ผลกระทบของค่าสัดส่วนการอัดแน่นเกินตัวต่อพฤติกรรมของ ค่าโมดูลัสเฉือนและอัตราส่วนแดมปิง จากการรับน้ำหนักแบบวัฏจักรของดินเหนียวกรุงเทพฯ

Effect of Overconsolidated Ratio on Shear Modulus and Damping Characteristics of Bangkok Clay During Cyclic Loading

โดย

นายธนากร นาเชียงใต้

Mr. Thanakorn Nachiengtai

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

(วิศวกรรมโยธา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นายธนากร นาเชียงใต้

เรื่อง

ผลกระทบของค่าสัดส่วนการอัดแน่นเกินตัวต่อพฤติกรรมของโมดูลัสเฉือนและแดมปิง
จากการรับน้ำหนักแบบวัฏจักรของดินเหนียวกรุงเทพฯ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
(วิศวกรรมโยธา)

เมื่อ วันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2550

ประธานกรรมการ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤฎายุทธ ชมภูมิ่ง)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีรยา ฉิมอ้อย)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

กรรมการวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุรฉัตร ฉัตรวีระ)

กรรมการวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วินัย รักสุนทร)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. อุรุยา วีสกุล)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาพฤติกรรมทางด้านพลศาสตร์และกำลังรับน้ำหนักเฉือนของดินเหนียวกรุงเทพฯ ด้วยเครื่องทดสอบแรงอัดสามแกนภายใต้สภาวะการรับน้ำหนักแบบวัฏจักร โดยศึกษาอิทธิพลของค่าสัดส่วนการอัดแน่นเกินตัว (Overconsolidated Ratio)และความถี่ (frequency) ของอัตราการให้น้ำหนักแบบวัฏจักรที่มีต่อค่า parameter ในด้านกำลังรับแรงเฉือนซึ่งได้แก่ โมดูลัสเฉือนและอัตราส่วนแดมปิงภายใต้สภาวะการรับน้ำหนักแบบวัฏจักรของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ โดยจะทำการทดสอบตัวอย่างตลอดชั้นดินเหนียว (soft clay และ medium clay) จนถึงชั้นทรายด้วยเครื่องทดสอบแบบ Cyclic Triaxial Test และวิธีการให้น้ำหนักแบบวัฏจักรที่ความถี่อัตราการให้น้ำหนัก 0.1 รอบต่อวินาทีและ0.01 รอบต่อวินาที เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงเฉือนแบบพลศาสตร์ในอัตราการรับน้ำหนัก (แบบวัฏจักร) ที่แตกต่างกัน 10 เท่า ซึ่งจะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมและอิทธิพลของความถี่ที่มีต่อพฤติกรรมการรับแรงเฉือนแบบวัฏจักรของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จากการวิจัยพบว่าพฤติกรรมในการรับแรงเฉือนของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพที่อัตราการให้น้ำหนัก 0.1 รอบต่อวินาทีและ 0.01 รอบต่อวินาที มีพฤติกรรมการรับน้ำหนักที่เหมือนกันทั้ง Hysteresis Loops Behavior และ Strain Behavior คือ Hysteresis Loops จะขยายใหญ่ขึ้นเมื่อ Strain มีค่าเพิ่มขึ้นและ Hysteresis Loops มีขนาดคงที่เมื่อน้ำหนักแบบวัฏจักรที่ให้กับดินทดสอบมีค่าน้อยกว่ากำลังรับน้ำหนัก (ความสามารถรับน้ำหนัก) ของดินนั้นคือไม่เกิดการวิบัติซึ่งเป็นพฤติกรรมของ Hysteresis Loops ที่อยู่ในสภาวะ Equilibriums (สมดุล) โดยที่ค่ากำลังรับน้ำหนักเฉือนที่ได้ที่อัตราการให้น้ำหนัก 0.1 รอบต่อวินาทีจะมีค่ามากกว่าที่อัตรา 0.01 รอบต่อวินาทีอยู่เล็กน้อยคือประมาณ 5-20 เปอร์เซ็นต์ (ขึ้นอยู่กับ confining pressure) ส่วนพฤติกรรมของ Pore Pressure Behavior (แรงดันโพรง) มีพฤติกรรมที่เหมือนกันคือเพิ่มขึ้นเมื่อความเครียดเพิ่มขึ้น โดยที่อัตราการให้น้ำหนัก 0.1 รอบต่อวินาทีมีค่า Excess Pore Pressure มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่าที่อัตรา 0.01 รอบต่อวินาที อิทธิพลของค่าสัดส่วนการอัดแน่นกินตัวมีอิทธิพลต่อโมดูลัสเฉือนเมื่อเปรียบเทียบกับดินเหนียวที่ค่าสัดส่วนการอัดแน่นเกินตัวที่อยู่ในช่วง Normally Consolidated Clay (OCR=1) จะมีอิทธิพลต่อค่าโมดูลัสเฉือนเมื่อเปรียบเทียบกับดินเหนียวที่อยู่ช่วง Slightly Consolidated Clay (OCR=2) และมีอิทธิพลต่อค่าโมดูลัสเฉือนอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับดินเหนียวที่อยู่ช่วง Heavily Consolidated Clay (OCR=6) เมื่ออยู่ในช่วงความเครียดตามแนวแกนที่ค่าช่วงน้อยกว่า 0.1 % (small strain) ซึ่งอิทธิพลดังกล่าวเกิดจากอิทธิผลของแรงดันประสิทธิผล (σ_3') ส่วนช่วงที่ความเครียดตามแนวแกนที่มีค่ามาก (large strain) คือที่ความเครียดตามแนวแกนมีค่ามากกว่า

Abstract

Soil is often subjected to vibratory loading as result of natural forces (earthquakes, wind, waves) or human activities (trains, pile driving, blasting, etc.). Large vibrations exist in the amplitude, frequency, durations of such loading ; even larger variations in the responses of soil are to be expected since this response depends on the characteristics of the soil as well as the loading characteristics. This research had been investigated in the behavior of Bangkok Clay (soft clay). Undisturbed sample of clay were obtained from Civil Engineering Laboratory Thammasart University (Rangsit) Bangkok Thailand at depth 7, 10 and 13 meters, used sample 3 depths difference for the varied of plasticity index samples. The following characteristics properties were found from laboratory test on the undisturbed samples:natural water content 57%-94%, liquid limit 72%-95%, plastic limit 29%-32%, plasticity index 63%, 55%, 43%, unit weight 1.45, 1.50, 1.57 g/cm^3, overconsolidated Ratio 1.40, 1.30, 1.03. Testing of dynamics characteristics with testing of cyclic loading during shear, using cyclic triaxial equipment with back pressure of 200 kPa, used suction method for saturated sample (B$\geq$ 95%), under effective confining at overburden pressure, OCR=1(400 kPa), 2(200 kPa) and 6(67 kPa), consolidated pressure varied case of OCR and samples were consolidated isotropically for 24 hours or end of consolidation prior to testing, shearing test (stress control) used cyclic shearing rate 0.1 Hz and 0.01 Hz. and by increasing of sine wave loading (axial stress) by increasing of peak to peak (compression to extension) amplitude and give 15 cycles per load, measured axial strain and excess pore pressure, between shearing test are not permitting to open back pressure valve (fully excess pore pressure) until sample had failed. From result of behavior in cyclic shearing load with rate 0.1 and 0.01 Hz., investigation under two effected factors (plasticity index and confining pressure) we founded that all behavior (stress, stain, hysteresis loops, excess pore pressure, stress path and shear modulus) are had similar behavior in both cyclic shearing rate but the value in rate 0.1 Hz. have more value than rate 0.01 Hz. about 5-20%, depend on plasticity index and confining pressure and can separated behavior of in two rage. The first is behavior in small strain when the axial stain has value less than 0.1%,

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วีรยา ฉิมอ้อย อาจารย์ที่ปรึกษา และ รศ.ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาร่วม (ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ที่ให้คำปรึกษาและติดตามดูแล ตลอดระยะที่เวลาที่ทำการศึกษาวิจัยจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ชาย ผู้มีพระคุณสูงสุดอันเป็นที่รักและเคารพ ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนในทุกๆ ด้านมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่าน

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและนายกฤษฎา ภูมี ครูปฏิบัติการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโยธาเพื่อทดสอบงานวิจัยนี้จนเสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องไม่มากก็น้อย

ธนากร นาเชียงใต้

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญตาราง	(9)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	15
2.2.1 การเคลื่อนตัวของมวลดิน (Ground Motion)	15
2.2.2 นิยามที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหว	15
2.2.3 ทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์ผลในการทดสอบภายใต้สภาวะการรับน้ำหนักแบบสถิตยศาสตร์	18
2.2.3.1 p-q ไดอะแกรมทางเดินของหน่วยแรงของ MIT	18
2.2.4 ทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์ผลในการทดสอบภายใต้สภาวะการรับน้ำหนักแบบพลศาสตร์	21

2.2.4.1 คุณสมบัติทางพลศาสตร์ของดินที่มีความถูกต้อง 21
(Accuracy of the dynamic soil property of site)
2.2.4.2 แบบจำลอง Linear Viscoelastic 21
2.2.4.3 ความสัมพันธ์หน่วยแรงกับความเครียดของแรงแบบวัฏจักรซ้ำซาก 22
(The General Expression of Cyclic Stress strain Relationshrip)
2.2.4.4 Hystertic Stress-Strain curve 24
2.2.4.5 แบบจำลองที่แทนระบบด้วย spring และ Dastpot 28
(Model representation by the spring dashpot system)
2.2.4.6 แบบจำลองของเคลวิน (Kelvin Model) 29
2.2.4.7 แบบจำลองของเมกซ์เวล (Maxwell Model) 31
2.2.4.8 Non Viscous type Kevin Model 33
2.2.5 วิธีการหาคุณสมบัติของดินทางพลศาสตร์ 34
2.2.5.1 การวัดค่าความเร็วคลื่นแบบเฉือนในสนาม 34
(measurement of in – situ shear wave velocity)
2.2.5.2 การหาคุณสมบัติทางพลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ 37
(Measurement of dynamic properties in laboratory)
2.2.5.2.1 Measurement of dynamic using wave propagation 37
2.2.5.2.2 Measurement of the stiffness and damping using conventional equipment 39

3. วิธีการวิจัย 40
3.1 ศึกษาความรู้ทางด้านพลศาสตร์ปฐพี (Soil Dynamics) 40
ทบทวนทฤษฎี (Theory) และผลงานในอดีต (Literature Review)
3.2 เก็บตัวอย่างทดสอบและทดสอบในห้องปฏิบัติการ 40
3.2.1 เก็บตัวอย่างทดสอบและทดสอบในห้องปฏิบัติการ 40
3.2.2 วิธีการเจาะสำรวจและการเก็บตัวอย่าง 40
3.3 ขั้นตอนการทดสอบ 41
3.3.1 การทดสอบภายใต้สภาวะการรับน้ำหนักแบบสถิตยศาสตร์ 41
3.3.2 การทดสอบภายใต้สภาวะการรับน้ำหนักแบบพลศาสตร์ 43

4. ผลการทดสอบ 49
4.1 พฤติกรรมของหน่วยแรง 49
4.2 พฤติกรรมของความเครียดตามแนวแกน 54
4.3 พฤติกรรมของ Hystertic Stress-Strain Curve 58
4.4 อิทธิพลของความถี่ที่มีต่อพฤติกรรมของการวิบัติ 64
4.5 อิทธิพลของความถี่ที่มีต่อค่าโมดูลัสเฉือน 65
4.6 ผลกระทบของอัตราการให้น้ำหนักเฉือนที่มีต่อทางเดินหน่วยแรง 67
4.7 อิทธิพลของความถี่ที่มีต่อค่าอัตราส่วนอัตราส่วนแดมปิง 68
4.8 อิทธิพลของความถี่ที่มีต่อพฤติกรรมของแรงดันโพรง 70
4.9 ผลกระทบของอัตราการให้น้ำหนักเฉือนและแรงดันประสิทธิผลที่มีต่อโมดุลัสเฉือน 73
4.10 ผลกระทบของอัตราการให้น้ำหนักเฉือนและค่าพลาสติกซิตี้ที่มีต่อโมดุลลัสเฉือน 76
4.11 ผลกระทบของอัตราการให้น้ำหนักเฉือนและค่าสัดส่วนการอัดแน่นเกินตัวที่มีต่อโมดุลลัสเฉือน 79
4.12 ผลกระทบของอัตราการให้น้ำหนักเฉือนและแรงดันประสิทธิผลที่มีต่อค่าแดมปิง 82
4.13 ผลกระทบของอัตราการให้น้ำหนักเฉือนและค่าพลาสติกซิตี้ที่มีต่อค่าแดมปิง 85
4.14 ผลกระทบของอค่าสัดส่วนการอัดแน่นเกินตัวที่มีต่อค่าแดมปิง 89
4.15 เปรียบเทียบผลการทดสอบของค่าโมดุลัสเฉือนระหว่างการทดสอบการให้น้ำหนักแบบวัฏจักร (พลศาสตร์) กับค่าโมดุลัสเฉือนของ CU Test (สถิตยศาสตร์) 92

5. สรุปผลการทดสอบ 94

6. บรรณานุกรม 96

7. ภาคผนวก
ก. ตัวอย่างผลการทดสอบ Hysteresis Loops และทางเดินหน่วยแรง 97
1 ชุดน้ำหนักทดสอบ (15 รอบ)
ข. พฤติกรรมต่างๆ ในช่วงคามเครียดมาก (large strain), ความเครียดมากกว่า 1% 132
ค. พฤติกรรมโมดุลัสเฉือนในช่วงคามเครียดน้อย (small strain),
ความเครียดน้อยกว่า 1%

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การวัดขนาดของการเกิดแผ่นดินไหวแบ่งออกเป็น 12 ระดับในแนวของ Modified Mercalli Scale	17
3.1	แสดงรายการทดสอบของการวิจัย	45
3.2	แสดงรายการทดสอบอิทธิพลของความถี่และ Plasticity index	46
3.3	แสดงรายการทดสอบอิทธิพลของค่าสัดส่วนการอัดแน่นเกินตัว (OCR) และ Plasticity index (Rate of Cyclic Load 0.01 Hz.)	46
3.4	แสดงรายการเปรียบเทียบการทดสอบแบบพลศาสตร์กับสถิตยศาสตร์	46
3.5	แสดงรายการทดสอบอิทธิพลของ Effective Confining Pressure และ Plasticity index (Rate of Cyclic Load 0.01 Hz.)	46