

Inherent และ Stress Induced Anisotropy ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ INHERENT AND STRESS INDUCED ANISOTROPY OF SOFT BANGKOK CLAY

อากม แสงการ¹, ก่อโชค จันทวารงกูร²

¹วิศวกรโยธา

บริษัท ซีเอ็มที คอร์ปอเรชั่นจำกัด

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ: พฤติกรรมและกำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ มีลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละทิศทาง ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะประจำตัว (Inherent anisotropy) และเนื่องจากลักษณะทิศทางของหน่วยแรงภายนอกที่กระทำ (Stress induced anisotropy) ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างดินและฐานราก จะต้องพิจารณาถึงประเด็นดังกล่าว การวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาพฤติกรรมและกำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพที่ระดับความลึก 4 เมตร โดยระบบ Automatic Stress Path Triaxial Test ซึ่งสามารถควบคุมทางเดินของหน่วยแรงกระทำโดยคอมพิวเตอร์ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อดินรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนเอียงของแท่งตัวอย่างต่างๆ กัน จากแนวตั้งถึงแนวราบ ค่าพารามิเตอร์ความดันน้ำ A_f มีแนวโน้มสูงขึ้น และกำลังรับแรงเฉือนของดินมีแนวโน้มลดลง โดยกำลังรับแรงเฉือนในแนว 30° , 60° และ 90° มีค่าเป็น 79%, 90% และ 82% ของกำลังรับแรงเฉือนในแนวตั้ง ตามลำดับ และเมื่อเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเดินของหน่วยแรงกระทำ ค่าพารามิเตอร์แรงดันน้ำ A_f มีค่าใกล้เคียงกัน และทางเดินของหน่วยแรงประสิทธิผลมีรูปแบบเดียวกัน แต่กำลังต่างกัน โดยกำลังรับแรงเฉือนของดินในลักษณะ Active Stress, Passive Stress และ Excavation มีค่าเป็น 73%, 71% และ 63% ของการทดสอบแบบปกติ ตามลำดับ

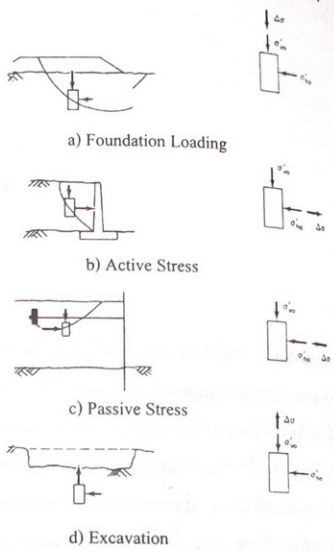
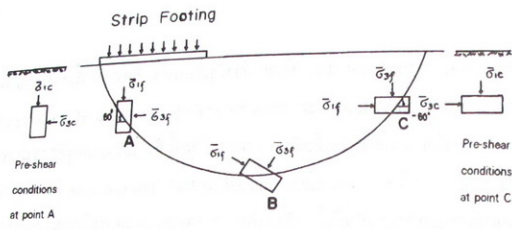
ABSTRACT: Inherent anisotropy and stress induced anisotropy are the important characteristics in design and analysis of soil foundation since they affect the variation of the shear strength behavior. This study investigates the shear strength behavior of soft Bangkok clay at four-meter depth by automatic stress path triaxial test which is capable in controlling the stress path applied to sample. The test results of soil specimens, oriented from vertical to horizontal show that pore pressure parameter A_f is increased whereas compressive strength has decreased. The compressive strength in 30° , 60° and 90° direction are 79%, 90% and 82% of the vertical compressive strength, respectively. When the applied stress paths are changed, pore pressure parameter A_f is similar. The effective stress paths are found to be similar but different in strength. The strength of Active Stress, Passive Stress and Excavation are 73%, 71% and 63% of Foundation Loading, respectively.

KEYWORDS: Anisotropy, Shear Strength, Bangkok Clay

For further details, contact Arkom Sawangkarn, 28/72 Moo 13 Soi Romruen, Ladprao Rd. Ladprao Bangkok Tel: 9311-066-8 Fax. 530-0495 E-mail: gmt@loxinfo.co.th http: www.gmt.co.th

1. บทนำ

การทดสอบพฤติกรรมของดินโดยทั่วไป เป็นการนำตัวอย่างในแนวตั้งมาทดสอบด้วยวิธีปกติ แบบการรับน้ำหนักเพิ่มขึ้น แล้วนำผลมาใช้วิเคราะห์หาค่าของระบบของงานออกแบบ จากการศึกษาพบว่าลักษณะของหน่วยแรงที่กระทำต่อมวลดินตามระนาบการวิบัติจะมีทิศทางที่แตกต่างกันดังรูปที่ 1 นอกจากนั้นชนิดของหน่วยแรงจากน้ำหนักบรรทุกก็มีผลให้รูปแบบของหน่วยแรงที่กระทำต่อดินมีลักษณะต่างกัน (Stress induced Anisotropy) ดังรูปที่ 2 คือหน่วยแรงจากสภาพดินภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น (Foundation Loading, FL) หน่วยแรงจากสภาพดินหลังกำแพงกันดิน (Active Stress, AS) หน่วยแรงจากสภาพดินหลังผนัง (Passive Stress, PS) และหน่วยแรงจากสภาพดินภายใต้การลดน้ำหนักบรรทุกของมวลดินในชั้นดิน (Excavation, Ex) ดังนั้น หากหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของหน่วยแรงกระทำและพฤติกรรมของดิน การวิเคราะห์จะสามารถกระทำได้อย่างใกล้เคียงมีความถูกต้องและเหมาะสมกับการนำไปใช้งานยิ่งขึ้น



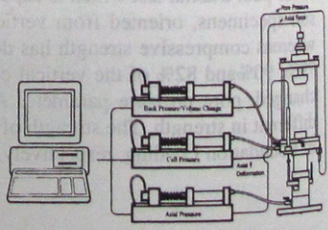
รูปที่ 1 หน่วยแรงกระทำต่อมวลดินและระนาบของการวิบัติ

รูปที่ 2 ลักษณะของหน่วยแรงในสนามและหน่วยแรงในการทดสอบ

2. การทดสอบ Triaxial

2.1 Triaxial test

Triaxial test เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของดิน ได้รับการพัฒนาโดย Bishop และ Henkel [1] ซึ่งเป็นที่ยอมรับและถือเป็นต้นแบบของการทดสอบ Triaxial ในปัจจุบัน Bishop และ Wesley [2] ได้พัฒนา Hydraulic Stress Path Triaxial Cell ลักษณะพิเศษของเครื่องมือนี้คือสามารถติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงเข้ากับส่วนบนของตัวอย่างทดสอบได้ และในส่วนฐานของเครื่องมือจะเป็นระบบการ Loading ในตัว ทำให้การกดตัวอย่างหรือการควบคุมทางเดินของหน่วยแรงภายในตัวอย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น Menzies [3] ได้พัฒนาอุปกรณ์ Digital Hydraulic Controller และนำระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุมการทดสอบ ดังรูปที่ 3 ทำให้การทดสอบและบันทึกผลเป็นไปอย่างอัตโนมัติ



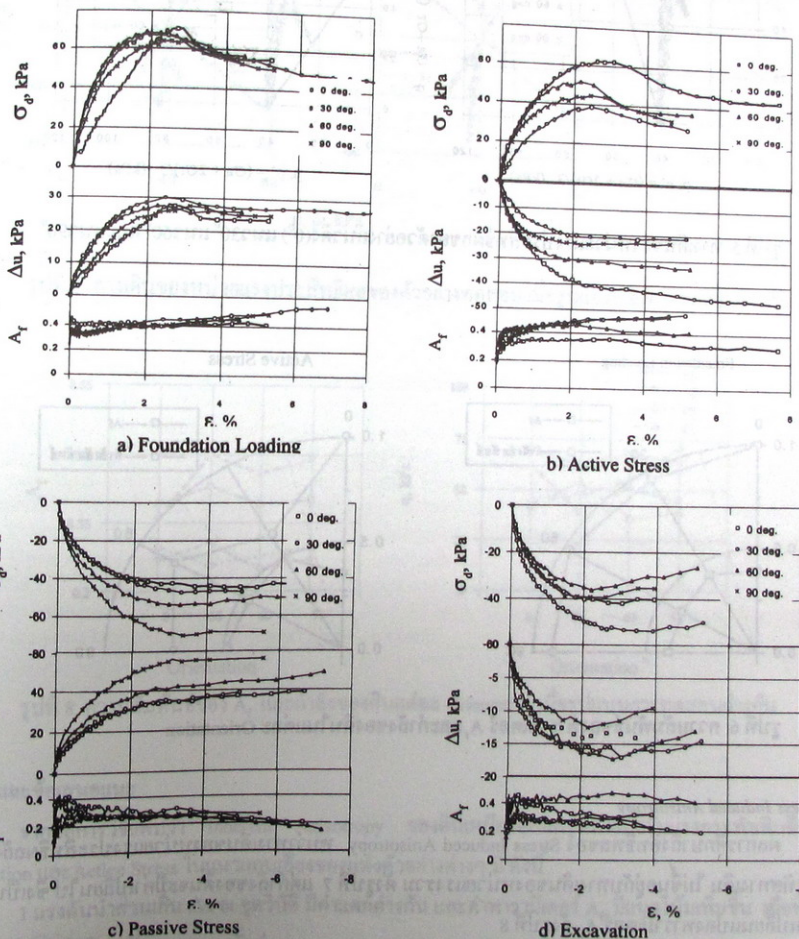
รูปที่ 3 ระบบ Triaxial แบบอัตโนมัติ

2.2 ตัวอย่างทดสอบและการทดสอบ

การทดสอบใช้ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯที่มีความลึก 4.0 ม. นำมาตัดเป็นแท่งตัวอย่างขนาด ϕ 35 x 70 มม. แทนของตัวอย่างอยู่ในแนวตั้ง(0°) แนว30° แนว60° และแนว90° นำมาทดสอบ Triaxial โดยควบคุม Initial Isotropic Effective Stress เท่ากับ 40 kPa ทุกตัวอย่าง แล้วทดสอบใน 2 ลักษณะคือ ควบคุมทางเดินของหน่วยแรงรวมลักษณะเดียวกันแก่ตัวอย่างดินแนวตั้ง(0°) แนว30° แนว60° และแนวราบ(90°) เพื่อศึกษาผลของ Inherent Anisotropy และควบคุมทางเดินของหน่วยแรงรวมลักษณะต่างกัน ตามชนิดของการรับน้ำหนักในสนาม คือ Foundation Loading, Active Stress , Passive Stress และ Excavation เพื่อศึกษาถึงผลของ Stress Induced Anisotropy

3. ผลการทดสอบ

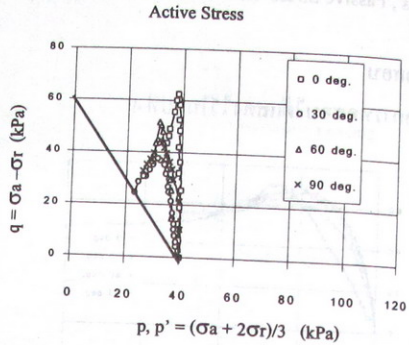
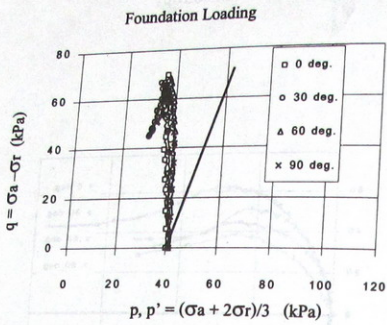
ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 4



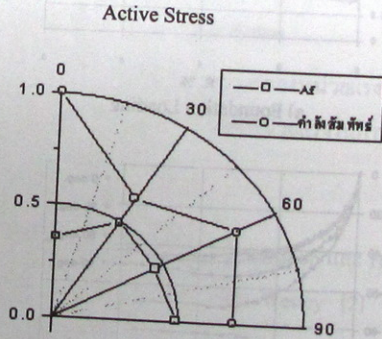
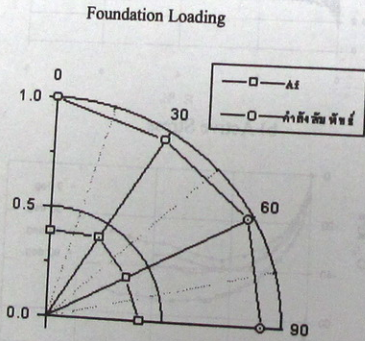
รูปที่ 4 กราฟแสดงผลการทดสอบ Triaxial แบบ Foundation, Active, Passive และ Excavation

3.1 Inherent Anisotropy

ผลการศึกษาดังกล่าวถึงอิทธิพลของ Inherent Anisotropy ดังรูปที่ 5 พบว่าทางเดินของหน่วยแรงประสิทธิผลยังคงคงรูปร่างลักษณะเดียวกัน แต่ Strength ต่างกัน และรูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ A_r และกำลังของดินสัมพัทธ์ (Relative Compressive Strength, σ_d / σ_d^0) พบว่า A_r มีแนวโน้มสูงขึ้น และกำลังของดินสัมพัทธ์ มีแนวโน้มลดลง จากแนวคิ่งสู่แนวราบ จากการวิจัยพบว่ากำลังของดินในแนว 30° , 60° และ 90° มีค่าเป็น 79%, 90% และ 82% ของกำลังในแนวคิ่ง ตามลำดับ



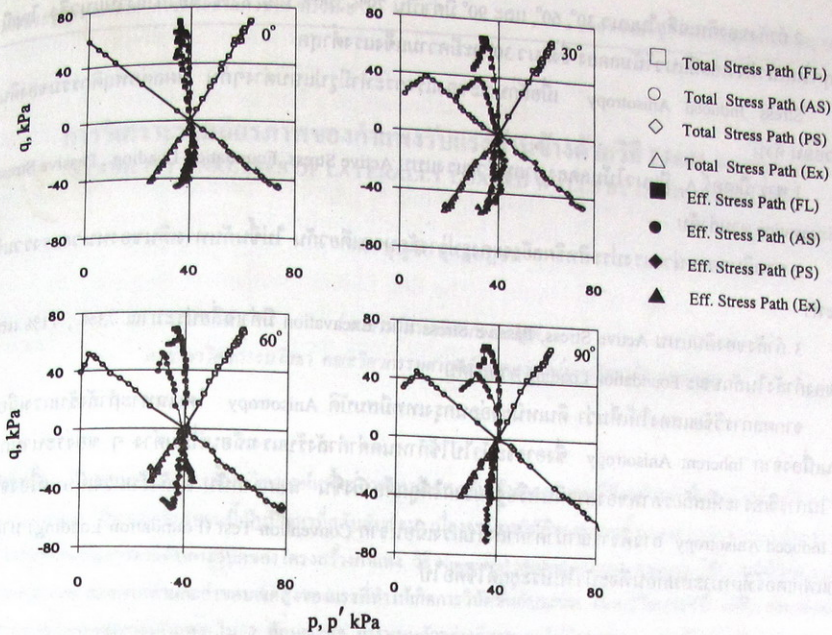
รูปที่ 5 ทางเดินของหน่วยแรงประสิทธิผลของตัวอย่างแนวคิ่ง(0°) แนว 30° แนว 60° และแนว 90°



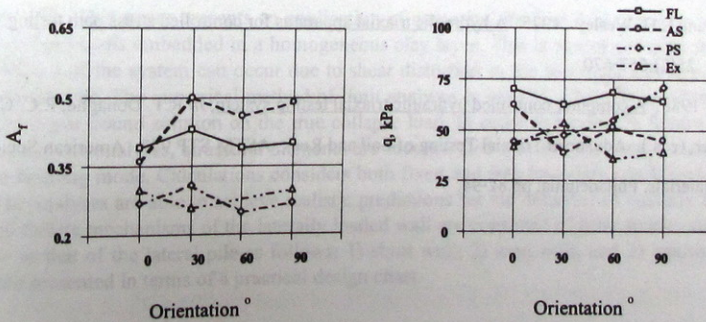
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ A_r และกำลังของดินในแต่ละ Orientation

3.2 Stress Induced Anisotropy

ผลการศึกษาดังกล่าวถึงอิทธิพลของ Stress Induced Anisotropy พบว่าทางเดินของหน่วยแรงประสิทธิผลยังคงรูปร่างและทิศทางเดิม ไม่ขึ้นอยู่กับทางเดินของหน่วยแรงรวม ดังรูปที่ 7 แต่กำลังของดินจะมีค่าเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ A_r ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 ทางเดินของหน่วยแรงประสิทธิผลของตัวอย่างทดสอบ เมื่อรูปแบบของการทดสอบต่างกัน



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของ A_r และกำลังของดินแต่ละ Orientation เมื่อรูปแบบการทดสอบต่างกัน

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า Inherent Anisotropy ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ เมื่อรับแรงกระทำเพิ่มขึ้นแบบ Foundation และ Active Stress ในแนวแกนเอียงของแท่งตัวอย่างต่างๆ มีดังนี้

1 แรงดันน้ำส่วนเกิน Δu ณ จุดวิบัติ มีค่าแตกต่างกัน และค่าพารามิเตอร์ A_r มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อทิศทางของแรงกระทำต่อดินเปลี่ยนจากแนวตั้งสู่นวนราบ

2 กำลังของดินเฉลี่ยในแนว 30° , 60° , และ 90° มีค่าเป็น 79% , 90% และ 82% ของกำลังในแนวตั้ง โดยมีค่าสูงสุดในแนวตั้ง และมีแนวโน้มลดลง ซึ่งแนว 30° จะมีความแข็งแรงต่ำสุด

Stress Induced Anisotropy เมื่อลักษณะของแรงกระทำมีรูปแบบต่างๆกัน มีผลต่อพฤติกรรมของดินเหนียวอ่อน ดังนี้

1 พารามิเตอร์ A_v มีแนวโน้มลดลง จากหน่วยแรงแบบ Active Stress, Foundation Loading , Passive Stress และ Excavation ตามลำดับ

2 ทางเดินของหน่วยแรงประสิทธิผลยังคงรูปร่างลักษณะเดียวกัน ไม่ขึ้นกับทางเดินของหน่วยแรงรวมที่กระทำ

3 กำลังของดินแบบ Active Stress, Passive Stress และ Excavation มีค่าเฉลี่ยประมาณ 73% , 71% และ 63% ของกำลังในลักษณะ Foundation Loading ตามลำดับ

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพมหานครมีสมบัติ Anisotropy โดยเฉพาะกำลังรับแรงเฉือนของดินเนื่องจาก Inherent Anisotropy ซึ่งอาจจะนำไปใช้กำหนดค่ากำลังรับแรงเฉือนที่มุมต่าง ๆ ของระนาบการวิบัติ ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินหรือฐานรากให้ถูกต้องยิ่งขึ้น นอกจากนี้ กำลังรับแรงเฉือนเนื่องจาก Stress Induced Anisotropy อาจพิจารณานำค่ากำลังรับแรงเฉือนจาก Convention Test (Foundation Loading) มาลดด้วยค่าแฟกเตอร์ที่เหมาะสมก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

1. Bishop, A. W. and D.J. Henkel 1962. The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test, 2nd ed., Edward Arnold Ltd., London. 228 p.
2. Bishop, A. W. and L.D. Wesley. 1975. A hydraulic triaxial apparatus for controlled stress path testing, Geotechnique. 25(2):657-670.
3. Menzies, B.K. 1988. A computer controlled hydraulic triaxial testing system, In R.T. Donaghe, R.C. Chaney, and M.L. Silver, (eds.). Advanced Triaxial Testing of Soil and Rock, ASTM STP 977, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp 82-94.