

ผลกระทบของอินเฮเรนต์แอนไอโซทรอปีในก่อนและหลังการเกิดกำลังสูงสุด
ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ

นาย วินุชย์ เจริญกุล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-870-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

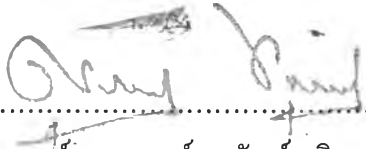
EFFECT OF INHERENT ANISOTROPY ON PRE AND POST PEAK STRENGTH
CHARACTERISTICS OF SOFT BANGKOK CLAY

Mr. Wiboon Charoenkul

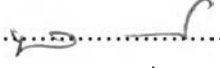
A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

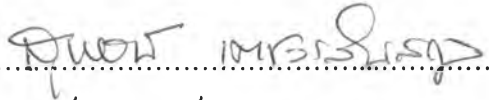
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของอินเฮเรนต์แอนไอโซทรอปีในก่อนและหลังการเกิดกำลังสูง
สุดของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ
โดย นาย วิบูลย์ เจริญกุล
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล

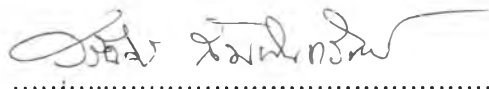
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล จิวลักษณ์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์)

วิบูลย์ เจริญกุล : ผลกระทบของอินเฮเรนต์แอนไอโซทรอปีในก่อนและหลังการเกิดกำลังสูงสุดของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (EFFECT OF INHERENT ANISOTROPY ON PRE AND POST PEAK STRENGTH CHARACTERISTIC OF SOFT BANGKOK CLAY) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 107หน้า. ISBN 974-331-870-4

การวิจัยผลกระทบของอินเฮเรนต์แอนไอโซทรอปีในก่อนและหลังการเกิดกำลังสูงสุดของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดที่เกิดจากการกระทำของแรงภายนอกในทิศทางต่างๆของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯในชั้น Weathered zone ซึ่งคาดว่าพฤติกรรมเป็นแอนไอโซทรอปีอันเนื่องมาจากลักษณะอนุภาคและการจัดเรียงตัวของอนุภาคดินเหนียวเอง การวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาโดยใช้ดินตัวอย่างจากโครงการก่อสร้าง 2 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร ที่ระดับความลึกเดียวกันที่ 4 เมตรจากระดับผิวดินเดิมลงไป การทดสอบที่ใช้เพื่อศึกษาแอนไอโซทรอปีในการวิจัยนี้มีทั้งสิ้น 4 การทดสอบ ได้แก่

- 1.การทดสอบแรงเฉือนโดยตรง
- 2.การทดสอบแรงเฉือนแบบวงแหวน
- 3.การทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด
- 4.การทดสอบการอัดตัวคายน้ำใน 1 มิติ

การทดสอบทั้งหมดได้ทดสอบโดยใช้หน่วยแรงตั้งฉากกระทำต่อตัวอย่างที่ถูกตัดให้เอียงตามมุมต่างๆกัน 6 มุมคือ 0, 15, 30, 60, 75 และ 90 องศา หน่วยแรงตั้งฉากที่ใช้จะเอียงทำมุมกับแนวตั้ง 0, 15, 30, 60, 75 และ 90 องศาสัมพันธ์กับความเอียงของตัวอย่างตามลำดับเช่นเดียวกัน หน่วยแรงตั้งฉากที่ใช้ทดสอบจะอยู่ในช่วง 0.350 ถึง 3.00 ksc. เพื่อศึกษาผลของแอนไอโซทรอปีที่ OCR ต่างๆกัน การทดสอบแรงเฉือนจะอยู่ในเงื่อนไข Consolidated drain ส่วนการทดสอบแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัดจะอยู่ในเงื่อนไข Unconsolidated undrain.

จากผลการทดสอบที่ได้พบว่าในการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรง พฤติกรรมของความสัมพันธ์ของหน่วยแรงและความเครียด พบว่ากำลังรับแรงเฉือนสูงสุดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะนาบที่รับแรงเฉือนทำมุมกับแนวราบเพิ่มขึ้น โดยกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดปรากฏเมื่อระยะนาบรับแรงเฉือนมีทิศทางขนานกับแนวราบและต่ำสุดเมื่อระยะนาบที่รับแรงเฉือนทำมุมกับแนวราบ 60 ถึง 90 องศาแต่อย่างไรก็ตามกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดและต่ำสุดนี้มีค่าแตกต่างกันไม่มากนักและจะมีแนวโน้มชัดเจนในดินตัวอย่างจากภูเขาเท่านั้น ส่วนผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวนก็แสดงแนวโน้มในลักษณะเดียวกันแต่กำลังรับแรงเฉือนสูงสุดและต่ำสุดจะไม่ปรากฏที่ระยะนาบใดระยะนาบหนึ่งโดยเฉพาะ

สำหรับผลการทดสอบแรงอัดแบบไม่จำกัดในตัวอย่างดินจากมหิตลก็พบว่าทิศทางของหน่วยแรงที่กระทำต่อตัวอย่างมีผลต่อกำลังรับแรงอัดแบบไม่ระบายน้ำของตัวอย่างด้วย จากผลการทดสอบ จะได้กำลังรับแรงอัดแบบไม่ระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ 0.20 ksc. เมื่อทิศทางของหน่วยแรงที่กระทำต่อตัวอย่างทำมุม 30 องศากับแนวตั้ง และค่าสัมประสิทธิ์ของแอนไอโซทรอปี, K มีค่าเท่ากับ 1.54

การทดสอบการอัดตัวคายน้ำใน 1 มิติ (Consolidation test) จะให้ผลที่ไม่ชัดเจนนักและมีความกระจัดกระจายมากในแต่ละระยะนาบ ทำให้ยากที่จะสรุปได้ว่าผลของการอัดตัวคายน้ำใน 1 มิติในทิศทางต่างๆเป็นแอนไอโซทรอปีด้วย เช่นในดินตัวอย่างจากภูเขาพบเพียงว่าเมื่อน้ำหนักแนวตั้งกระทำในทิศทางตั้งฉากกับแนวราบจะทำให้เกิดการทรุดตัวมากกว่าเมื่อน้ำหนักแนวตั้งมีทิศทางขนานกับแนวราบ

อย่างไรก็ตามหากดูผลโดยรวมแล้วจะพบว่ากำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวกรุงเทพฯจะมีพฤติกรรมเป็นแอนไอโซทรอปี แต่จะปรากฏอย่างไม่เด่นชัดนักสำหรับดินเหนียวกรุงเทพฯที่นำมาทดสอบ

ซึ่งอาจเนื่องมาจากดินตัวอย่างอยู่ในช่วงเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้น Weathered zone กับชั้นดินเหนียวอ่อน รวมทั้งลักษณะโครงสร้างภายในที่เกิดจากการตกตะกอนที่เป็นชนิด marine deposit.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

3971699021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: SHEAR STRENGTH / ANISOTROPY / DIRECT SHEAR / RING SHEAR / DRAINED STRENGTH

WIBOON CHAROENKUL : EFFECT OF INHERENT ANISOTROPY ON PRE AND POST PEAK STRENGTH

CHARACTERISTICS OF SOFT BANGKOK CLAY. THESIS ADVISOR : SUPOT TEACHAVORASINSKUN, D.Eng.

107pp. ISBN 974-331-870-4

The study of effect of inherent anisotropy on pre and post peak strength characteristic of soft Bangkok clay aims to present the behavior of stress-strain relation using laboratory tests. The soil samples in this research were collected from two sites located in center of Bangkok, at the same depth (-4 m.). The program of tests including 4 tests;

1. Direct shear test
2. Ring shear test
3. Unconfined compression test
4. Consolidation test

The block samples were, first, cut at various inclination; i.e., $\alpha = 0, 15, 30, 60, 70$ and 90 degrees with respect to the in-situ horizontal plane and, then, trimmed to fit the dimension of each apparatus. The initial overburden pressures used in the present study were varying from 0.350 to 3.00 ksc. All shearing tests were in consolidated drain condition, except unconfined compression test that was in unconsolidated undrained condition.

From the results of direct shear tests, it was shown that the maximum shear strength increase along the increasing of inclination of shearing plane. The maximum shear strength was mostly observed for sample trimmed to make angles of about 60 to 90 degrees to horizontal. However, there is a little difference between maximum and minimum shear strength and the difference was more pronounced only in the Chulalongkorn specimens. As same as the results of ring shear tests, the tendency of maximum shear strength was less obvious. Moreover, it was found that for, sample tested below its expected in-situ overburden stress (OC sample), the effect of bedding plane was very small.

For the unconfined compression tests, it was found that the direction of stress affect to the undrained compression strength. The maximum undrained shear strength equals 0.20 ksc. When the direction of normal stress making the angle of 30 degree to vertical and the coefficient of anisotropy shows at 1.54.

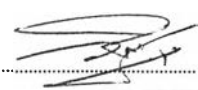
More scattered and obscure of the results were found in this consolidation tests. It is difficult to conclude about anisotropy of deformation characteristics of these samples. The results show only that the specimens from Chulalongkorn have more settlement in in-situ vertical than horizontal direction.

The totally results of shear strength tests, it can be concluded that the behavior of shear strength of Bangkok clay is anisotropy but not much pronounced in the sample at this depth. The effect of sample arrangement on the residual strength was very small as may be expected since the application of very large strain may already destroy the structure of the thin sample.

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา

สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิติ..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ คำปรึกษา คำแนะนำรวมทั้งข้อชี้แนะ
แนวทางในการดำเนินการวิจัยที่ดียิ่งจากอาจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
ตลอดจนผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์และ อาจารย์ ดร.บุญชัย อุกฤษฏ์ชนซึ่งให้คำ
ปรึกษาและข้อคิดเห็นต่างๆมาโดยตลอดขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์
ที่ได้ร่วมเป็นประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือใน
การทดสอบทุกท่านที่มีได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นาย วิบูลย์ เจริญกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
สัญลักษณ์.....	ณ
บทที่	
บทที่1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่2 ทฤษฎีและทบทวนงานในอดีต.....	5
2.1 โครงสร้างของดิน.....	5
2.1.1 โครงสร้างของดินที่ไม่มีแรงยึดเหนี่ยว (Cohesionless soil).....	5
2.1.2 โครงสร้างของดินที่มีแรงยึดเหนี่ยว (Cohesive soil).....	7
2.2 ลักษณะของชั้นดินกรุงเทพฯ.....	8
2.3 หลักการพื้นฐานของกำลังรับแรงเฉือนของดิน.....	15
2.4 วิธีการทดสอบหาลังรับแรงเฉือนของดิน.....	18
2.4.1 ชนิดการทดสอบ.....	18
2.4.2 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน แบ่งตามการควบคุมการทดสอบ.....	19
2.2.3 วิธีการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน แบ่งตามเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ.....	19
2.5 Disturbance ของดินตัวอย่างที่เกิดจากอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง.....	28
2.6 หน่วยแรงประสิทธิผล.....	29
2.7 ผลกระทบของแอนไอโซทรอปีต่อกำลังรับแรงของดิน.....	29

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
2.8 Residual strength ของดินที่มีแรงยึดเหนี่ยว	33
2.9 กำลังรับแรงเฉือนของดินกรุงเทพฯ.....	33
บทที่3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	35
3.1 บทนำ.....	35
3.2 การเก็บตัวอย่างดิน.....	37
3.2.1 สถานที่ที่เก็บตัวอย่างดิน.....	37
3.2.2 ลักษณะดินตัวอย่าง.....	39
3.2.3 การเก็บตัวอย่างดิน.....	39
3.3 รายละเอียดการทดสอบ.....	41
3.3.1 Direct shear test.....	41
3.3.2 Ring shear test.....	41
3.3.3 Consolidation test.....	43
3.3.4 Unconfined compression test.....	43
3.4 การคำนวณ.....	43
3.4.1 การคำนวณผลการทดสอบแรงเฉือน โดยตรง.....	43
3.4.2 การคำนวณผลการทดสอบแรงเฉือนแบบวงแหวน.....	44
บทที่4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์.....	46
4.1 ผลการทดสอบแบบDirect shear test.....	46
4.2 ผลการทดสอบแบบRing shear test.....	60
4.3 ผลกระทบของระนาบรับแรงเฉือนต่อค่าShear modulus.....	70
4.4 ผลการทดสอบ Unconfined compression test	79
4.5 ผลการทดสอบ Consolidation test	86
บทที่5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	92
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	92
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	94

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
รายการอ้างอิง.....	95
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ.....	97
ประวัติผู้วิจัย.....	107

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินกรุงเทพฯตามความลึก.....	13
2.2	แสดงคุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้นของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ.....	14
3.1	แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	36
3.2	คุณสมบัติทางวิศวกรรมเบื้องต้นของดินที่ใช้ทดสอบ.....	39
3.3	รายการการทดสอบแรงเฉือน.....	42
4.1	อัตราส่วนของกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดต่อน้ำหนักกดทับในการทดสอบแบบDirect shear.....	46

สารบัญญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงทิศทางของมุม α	4
2.1	แสดงโครงสร้างแบบ Single-grained.....	6
2.2	แสดงโครงสร้างแบบ Honeycombed.....	6
2.3	แสดงลักษณะโครงสร้างของดิน.....	7
2.4	วัฏจักรทางธรณีวิทยา.....	9
2.5	แสดงลักษณะของชั้นดินบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยทั่วไป.....	11
2.6	รูปตัดแสดงชั้นดินบริเวณใกล้เคียงกรุงเทพฯ จากทิศเหนือไปทิศใต้.....	12
2.7	รูปตัดแสดงชั้นดินบริเวณใกล้เคียงกรุงเทพฯ จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก...	12
2.8	ลักษณะรูปร่างต่างๆของอนุภาคเม็ดดิน.....	15
2.9	ส่วนประกอบของกำลังรับแรงเฉือน.....	16
2.10	แสดงความสัมพันธ์ตามกฎของคูลอมป์.....	17
2.11	Conceptual of UU-test.....	18
2.12	แสดงลักษณะ Shear box ของ Direct shear test.....	20
2.13	ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน โดยตรงแบบระบายน้ำในดินเหนียวที่อัดแน่น เกินตัว.....	22
2.14	แบบจำลองของตัวอย่างดินที่ทดสอบ โดยเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนแบบวงแหวน	23
2.15	หลักการทำงานของเครื่องมือ Torsion และ Ring shear(1).....	24
2.16	หลักการทำงานของเครื่องมือ Torsion และ Ring shear(2).....	25
2.17	การกระจายหน่วยแรงตั้งฉากในลักษณะต่างๆที่กระทำต่อตัวอย่างดินในการทดสอบ กำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวน.....	26
2.18	ผลกระทบของการสมมติการกระจายหน่วยแรงตั้งฉากในแบบต่างๆที่มีต่อค่ามุมด้าน ทานแรงเฉือน.....	27
2.19	กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำในทิศทางต่างๆของดินเหนียวตามสมการที่ 2.4	30
2.20	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัดของ Welland clay, Ontario.....	31
2.21	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่จำกัดของ Welland clay, Ontario แสดงในรูป กราฟเชิงขั้ว.....	31

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.22 ผลการทดสอบ Vane shear ในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ในแต่ละระยะนาบที่ความลึกต่าง ๆ กัน.....	33
3.1 แสดงแผนผังที่ตั้งของโครงการที่สนใจ.....	38
3.2 ลักษณะกระบอกที่ใช้เก็บตัวอย่าง.....	40
3.3 ขั้นตอนการใช้กระบอกพีวีซีเก็บตัวอย่าง.....	40
4.1 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน โดยตรงในระนาบต่างๆ ของดินจากจุฬาฯที่ 0.705 ksc.....	47
4.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน โดยตรงในระนาบต่างๆ ของดินจากจุฬาฯที่ 1.410 ksc.....	48
4.3 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน โดยตรงในระนาบต่างๆ ของดินจากจุฬาฯที่ 2.820 ksc.....	49
4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนของกำลังรับแรงสูงสุดต่อน้ำหนักกดทับในระนาบต่างๆ ของดินจากจุฬาฯ(DS-test).....	50
4.5 อัตราส่วน T/σ'_v ในรูปของ Polar co-ordinate ของการทดสอบ Direct shear ในดินจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	51
4.6 แสดงขอบเขตการวิบัติของ Mohr-Coulomb ของการทดสอบ Direct shear test ในดินจากจุฬาฯ.....	52
4.7 ค่า ϕ ที่คำนวณได้จาก Mohr-Coulomb ใน Polar co-ordinate (จุฬาฯ).....	53
4.8 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน โดยตรงในระนาบต่างๆ ของดินจากมหิดลที่ 0.353 ksc.....	54
4.9 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน โดยตรงในระนาบต่างๆ ของดินจากมหิดลที่ 0.705 ksc.....	55
4.10 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน โดยตรงในระนาบต่างๆ ของดินจากมหิดลที่ 1.410 ksc.....	56
4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนของกำลังรับแรงสูงสุดต่อน้ำหนักกดทับในระนาบต่างๆ ของดินจากมหิดล(DS-test).....	57

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12 อัตราส่วน τ/σ_v ในรูปของPolar co-ordinate ของการทดสอบDirect shear ในดิน จากมหาวิทยาลัยมหิดล.....	58
4.13 แสดงขอบเขตการวิบัติของMohr-Coulomb ของการทดสอบDirect shear test ในดิน จากม.มหิดล.....	59
4.14 ค่า ϕ ที่คำนวณได้จากMohr-CoulombในPolar co-ordinate(ม.มหิดล).....	59
4.15 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวนในระนาบต่างๆ ของดินจากจุฬาฯที่0.749ksc.....	61
4.16 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวนในระนาบต่างๆ ของดินจากจุฬาฯที่1.498ksc.....	62
4.17 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวนในระนาบต่างๆ ของดินจากจุฬาฯที่2.996ksc.....	63
4.18 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวนในระนาบต่างๆ ของดินจากมหิดลที่0.374ksc.....	64
4.19 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวนในระนาบต่างๆ ของดินจากมหิดลที่0.749ksc.....	65
4.20 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบวงแหวนในระนาบต่างๆ ของดินจากมหิดลที่1.498ksc.....	66
4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนของกำลังรับแรงสูงสุดต่อน้ำหนักกดทับใน ระนาบต่างๆของดินจากจุฬาฯ(RS-test).....	67
4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนของกำลังรับแรงสูงสุดต่อน้ำหนักกดทับใน ระนาบต่างๆของดินจากมหิดล(RS-test).....	68
4.23 ค่า ϕ ที่คำนวณได้จากMohr-CoulombในPolar co-ordinate(a)จุฬาลงกรณ์มหาวิท ยาลัย (b)มหาวิทยาลัยมหิดล.....	69
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าSecant modulusและShear strain ของการทดสอบDirect shear test ในดินจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย($\alpha=0$ องศา).....	71

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าSecant modulusและShear strain ของการทดสอบDirect shear testในดินจากมหาวิทยาลัยมหิดล($\alpha=0$ องศา).....	72
4.26 การเปลี่ยนแปลงของค่าG/Tmaxของดินตัวอย่างจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	73
4.27 การเปลี่ยนแปลงของค่าG/Tmaxของดินตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยมหิดล.....	74
4.28(a) ค่า G/TmaxในรูปของPolar co-ordinateของการทดสอบDirect shearในดินตัวอย่างจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย($\gamma=1\%$).....	75
4.28(b) ค่า G/TmaxในรูปของPolar co-ordinateของการทดสอบDirect shearในดินตัวอย่างจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย($\gamma=50\%$).....	76
4.29(a) ค่า G/TmaxในรูปของPolar co-ordinateของการทดสอบDirect shearในดินตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยมหิดล($\gamma=1\%$).....	77
4.29(b) ค่า G/TmaxในรูปของPolar co-ordinateของการทดสอบDirect shearในดินตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยมหิดล($\gamma=50\%$).....	78
4.30 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะ stress-strain curve ในระนาบต่างๆของดินจากมหิดล	80
4.31 แสดงทิศทางของมุม α ในการทดสอบ Unconfined compression test.....	79
4.32 ค่า Unconfined compressive strength ในระนาบต่างๆของดินจากมหิดล.....	81
4.33 ผลการทดสอบแรงอัดแบบไม่จำกัดในระนาบต่างๆแบบเชิงขั้วของดินตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยมหิดล.....	82
4.34 ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างดินที่ทดสอบ โดยใช้ Unconfined compression test...	84
4.35 ลักษณะของตัวอย่างดินหลังการทดสอบแบบไม่จำกัด.....	85
4.36 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบConsolidation ในระนาบต่างๆของดินจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	87
4.37 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบConsolidation ในระนาบต่างๆของดินจากมหาวิทยาลัยมหิดล.....	88
4.38 การเปลี่ยนแปลงของCompressibility ของตัวอย่างดินจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยต่อมุม α	89

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.39	การเปลี่ยนแปลงของCompressibility ของตัวอย่างดินจากจุพาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต่อมุม α	89
4.40	แสดงการเปรียบเทียบค่า Coefficient of Consolidation ในระนาบต่างๆของดินจาก จุพาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.....	90
4.41	แสดงการเปรียบเทียบค่า Coefficient of Consolidation ในระนาบต่างๆของดินจาก มหาวิทยาลัยมหิดล.....	91

สัญลักษณ์

- c = ค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดินเหนียว
- C_c = Compression Index
- G = ค่าโมดูลัสแรงเฉือน
- NC = ดินเหนียวชนิดอัดแน่นปกติ(Normally Consolidated Clay)
- OC = ดินเหนียวชนิดอัดแน่นเกินตัว(Overconsolidated Clay)
- OCR = สัดส่วนอัดแน่นเกินตัวของดิน(Over Consolidation Ratio)
- PI = Plastic Index
- PL = Plastic Limit
- S_u = ค่ากำลังรับแรงเฉือนชนิดไม่ระบายน้ำ(Undrained Shear Strength)
- W_n = ค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ(Natural Water Content)
- ϕ = ค่ามุมเสียดทานภายใน
- σ = หน่วยแรงรวม
- σ' = หน่วยแรงประสิทธิผล
- σ'_n = หน่วยแรงตั้งฉาก
- σ'_p = Preconsolidation Pressure
- σ'_v = หน่วยแรงรวมในแนวตั้ง
- σ'_{vo} = หน่วยแรงรวมประสิทธิผลในแนวตั้งตามธรรมชาติ
- τ = กำลังรับแรงเฉือน