


ผลกระทบของทิศทางของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนของดินเหนียวกรุงเทพฯ



นายสุริยาวุธ ประอ้าย

ศูนย์วิทยพัทยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

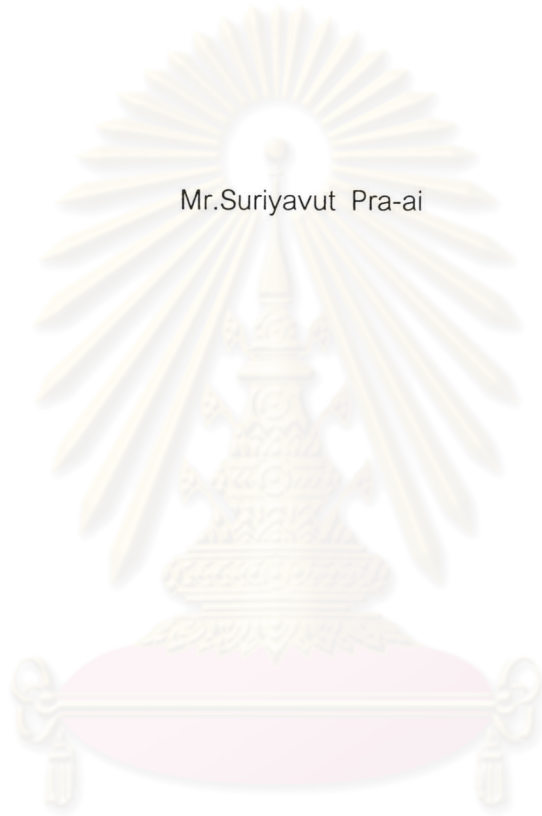
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1032-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF EFFECTIVE STRESS DIRECTION ON SHEAR MODULUS OF BANGKOK CLAY

Mr.Suriyavut Pra-ai



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-53-1032-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบของทิศทางของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่า

โมดูลัสแบบเฉือนของดินเหนียวกรุงเทพฯ

โดย

นายสุริยาวัชร ประอ้าย


สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา


อาจารย์ที่ปรึกษา

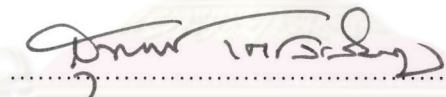
รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับ
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวณิชย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิวัตร บุญญะฐิติ)


.....กรรมการ
(อ. ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง)


.....กรรมการ
(Dr. T.H. Seah)

นายสุริยาวัชร ปรระอ้าย : ผลกระทบของทิศทางของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่าโมดูลัส
แบบเฉือนของดินเหนียวกรุงเทพฯ. (EFFECT OF EFFECTIVE STRESS DIRECTION
ON SHEAR MODULUS OF BANGKOK CLAY)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 62หน้า.ISBN 974-53-1032-8

ค่าโมดูลัสแบบเฉือนเป็นข้อมูลคุณสมบัติพื้นฐานทางพลศาสตร์ที่ได้จากการทดสอบ
ด้วยวิธี bender element มีอยู่อย่างแพร่หลาย ที่งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความเร็วคลื่น
แรงเฉือนในเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่คล้ายเครื่องมือทดสอบ consolidation test ที่สามารถ
วัดแรงดันด้านข้างได้ โดยทำการวัดความเร็วคลื่นใน 2 ทิศทางคือแนวราบกับแนวตั้ง ใช้ bender
element 2 คู่วัดความเร็ว V_{hh} และ V_{vh}

จากผลการทดสอบพบว่าในการทดสอบวิธีที่ 1 คือให้ตัวอย่างวางตั้งเหมือนกับกร
ทดสอบทั่วไป ความเร็วคลื่นความเค้นในแนวราบจะเร็วกว่าที่วัดได้ในแนวตั้ง และค่าโมดูลัส
แบบเฉือนในแนวราบ (G_{hh})มีค่ามากกว่าค่าโมดูลัสแบบเฉือนในแนวตั้ง (G_{vh}) โดยค่า G_{hh} มีค่าสูง
กว่าประมาณ 10–20 % โดยประมาณ และเมื่อทดลองอีกวิธีโดยเปลี่ยนตัวอย่างนอนลง โมดูลัส
แบบเฉือนในแนวราบ (G_{hh})มีค่าต่ำกว่าค่าโมดูลัสแบบเฉือนในแนวตั้ง (G_{vh}) ซึ่งความแตกต่าง
ของค่าโมดูลัสแบบเฉือนที่ได้ เป็นผลเนื่องจากคุณสมบัติภายในของดินโดยธรรมชาติ (inherent
anisotropy) มากกว่าที่จะเกิดจากหน่วยแรงที่กระทำ(induced stress)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2547.....

4670574021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORD : SHEAR MODULUS / BENDER ELEMENT / STRESS ANALYSIS

SURIYAVUT PRA-AI : EFFECT OF EFFECTIVE STRESS DIRECTION ON
SHEAR MODULUS OF BANGKOK CLAY

THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.DR.SUPOT TEACHAVORASINSKUN, 62
pp.ISBN 974-53-1032-8

The initial shear modulus is an importance in soil dynamic. This parameter is often measured by means of bender element in the laboratory . This research concentrated on testing the soil for determining the initial modulus by bender element. The measurement of shear modulus by bender element. The measurement of shear wave velocity is made in vertical and horizontal directions via installing bender element in orthogonal directions.

The test results indicated that the shear modulus in the vertical direction is approximately 10-20% less than the values in the horizontal direction. Note that the vertical direction is corresponding to the sedimentation direction. From results on samples trimmed parallel to its sedimentation direction also indicated slightly higher shear modulus along the sedimentation direction.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Civil Engineering.....Student's signature.....

Field of study.....Civil Engineering.....Adviser's signature.....

Academic year..... 2004

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลกระทบของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนของดินเหนียวกรุงเทพฯ” ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำทุกสิ่งทุกอย่างในการทำวิจัยมาด้วยดีตลอดและขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ ประธานคณะกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวัด บุญญะฐิติ ,อาจารย์ ดร.สุเชษฐ ธิขิตเลอสรวง และ Dr.T.H. Seah คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ และอาจารย์สาขาวิศวกรรมปฐพีทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนในขณะที่เรียนอยู่สาขาวิศวกรรมปฐพี

ขอขอบคุณ คุณวลาวัต บินอุมาร์ และ Mr. Sumayono เพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิศวกรรมปฐพีที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดมา รวมทั้งเจ้าหน้าที่ในกองปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมปฐพีทุกท่านโดยเฉพาะคุณกฤษฎา ภูมิ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ท้ายสุดนี้ ผู้เขียนขอระลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ ทุกท่านที่ได้กรุณาอบรมสั่งสอนผู้เขียนจนได้สำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎี	3
2.2 ลักษณะพฤติกรรมของโมดูลัสแบบเฉือนที่ค่า strain level ต่างๆ	3
2.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อโมดูลัสแบบเฉือน.....	4
2.4 ผลกระทบต่อโมดูลัสแบบเฉือนในดินประเภท Cohesive soil	5
2.5 วิธีการวัดค่า modulus ที่ very small strain level	9
บทที่ 3 วิธีการและขั้นตอนในการทดสอบ	16
3.1 สถานที่และการเก็บตัวอย่างทดสอบ.....	16
3.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง.....	16
3.1.2 วิธีการเจาะสำรวจและการเก็บตัวอย่าง	16
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์หลักสำหรับใช้ในการทดสอบงานวิจัย	16
3.3 การหาคุณสมบัติของดินทางด้านกายภาพ.....	20
3.3.1 พิกัดแอตเตอร์เบอร์ก (Atterberg's limit).....	20
3.3.2 ปริมาณความชื้นธรรมชาติ (Natural water content)	20
3.3.3 ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity).....	20
3.4 วิธีการทดสอบ	20
3.5 ขั้นตอนการทดสอบ	20

3.5.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ	21
3.5.2 ขั้นตอนอัดตัวคายน้ำและการวัดค่าความเร็วคลื่นแรงเฉือน	24
3.6 การวัดค่าความเร็วคลื่นแรงเฉือน	25
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	28
4.1 บทนำ.....	28
4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของดินตัวอย่างที่นำมาทดสอบ	28
4.3 ค่าของอัตราส่วนหน่วยแรงประสิทธิผล ($K=\sigma'_h/\sigma'_v$) ของดินตัวอย่าง.....	31
4.4 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลที่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือน	33
4.5 ผลของกำลังรับน้ำหนักแบกทานในอดีตที่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือน	33
4.6 ผลของ Plasticity ที่มีผลต่อโมดูลัสแบบเฉือน.....	44
4.7 ผลของโมดูลัสแบบเฉือนที่วัดได้จากแนวราบและแนวตั้ง	47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	56
5.1 บทนำ.....	56
5.2 ค่าโมดูลัสแบบเฉือนภายใต้หน่วยแรงประสิทธิผล	56
5.3 ผลกระทบของ over consolidation และ Plasticity	55
5.4 ทิศทางของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือน	57
5.5 ข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดในการหาค่าโมดูลัสแบบเฉือนด้วย bender element	58
5.6 ข้อเสนอแนะ	59
รายการอ้างอิง.....	60
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	62

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้.....	30
ตารางที่ 5.1 ข้อดี-ข้อเสียของการหาโมดูลัสแบบเฉือนด้วยวิธี bender element	58



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงค่าของ G ในช่วงstrain ต่างๆ	3
รูปที่ 2.2 แสดงช่วงของ Strain ที่เหมาะสมในการทดสอบวิธีต่าง ๆ	3
รูปที่ 2.3 ค่าโมดูลัสแบบเฉือนของดินเหนียวที่มีค่า plasticity ต่ำซึ่งมีอิทธิพลในช่วงOCR	5
รูปที่ 2.4 ค่าโมดูลัสแบบเฉือนของดินเหนียวที่มีค่า plasticity สูง ซึ่งมีอิทธิพลในช่วงOCR	6
รูปที่ 2.5 คุณลักษณะของโมดูลัสแบบเฉือนของดินเหนียวที่มีผลกระทบอันเนื่องมาจากค่า over consolidation และ plasticity index	7
รูปที่ 2.6 แสดงการต่อวงจรตัวรับสัญญาณ (X-pole).....	9
รูปที่ 2.7 แสดงการต่อวงจรตัวส่งสัญญาณ (Y-pole).....	9
รูปที่ 2.8 แสดงวิธีการเคลือบepoxy	9
รูปที่ 2.9 วิธีการต่อวงจรการทดสอบด้วย Bender element.....	10
รูปที่ 2.10 แสดงวิธีการติด Bender element ในการทดสอบ, Callisto.L & Rampello.S , 2002.....	12
รูปที่ 2.11 เปรียบเทียบค่า shear modulus ที่ได้จาก bender element test , Callisto.L & Rampello.S , 2002.....	13
รูปที่ 2.12 ค่า shear modulus ที่ได้จาก bender element และ true triaxial test , Callisto.L & Rampello.S , 2002.....	13
รูปที่ 2.13 ค่าshear modulus ที่ได้จากbender element test,Davis Nash,2003	14
รูปที่ 2.14 เปรียบเทียบค่าshear modulusที่ได้จากbender element,DavisNash,2003	14
รูปที่ 2.15 ค่า shear modulus กับค่า mean effective stress , Davis Nash , 2003.....	15
รูปที่ 3.1 เครื่องมือทดสอบที่ทำขึ้นใหม่.....	17
รูปที่ 3.2 bender element ที่ใช้ในการทดสอบ	17
รูปที่ 3.3 ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบหาความเร็วของคลื่นความเค้นด้วยbender element	18
รูปที่ 3.4 ผังการติดตั้งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทดสอบหาความเร็วของคลื่นความเค้นด้วย bender element	20
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการทดสอบแบบที่ 1	21
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการทดสอบแบบที่ 2	22
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการตัดแต่งเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการทดสอบ	22
รูปที่ 3.8 การตัดแต่งและเตรียมตัวอย่างดินที่พร้อมจะทำการทดสอบ.....	23

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.9 การติดตั้งกล่องตัวอย่างที่พร้อมจะทำการทดสอบ	24
รูปที่ 3.10 การวัดความเร็วคลื่นความเค้นด้วย bender element ในการทดลอง	26
รูปที่ 3.11 การวัดความเร็วคลื่นความเค้นด้วย bender element	27
รูปที่ 4.1 ลักษณะของดินที่ใช้ในการทดสอบที่ระดับความลึก 7.50 – 8.20 m	29
รูปที่ 4.2 ลักษณะของดินที่ใช้ในการทดสอบที่ระดับความลึก 9.00 – 9.70 m	29
รูปที่ 4.3 ลักษณะของดินที่ใช้ในการทดสอบที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	30
รูปที่ 4.4 ค่า σ'_h กับ σ'_v ที่ได้จากการทดสอบที่ระดับความลึก 7.50 – 8.20 m	31
รูปที่ 4.5 ค่า σ'_h กับ σ'_v ที่ได้จากการทดสอบโดยวางตัวอย่างอยู่ในแนวนอน ที่ระดับความลึก 9.00 – 9.70 m	32
รูปที่ 4.6 ค่า σ'_h กับ σ'_v ที่ได้จากการทดสอบที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	32
รูปที่ 4.7 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนของตัวอย่างที่ระดับ ความลึก 7.50 – 8.20 m	34
รูปที่ 4.8 ผลของ Mean effective stress(p') ต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนของตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 7.50 – 8.20 m	35
รูปที่ 4.9 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนของตัวอย่างที่ระดับ ความลึก 7.50 – 8.20 m	36
รูปที่ 4.10 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนของตัวอย่างที่ระดับ ความลึก 13.50 – 14.20 m	37
รูปที่ 4.11 ผลของ Mean effective stress(p') ต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนของตัวอย่าง ที่ระดับความ ลึก 13.50 – 14.20 m	38
รูปที่ 4.12 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลต่อค่าโมดูลัสแบบเฉือนของตัวอย่างที่ระดับ ความลึก 13.50 – 14.20 m	39
รูปที่ 4.13 ผลของ Mean effective stress กับค่า Normalized shear modulus ที่ระดับความลึก 7.50 – 8.20 m	40
รูปที่ 4.14 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลกับค่า Normalized shear modulus ที่ระดับความลึก 7.50 – 8.20 m	41
รูปที่ 4.15 ผลของ Mean effective stress กับค่า Normalized shear modulus ที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	42

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.16 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลกับค่า Normalized shear modulus ที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	43
รูปที่ 4.17 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลกับค่า Normalized shear modulus เนื่องจาก Plasticity Index ที่ระดับความลึก 7.50 – 8.20 m	45
รูปที่ 4.18 ผลของหน่วยแรงประสิทธิผลกับค่า Normalized shear modulus เนื่องจาก Plasticity Index ที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	46
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบความเร็วคลื่นความเค้นเนื่องจากเปลี่ยนทิศทางของตัวอย่าง	48
รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบความเร็วคลื่นความเค้นเนื่องจากเปลี่ยนทิศทางของตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	49
รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบค่า Normalized shear modulus เนื่องจากเปลี่ยนทิศทาง	50
รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบค่า Normalized shear modulus เนื่องจากเปลี่ยนทิศทาง ของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	51
รูปที่ 4.23 ค่า $G_0/F(e)$ กับ Mean effective stress เนื่องจากเปลี่ยนทิศทางของตัวอย่างดิน ที่ระดับความลึก 9.00 – 9.70 m	52
รูปที่ 4.24 ค่า $G_0/F(e)$ กับ Mean effective stress เนื่องจากเปลี่ยนทิศทางของตัวอย่างดิน ที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	52
รูปที่ 4.25 ค่า Normalized shear modulus $G_0/F(e)$ กับ Mean effective stress เนื่องจาก เปลี่ยนทิศทางของตัวอย่างดิน	53
รูปที่ 4.26 ค่า Normalized shear modulus $G_0/F(e)$ กับ Mean effective stress เนื่องจาก เปลี่ยนทิศทางของตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 13.50 – 14.20 m	54
รูปที่ 4.27 สัดส่วนค่า G_{vh}/G_{vh} กับ Mean effective stress จากการวางตัวอย่างในแนวตั้ง ...	55
รูปที่ 4.28 สัดส่วนค่า G_{vh}/G_{vh} กับ Mean effective stress จากการวางตัวอย่างในแนวนอน ..	55