10

## ตารางที่ 18

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 6

Direct Shear Test

Depth of Soil = 6 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	22.5	25	3.03
5.08	30	25	4.05
7.62	40	25	5.40
10.16	70	25	9.45
12.70	81	25	10.93
15.24	98	25	13.23
17.78	104	25	14.04
20.32	110	25	14.85
22.86	115	25	15.52
25.40	121	25	16.33
27.94	122	25	16.50
30.48	124	25	16.80
33.02	120	25	16.20
35.56	119	25	16.10

ผลจาก Mohr's Diagram ทรงรีที่มีความลึก 6 เมตร

$$c = 5.88 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.0882$$

$$b = 0.44 \text{ ksc}$$

$$\gamma = c + b \tan \phi$$

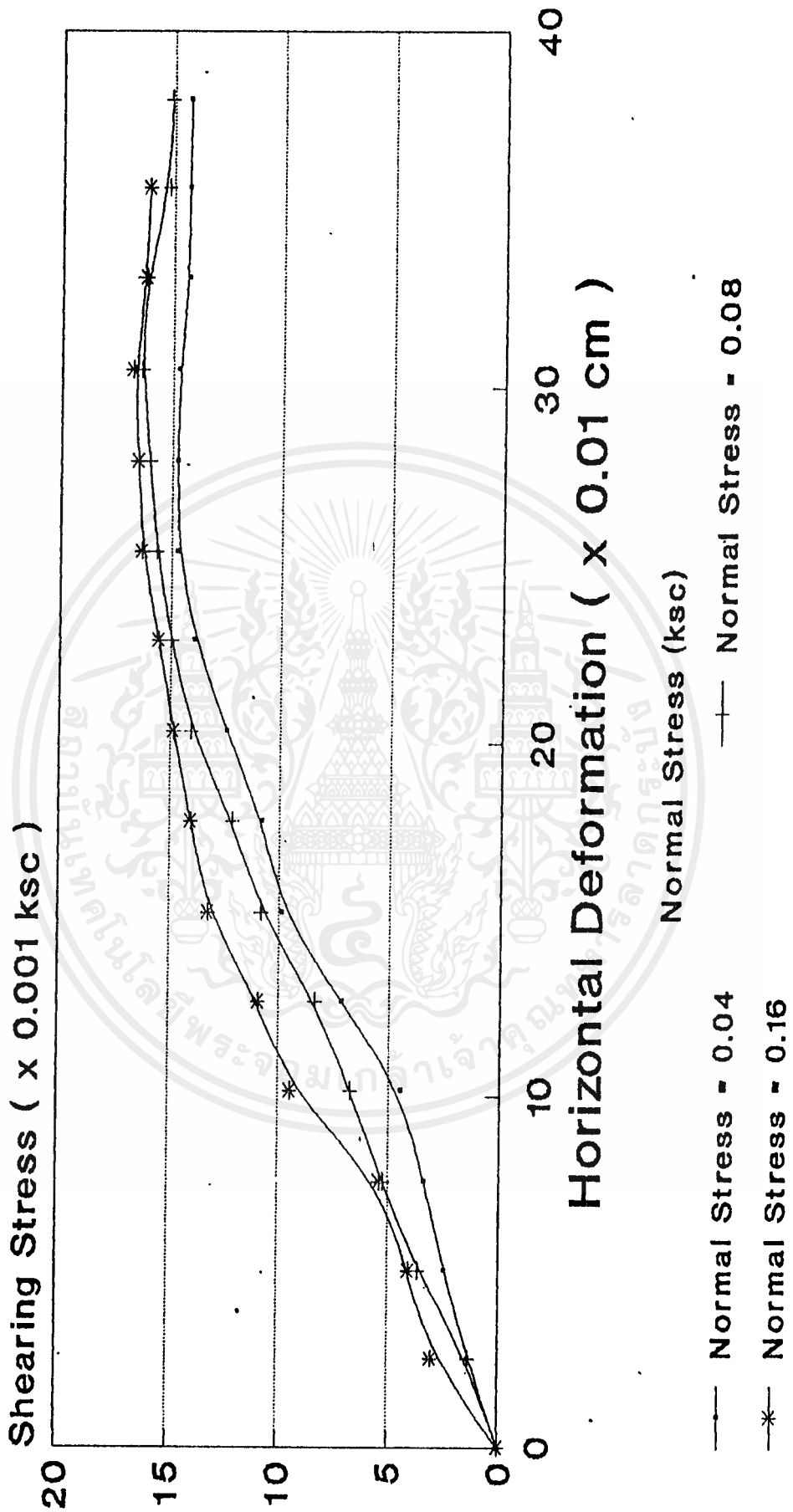
$$= ( 5.88 \times 10^{-3} ) + 0.44(0.0882)$$

$$= 0.044 \text{ ksc}$$

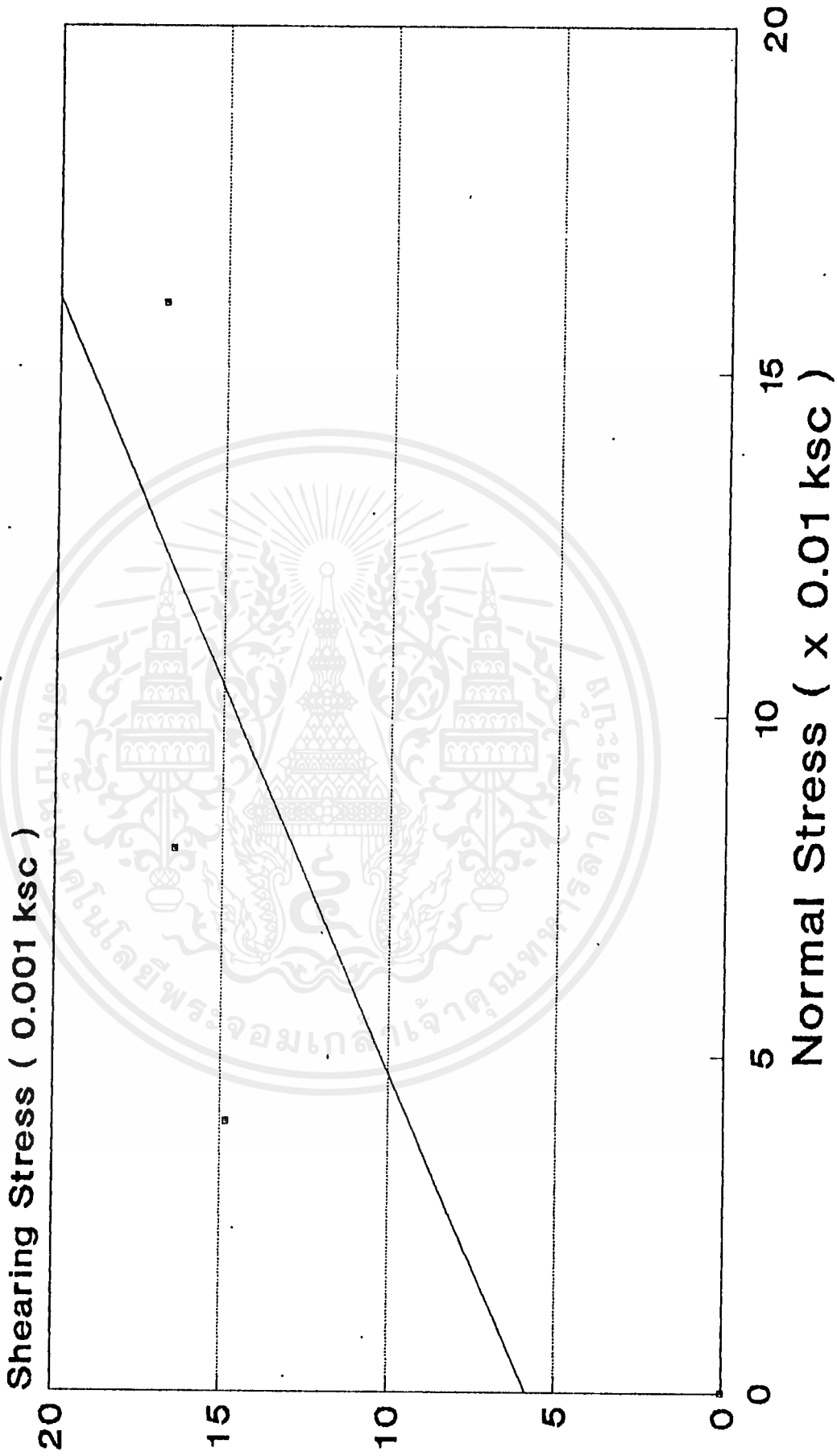


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test Of Soil at 6m.



# Mohr's Diagram from Soil at 6m.



## ตารางที่ 19

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 7

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	7	m.
Soil Description	=	Silty Clay	
Normal Load	=	1	kg.
Normal Stress	=	0.04	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	19	25	1.62
5.08	29	25	2.97
7.62	36	25	4.45
10.16	45	25	5.40
12.70	59	25	6.75
15.24	65	25	8.37
17.78	73	25	9.72
20.32	89	25	10.93
22.86	100	25	11.88
25.40	105	25	15.39
27.94	108	25	16.05
30.48	107	25	19.20
33.02	115	25	20.50
34.92	111	25	20.72
35.56	108.5	25	19.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 20

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเม็ดที่ 7

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	7	m.
Soil Description	=	Silty Clay	
Normal Load	=	2	kg.
Normal Stress	=	0.08	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	27	25	3.64
5.08	37	25	4.995
7.62	50	25	6.75
10.16	59	25	7.96
12.70	90	25	12.15
15.24	110	25	14.85
17.78	125	25	16.87
20.32	130	25	17.55
22.86	150	25	20.25
25.40	170	25	22.95
27.94	171	25	23.10
30.48	182	25	24.70
33.02	180.5	25	24.40
35.56	180	25	24.30
38.10	175	25	23.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 21

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 7

Direct Shear Test

Depth of Soil = 7 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	29	25	3.91
5.08	53	25	7.15
7.62	65	25	8.77
10.16	78	25	10.53
12.70	91	25	12.28
15.24	136	25	18.36
17.78	185	25	24.97
20.32	215	25	29.02
22.86	232	25	31.32
25.40	244	25	32.94
27.94	261	25	32.25
30.48	241	25	32.60
33.02	242	25	32.80
35.56	241	25	32.60
38.10	240	25	32.40

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 7 เมตร

$$c = 6.12 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.166$$

$$\phi = 1.37 \text{ ksc}$$

$$\tau = c + \phi \tan \phi$$

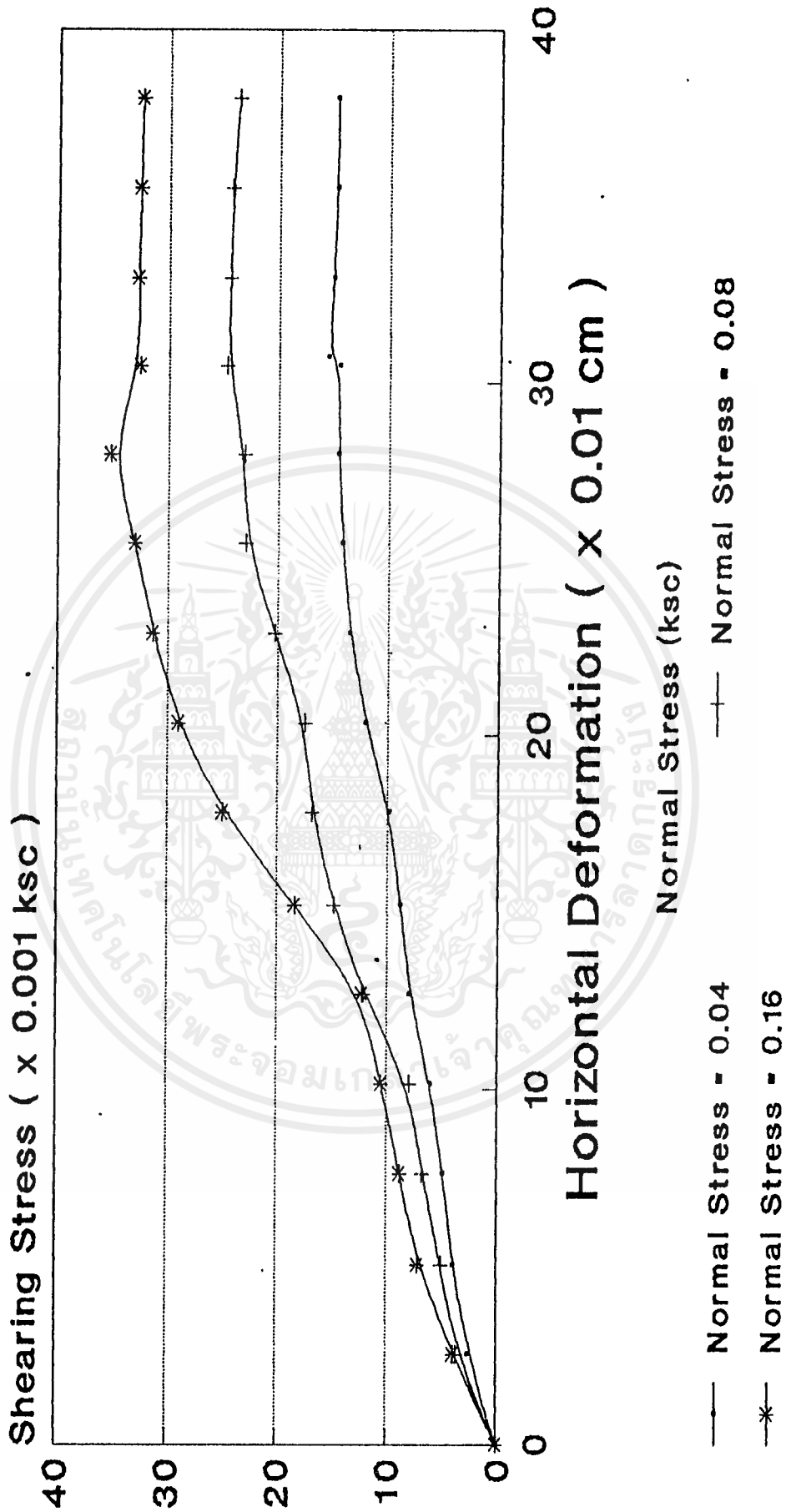
$$= ( 6.12 \times 10^{-3} ) + 1.37(0.166)$$

$$= 0.233 \text{ ksc}$$



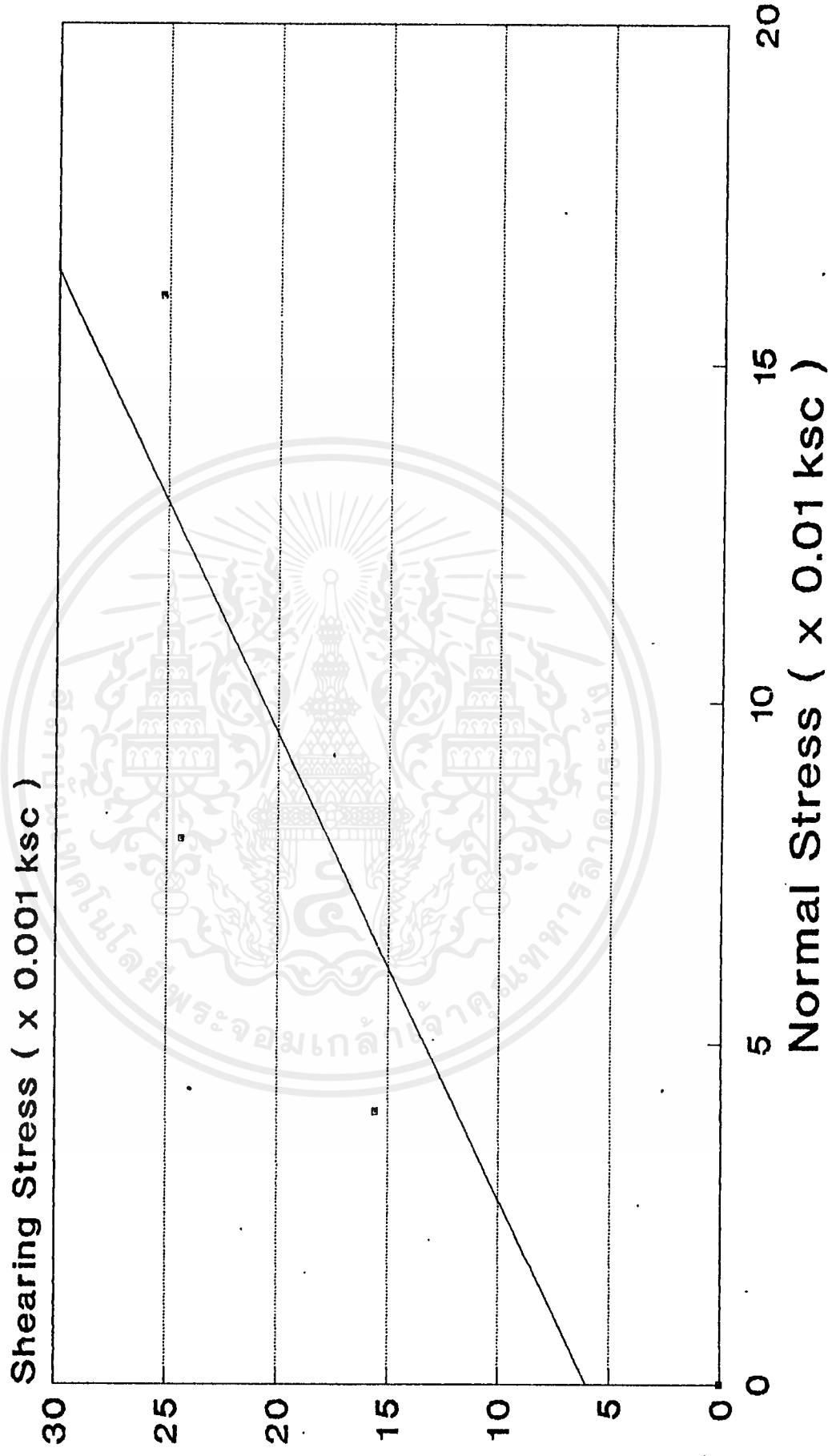
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 7m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 7m.



## ตารางที่ 22

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 8

Direct Shear Test

Depth of Soil = 8 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	5	25	0.67
5.08	8	25	1.08
7.62	10	25	1.35
10.16	13	25	1.75
12.70	15	25	2.02
15.24	20	25	2.70
17.78	30	25	4.05
20.32	50	25	6.75
22.86	90	25	12.15
25.40	125	25	16.87
27.94	130	25	17.65
28.70	132	25	17.90
30.48	127	25	17.20
33.02	118	25	16.00
35.56	114	25	15.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 23

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 8

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	8	m.
Soil Description	=	Silty Clay	
Normal Load	=	2	kg.
Normal Stress	=	0.08	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	21	25	2.83
5.08	37	25	4.99
7.62	55	25	7.42
10.16	75	25	10.12
12.70	92	25	12.42
15.24	100	25	13.50
17.78	110	25	14.85
20.32	125	25	16.87
22.86	150	25	20.25
25.40	170	25	22.95
27.94	180	25	24.40
30.48	182	25	24.63
32.25	181	25	24.55
33.02	177	25	24.01
35.56	174	25	23.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเม็ดที่ 8

Direct Shear Test

Depth of Soil = 8 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	39	25	5.26
5.08	49	25	9.04
7.62	67	25	10.39
10.16	77	25	12.82
12.70	95	25	16.20
15.24	120	25	17.82
17.78	132	25	20.25
20.32	150	25	24.30
22.86	180	25	26.05
25.40	193	25	26.60
27.94	197	25	26.95
30.48	199	25	26.60
33.02	190	25	25.70
35.56	185	25	25.03
38.10	181	25	24.50

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 8 เมตร

$$c = 6.79 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.146$$

$$\sigma = 1.212 \text{ ksc}$$

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

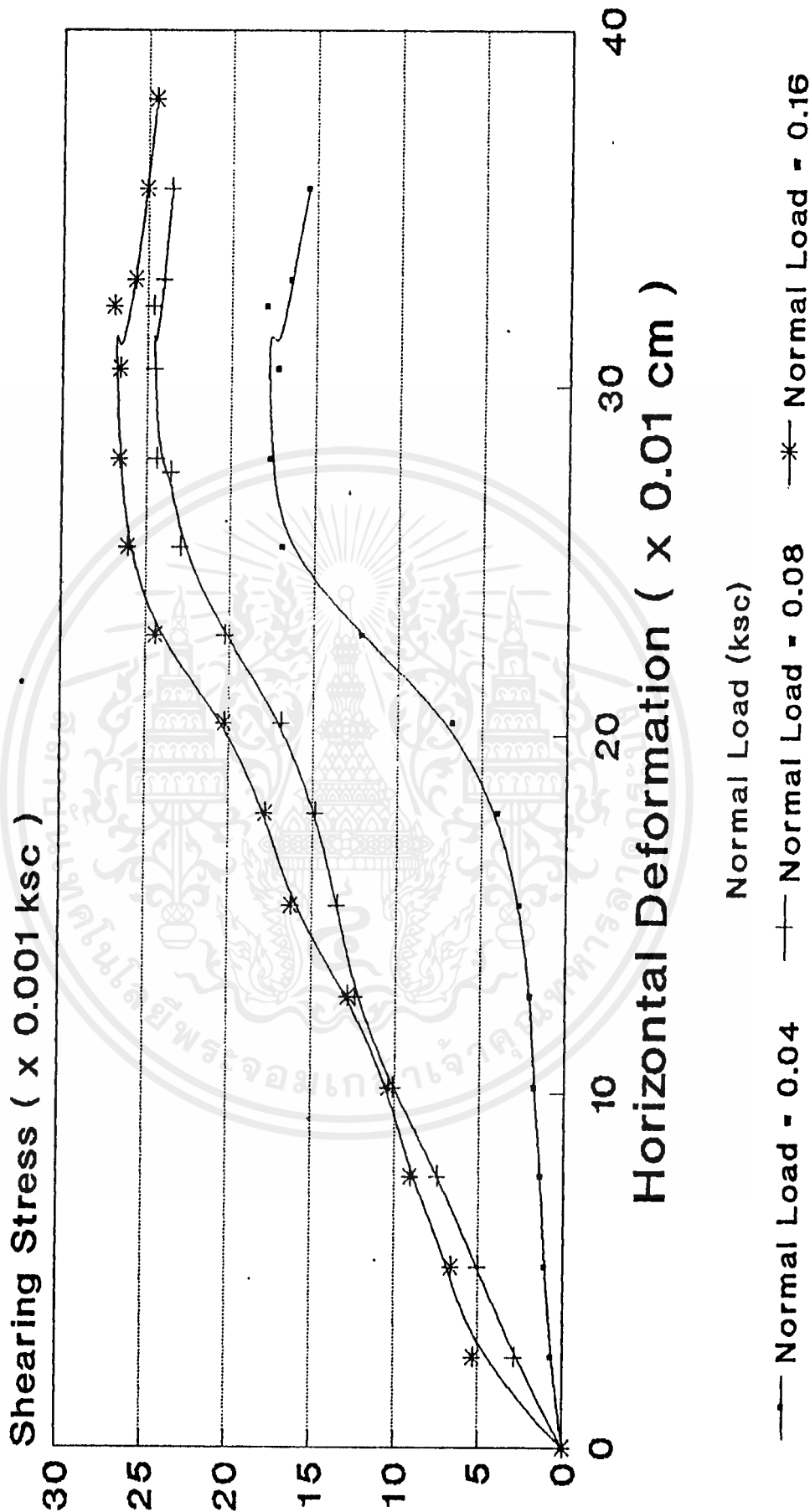
$$= (6.79 \times 10^{-3}) + 1.212(0.146)$$

$$= 0.183 \text{ ksc}$$



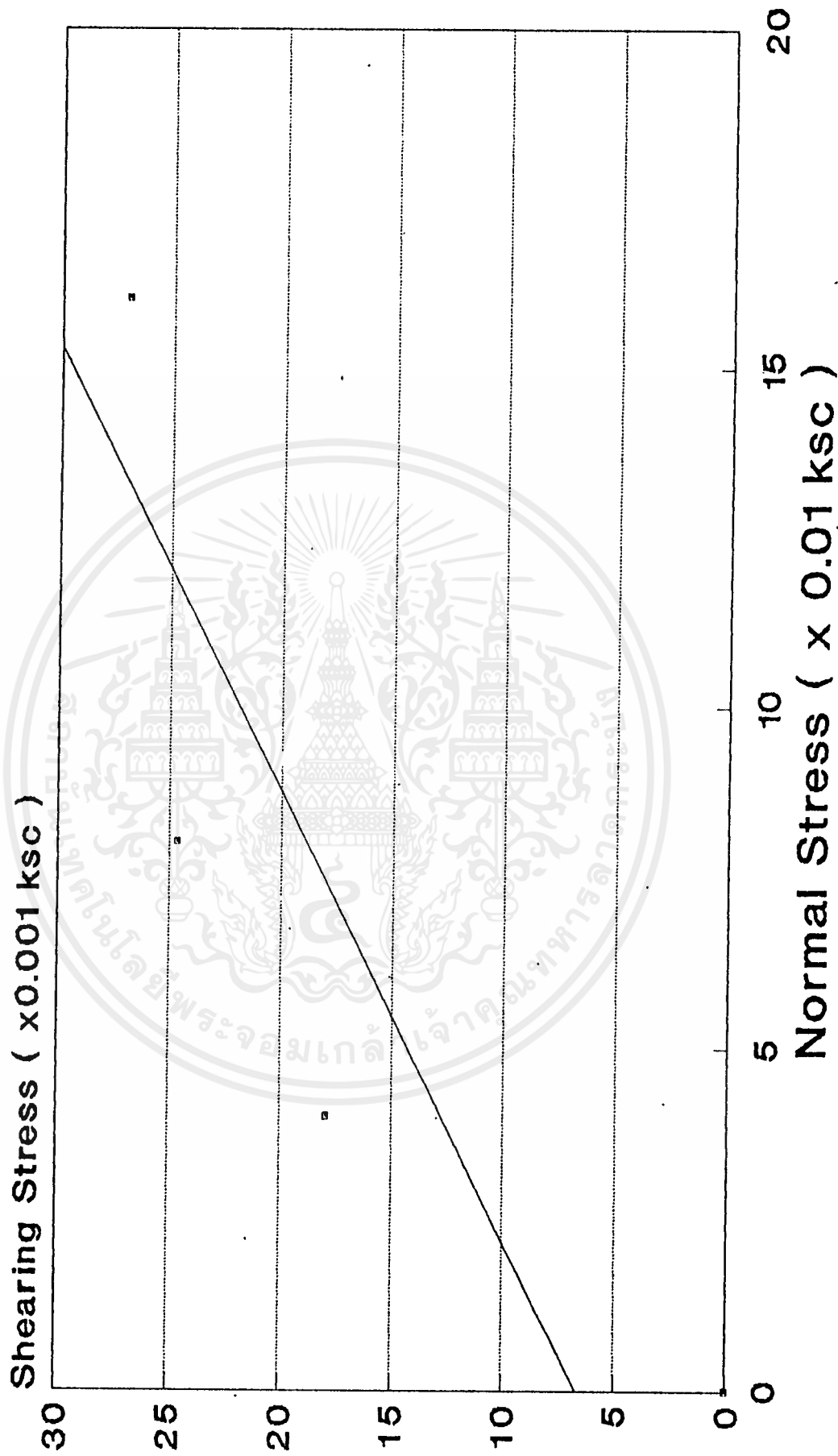
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 8m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 8m.



## ตารางที่ 25

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมทรายที่ 9

Direct Shear Test

Depth of Soil = 9 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	8	25	1.08
5.08	14	25	1.89
7.62	18	25	2.43
10.16	20	25	2.70
12.70	25	25	3.37
15.24	30	25	4.05
17.78	40	25	5.40
20.32	68	25	9.18
22.86	80	25	10.80
25.40	100	25	13.50
27.94	108	25	14.60
29.21	112	25	15.21
30.48	111	25	15.00
33.02	100	25	13.60
35.56	91.5	25	12.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 26

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมครที่ 9

Direct Shear Test

Depth of Soil = 9 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	12	25	1.62
5.08	15	25	2.02
7.62	21	25	2.83
10.16	26	25	3.51
12.70	34	25	4.59
15.24	40	25	5.40
17.78	56	25	7.56
20.32	75	25	10.12
22.86	85	25	11.47
25.40	100	25	13.50
27.94	112	25	15.20
30.48	121	25	16.40
31.75	123	25	16.63
33.02	121	25	16.40
35.56	115	25	15.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 27

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเม็ดที่ 9

Direct Shear Test

Depth of Soil = 9 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	31	25	4.18
5.08	50	25	6.75
7.62	70	25	9.45
10.16	85	25	11.47
12.70	95	25	12.82
15.24	115	25	15.52
17.78	130	25	17.55
20.32	150	25	20.25
22.86	165	25	22.27
25.40	175	25	23.62
27.94	174	25	23.50
30.48	179	25	24.19
33.02	174	25	23.50
35.56	171	25	23.20

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 9 เมตร

$$c = 4.64 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.1358$$

$$\bar{c} = 1.24 \text{ ksc}$$

$$\tau = c + \bar{c} \tan \phi$$

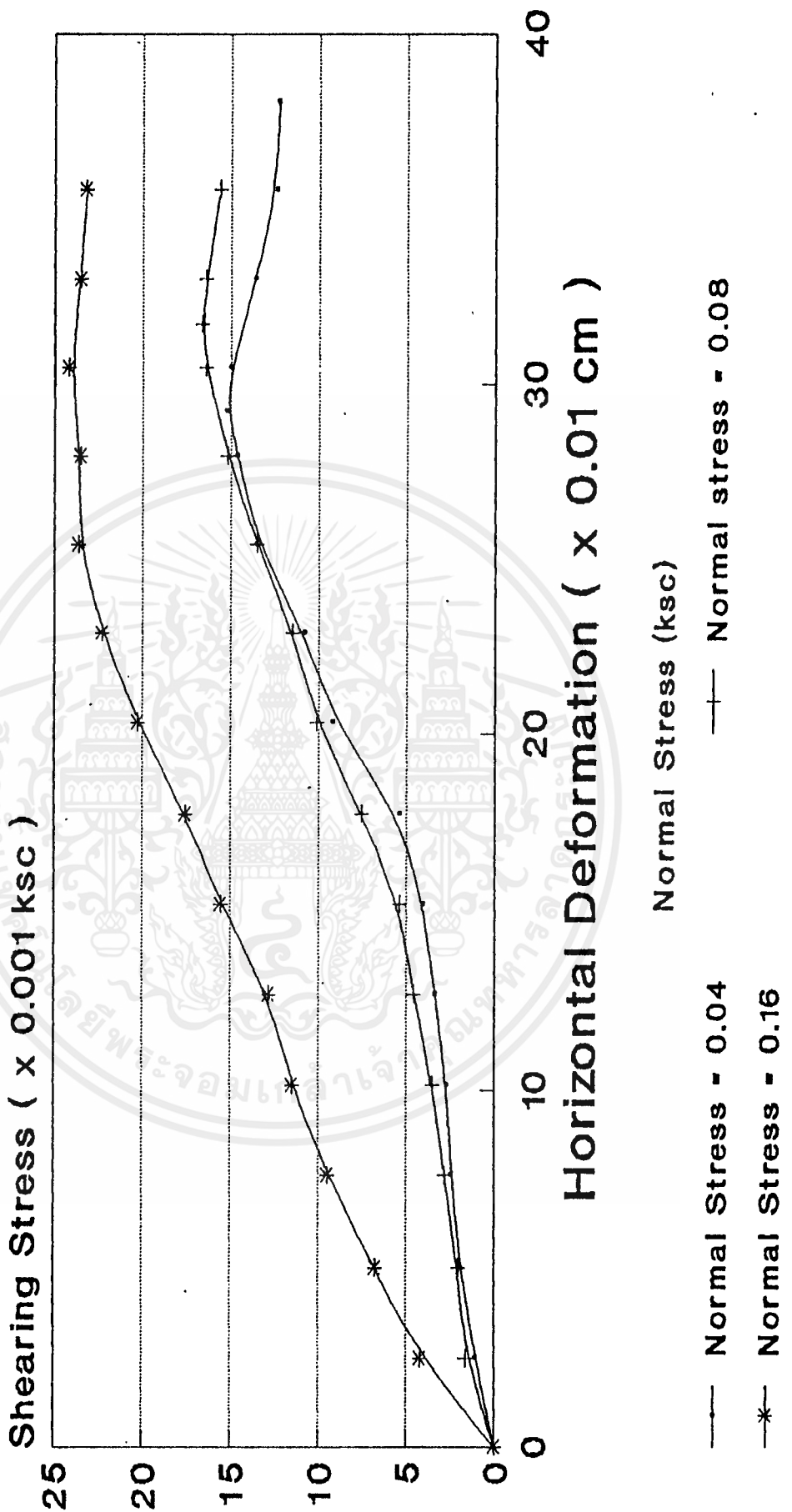
$$= ( 4.64 \times 10^{-3} ) + 1.24(0.1358)$$

$$= 0.17 \text{ ksc}$$

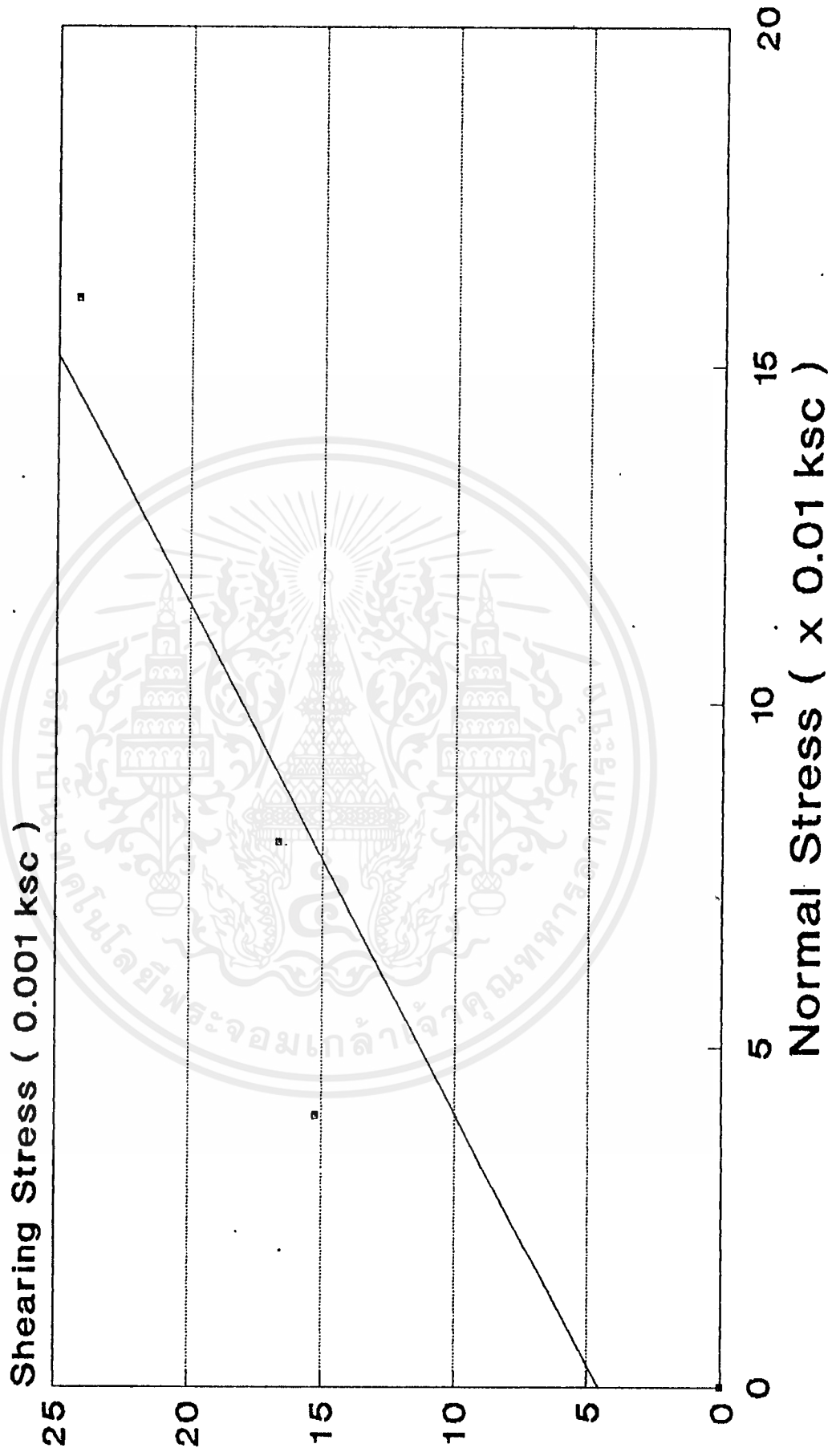


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 9m.



# Mohr's Diagram from Soil at 9m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 28

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมทรายที่ 10

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	10	m.
Soil Description	=	Silty Clay	
Normal Load	=	1	kg.
Normal Stress	=	0.04	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	8	25	1.08
5.08	14	25	1.89
7.62	16	25	2.16
10.16	20	25	2.70
12.70	24	25	3.24
15.24	30	25	4.05
17.78	44	25	5.94
20.32	74	25	9.99
22.86	107	25	14.44
25.40	120	25	16.20
27.94	108	25	14.61
30.48	107	25	14.55
33.02	115	25	15.60
35.56	121	25	16.40
38.10	115	25	15.60

## ตารางที่ 29

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 10

Direct Shear Test

Depth of Soil = 10 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	10	25	1.35
5.08	14	25	1.89
7.62	20	25	2.70
10.16	30	25	4.05
12.70	48	25	6.48
15.24	60	25	8.10
17.78	80	25	10.80
20.32	90	25	12.15
22.86	114	25	15.39
25.40	145	25	19.57
27.94	160	25	21.60
30.48	168	25	22.80
31.49	171	25	23.10
33.02	168	25	22.70
35.56	152	25	20.60

## ตารางที่ 30

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริกที่ 10

Direct Shear Test

Depth of Soil = 10 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	25	25	3.37
5.08	30	25	4.05
7.62	35	25	4.72
10.16	45	25	6.07
12.70	55	25	7.42
15.24	65	25	8.77
17.78	87	25	11.74
20.32	101	25	13.63
22.86	120	25	16.20
25.40	148	25	19.98
27.94	171	25	23.20
30.48	188	25	25.40
33.02	194	25	26.30
35.56	173	25	23.40
38.10	171	25	23.20

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 10 เมตร

$$c = 6.30 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.1478$$

$$\sigma = 1.653 \text{ ksc}$$

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

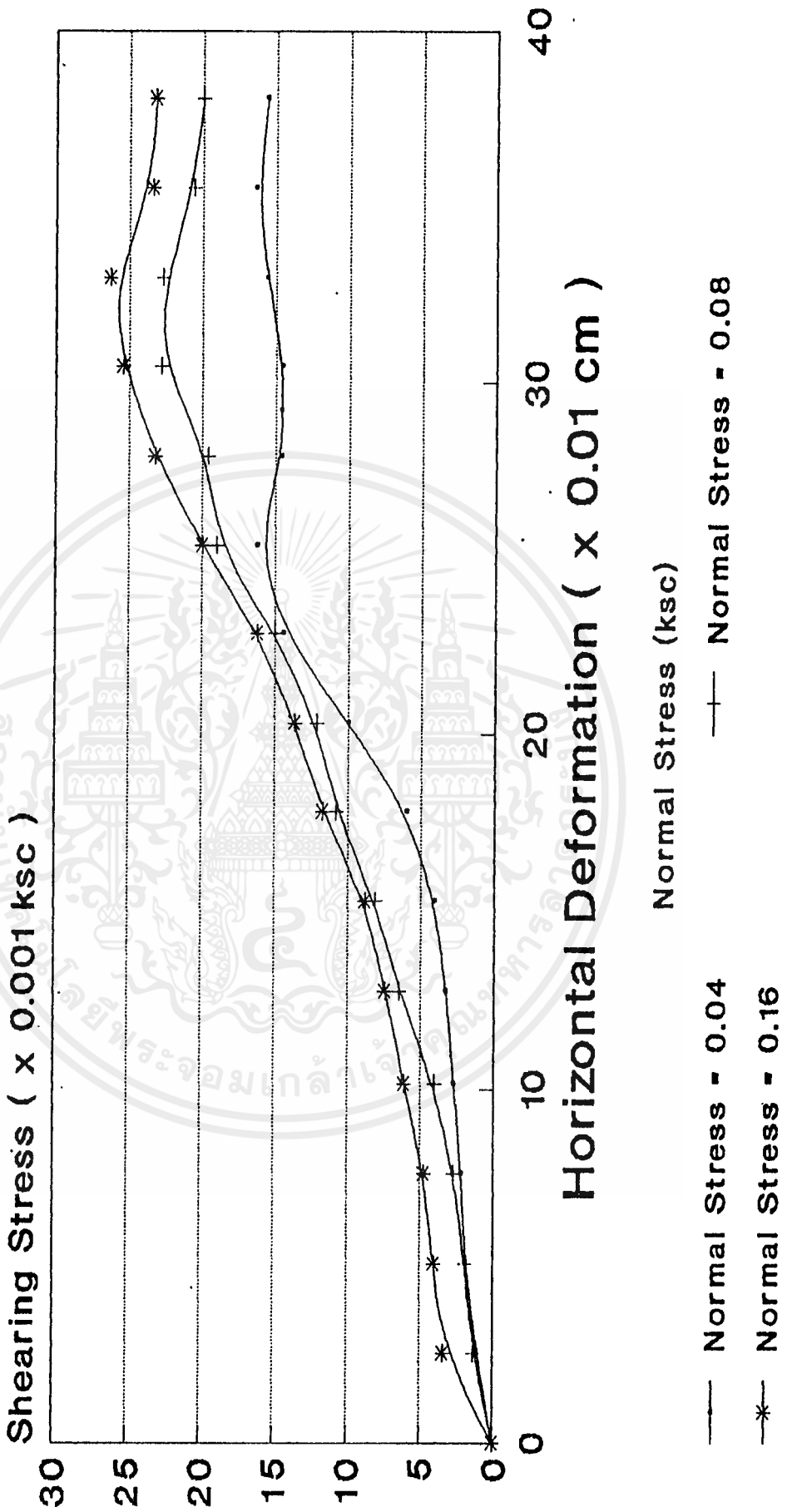
$$= (6.30 \times 10^{-3}) + 1.653(0.1478)$$

$$= 0.25 \text{ ksc}$$



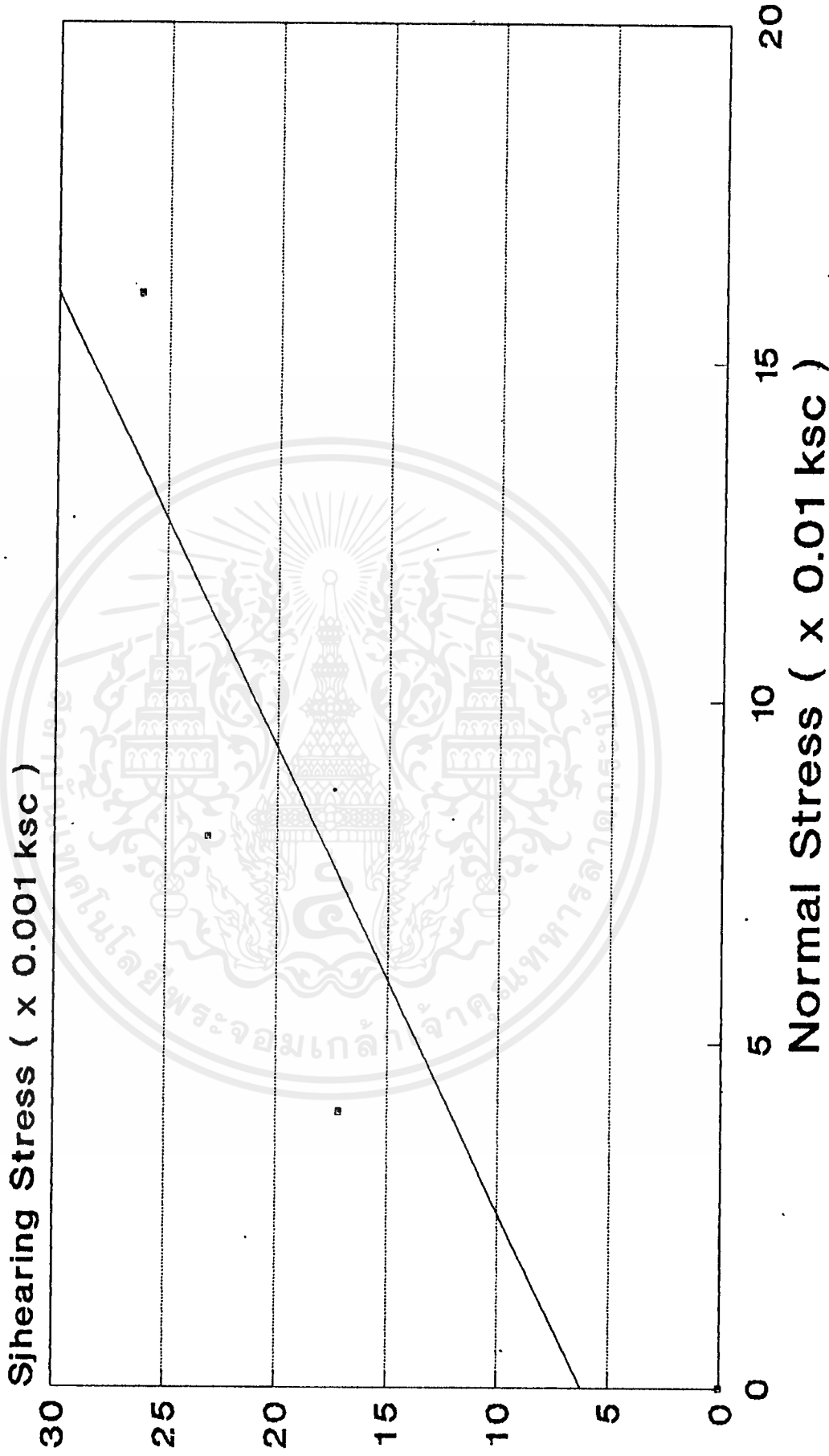
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 10m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 10m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 31

แสดงผลการ Direct Shear Test กองดินเหนียวเมทรายที่ 11

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	11	m.
Soil Description	=	Silty Clay	
Normal Load	=	1	kg.
Normal Stress	=	0.04	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	7	25	0.94
5.08	12	25	1.62
7.62	19	25	2.56
10.16	24	25	3.24
12.70	35	25	4.72
15.24	53	25	7.15
17.78	60	25	8.10
20.32	68	25	9.18
22.86	85	25	11.47
25.40	89	25	11.90
25.90	88	25	11.87
27.94	82	25	11.20
28.70	78	25	10.55
30.48	71	25	0.96
33.02	70	25	0.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 32

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริก 11

Direct Shear Test

Depth of Soil = 11 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	20	25	2.70
5.08	30	25	4.05
7.62	36	25	4.86
10.16	42	25	5.67
12.70	48	25	6.48
15.24	59	25	7.96
17.78	84	25	11.34
20.32	87	25	11.74
22.86	92	25	12.42
25.40	95	25	12.82
27.55	93	25	12.60
27.94	86	25	11.71
33.48	78	25	10.60
33.02	77	25	10.50
35.56	77	25	10.50

## ตารางที่ 33

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตริกที่ 11

Direct Shear Test

Depth of Soil = 11 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	30	25	4.05
5.08	50	25	6.75
7.62	73	25	9.85
10.16	95	25	12.82
12.70	105	25	14.17
15.24	115	25	15.52
17.78	125	25	16.87
20.32	135	25	18.22
22.86	140	25	18.90
25.40	143	25	19.30
27.94	144	25	19.55
30.48	142	25	19.20
33.02	135	25	18.30
35.56	128	25	17.40
38.10	127	25	17.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 11 เมตร

$$c = 4.16 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.11$$

$$\beta = 1.67 \text{ ksc}$$

$$\tau = c + \beta \tan \phi$$

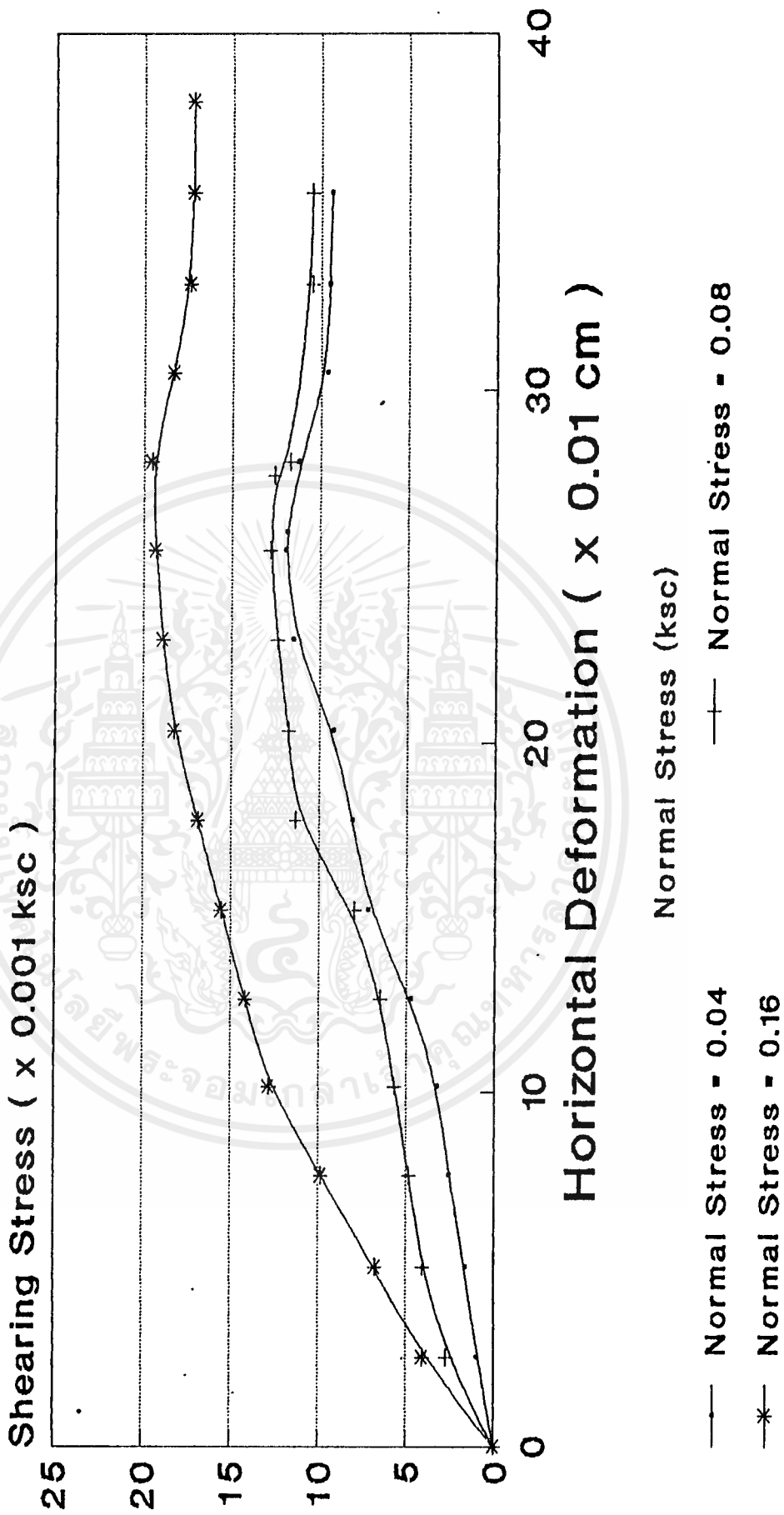
$$= ( 4.16 \times 10^{-3} ) + 1.67(0.11)$$

$$= 0.187 \text{ ksc}$$



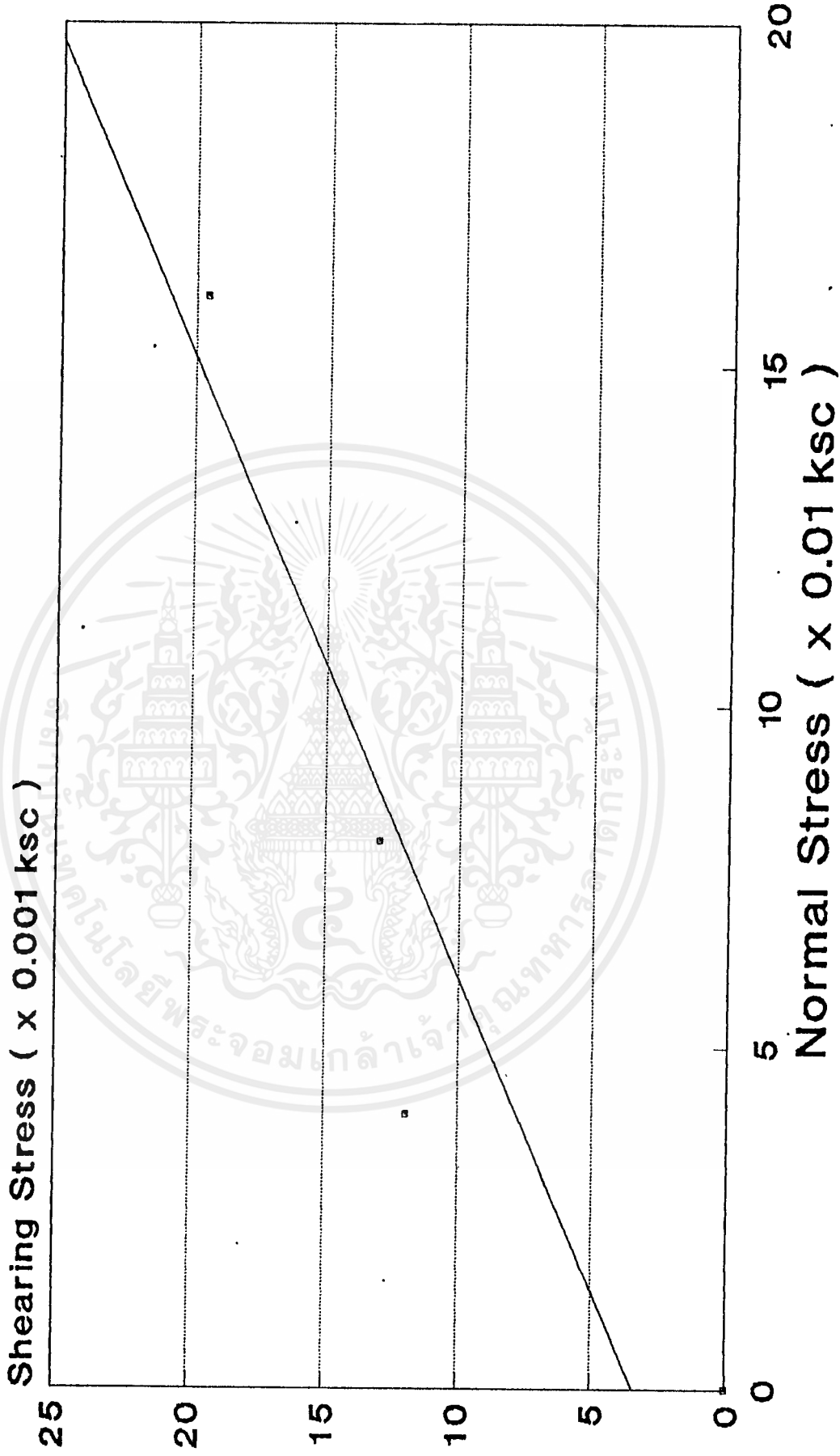
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 11 m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 11m.



## ตารางที่ 34

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 12

Direct Shear Test

Depth of Soil = 12 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	20	25	2.70
5.08	25	25	3.37
7.62	30	25	4.05
10.16	35	25	4.72
12.70	40	25	5.40
15.24	50	25	6.75
17.78	69	25	9.31
20.32	78	25	10.53
22.86	85	25	11.47
25.40	90	25	12.15
27.94	93	25	12.65
30.48	97	25	13.13
33.02	94	25	12.80
35.56	95	25	12.90
38.10	94	25	12.80

## ตารางที่ 35

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมครที่ 12

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	12	m.
Soil Description	=	Silty Clay	
Normal Load	=	2	kg.
Normal Stress	=	0.08	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	36	25	4.86
5.08	55	25	7.42
7.62	70	25	9.45
10.16	90	25	12.15
12.70	110	25	14.85
15.24	130	25	17.55
17.78	140	25	18.90
20.32	150	25	20.25
22.86	160	25	21.60
25.40	175	25	23.62
27.94	185	25	25.10
30.48	194	25	26.20
33.02	198	25	26.73
35.56	194	25	26.20
38.10	192	25	26.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 36

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมครที่ 12

Direct Shear Test

Depth of Soil = 12 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	50	25	6.75
5.08	100	25	13.50
7.62	150	25	20.25
10.16	180	25	24.30
12.70	185	25	24.97
15.24	190	25	25.65
17.78	210	25	28.35
20.32	220	25	29.70
22.86	235	25	31.72
25.40	245	25	33.07
27.94	251	25	33.90
30.48	254	25	34.41
33.02	253	25	34.20
35.56	249	25	33.70
38.10	207	25	28.00

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 12 เมตร

$$c = 3.45 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.215$$

$$\sigma = 1.172 \text{ ksc}$$

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

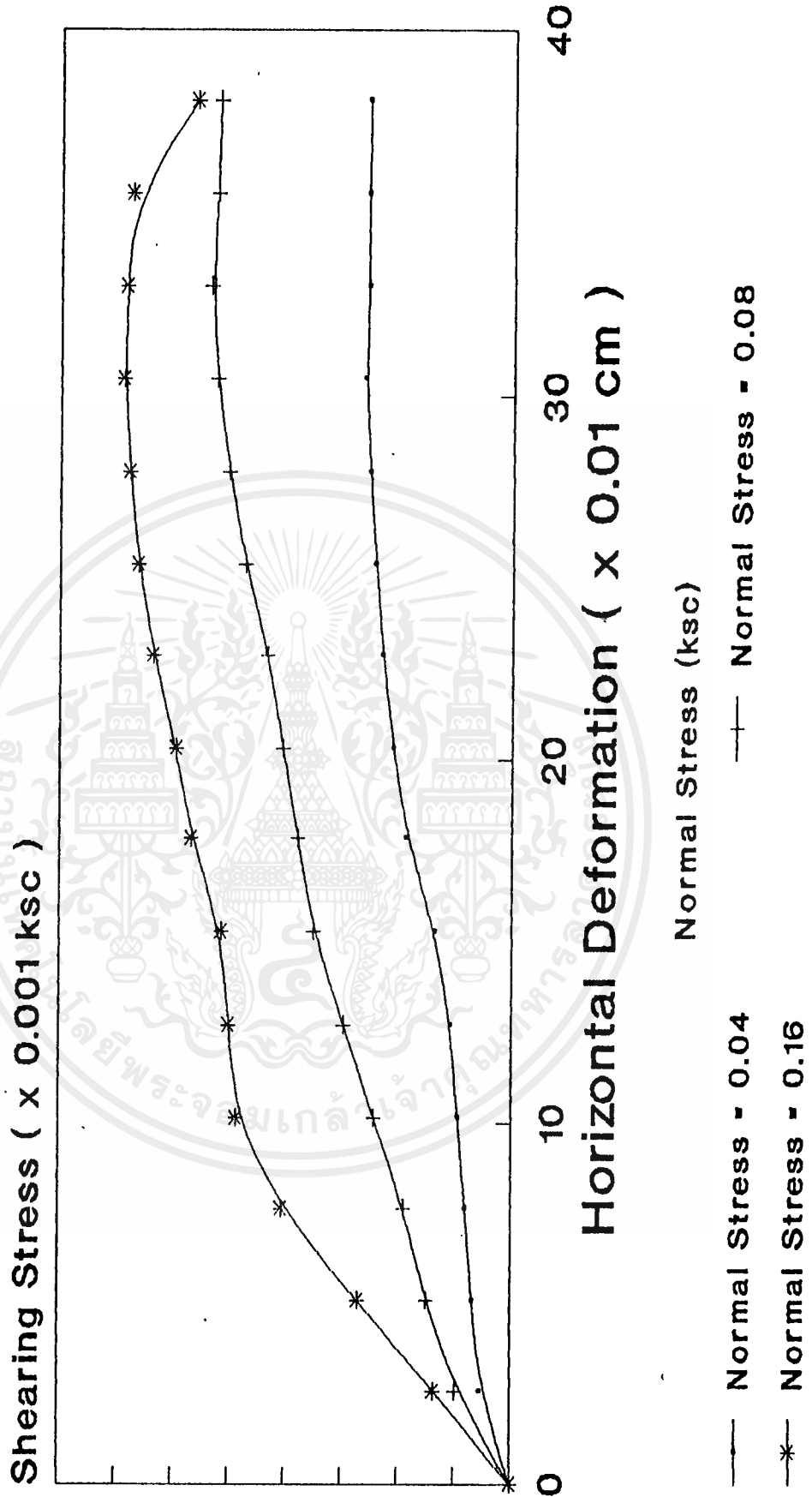
$$= ( 3.45 \times 10^{-3} ) + 1.172(0.215)$$

$$= 0.255 \text{ ksc}$$



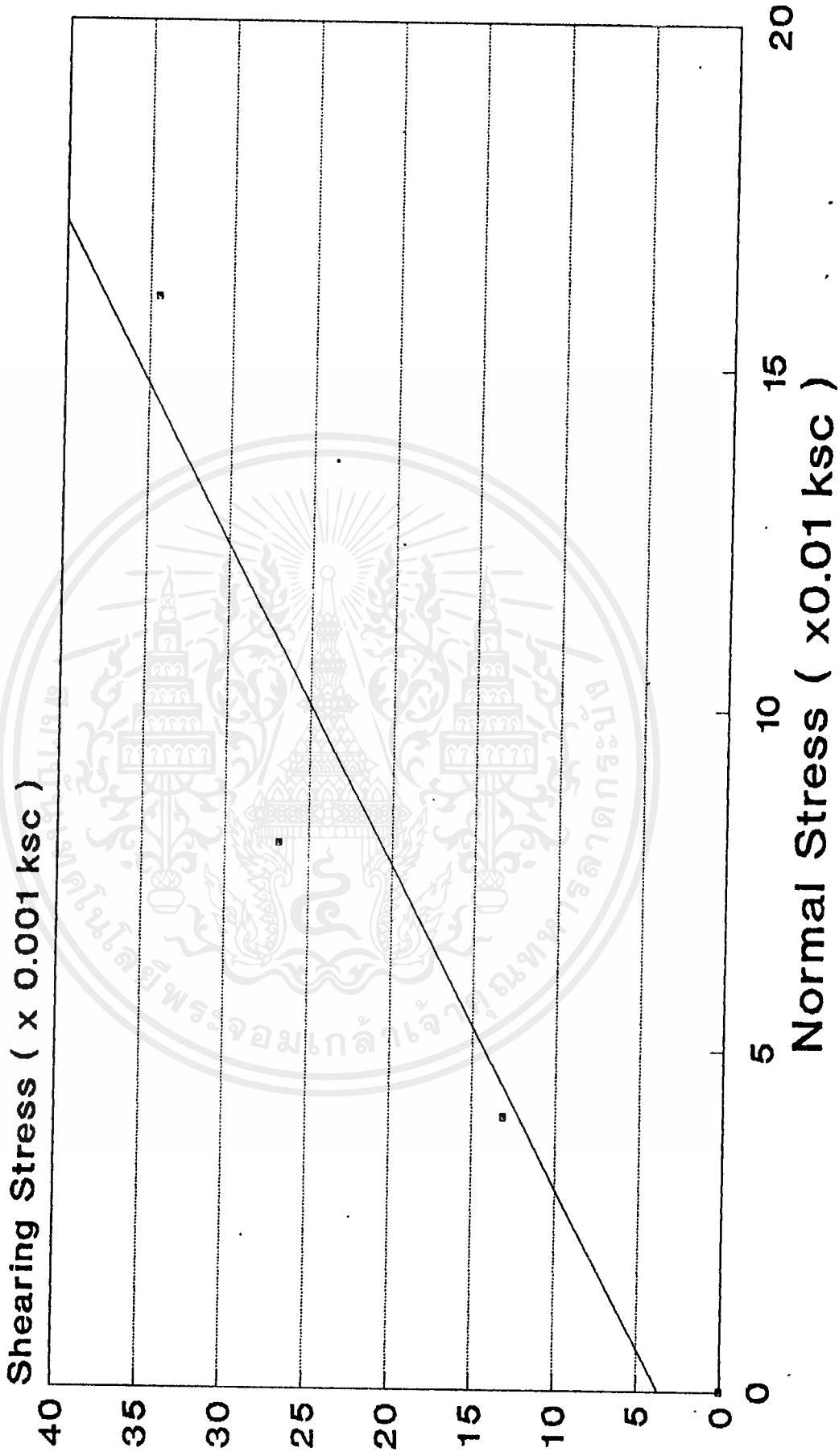
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 12m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 12m



## ตารางที่ 37

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตที่ 13

Direct Shear Test.

Depth of Soil = 13 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	18	25	2.43
5.08	25	25	3.37
7.62	35	25	4.72
10.16	45	25	6.07
12.70	60	25	8.10
15.24	70	25	9.45
17.78	75	25	10.12
20.32	85	25	11.47
22.86	95	25	12.82
25.40	110	25	13.00
27.94	93	25	12.60
30.48	86	25	11.70
33.02	80	25	10.90
35.56	79	25	10.70
38.10	78	25	10.60

## ตารางที่ 38

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 13

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	13	m.
Soil Description	=	Silty Clay	
Normal Load	=	2	kg.
Normal Stress	=	0.08	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	20	25	2.70
5.08	30	25	4.05
7.62	40	25	5.40
10.16	50	25	6.75
12.70	60	25	8.10
15.24	70	25	9.45
17.78	82	25	11.07
20.32	95	25	12.82
22.86	105	25	14.17
25.40	115	25	15.52
27.94	121	25	16.40
30.48	124	25	16.78
33.02	121	25	16.40
35.56	115	25	15.60

## ตารางที่ 39

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 13

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	13	m.
Soil Description	=	Silty Clay	
Normal Load	=	2	kg.
Normal Stress	=	0.08	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	25	25	3.37
5.08	35	25	4.72
7.62	45	25	6.07
10.16	55	25	7.42
12.70	60	25	8.10
15.24	72	25	9.72
17.78	85	25	11.47
20.32	104	25	14.04
22.86	114	25	15.39
25.40	124	25	16.74
27.94	133	25	18.03
30.48	144	25	19.55
33.02	145	25	19.60
35.56	155	25	20.95
38.10	153	25	20.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 13 เมตร

$$c = 4.28 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.12$$

$$\sigma = 1.9 \text{ ksc}$$

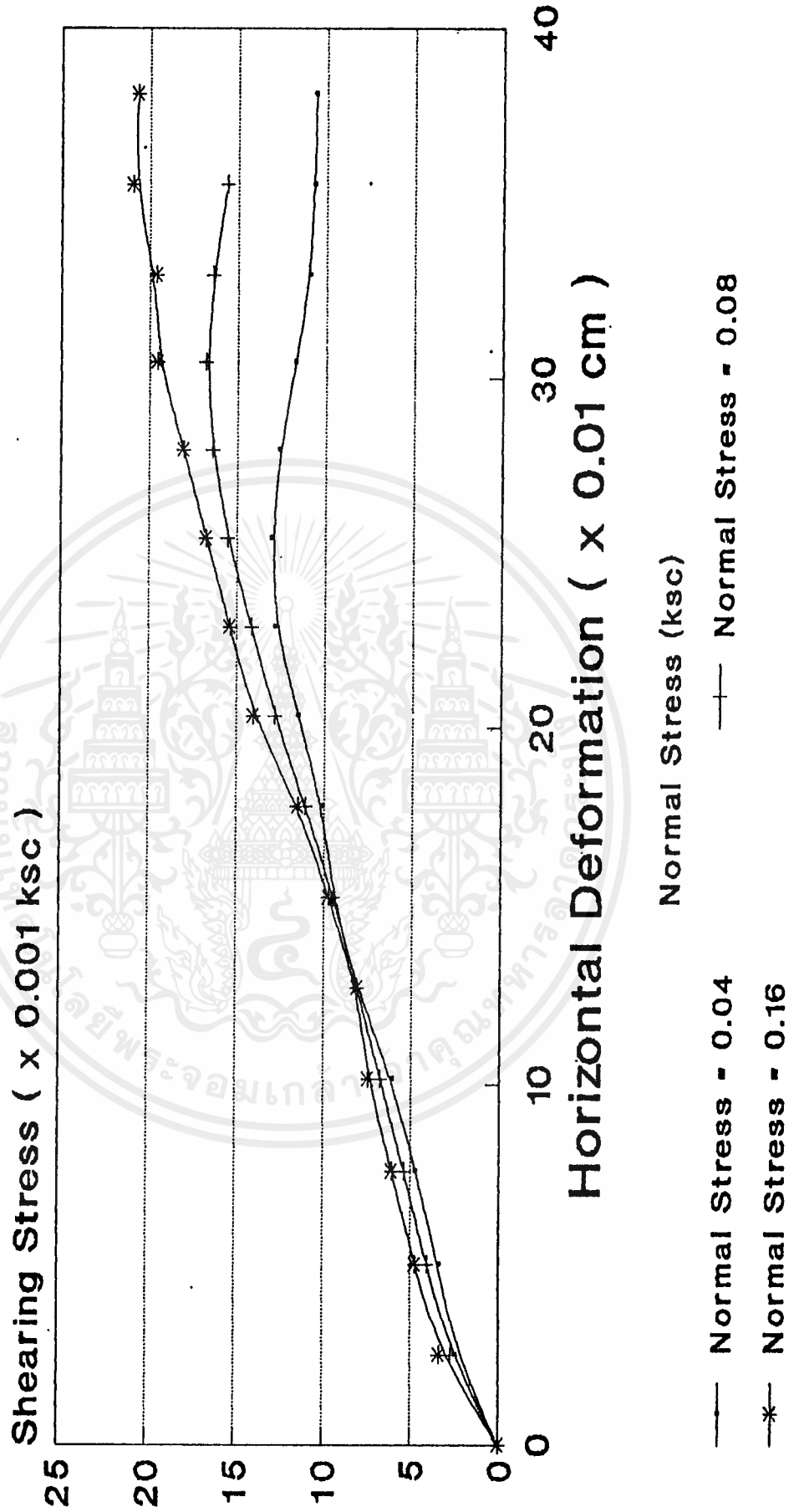
$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

$$= ( 4.28 \times 10^{-3} ) + 1.9(0.12)$$

$$= 0.23 \text{ ksc}$$

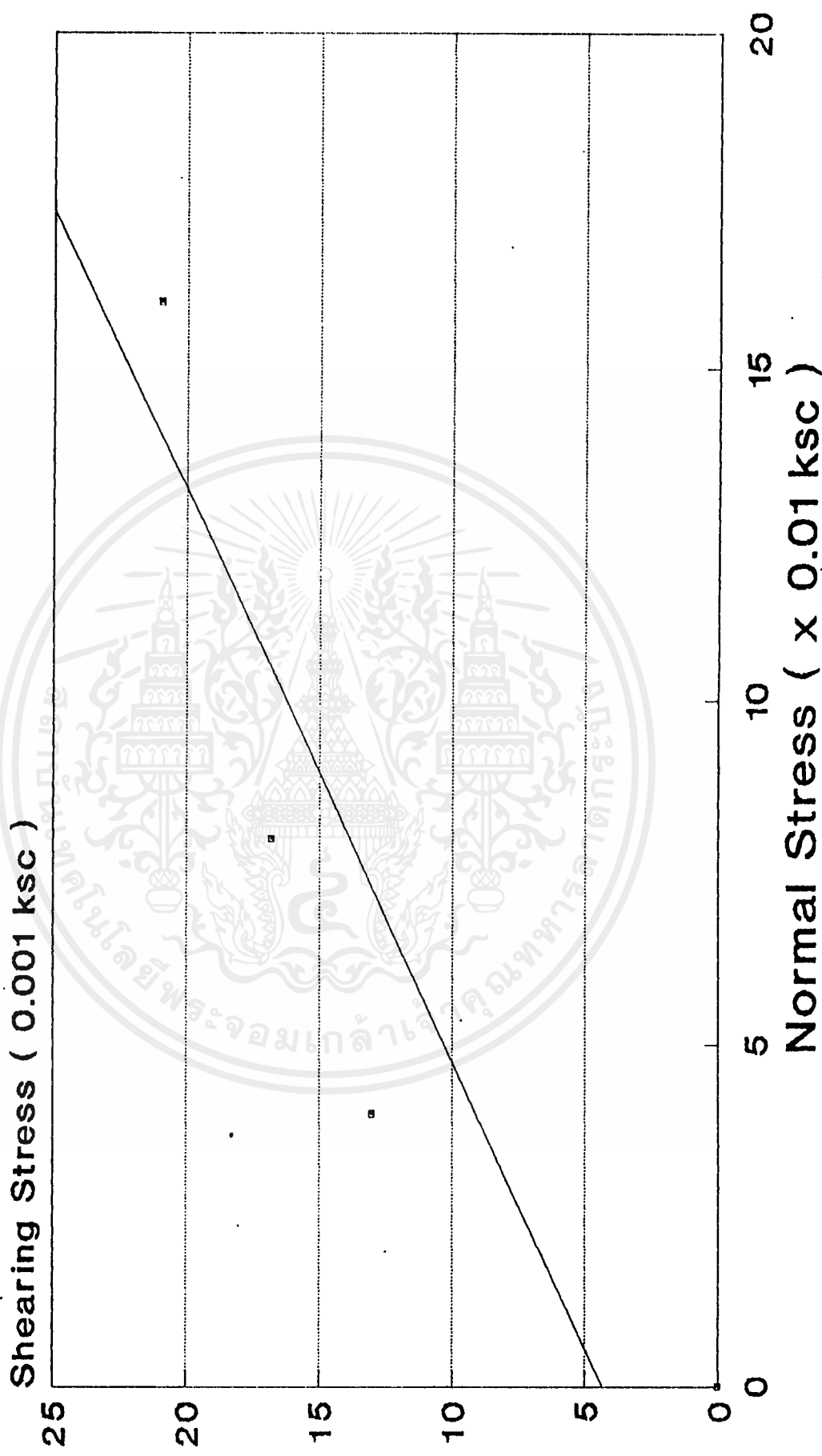


# Direct Shear Test of Soil at 13m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 13m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 40

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 14

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	14	m.
Soil Description	-	Silty Clay	
Normal Load	=	1	kg.
Normal Stress		0.04	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant.	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	30	25	4.05
5.08	40	25	5.40
7.62	53	25	7.15
10.16	65	25	8.77
12.70	78	25	10.53
15.24	88	25	11.88
17.78	100	25	13.50
20.32	118	25	15.93
22.86	136	25	18.49
25.40	162	25	22.00
27.94	168	25	22.80
30.48	180	25	24.30
33.02	182	25	24.60
35.56	180	25	24.40
38.10	180	25	24.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 41

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเม็ดที่ 14

Direct Shear Test

Depth of Soil = 14 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	34	25	4.59
5.08	55	25	7.42
7.62	85	25	11.47
10.16	120	25	16.20
12.70	166	25	22.41
15.24	180	25	24.30
17.78	190	25	25.65
20.32	200	25	26.05
22.86	207	25	27.00
25.40	207.5	25	27.94
27.94	208	25	28.00
30.48	208	25	28.20
33.02	207.5	25	28.20
35.56	203	25	27.50
38.10	202	25	27.40

## ตารางที่ 42

แสดงผลการ Direct Shear Test. ของดินเหนียวเมตรที่ 14

Direct Shear Test

Depth of Soil = 14 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant. = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	60	25	8.10
5.08	100	25	13.50
7.62	130	25	17.55
10.16	170	25	22.95
12.70	210	25	28.35
15.24	244	25	32.94
17.78	275	25	37.12
20.32	300	25	40.50
22.86	316	25	42.66
25.40	320	25	43.20
27.94	322	25	43.80
30.48	322	25	43.80
33.02	320	25	43.70
35.56	320	25	43.70
38.10	319	25	43.68

ผลจาก Mohr's Diagram ทรงตั้งที่ความลึก 14 เมตร

$$c = 6.78 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.2514$$

$$\sigma = 2.38 \text{ ksc}$$

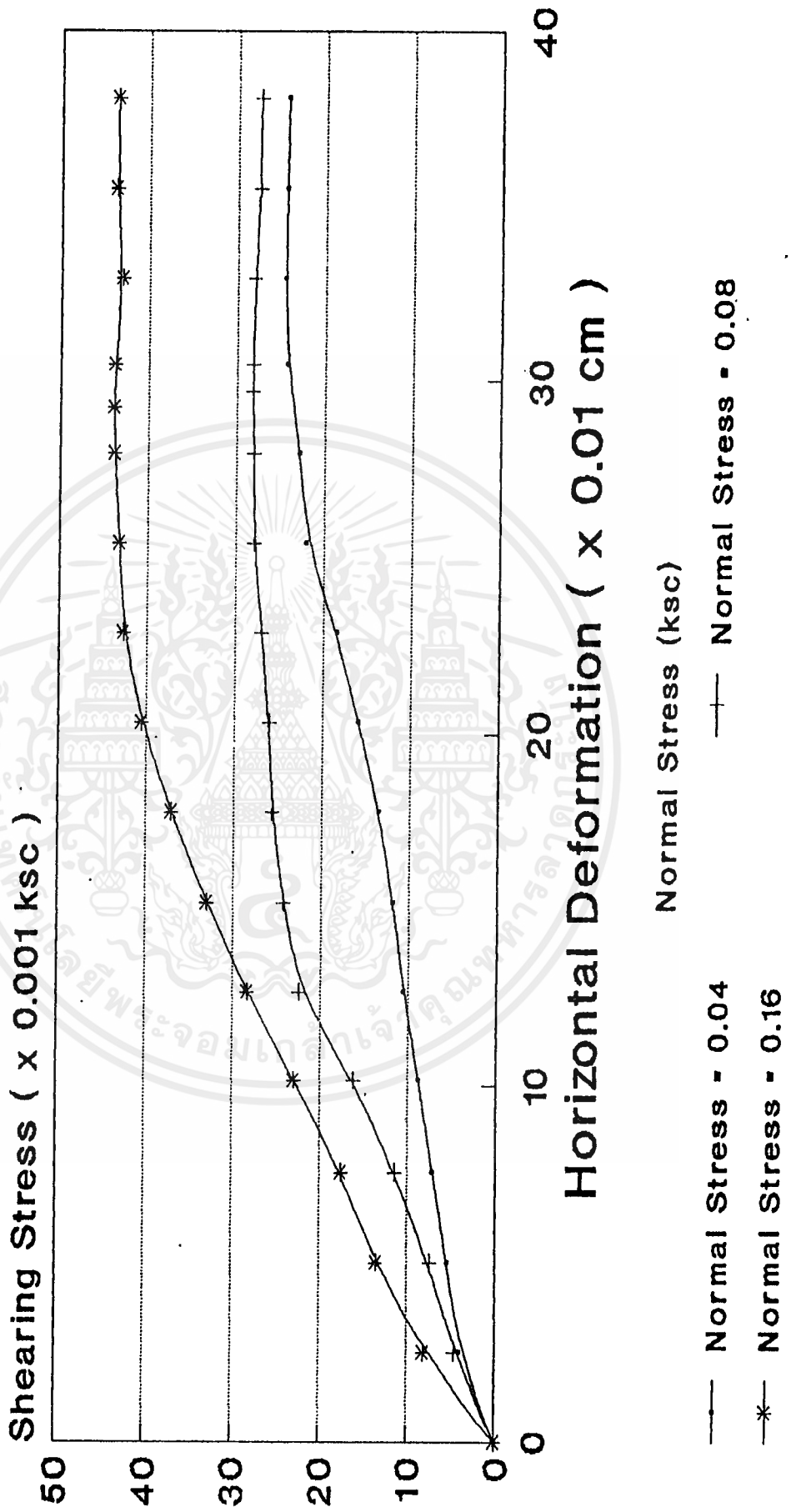
$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

$$= ( 6.78 \times 10^{-3} ) + 0.2514(2.38)$$

$$= 0.605 \text{ ksc}$$

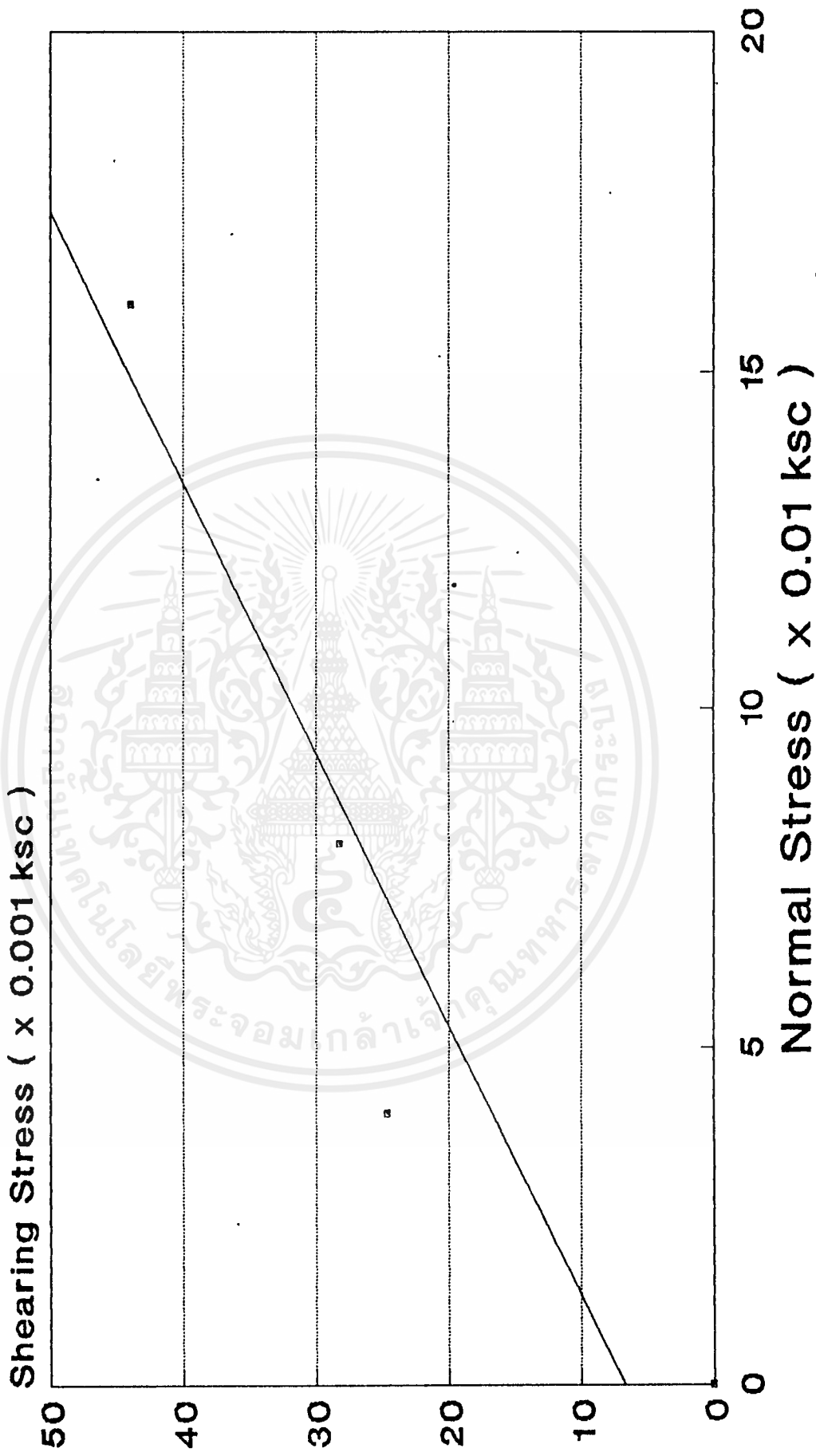


# Direct Shear Test of Soil at 14m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 14m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 43

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 15

Direct Shear Test

Depth of Soil = 15 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	11	25	1.48
5.08	15	25	2.02
7.62	21	25	2.83
10.16	30	25	4.05
12.70	40	25	5.40
15.24	60	25	8.10
17.78	73	25	9.85
20.32	79	25	10.66
22.86	85	25	11.47
25.40	87	25	11.80
27.94	88	25	11.95
30.48	86	25	11.70
33.02	86	25	11.70
35.56	85	25	11.60

## ตารางที่ 44

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 15

Direct Shear Test

Depth of Soil = 15 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	40	25	5.40
5.08	50	25	6.75
7.62	80	25	10.80
10.16	95	25	12.82
12.70	110	25	14.85
15.24	115	25	15.52
17.78	120	25	16.20
20.32	125	25	16.87
22.86	128	25	17.28
25.40	130	25	17.55
27.55	128	25	17.40
27.94	125	25	17.00
30.48	125	25	17.00

## ตารางที่ 45

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 15

Direct Shear Test

Depth of Soil = 15 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	55	25	7.42
5.08	90	25	12.15
7.62	110	25	14.85
10.16	125	25	16.87
12.70	135	25	18.22
15.24	145	25	19.57
17.78	160	25	21.60
20.32	170	25	22.95
22.86	175	25	23.62
25.40	177	25	23.89
27.94	178	25	24.10
30.48	176	25	23.80
33.02	173	25	23.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจาก Mohr's Diagram แสดงดินที่ความลึก 15 เมตร

$$c = 4.03 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.14$$

$$\sigma = 2.42 \text{ ksc}$$

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

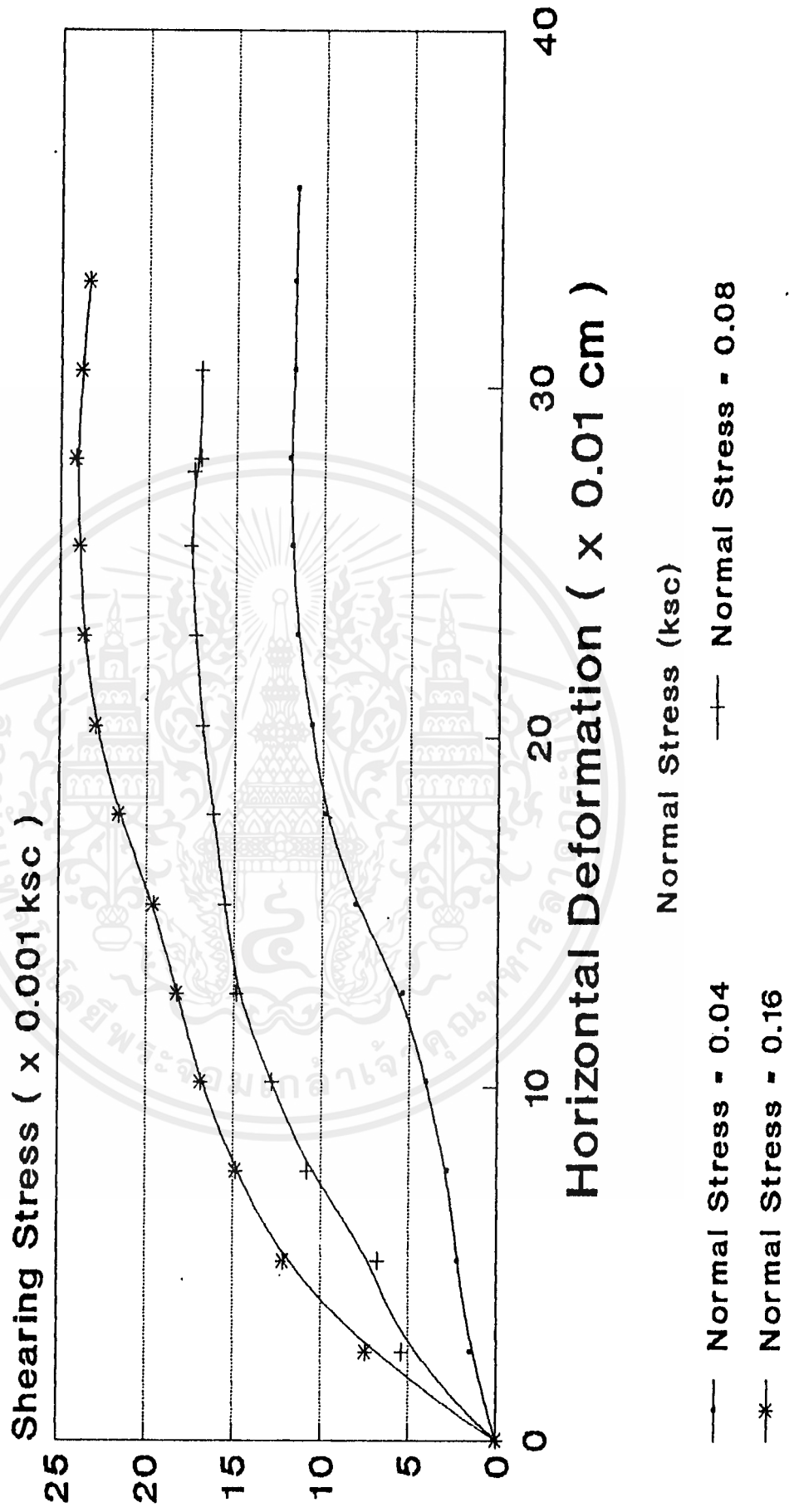
$$= (4.03 \times 10^{-3}) + 0.14(2.42)$$

$$= 0.34 \text{ ksc}$$



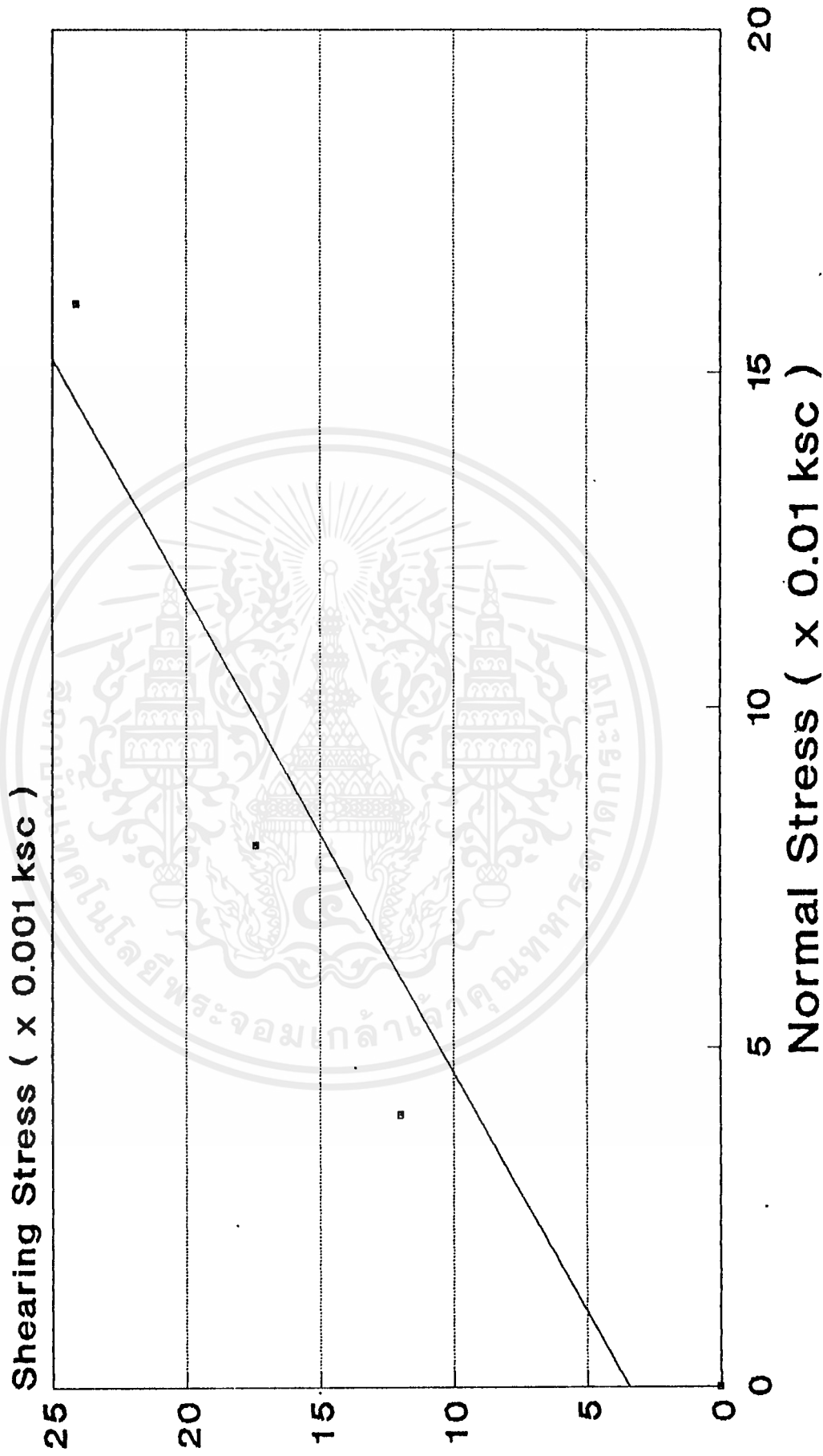
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 15m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 15m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 46

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 16

Direct. Shear Test

Depth of Soil = 16 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	20	25	2.70
5.08	33	25	4.45
7.62	39	25	52.65
10.16	45	25	60.75
12.70	48	25	64.80
15.24	53	25	71.55
17.78	55	25	74.25
20.32	60	25	81.00
22.86	62	25	83.70
25.40	65	25	88.10
27.94	64	25	87.80

## ตารางที่ 47

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมทรายที่ 16

Direct Shear Test

Depth of Soil = 16 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	22	25	2.97
5.08	40	25	5.40
7.62	55	25	7.42
10.16	66	25	8.91
12.70	86	25	11.61
15.24	105	25	14.17
17.78	120	25	16.20
20.32	117	25	15.79
22.86	116	25	15.66

## ตารางที่ 48

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 16

Direct Shear Test

Depth of Soil = 16 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	44	25	5.94
5.08	70	25	9.45
7.62	105	25	14.17
10.16	130	25	17.55
12.70	160	25	21.60
15.24	178	25	24.03
17.78	205	25	27.67
20.32	220	25	29.70
22.86	218	25	29.43
25.40	217	25	29.29

ผลจาก Mohr's Diagram ของดินที่ความลึก 16 เมตร

$$c = 0.833 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.175$$

$$\sigma = 2.21 \text{ ksc}$$

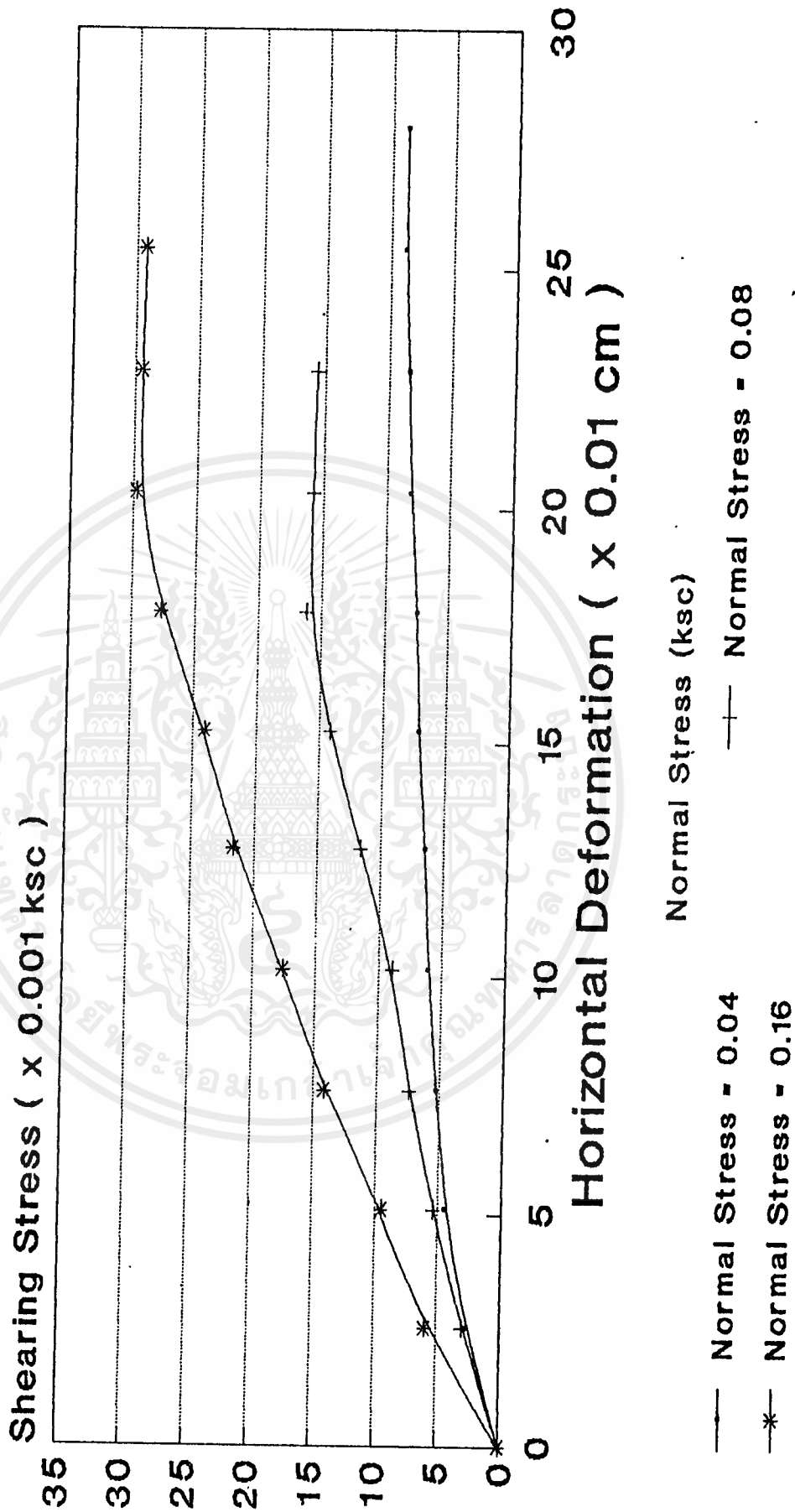
$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

$$= ( 0.833 \times 10^{-3} ) + 0.175(2.21)$$

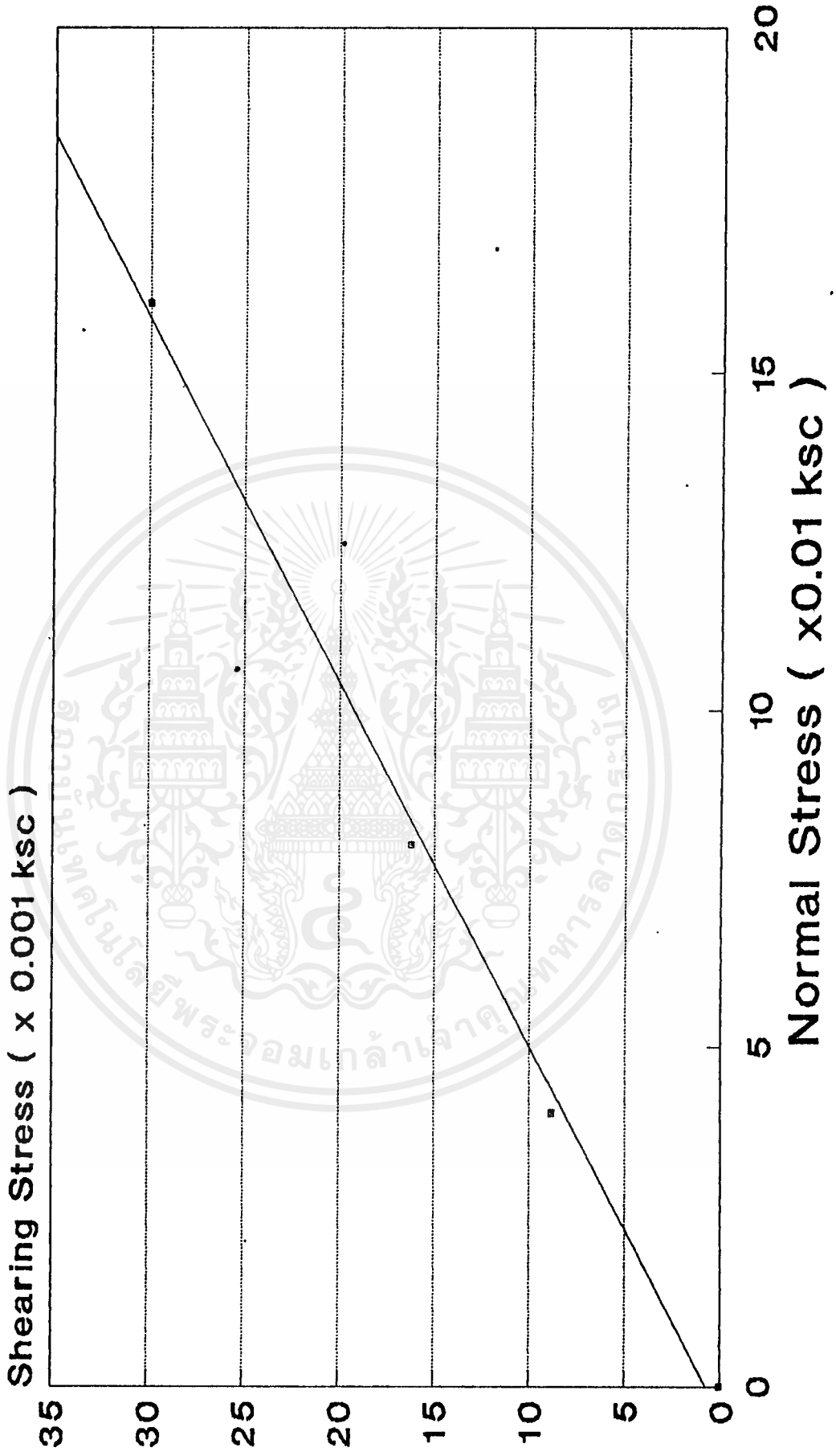
$$= 0.38 \text{ ksc}$$



# Direct Shear Test of Soil at 16m.



# Mohr's Diagram from Soil at 16m



## ตารางที่ 49

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 17

Direct Shear Test

Depth of Soil = 17 m.  
 Soil Description = Sandy Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	19	25	2.56
5.08	20	25	2.70
7.62	21	25	2.83
10.16	22	25	2.97
12.70	23	25	3.10
15.24	24	25	3.24
17.78	25	25	3.37
20.32	26	25	3.51
22.86	27	25	3.64
25.40	28	25	3.78
25.64	29	25	3.95
28.10	28	25	3.90
30.48	28	25	3.90

## ตารางที่ 50

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมรทที่ 17

Direct Shear Test

Depth of Soil = 17 m.  
 Soil Description = Sandy Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	19	25	2.56
5.08	32	25	4.32
7.62	44	25	5.94
10.16	57	25	7.69
12.70	70	25	9.45
15.24	80	25	10.80
17.78	93	25	12.55
20.32	109	25	14.71
22.86	117	25	15.79
25.40	122	25	16.47
27.94	120	25	16.20
30.48	119	25	16.10

## ตารางที่ 51

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 17

Direct Shear Test

Depth of Soil = 17 m.  
 Soil Description = Silty Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	26	25	3.51
5.08	41	25	5.53
7.62	50	25	6.75
10.16	58	25	7.83
12.70	77	25	10.39
15.24	88	25	11.88
17.78	97	25	13.09
20.32	110	25	14.85
22.86	137	25	18.49
25.40	155	25	20.92
27.94	168	25	22.80
30.48	174	25	23.55
33.02	173	25	23.40
35.56	167	25	22.60

ผลจาก Mohr's Diagram แสดงให้เห็นว่าความลึก 17 เมตร

$$c = 0.178 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.1572$$

$$\sigma = 2.37 \text{ ksc}$$

$$\gamma = c + \sigma \tan \phi$$

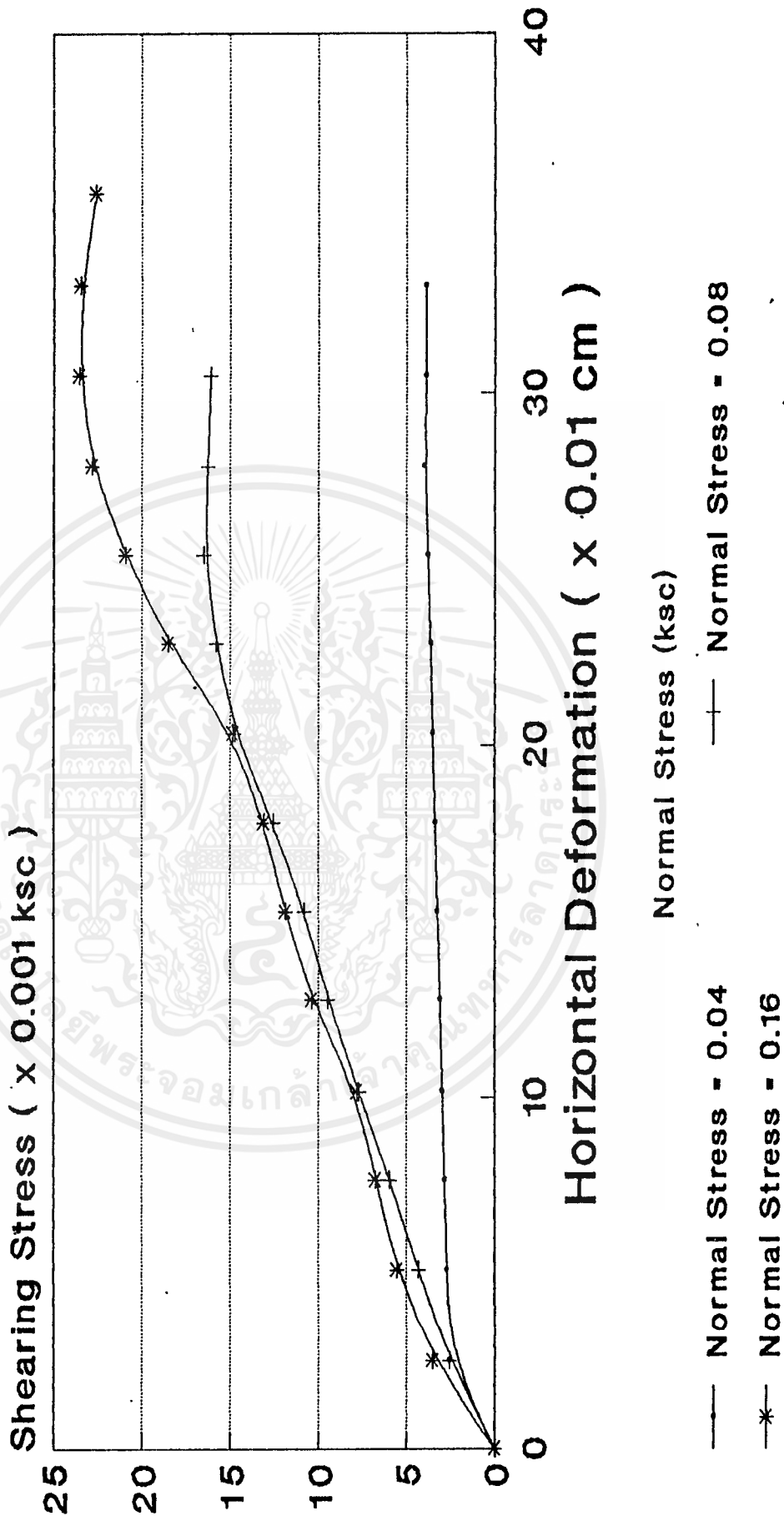
$$= (0.178 \times 10^{-3}) + 0.1572(2.37)$$

$$= 0.372 \text{ ksc}$$

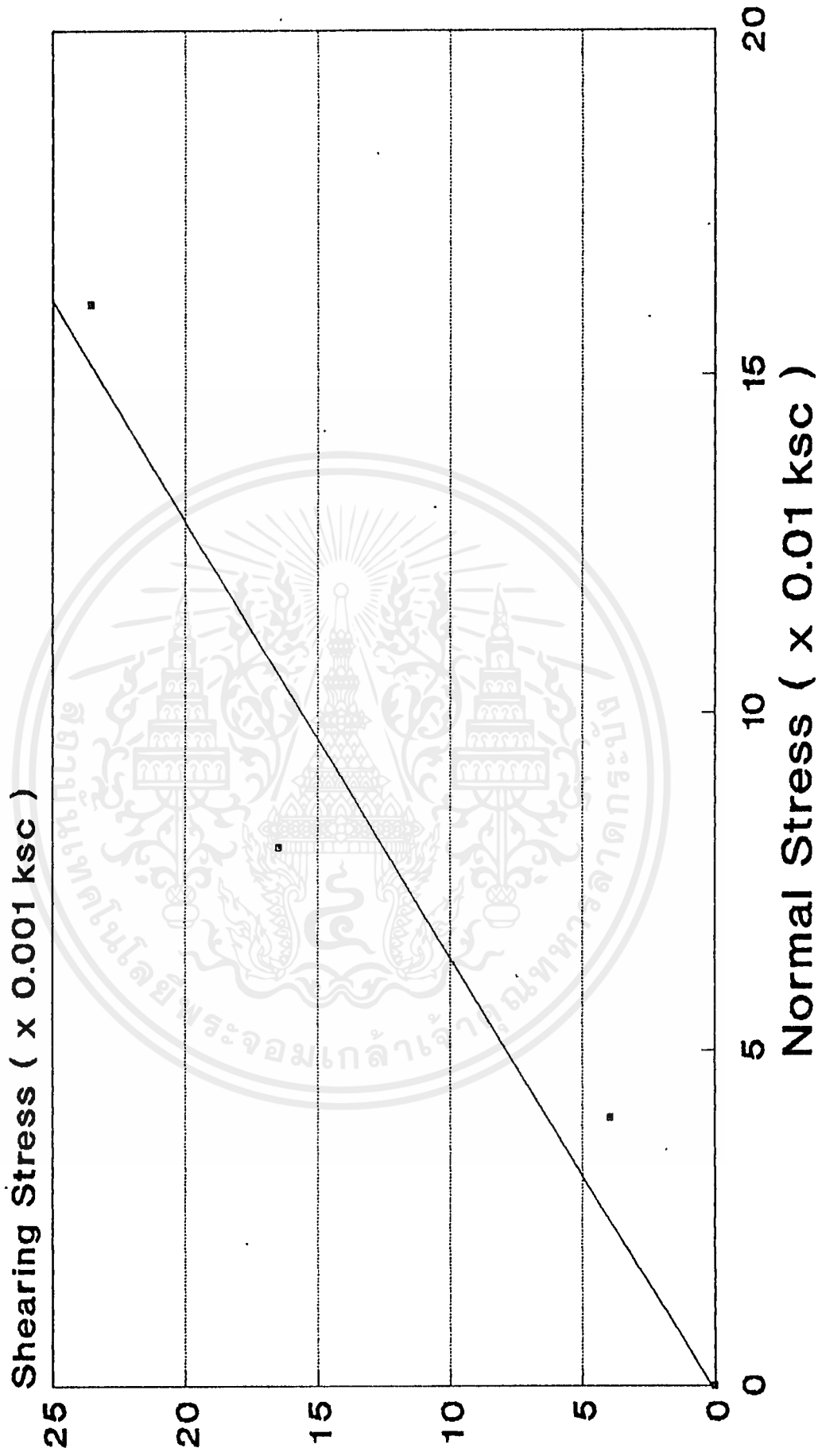


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 17m.



# Mohr's Diagram from Soil at 17m



## ตารางที่ 52

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 18

Direct Shear Test

Depth of Soil = 18 m.  
 Soil Description = Sandy Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area ( $\text{cm}^2$ )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	14	25	1.89
5.08	28	25	3.78
7.62	51	25	6.88
10.16	66	25	8.91
12.70	81	25	10.93
15.24	96	25	12.96
17.78	114	25	15.39
20.32	130	25	17.55
22.86	145	25	19.57
25.40	165	25	22.27
27.94	167	25	22.86
30.48	169	25	23.10
33.02	167	25	22.86
35.56	85	25	11.60

## ตารางที่ 53

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 18

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	18	m.
Soil Description	=	Sandy Clay	
Normal Load	=	2	kg.
Normal Stress	=	0.08	ksc.
Loading Rate	=	0.05	cm/min
Proving Constant	=	0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	33	25	4.45
5.08	42	25	5.67
7.62	54	25	7.29
10.16	75	25	10.12
12.70	105	25	14.17
15.24	135	25	18.22
17.78	155	25	20.92
20.32	165	25	22.27
22.86	175	25	23.62
25.40	180	25	24.30
26.41	181	25	24.45
27.94	179	25	24.20

## ตารางที่ 54

แสดงผลการ Direct Shear Test. ลอดักยเหนียวเบดที่ 18

Direct Shear Test

Depth of Soil	=	18	m.
Soil Description	=	Sandy Clay	
Normal Load		8	kg.
Normal Stress		0.08	ksc.
Loading Rate		0.05	cm/min
Proving Constant		0.0135	kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	27	0.00
2.54	38	25	5.13
5.08	75	25	10.12
7.62	100	25	13.50
10.16	135	25	18.22
12.70	150	25	20.25
15.24	178	25	24.03
17.78	190	25	25.65
20.32	210	25	28.35
22.86	208	25	28.08
25.40	207	25	27.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจาก Mohr's Diagram แสดงค่าความลึก 18 เมตร

$$c = 8.47 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.1436$$

$$\sigma = 2.27 \text{ ksc}$$

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

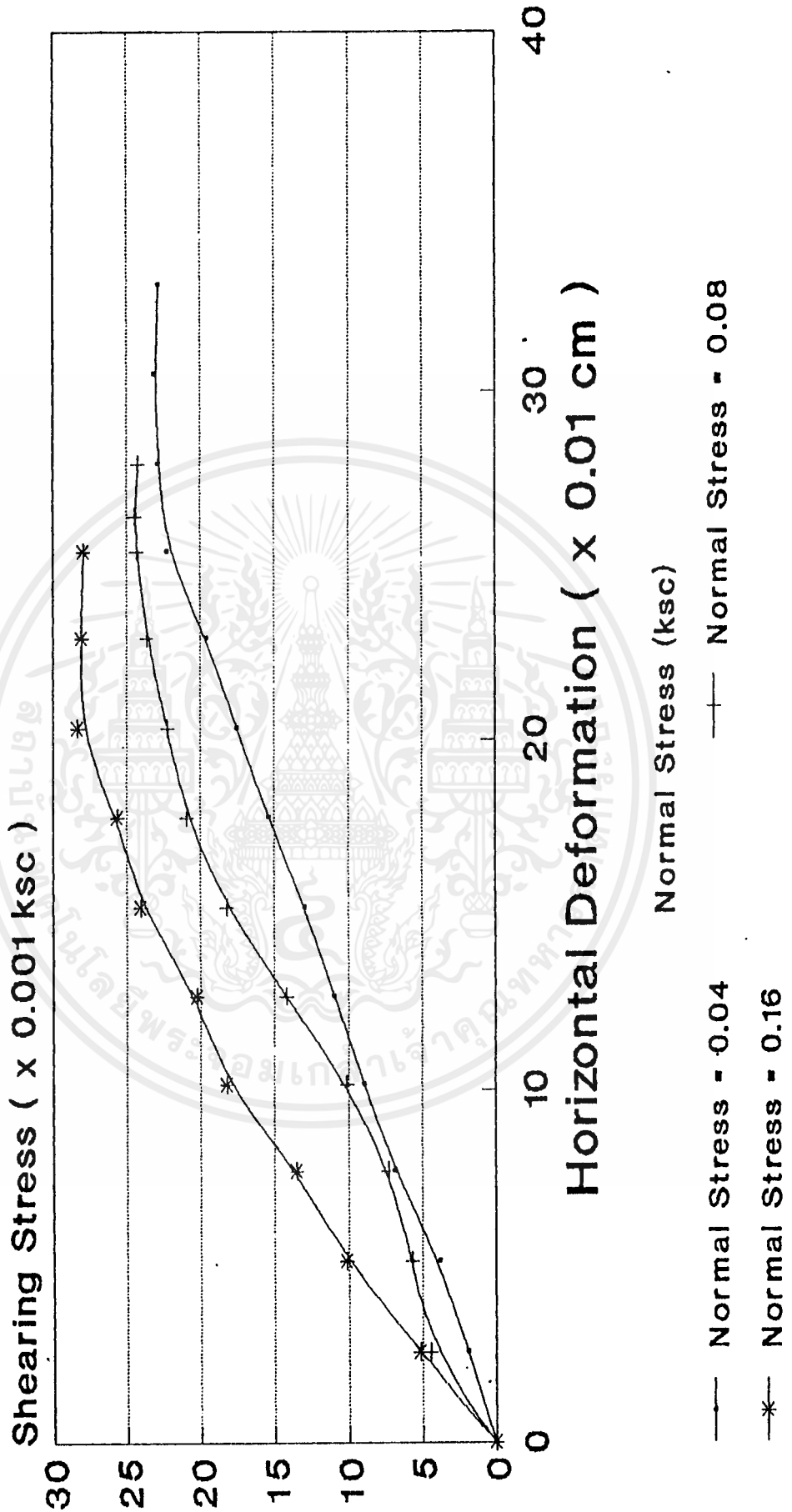
$$= ( 8.47 \times 10^{-3} ) + 0.1436(2.27)$$

$$= 0.3344 \text{ ksc}$$



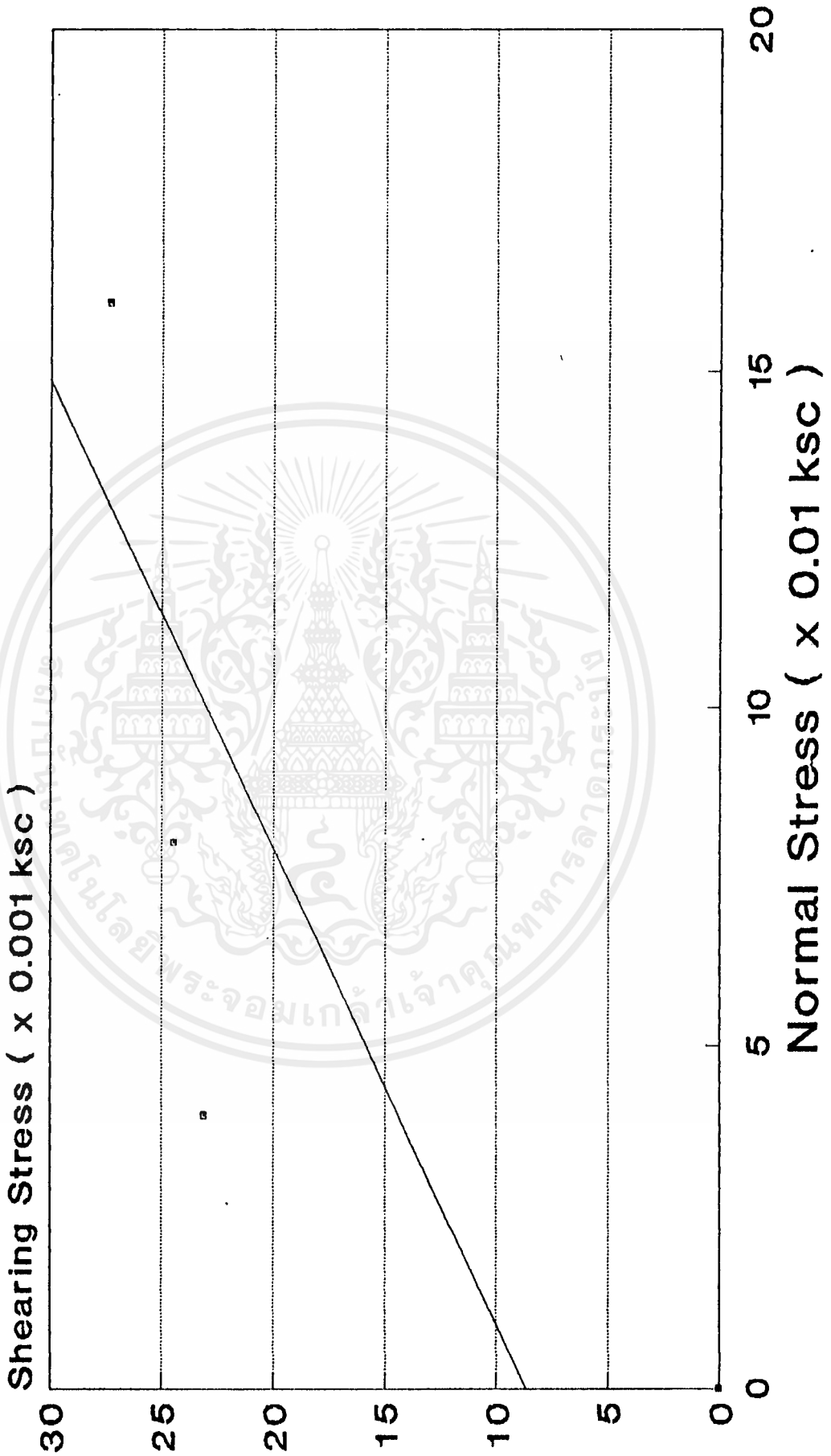
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 18m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 18m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 55

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมทรายที่ 19

Direct Shear Test

Depth of Soil = 19 m.  
 Soil Description = Sandy Clay  
 Normal Load = 1 kg.  
 Normal Stress = 0.04 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	13.5	25	1.82
5.08	19	25	2.56
7.62	22	25	2.97
10.16	27	25	3.64
12.70	33	25	4.45
15.24	44	25	5.94
17.78	50	25	6.75
20.32	61	25	8.23
22.86	80	25	10.80
25.40	84	25	11.34
26.67	85	25	11.59
37.94	84	25	11.40
30.48	78	25	10.60

## ตารางที่ 56

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 19

Direct Shear Test

Depth of Soil = 19 m.  
 Soil Description = Sandy Clay  
 Normal Load = 2 kg.  
 Normal Stress = 0.08 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	14	25	1.89
5.08	35	25	4.72
7.62	45	25	6.07
10.16	60	25	8.10
12.70	65	25	8.77
15.24	77	25	10.39
17.78	85	25	11.47
20.32	100	25	13.50
22.86	120	25	16.20
25.40	140	25	18.90
27.94	141	25	19.15
28.95	142	25	19.20
30.48	140	25	19.00

## ตารางที่ 57

แสดงผลการ Direct Shear Test ของดินเหนียวเมตรที่ 19

Direct Shear Test

Depth of Soil = 19 m.  
 Soil Description = Sandy Clay  
 Normal Load = 4 kg.  
 Normal Stress = 0.16 ksc.  
 Loading Rate = 0.05 cm/min  
 Proving Constant = 0.0135 kg/cm

Horizontal Deformation (0.01 cm)	Proving Ring Read (0.001 cm)	corrected area (cm <sup>2</sup> )	Shearing Stress (0.001 ksc)
0.00	0	25	0.00
2.54	30	25	4.05
5.08	40	25	5.40
7.62	50	25	6.75
10.16	65	25	8.77
12.70	75	25	10.12
15.24	92	25	12.42
17.78	99	25	13.36
20.32	115	25	15.52
22.86	135	25	18.22
25.40	145	25	19.57
27.94	157	25	21.30
30.48	162	25	21.90
32.25	164	25	22.15
33.02	155	25	21.00

ผลจาก Mohr's Diagram ทรงตันที่ความลึก 19 เมตร

$$c = 3.92 \times 10^{-3} \text{ ksc}$$

$$\tan \phi = 0.1282$$

$$\sigma = 2.61 \text{ ksc}$$

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

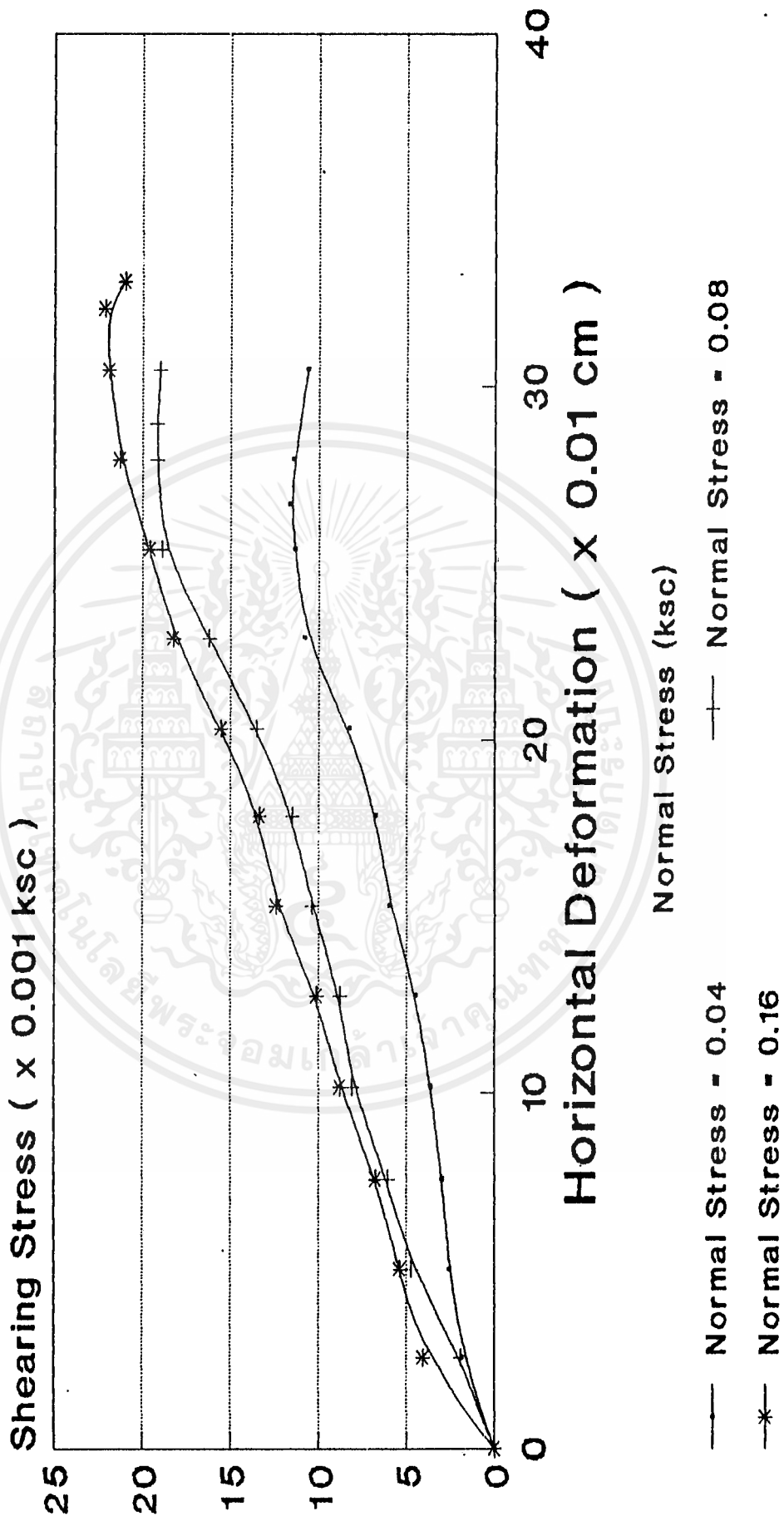
$$= ( 3.92 \times 10^{-3} ) + 0.1282(2.61)$$

$$= 0.33 \text{ ksc}$$



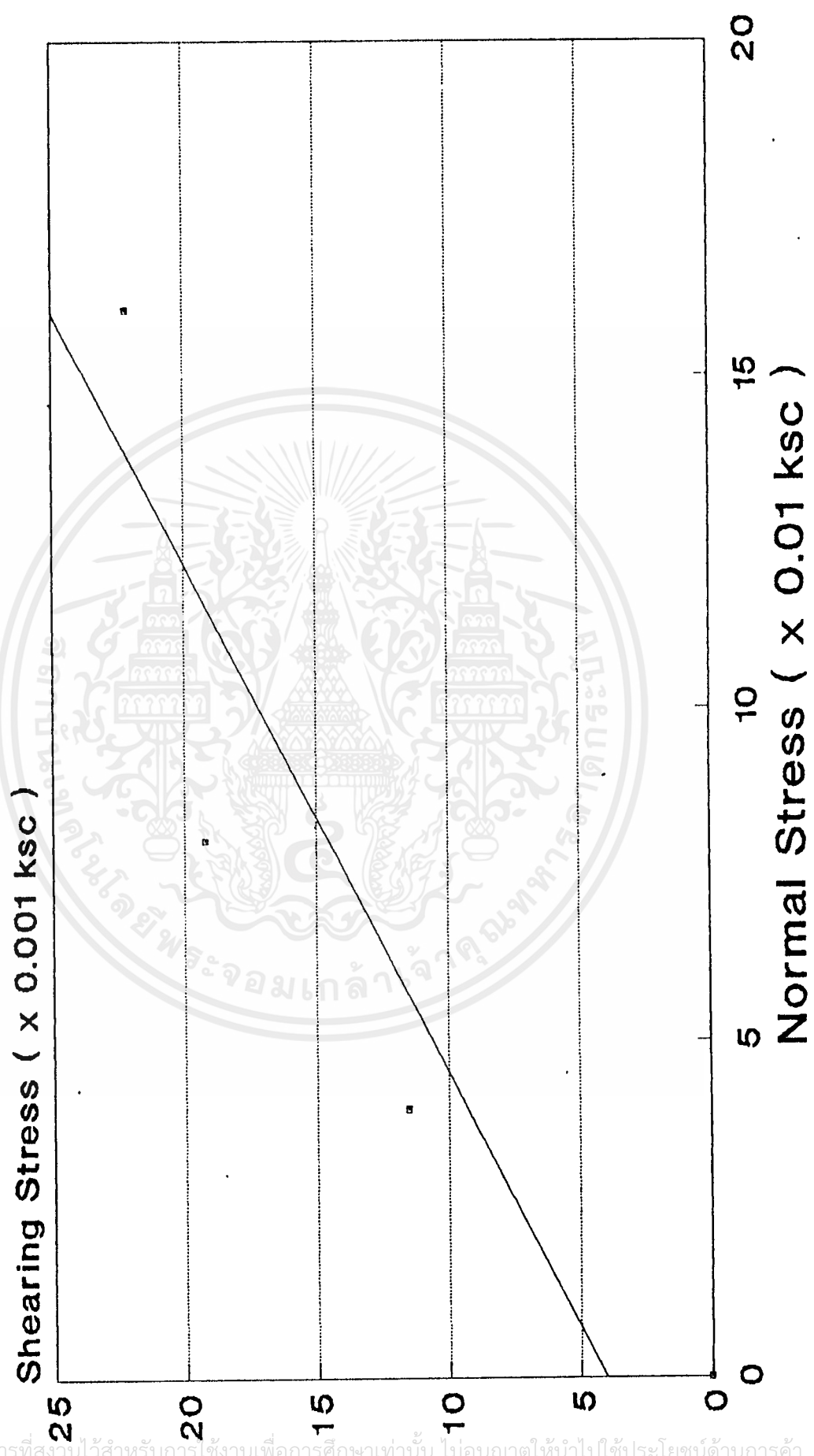
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Direct Shear Test of Soil at 19m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Mohr's Diagram from Soil at 19m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 58

แสดงค่า Liquid Limit, Plastic Limit และ Plastic Index ของ ดินตัวอย่าง

Depth of Soil (m)	Liquid Limit (%)	Plastic limit (%)	Plastic Index (%)
1	60.78	45.80	14.98
2	71.18	48.02	23.16
3	129.23	92.00	37.23
4	80.75	50.87	29.88
5	96.50	49.76	46.74
6	67.00	23.61	33.39
7	54.00	37.69	16.31
8	79.25	40.60	38.65
9	88.75	44.19	44.56
10	46.50	42.82	3.68
11	71.50	32.25	39.25
12	78.50	49.36	29.14
13	68.50	42.38	26.12
14	83.26	63.00	20.26
15	33.49	28.99	4.50
16	63.50	43.50	20.00
17	107.00	28.80	78.20
18	54.25	38.25	16.00
19	43.2	28.35	14.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 79

แสดงค่า Friction Coefficient ตามความลึกของดินเหนียว

Depth of Soil (m)	Friction's Ratio	Normal Load (kg/cm <sup>2</sup> )	Friction (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.480	0.34	0.17
2	0.487	0.26	0.25
3	0.476	0.32	0.405
4	0.492	0.54	0.128
5	0.484	0.60	0.1344
6	0.476	0.44	0.927
7	0.470	1.37	0.233
8	0.481	1.21	0.174
9	0.484	1.24	0.1824
10	0.487	1.65	0.24
11	0.495	1.67	0.20
12	0.472	1.72	0.055
13	0.476	1.79	0.0702
14	0.481	1.83	0.24
15	0.473	2.12	0.197
16	0.479	2.21	0.0756
17	0.478	2.27	0.075
18	0.417	2.27	0.145
19	0.441	2.47	0.181

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

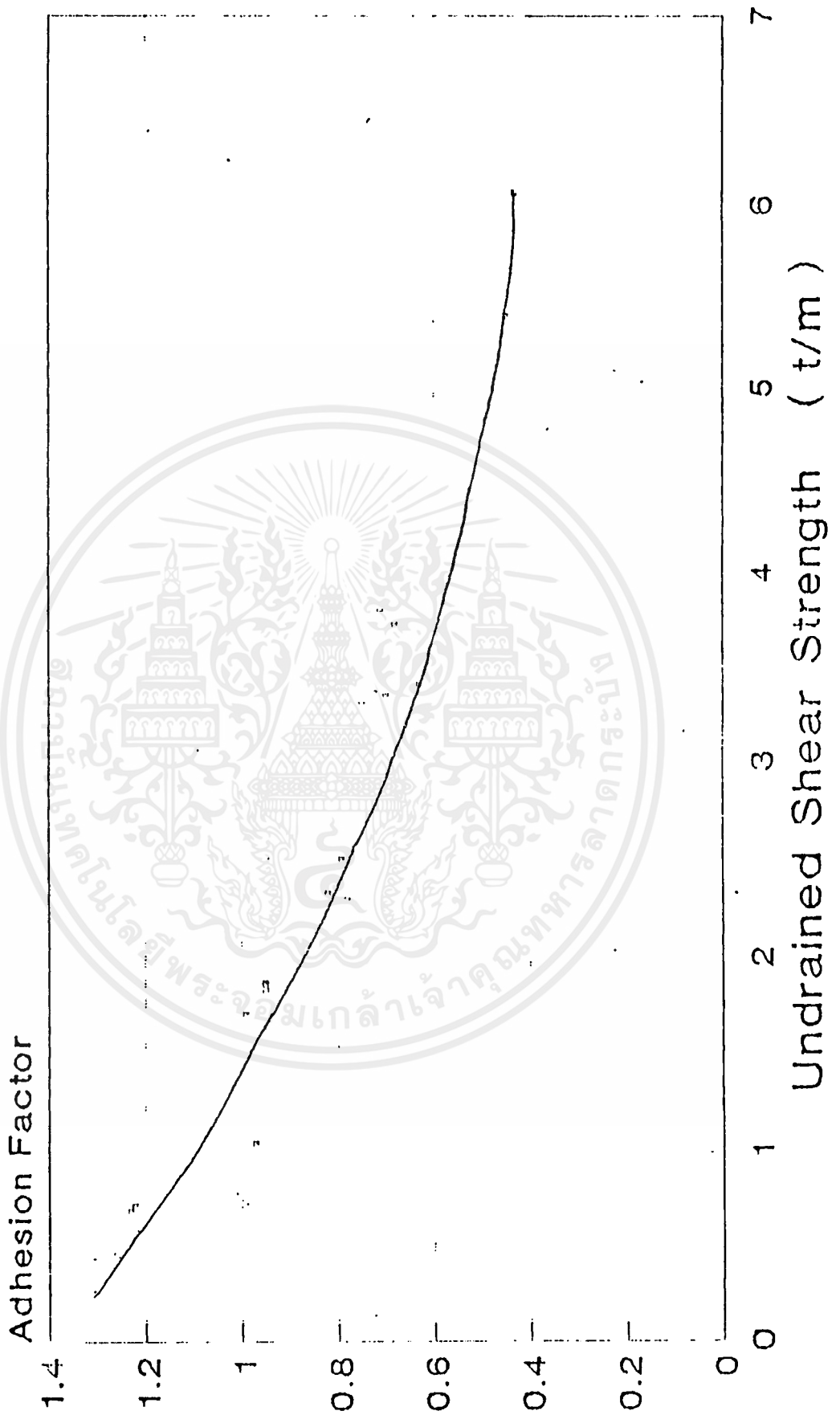
## ตารางที่ 60

ตารางแสดงค่า Adhesion Factor ของดินระดับต่างๆ

Depth of Soil (m)	Shear Strength (ksc)	Friction (ksc)	Adhesion factor
1	0.0243	0.3159	1.3
2	0.070	0.0854	1.22
3	0.541	0.243	0.45
4	0.067	0.08241	1.23
5	0.10369	0.2048	1.97
6	0.044	0.055	1.26
7	0.233	0.191	0.82
8	0.183	0.17	0.95
9	0.17	0.184	0.99
10	0.25	0.19	0.79
11	0.187	0.17765	0.95
12	0.255	0.1938	0.76
13	0.23	0.1794	0.78
14	0.605	0.26	0.43
15	0.34	0.2142	0.63
16	0.38	0.2698	0.71
17	0.372	0.25296	0.68
18	0.3344	0.23408	0.70
19	0.33	0.2475	0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Adhesion factor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5  
สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Undrained Shear Strength กับค่า Friction ระหว่างดินเหนียวกับคอนกรีต เมื่อ Undrained Shear Strength ของดินเหนียวสูงขึ้น ค่า Friction ระหว่างดินเหนียวกับคอนกรีต จะสูงขึ้นด้วย

เมื่อค่า Undrained Shear Strength ของดินเหนียวสูงขึ้น ค่า Adhesion Factor จะลดลง ดังกราฟ



ตัวอย่างเปรียบเทียบการคำนวณกำลังรับของเสาเข็มระหว่าง Tomlinson และ ผลจากการทดลอง

ตัวอย่างการออกแบบ

กำหนดให้ใช้เข็ม  $\phi = 45 \text{ cm}$

ระดับที่ 1	เมตร	ค่า Shear Strength =	0.5	t/m <sup>2</sup>
ระดับที่ 2	เมตร	ค่า Shear Strength =	0.7	t/m <sup>2</sup>
ระดับที่ 3	เมตร	ค่า Shear Strength =	0.8	t/m <sup>2</sup>
ระดับที่ 4	เมตร	ค่า Shear Strength =	0.9	t/m <sup>2</sup>
ระดับที่ 5	เมตร	ค่า Shear Strength =	1.2	t/m <sup>2</sup>
ระดับที่ 6	เมตร	ค่า Shear Strength =	1.4	t/m <sup>2</sup>
ระดับที่ 7	เมตร	ค่า Shear Strength =	2.0	t/m <sup>2</sup>
ระดับที่ 8	เมตร	ค่า Shear Strength =	1.9	t/m <sup>2</sup>

ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากการทดลอง	ที่ระดับ 1 เมตร	=	1.30
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากการทดลอง	ที่ระดับ 2 เมตร	=	1.20
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากการทดลอง	ที่ระดับ 3 เมตร	=	1.17
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากการทดลอง	ที่ระดับ 4 เมตร	=	1.14
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากการทดลอง	ที่ระดับ 5 เมตร	=	1.05
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากการทดลอง	ที่ระดับ 6 เมตร	=	1.00
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากการทดลอง	ที่ระดับ 7 เมตร	=	0.88
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากการทดลอง	ที่ระดับ 8 เมตร	=	0.92

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากการทดลองที่ ระดับ 1 เมตร

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \alpha S_u \lambda_u \\
 &= (1.3) (0.5) (1.4142) \\
 &= 0.91293 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากถาวรทดลองที่ ระดับ 2 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.2)(0.7)(1.4142) \\ &= 1.187 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากถาวรทดลองที่ ระดับ 3 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.17)(0.8)(1.4142) \\ &= 1.323 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากถาวรทดลองที่ ระดับ 4 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.14)(0.9)(1.4142) \\ &= 1.450 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากถาวรทดลองที่ ระดับ 5 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.05)(1.2)(1.4142) \\ &= 1.7 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากถาวรทดลองที่ ระดับ 6 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.00)(1.4)(1.4142) \\ &= 1.97 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับผิดชอบได้จาก Skin Friction จากการทดลองที่ ระดับ 7 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (0.88)(2.0)(1.4142) \\ &= 2.4 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับผิดชอบได้จาก Skin Friction จากการทดลองที่ ระดับ 8 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (0.92)(1.9)(1.4142) \\ &= 2.472 \text{ ton} \end{aligned}$$

เสาเข็มสามารถรับน้ำหนักได้ = 13.2 ton

ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากTomlinson ที่ระดับ 1 เมตร	= 1.30
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากTomlinson ที่ระดับ 2 เมตร	= 1.18
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากTomlinson ที่ระดับ 3 เมตร	= 1.17
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากTomlinson ที่ระดับ 4 เมตร	= 1.15
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากTomlinson ที่ระดับ 5 เมตร	= 1.06
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากTomlinson ที่ระดับ 6 เมตร	= 1.05
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากTomlinson ที่ระดับ 7 เมตร	= 1.03
ค่า Adhesion Factor ที่ได้จากTomlinson ที่ระดับ 8 เมตร	= 1.04

กำลังที่สามารถ รับผิดชอบได้จาก Skin Friction จากTomlinson ที่ระดับ 1 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.3)(0.5)(1.4142) \\ &= 0.91293 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากTomlinson ที่ระดับ 2 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.18) (0.7) (1.4142) \\ &= 0.0834 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากTomlinson ที่ระดับ 3 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.17) (0.8) (1.4142) \\ &= 1.323 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากTomlinson ที่ระดับ 4 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.15) (0.8) (1.4142) \\ &= 1.3 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากTomlinson ที่ระดับ 5 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.06) (1.2) (1.4142) \\ &= 1.79 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จากTomlinson ที่ระดับ 6 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.05) (1.4) (1.4142) \\ &= 2.07 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จาก Tomlinson ที่ระดับ 7 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.03)(2.0)(1.4142) \\ &= 2.9 \text{ ton} \end{aligned}$$

กำลังที่สามารถ รับได้เนื่องจาก Skin Friction จาก Tomlinson ที่ระดับ 8 เมตร

$$\begin{aligned} Q_u &= \alpha S_u A_u \\ &= (1.04)(1.9)(1.4142) \\ &= 2.790 \text{ ton} \end{aligned}$$

เสาเข็มสามารถรับน้ำหนักได้ = 13.92 ton

จากผลการเปรียบเทียบ จะเห็นว่า ค่าความสามารถในการรับน้ำหนัก ที่ได้จาก Tomlinson  
จะมีค่ามากกว่า ค่าความสามารถในการรับน้ำหนัก ที่ได้จาก การทดลอง

บรรณานุกรม

ดร. วรากร ไม้เรียง. ปรุพีกกลศาสตร์ . ภาควิชาวิศวกรรมโยธา , คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525

มานะ อภิจิตนมนตรี . วิศวกรรม ปรุพีกและฐานราก . สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี  
( ไทย - ญี่ปุ่น ), 2523

มณฑิเตอร์ กังศศิเท็กม . กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม . สมาคมศิษย์เก่า วิศวกรรม  
ชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2533

วัฒนา ธรรมมงคล . ปรุพีกกลศาสตร์ . กรุงเทพมหานคร . 2532

เกษม เพชรเกตุ . รายงาน ผลการเจาะสำรวจและทดสอบดิน เพื่อ โครงการ  
โรงแรม เมอร์ดิ้งส์ ปิ่นเกล้า . สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า ธนบุรี

Joseph E Bowles . Physical and Geotechnical Properties of  
Soils .McGraw Hill Book Co.

Lambe, T.W. and Whitman , R.V. (1969). Soil Machanics, John Wile  
and Sons, inc

