การหาความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสเฉือนและความเครียดเฉือนโดยเบนเดอร์อิลิเมนต์

นายณรงค์ศักดิ์ บุญยศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1034-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DERTERMINATION OF RALATION BETWEEN SHEAR MODULUS AND SHEAR STRAIN BY BENDER ELEMENT

Mr. Narongsak BUNYOT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 974-53-1034-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสเฉือนกับความเครียดเฉือนโดยเบนเดอร์อิลิเมนต์
โดย	นายณรงค์ศักดิ์ บุญยศ
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย เทพรักษ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย อุกฤษฎชน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณรงค์ศักดิ์ บุญยศ : การหาความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสเฉือนกับความเครียดเฉือนโดยเบนเดอร์อิลิเมนต์ (DERTERMINATION RELATION BETWWEN SHEAR MODULUS AND SHEAR STRAIN BY BENDER ELEMENT) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี, 97 หน้า. ISBN : 974-53-1034-4

งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมการเกิดขึ้นของความเครียดเฉือนของดินเหนียวธรรมชาติในบริเวณถนนบางนาตราด กม.29+800 จากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ (Consolidation Test) โดยวิธีการแพร่กระจายของคลื่น (Wave Propagation) โดยเบนเดอร์อิลิเมนต์ ซึ่งในการใช้วิธีนี้จะต้องพิจารณาคลื่นหลักอยู่ 2 ชนิด คือ P-Wave (compressive Wave) และ S-Wave (Shear Wave) การเคลื่อนที่ของ P-Wave นั้นจะมีผลกระทบเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ผ่านน้ำหรือดินเปียกเนื่องมาจาก น้ำเป็นของเหลวที่สามารถรับแรงอัดได้ (Compressible Fluid) ในขณะที่ S-Wave ไม่มีผลกระทบจากน้ำและได้นำทฤษฎีของ Elastic Wave Medium ประยุกต์ใช้ในการทดสอบด้วย

การหาโมดูลัสโดยการใช้ เบนเดอร์อิลิเมนต์ ซึ่งเป็นการแปรสัญญาณจาก electro-mechanics ที่เป็นพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าและในทางกลับกันเปลี่ยนพลังไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เบนเดอร์อิลิเมนต์เป็น piezo-ceramic plate 2 แผ่นมาประกบกัน สามารถใช้ได้เป็นทั้งตัวส่งและตัวรับคลื่น อีกทั้งการใช้วิธีเบนเดอร์อิลิเมนต์ยังง่ายและสามารถหาค่าโมดูลัสเฉือนระหว่างการทดสอบแรงเฉือน,อิ่มตัวด้วยน้ำของตัวอย่างและ การอัดตัวคายน้ำ ขณะที่วิธีอื่นๆทำไม่ได้

จากการทดสอบการด้วยเทคนิคที่นำเสนอนั้นได้ใช้ความถี่ที่ 0 - 500 Hz ในการกำเนิดคลื่นแรงเฉือน พบว่า เมื่อเพิ่มความถี่ของคลื่นแรงเฉือนจะเป็นผลทำให้เวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นลดลง และเนื่องระยะในการเคลื่อนที่มีค่าคงที่ ดังนั้นค่าความเร็วคลื่นแรงเฉือนที่คำนวณได้จึงมีค่าเพิ่มขึ้นและเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับความถี่ที่ใช้กำเนิดคลื่น ดังนั้นเมื่อความเร็วของคลื่นแรงเฉือนเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าโมดูลัสเฉือนที่คำนวณได้ตามทฤษฎีข้างต้นก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความถี่ที่เพิ่มขึ้นด้วย

จากการทดสอบการด้วยเทคนิคที่นำเสนอนั้นได้ใช้ความสูงคลื่น 0-120 Volt ในการกำเนิดคลื่นแรงเฉือน พบว่า เมื่อเพิ่มขนาดของคลื่นแรงเฉือนจะไม่ส่งผลต่อเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นแรงเฉือน และเนื่องระยะในการเคลื่อนที่มีค่าคงที่ ดังนั้นค่าความเร็วคลื่นแรงเฉือนที่คำนวณได้จึงมีค่าคงที่ไปตลอดทุกความสูงของคลื่นแรงเฉือนที่ใช้ ดังนั้นเมื่อความเร็วของคลื่นแรงเฉือนคงที่และนำมาค่าโมดูลัสเฉือนที่คำนวณได้ตามทฤษฎีข้างต้นก็จะมีค่าคงที่ทุกความสูงของคลื่นแรงเฉือนที่ใช้ แต่จะส่งผลให้คลื่นแรงเฉือนที่เคลื่อนที่ผ่านมวลดินมีความสูงของลูกคลื่นมากขึ้น ทำให้การเคลื่อนตัวของอนุภาคมวลดินมีค่ามากตามไปด้วย จึงทำให้เกิดความเครียดเฉือนมากขึ้นและเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับความสูงคลื่นของคลื่นแรงเฉือน

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2547

4470292921: MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: CLAYS / SHEAR MODULUS / SHEAR WAVE / SHEAR STRAIN / BENDER ELEMENT

NARONGSAK BUNYOT : DERTERMINATION RELASHIONSHIP BETWEEN SHEAR MODULUS AND SHEAR STRAIN BY BENDER ELEMENT. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. TIRAWAT BOONYATEE, D.Eng., 97 pp. ISBN : 974-53-1034-4

This research has studied on behavior of generating of shear strain in natural clay nearby Bang-na Trad road km:29+800. This test is consolidation test and wave progapation by Bender element In this method, it has to be considered two main kinds of waves : P-Wave (Compressive Wave) and S-Wave (Shear Wave). The motion of P-Wave receives an influence from water when it moves through water or wet clay. This is because water can get compressible fluid, while S-Wave do not receive impact from water. And Elastic wave medium theory is also applied to this test.

Calculating modulus by Bender element is a signal translation from electro-mechanic that is mechanic energy to electronic energy and vice versa. เบนฯ is two pieces of piezo-ceramic plate. It can use for wave sender or receiver. Bender element is also available and can find shear modulus ,satuation and consolidation, while other methods cannot do.

Based on this test, using frequency of 0-500 Hz. we found that when increasing frequency of shear wave, the time in motion of wave reduced. And because the distant is constant, so the speed of shear wave increase and relate linearly to frequency generating wave. So when the speed of shear wave increases, it make shear modulus calculated from this theory increase as well.

Based on this test, using frequency 0-120 Volt, we found that when increasing shear wave, it did not impact on the time of motion of shear wave. And because the distant is constant, so the speed of shear wave calculated is constant in any height of shear wave. When the speed of shear wave is constant, the shear modulus calculated from this theory will be constant in any height of shear wave. But this will make shear wave moving through clay have more wave height. And that increases motion of particle and causes more shear strain related linearly with the height of shear wave

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

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

Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ฐิรวัตร บุญญะฐี ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำปรึกษา แนะแนวทาง ตรวจสอบ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลา และให้คำแนะนำ รวมทั้งให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ อาจารย์ พี่ น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนตลอดจนเจ้าหน้าที่วิจัยปฐพีกลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความร่วมมือ และช่วยเหลือเป็นอย่างดีเสมอมา

คุณวันเพ็ญ หนูเกตุ ที่ช่วยพิมพ์ เรียบเรียง ตลอดจนเป็นกำลังใจที่ดีในยามที่ผู้เขียนท้อเสมอมา

สุดท้ายนี้ ผู้เขียนปรารถนาที่จะแสดงความรำลึกถึงพระคุณของบิดาและมารดา ที่ได้ให้ความสนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียนมาโดยตลอด จนสำเร็จการศึกษาในระดับนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูป ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและสภาพปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ลักษณะทั่วไปของดินกรุงเทพและบริเวณใกล้เคียง 4

2.1.1 กำเนิดของชั้นดินกรุงเทพ 4

2.1.2 กำเนิดของชั้นดินบริเวณใกล้เคียงกรุงเทพ 5

2.2 หน่วยแรงรวมและหน่วยแรงแระสิทธิผล

(Tatal Stress and Effective Stress) 7

2.3 การศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของโมดูลัสที่ผ่านมา 8

2.4 การทดสอบการหาค่าโมดูลัสเฉือนในห้องปฏิบัติการ 8

2.4.1 การหาค่าโมดูลัสเฉือนในช่วงความเครียดมาก 17

2.4.2 การหาค่าโมดูลัสเฉือนในช่วงความเครียดน้อย 17

2.4.3 การหาค่าโมดูลัสเฉือนในช่วงความเครียดน้อยมาก 18

2.5 การเลือกแบบและการประกอบแผ่น Bender Element 22

2.5.1 ทิศทางการเคลื่อนที่ของประจุ 22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.5.2 การเชื่อมต่อ Bender Element 22
2.6 การหาค่าโมดูลัสเฉือนในสนาม 27
2.6.1 Rayleigh Wave Velocity Survey 27
2.6.2 Seismic Refraction Survey 27
2.6.3 Cross Hole Test 28
2.6.4 Down Hole Method 28

บทที่ 3 วิธีการทดสอบและวิจัย 38
3.1 สถานที่และการเก็บตัวอย่างดิน 38
3.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่างดิน 38
3.1.2 วิธีการเก็บตัวอย่างดิน 40
3.2 การทดสอบและการเก็บข้อมูลในสนาม 41
3.2.1 การทดสอบ Field Vane Shear Test 41
3.2.1 การวัดระดับน้ำและแรงดันน้ำในสนาม 42
3.3 การทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐาน(Basic Properties Test) 45
3.4 การทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ (1-D Consolidation Test) โดย
เครื่องมือมาตรฐาน 45
3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ 46
3.4.2 ขั้นตอนในการทดสอบ 49
3.4.2.1 การเตรียมตัวอย่าง 49
3.4.2.2 การเตรียมเครื่องมือทดสอบ 49
3.4.3 วิธีการทดสอบ 54
3.5 การทดสอบ Stress Path Test และโปรแกรมการทดสอบ 56
3.5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ Tri-test 56
3.5.2 ขั้นตอนในการทดสอบ 59
3.5.2.1 การเตรียมตัวอย่างดิน 59
3.5.2.2 การเตรียมเครื่องมือการทดสอบ 59

หน้า

3.5.2.3 การเตรียมเครื่องมือทดสอบและการจัดตัวอย่างใน
เครื่องมือทดสอบ Triaxial 62
3.5.2.4 การทำให้ตัวอย่างอิ่มตัว (Saturation State) 63
3.5.2.5 การอัดตัวคายน้ำของตัวอย่างและการส่งคลื่นแรงเฉือน
(Consolidation & Shear Wave measurement).....63
3.6 การคำนวณผลและวิเคราะห์ข้อมูล 64

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 65
4.1 บทนำ.....65
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม 66
4.2.1 คุณสมบัติทางวิศวกรรม 66
4.2.2 ลักษณะทางกายภาพ.....66
4.3 ผลการทดสอบค่าโมดูลัสเฉือนโดย Bender Element 68
4.3.1 ผลการทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ของคลื่นแรงเฉือน.....68
4.3.2 ผลการทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงความสูงคลื่นของคลื่นแรง
เฉือน.....70
4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่,ความสูงคลื่นกับความเครียด.....72

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....76
5.1 สรุปผลการวิจัย.....76
5.1.1 อิทธิผลจากตัวแปรต่างๆที่ทำงานทดสอบ 76
5.2 ข้อเสนอแนะ 77

รายการอ้างอิง.....79

ภาคผนวก.....82

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

2.1 รูปตัดแสดงชั้นดินบริเวณใกล้เคียงกรุงเทพจากเหนือไปใต้ 6
2.2 รูปตัดแสดงชั้นดินบริเวณใกล้เคียงกรุงเทพฯ จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก 6
2.3 แสดงหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในการทดสอบ Triaxial 7
2.4 อิทธิพลของ Parameter ต่างๆต่อ Shear Modulus (Shibuya et al,1992) 10
2.5 Max Shear modulus for Normal Consolidated 11
2.6 อิทธิพลของค่า PI และค่า OCR 11
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง K_s และ n_0 กับ Plasticity Index 12
2.8 การทดสอบแบบ Fixed-Free Resonant Column 14
2.9 การรบกวนตัวอย่างโดยการบิด 14
2.10 ค่าโมดูลัสเฉือนกับค่าความเครียดเฉือน 14
2.11 แสดงค่าของ G ช่วง Strain ต่างๆ 15
2.12 การเปรียบเทียบค่า Shear Modulus ของการทดสอบในสนามและในห้องปฏิบัติการ 16
2.13 Hardin & Richart ,(1963) Resonant Column Test (a) Torsion Vibration,(b)Longitudinal Vibration 20
2.14 Drnevich Resonant Column Test,(1967) 20
2.15 Mini-Air Hammer (Arulnathan,2000) 21
2.16 แสดงค่าของช่วง Strain ต่างๆที่เหมาะสมการทดสอบ 21
2.17 ลักษณะของแรงที่เกิดขึ้นเมื่อมีคลื่น Shear wave และ compressive wave 21
2.18 Same Polarization diagram 22
2.19 Opposite Poralization diagram 22
2.20 a) 2-Layer Bending Element, Poled for Series Operation (2-wire) 23
2.20 b) การต่อแบบอนุกรม 23
2.21 a) 2-Layer Bending Element, Poled for Parallel Operation (3-wire) 23
2.21 b) การต่อแบบขนาน 23
2.22 แสดงการต่อแบบส่งคลื่นแรงเฉือน 24
2.23 แสดงการต่อแบบส่งคลื่นแรงอัด 24
2.24 การเคลือบ Bender Element 25
2.25 การติดตั้งกับอุปกรณ์ที่ทำการทดสอบและทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคและการเคลื่อนที่

รูปที่ หน้า

ของ Shear Wave 25
2.26 การส่งคลื่นแบบสี่เหลี่ยม 26
2.27 การส่งคลื่นรูปซายน์ 26
2.28 แสดงค่า Factor กับค่าของ Shear Strain 26
2.29 Seismic Refraction Survey 28
2.30 Cross Hole Test 29
2.31 แสดงเส้นทางการเดินทางของคลื่นเมื่อชั้นดินด้านล่างมีความแงแรงกว่า 29
2.32 Down Hole Method 30
2.33 รายละเอียดของ Seismic Cone Penetration 30
2.34 Large Strain Cross Hole Test 31
2.35 การหาความเร็วของอนุภาคดิน 32
2.36 การหาความเร็วของ Shear Wave 32
2.37 คำจำกัดความของช่วงเวลา (a) ส่งคลื่นแบบ Sine wave (b) ส่งคลื่นแบบ Sine wave ในเงื่อนไขของการสั่นพ้อง (c) ส่งคลื่นแบบ Square wave 34
2.38 แสดงการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาเมื่อความถี่เพิ่ม (Shibuya,1999) 35
3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งของหลุมเจาะ สำหรับบริเวณ ถ.สายบางนา-บางปะกงกม. 29-800 39
3.2 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี Fixed Piston Sampling 41
3.3 แสดงแรงดันน้ำในโพรงดินสำหรับบริเวณใจกลางกรุงเทพฯ (พินิจ , 2544) 43
3.4 แสดงแรงดันน้ำในโพรงดินสำหรับบริเวณ ถ.สายบางนา-บางปะกง กม.30 (พินิจ , 2528)44
3.5 อุปกรณ์ทดสอบ Oedometer 47
3.6 การติดตั้งอุปกรณ์ส่วนที่เป็นฐาน 47
3.7 แสดง section A-A ในการทดสอบที่ติดตั้ง Bender Element 48
3.8 Bender Element 49
3.9 การเคลือบ Bender Element ด้วยกาว epoxy 50
3.10 การติดตั้งอุปกรณ์การ calibration bender element 51
3.11 แสดงการติดตั้ง Strain Gauge บน Piezo electric 52
3.12 แสดงลักษณะของ Oedometer 53
3.13 แสดงการหาค่า σ'_{vo} ในการทดสอบ Oedometer 55

รูปที่ หน้า

3.14 แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์แต่ละชิ้นของเครื่องมือทดสอบ Stress Path Control System 57
3.15 การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อการทดสอบอุปกรณ์ในส่วนการส่งคลื่นแรงเฉือน (Section A-A) 58
3.16 ตัวอย่างภาพตัด Top & Bottom Cap ตามปกติ..... 60
3.17 ตัวอย่างภาพตัด Top & Bottom Cap เมื่อทำการเจาะเพื่อติดตั้ง Bender Element 60
3.18 การเจาะแผ่นหินพรุน 61
3.19 การเตรียมกระดาษกรอง 61
4.1 Soil Boring Log ของตัวอย่างดินจากบริเวณ ถนน บางนา-ตราด กม. 28+600 67
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความเร็วคลื่นแรงเฉือน 69
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับโมดูลัสเฉือน 70
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงคลื่นกับความเร็วคลื่นแรงเฉือน..... 71
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงคลื่นกับโมดูลัสเฉือน..... 72
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความเครียดเฉือน..... 73
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงคลื่นกับความเครียดเฉือน 73
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสเฉือนกับความเครียดเฉือน(ผลกระทบของความสูงคลื่น)..... 74
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสเฉือนกับความเครียดเฉือน(ผลกระทบของความถี่)..... 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของดินและวิธีการหาคุณสมบัติที่ระดับความเครียดต่างๆ 20

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม 66

ตารางที่ 4.2 ค่าเวลาการเคลื่อนที่, ความถี่, ความเร็วคลื่นแรงเฉือน และค่าโมดูลัสเฉือนที่ได้จากการคำนวณ 68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย