

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รายงานการวิจัย

การศึกษาค่าความไวตัวของชั้นดินเหนียวอ่อนในจังหวัดสมุทรปราการ
A Study on the Sensitivity of Soft Clay in Samut Prakarn Province



RCH

TE

210.8

ศ 826 ก

เลขหมู่..... 114549

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี... 21 ส.ค. 2554

คณะผู้วิจัย: ผศ. สุพจน์ ศรีนิล หัวหน้าโครงการ
นางสาวอุษะ ศิริแก้ว ผู้ร่วมวิจัย
นายถาวร พรหมรัศมี ผู้ช่วยวิจัย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 19290415
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ค่าความไวตัวของดินเหนียว (*Sensitivity of Clays*) เป็นค่าที่สำคัญ ที่บ่งบอกถึงพฤติกรรมในสภาวะที่ไม่ถูกรบกวนกับสภาวะที่ถูกรบกวนของดินเหนียว ได้แก่ ในกรณีงานขุดเปิดชั้นดินเหนียวอ่อน การทดสอบในที่ การเก็บตัวอย่างและงานฐานราก ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถหาได้จาก ค่าอัตราส่วนระหว่าง ค่าลึงรับแรงเฉือนของดินแบบคงสภาพ ต่อค่าลึงรับแรงเฉือนของดินแบบไม่คงสภาพ โดยการทดสอบ *Field vane shear test* ในสนาม และการทดสอบ *Unconfined compression test* ในห้องปฏิบัติการ ดินที่มีค่าความไวตัวสูง เมื่อถูกรบกวนกระเทือนกำลังต้านทานแรงเฉือนจะลดลงมาก ดังนั้นจึงมีการศึกษาค่าความไวตัวเพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาสัดส่วนค่าความปลอดภัยสำหรับการออกแบบและระมัดระวังสำหรับการวางแผนในการก่อสร้างหรือการสร้างกิจกรรมต่างๆ บนดินที่มีค่าความไวตัวที่สูง

ABSTRACT

The sensitivity of clays is particularly important. The value shows the clay behavior which significant remolding or disturbed occurs, i.e. soft ground excavation, in situ testing, soil sampling and foundation. It is defined as the ratio of the undrained shear strength of clay in the undisturbed condition to that of clay in the remolded condition. The undrained shear strengths of clay, considered both undisturbed and remolded conditions, can be obtained by the field vane shear test and the unconfined compression test. In soil with high sensitivity value when are disturbed, shear strength of soil is significantly decreased. Therefore, a study of sensitivity is appropriate as the most important information in order to properly consider the safety factor in design and caution in planning construction or activities on the highly sensitive soil.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของงานวิจัยเรื่อง การศึกษาค่าความไวตัวของชั้นดินเหนียวอ่อนในจังหวัดสมุทรปราการ (A Study on the Sensitivity of Soft Clay in Samut Prakarn Province) จะสำเร็จไม่ได้หากขาดความช่วยเหลือด้านงบประมาณ จากทาง คณะ ฯ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาข้อเสนอ โครงการงานวิจัยทุกท่าน โดยเฉพาะท่านคณบดีรองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เฉลยหาญ ที่ได้เห็นความสำคัญของการพัฒนาพื้นฐานงานวิจัยของคุณสมบัติชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ (Soft Bangkok Clay) ซึ่งยังขาดข้อมูลเรื่องค่าความไวตัวของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ โดยอนุมัติงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยให้ดำเนินการได้ ขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาผู้ร่วมโครงการพิเศษทุกคน ที่ได้ช่วยให้ข้อเสนอแนะและช่วย ทำงานสำรวจภาคสนามและงานในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลไว้ใน Free Sharing Website, Free Blog <http://fungeo.wordpress.com/bkkclay/> และผลงานวิจัยได้นำเสนอในงานแสดงนิทรรศการ 50 ปี พระจอมเกล้า ฯ ซึ่งจัด ณ อาคาร CCA สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จสจล. ทั้งนี้ ได้กำลังจัดทำผลงานวิชาการเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ระดับประเทศและ นานาชาติต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ	1
2. วรรณกรรมปริทรรศน์	4
3. วิธีการดำเนินการวิจัย	12
4. ผลการศึกษา	16
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	22
6. หนังสืออ้างอิง	23
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและปัญหา

เนื่องจากปัญหาการเคลื่อนพังของดินเมื่อถูกกระทบกระเทือนเป็นปัญหาที่พบบ่อยมาก ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลและก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างที่วางตัวบนดินชนิดนี้ ดินบางชนิดเมื่อถูกกระทบกระเทือนจะทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนไป ซึ่งมีผลทำให้ความต้านทานแรงเฉือนลดลง เรียกว่าดินมีความไวตัว หากดินมีค่าความไวตัวที่สูง เมื่อถูกกระทบกระเทือนกำลังต้านทานแรงเฉือนจะลดลงมาก ดังนั้นจึงมีการศึกษาค่าความไวตัวเพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาสัดส่วนค่าความปลอดภัยสำหรับการออกแบบ และระมัดระวังสำหรับการวางแผนในการก่อสร้างหรือการสร้างกิจกรรมต่างๆ บนดินที่มีค่าความไวตัวที่สูงต่อไป การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาและทำการทดสอบค่าความไวตัวของดินเหนียว โดยใช้เครื่องมือการทดสอบค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินแบบใบพัด (Field Vane Shear Test) โดยผู้วิจัยได้ให้ความสนใจไปที่ค่าความไวตัวของดินเหนียวในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วปัญหาการทรุดตัวจะพบมากในดินเหนียวอ่อนที่มีกำลังรับแรงเฉือนต่ำ แต่ถ้าหากดินมีค่าความไวตัวสูงด้วยแล้ว กำลังของดินจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อถูกกระทบกระเทือน ทำให้ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ในที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาและหาค่าความไวตัวของดินเหนียวในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ
- 2.2 เพื่อศึกษาค่าครรชนิต่างๆของดินที่เป็นปัจจัยต่อค่าความไวตัวของดินเหนียว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ จะทำการทดสอบค่าความไวตัวของดินเหนียวในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยใช้เครื่องมือการทดสอบแรงเฉือนแบบใบพัด (Field Vane Shear Test) จำนวน 25 หลุมเป็นอย่างน้อย ที่ระดับความลึก 14.00-16.00 เมตรหรือความลึกที่ประสิทธิภาพของเครื่องมือไม่สามารถทำได้ ซึ่งจะทำการหาค่า Undrained Shear Strength ในชั้นดินเหนียวอ่อนมากถึงดินเหนียวอ่อนปานกลาง และเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งเป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดิน และทำการวิเคราะห์ผลของชั้นดินทั้งหมดครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จะทำให้ได้ลักษณะชั้นดินซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ ซึ่งมีข้อจำกัดของการเข้าถึงพื้นที่อาจจะไม่ได้รับอนุญาตให้ทดสอบภายในที่ แต่ควรมีตัวแทนพื้นที่ อาจจะทำให้ข้อมูลเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีจำนวนหลุมตัวอย่างที่น้อยกว่าพื้นที่แต่ทำการนำเสนอเป็นชั้นดิน โดยสมมติฐานความเป็นเนื้อเดียวกันของชั้นดิน

1.4 แนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

การทดสอบการหาค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวอ่อนจะทำการทดสอบ ทั้งคงสภาพและดินเปลี่ยนสภาพแบบไม่ระบายน้ำ โดยใช้เครื่องมือการทดสอบแรงเฉือนของดิน แบบใบพัด (Field Vane Shear Test) ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบกำลังของดินใน สนามโดยตรง ไม่จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ จึงสามารถหลีกเลี่ยงผลของการรบกวนดินจากการเก็บตัวอย่างดินได้



รูปที่ 1.1 แสดงขนาดใบพัดทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินของเครื่องมือทดสอบ Field Vane Shear Test

การทดสอบ Field Vane Shear Test ในสนาม เครื่องมือในการทดสอบและ ขั้นตอนตามมาตรฐาน ASTM D2573 ทดสอบโดยใช้อัตราเร็ว $d\theta/dt = 6^\circ/\text{min}$ โดยใช้ระบบเกียร์ในการทำงาน (ใช้มือหมุนทำให้ได้ค่า τ ดำเนินไป) ส่วนใบพัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งค่ากำลังรับแรงเฉือนสามารถหาได้จากสมการที่ (1) สมมติให้ S_u เกิดขึ้นเต็มพื้นที่ผิวใบพัดทั้งหมด

$$S_{u_{FV}} = \frac{6T}{7\pi D^3} \dots\dots\dots(1)$$

- เมื่อ $S_{u_{FV}}$ = ค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยใบเวน (ksc.)
- D = ความกว้างของใบเวน (cm.)
- T = ค่าโมเมนต์บิด (kg.-cm.)

$$T = T_G \times k_1$$

เมื่อ

$$T_G = \text{ค่าที่อ่านจากเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยใบเวน}$$
$$k_1 = \text{ค่าปรับแก้โมเมนต์บิด}$$

ในการทำวิจัยนี้ไม่ได้ทำการวิจัยต่อจากงานวิจัยเก่าแต่อย่างใด เพียงแต่เป็นการนำทฤษฎีที่มีอยู่มาทำการปฏิบัติจริงในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ โดยทั่วไปแล้วการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวทั้งแบบคงสภาพและแบบเปลี่ยนสภาพจะได้รับการทดสอบแรงเฉือนแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compression Test) เนื่องจากสามารถนำตัวอย่างดินที่เหลือนมาทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆของดินได้ในเวลาเดียวกัน แต่การทดสอบดังกล่าวตัวอย่างดินเหนียวมีโอกาสได้รับความกระทบกระเทือนจากการเก็บและการแต่งตัวอย่าง ดังนั้นค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบอาจไม่ใช่ค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ถูกต้อง ส่วนในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการหาค่าความไวตัวของดินที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนแบบใบพัด (Field Vane Shear Test) ซึ่งเป็นเป็นการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) ซึ่งการทดสอบ Field Vane Shear Test มีข้อดีว่าการทดสอบกำลังแบบอิสระ และการทดสอบแบบ Unconsolidated Undrained Test เนื่องจากการทดสอบ Field Vane Shear Test เป็นการทดสอบกำลังของดินในสนามโดยตรง ไม่จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ จึงสามารถหลีกเลี่ยงผลของการรบกวนดินจากการเก็บตัวอย่างดินได้ ส่วนการทดสอบ กำลังแบบอิสระ และการทดสอบแบบ Unconsolidated Undrained Test เป็นการทดสอบดินที่เก็บมาจากสนาม ซึ่งการเก็บตัวอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงการรบกวนดินได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีดินเหนียวอ่อน การรบกวนดินจากการเก็บตัวอย่างดินเหนียว ทำให้กำลังที่ทดสอบได้มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงมาก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงค่าความไวตัวของดินเหนียวในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาสัดส่วนค่าความปลอดภัยสำหรับการออกแบบและระมัดระวังสำหรับการวางแผนในการก่อสร้างหรือการสร้างกิจกรรมต่างๆ บนดินที่มีค่าความไวตัวที่สูงต่อไปในอนาคต
2. ได้ทราบค่าธรรมชาติต่างๆของดินที่เป็นปัจจัยต่อค่าความไวตัวของดินเหนียวในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ
3. สามารถนำค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบ Field Vane Shear Test ไปใช้สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินเหนียวในจังหวัดสมุทรปราการต่อไป

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทรรศน์

2.1 ค่าความไว้วางใจที่สำคัญของดินเหนียว

คำจำกัดความของค่าความไว้วางใจของดินเหนียวได้ มีผู้ให้คำนิยามได้แก่ Terzaghi, (1943) อธิบายค่าความไว้วางใจ (Sensitivity) ของดินเหนียว เป็นค่าอัตราส่วนของค่าความต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินคงสภาพต่อค่าความต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินที่ถูกรบกวน ส่วน Skempton และ Northey (1952) ได้จำแนกช่วงค่าระดับความไว้วางใจของดินเหนียว ดังตารางที่ 2.1

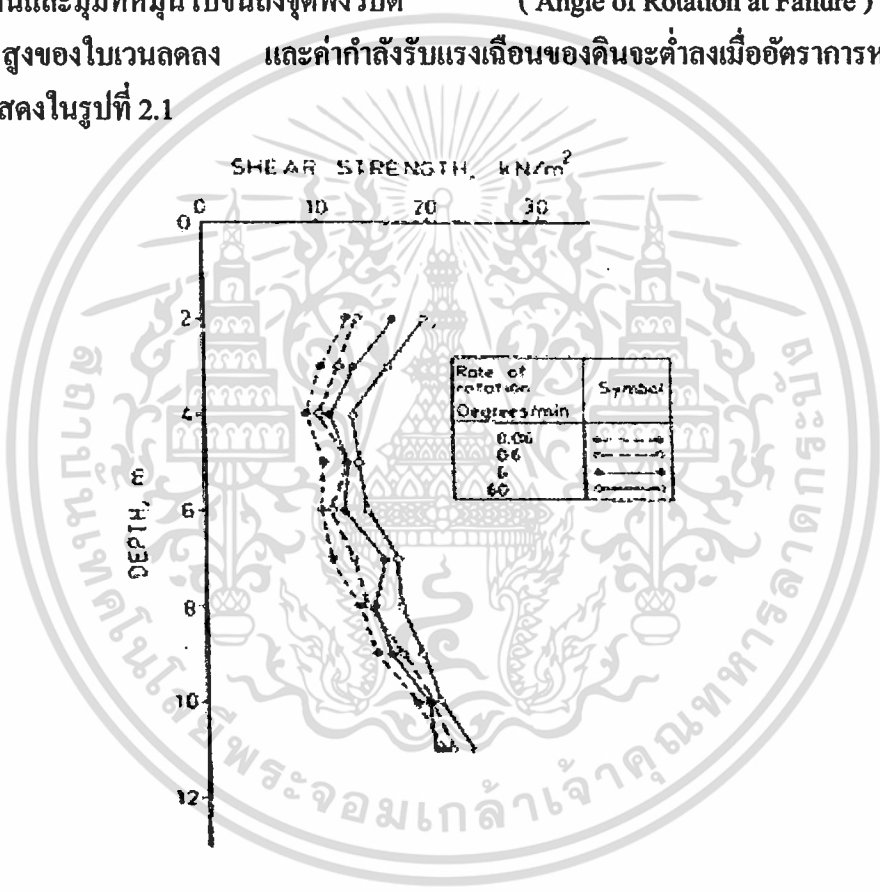
ตารางที่ 2.1 การจำแนกระดับความไว้วางใจของดินเหนียว

ความไว้วางใจ	ชนิดของดินเหนียว
< 1	ไม่มีความไว้วางใจ
1-2	ความไว้วางใจต่ำ
2-4	ความไว้วางใจปานกลาง
4-8	ไว้วางใจ
> 8	ไว้วางใจมาก
> 16	Quick-clays

พฤติกรรมความไว้วางใจนี้ได้รับการศึกษาเพิ่มเติมออกไปอย่างมาก ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ดินเหนียวส่วนใหญ่จะสูญเสียกำลังบางส่วนเมื่อดินถูกรบกวน Vongthieres [3] ได้ทำศึกษาดินบริเวณกรุงเทพฯ หรือที่รู้จักกันดีว่า “ Bangkok Clay ” ทั้งในชั้น Soft Clay และ Stiff Clay ในสภาพตามธรรมชาติ พบว่าตัวอย่างดินเหนียวที่มีความลึก 18 ถึง 22 ฟุต เป็นชั้น Soft Clay และที่ความลึก 45 ถึง 50 ฟุต เป็นชั้น Stiff Clay โดยทำการทดสอบแรงเฉือนด้วยไบเวน (Laboratory Vane Test) พบว่าถ้า Soft Clay ถูกรบกวนอย่างสมบูรณ์ (Complete Remolded) จะทำให้กำลังรับแรงเฉือนลดลง 90 % จากกำลังรับแรงเฉือนในตัวอย่างคงสภาพ ชาญยุทธ ยอดปรีชาวิจิตร และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาค่าความไว้วางใจของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ที่ระดับความลึก 2 – 15 เมตร โดยการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบเวน และการทดสอบแรงอัดแกนเดียว พบว่าจากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบเวนมีค่าความไว้วางใจอยู่ในช่วง 2 – 4 โดยมีค่าความไว้วางใจเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ โครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ 2553 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

เฉลี่ย 2.81 ส่วนการทดสอบแรงอัดแกนเดียวค่าความไวตัวอยู่ในช่วง 1 – 3.5 โดยมีค่าความไวตัวเฉลี่ย 2.50

การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินในสนามด้วยไวน (Field Vane Shear Test) ได้ถูกพัฒนาขึ้นในสวีเดนในช่วงระหว่างปี 1940 – 1949 ตั้งแต่นั้นมาการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไวนก็ได้รับความนิยมอย่างมากในแถบ Scandinavia เนื่องจากเป็นวิธีการทดสอบที่สะดวกรวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายน้อยในการทดสอบ หลังจากนั้นจึงมีการศึกษากันอย่างแพร่หลายถึงปัจจัยที่มีผลจากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไวน Wiesel [5] ได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของขนาดของไวนและอัตราการหมุนไวน ที่มีผลต่อค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินในการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไวน โดยใช้ไวนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน แต่มีความสูงต่างกัน พบว่า ค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินและมุมที่หมุนไปจนถึงจุดพังวิบัติ (Angle of Rotation at Failure) จะมีค่าลดลงเมื่อความสูงของไวนลดลง และค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินจะต่ำลงเมื่ออัตราการหมุนไวนต่ำลง ดังแสดงในรูปที่ 2.1

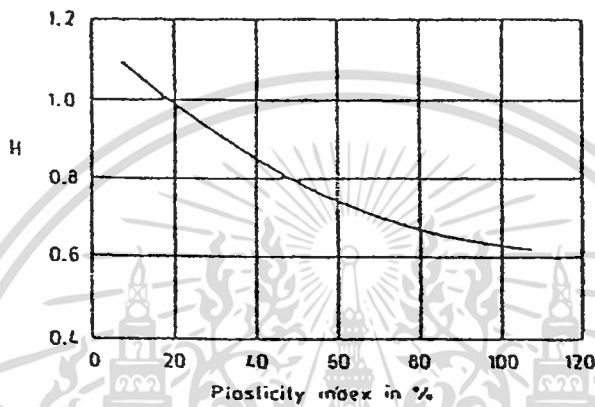


รูปที่ 2.1 กำลังรับแรงเฉือนที่เปลี่ยนแปลงตามความลึกเมื่ออัตราการหมุนไวนต่างกัน

Brand และคณะ [6] ทำการทดสอบดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ บริเวณรังสิต พบว่ากำลังรับแรงเฉือนของดินในสนามที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนด้วยไวน ช่วงความลึกจากผิวดินถึง 1.50 เมตร กำลังรับแรงเฉือนมีค่าประมาณ 0.3 – 0.4 ksc. สำหรับช่วงความลึก 1.50 ถึง 2.00 เมตร กำลังรับแรงเฉือนมีค่าประมาณ 0.24 – 0.35 ksc. และช่วงความลึก 2.00 ถึง 8.00 เมตร กำลังรับแรงเฉือนมีค่าประมาณ 0.15 – 0.3 ksc. ซึ่งจะเห็นว่ากำลังรับแรงเฉือนมีค่าลดลงตามระดับความลึก และมีค่าความไวตัวอยู่ในช่วง 3 ถึง 8 โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 4 และจากการทดสอบแรงอัดแกนเดียวได้ค่า

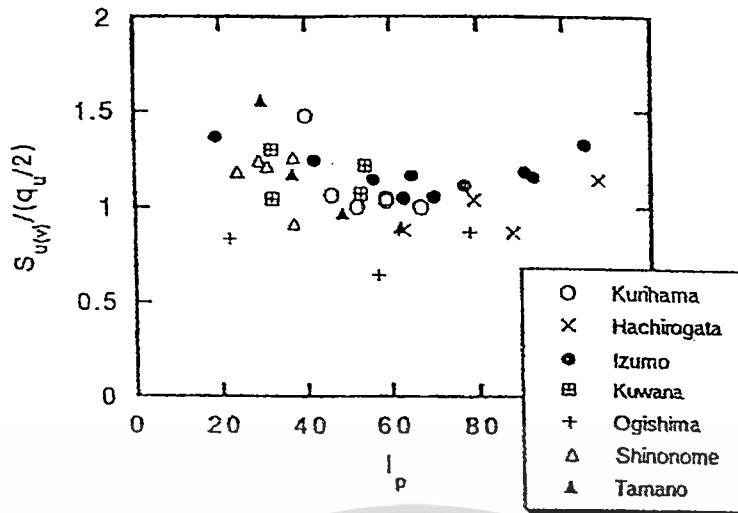
กำลังรับแรงเฉือนที่กระจายตัวมาก โดยมีค่ากำลังรับแรงเฉือนประมาณ 0.09 ถึง 0.4 ksc. และมีค่าความไวตัวอยู่ในช่วง 3.5 ถึง 14 โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 6

Bjerrum [7] ได้ทำการศึกษาถึงผลของ Anisotropy ของดินเหนียวที่มีผลต่อค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียวที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบนอน พบว่าค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนด้วยไบนอน จะมีค่ามากกว่ากำลังรับแรงเฉือนของดินในสนามจริงๆ เมื่อดินมีค่า Plasticity Index (PI) มากกว่า 20% ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบด้วยไบนอน โดยใช้ Correction Factor (μ) ที่แปรผันตามค่า PI ดังแสดงในรูปที่ 2.2

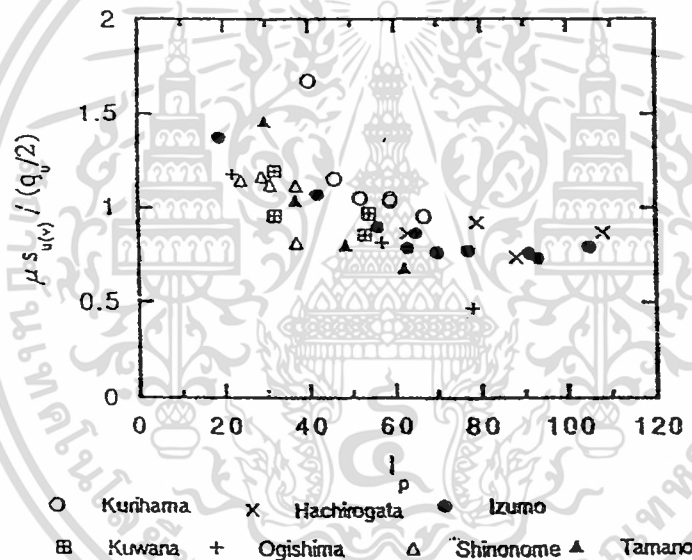


รูปที่ 2.2 Bjerrum's Correction Factor (μ)

Tanaka [8] ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบนอน กับค่า Bjerrum's Correction Factor ใน Japanese Marine Clay พบว่าการใช้ค่า μ ใน Japanese Marine Clay จะทำให้เกิดการออกแบบที่ปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ PI มีค่ามากกว่า 50 % และทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนของค่าแรงเฉือนในสนาม จากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบนอน ($S_{u(v)}$) กับค่าแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบแรงอัดแกนเดียว ($q_u/2$) พบว่าอัตราส่วนของค่า ($S_{u(v)} / (q_u/2)$) จะแปรผันตามค่า PI เล็กน้อย โดยเมื่อ PI มีค่าต่ำกว่า 40 % อัตราส่วนของค่า ($S_{u(v)} / (q_u/2)$) จะมีค่ามากกว่า 1 ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ 2.4

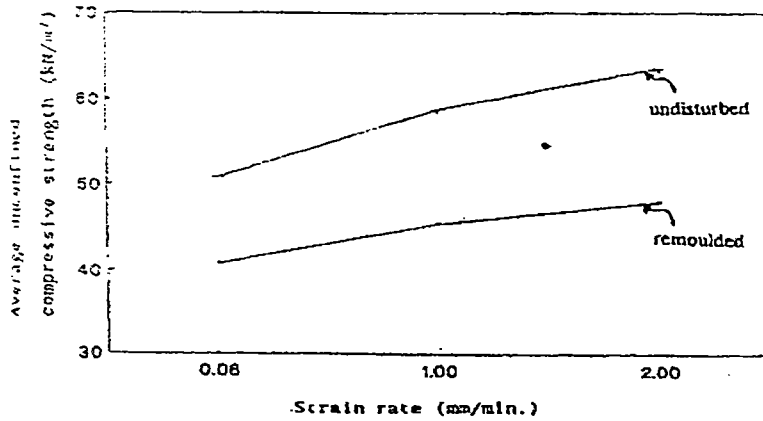


รูปที่ 2.3 อัตราส่วนค่า $(S_{u(v)}) / (q_u/2)$ เทียบกับค่า I_p



รูปที่ 4 อัตราส่วนค่า $\mu(S_{u(v)}) / (q_u/2)$ เทียบกับค่า I_p

Awolaye และคณะ [9] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอัตราการทดสอบที่มีผลต่อกำลังรับแรง และความไวตัวของดินเหนียวที่มีความเป็น Plastic สูง พบว่ากำลังของดินจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการเพิ่มของ Strain สูงขึ้น โดยในตัวอย่างคงสภาพจะมีกำลังเพิ่มขึ้นมากกว่ากำลังที่เพิ่มขึ้นในตัวอย่างที่ถูกรบกวนที่อัตราการเพิ่มของ Strain เดียวกัน จึงทำให้ค่าความไวตัวเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการเพิ่มของ Strain (Strain rate) สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และ 2.6



รูปที่ 2.5 หน่วยแรงอัดแกนเดียวเฉลี่ยที่แปรผันตามอัตราการเพิ่มของ Strain



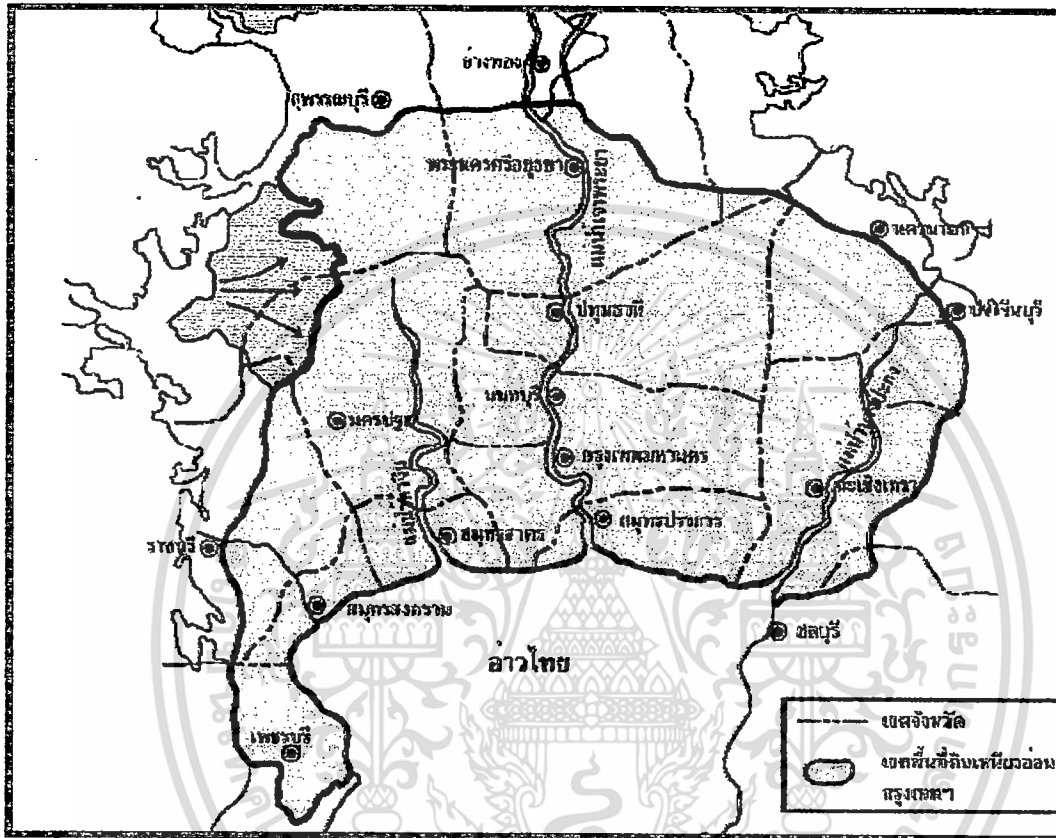
รูปที่ 2.6 ความไวตัวแปรผันตามอัตราการเพิ่มของ Strain

Eide [10] ได้ทำการเปรียบเทียบค่าแรงเฉือนแบบไร้การระบายน้ำที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบนกับการทดสอบแรงอัดแกนเดียวในดินเหนียวบริเวณกรุงเทพฯ พบว่า แรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบน จะมีค่ามากกว่า แรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบแรงอัดแกนเดียวอยู่ประมาณ 1.2 เท่า

2.2 ดินเหนียวกรุงเทพฯ (Bangkok Clay)

ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (Bangkok Clay) เป็นดินที่เกิดจากการพัดพาของน้ำ หรือดินแขวนลอย ไหลตามน้ำมา เมื่อความเร็วของน้ำชะลดลงเพราะกระแสน้ำมาปะทะกับน้ำทะเลในอ่าวไทย ทำให้ดินที่แขวนลอยมากับน้ำตกตะกอน บางส่วนวิ่งไปตกตะกอนในอ่าวไทย และบางส่วนที่ละเอียดมาก ๆ จะกลับมาตกตะกอนบริเวณกรุงเทพฯ ใหม่ โดยแขวนลอยมากับน้ำทะเลหนุน (น้ำขึ้น) ดังนั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จะเป็นดินที่มีเม็ดละเอียดมาก มีปริมาณน้ำบรรจุ (Water Content) อยู่ระหว่างร้อยละ 60-120 มีขีดจำกัดเหลว (Liquid Limit) อยู่ระหว่างร้อยละ 60-120 มีค่า

ความชื้นได้ตามแนวตั้งอยู่ระหว่าง 0.2-1.0 เมตรต่อปี มีอัตราส่วนโพรง (Void Rate) 1.80-3.50 มีค่า Undrained Shear Strength อยู่ระหว่าง 300-1,500 กิโลเมตรต่อตารางเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ รับน้ำหนักได้น้อยมากขุดตัวได้สูงมาก พร้อมจะเลื่อนไหลเมื่อมีน้ำหนักรัดทับ โดยขอบเขตของชั้นดินเหนียวกรุงเทพฯ แสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงขอบเขตของชั้นดินเหนียวกรุงเทพฯ

2.3 คุณสมบัติของชั้นดินเหนียวกรุงเทพฯ

2.3.1 คุณสมบัติพื้นฐาน ได้แก่

2.3.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวกรุงเทพฯ

แสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยคุณสมบัติที่แสดงไว้ก็คือ natural water content, Atterberg's limit, total unit weight, specific gravity, vane shear strength, unconfined compressive strength และค่า SPT (standard penetration test)

จากคุณสมบัติของดินเหนียวในเขตกรุงเทพมหานคร และพื้นที่ข้างเคียงตามที่เสนอมานี้ จะเห็นได้ว่า คุณสมบัติของดินมีการกระจายตัวค่อนข้างสูงมาก ลักษณะเช่นนี้อาจมีสาเหตุที่สำคัญจากข้อสมมติฐานที่ว่า ชั้นดินในเขตพื้นที่นี้ อาจมีสภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อดินแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ กล่าวคือ ดินแต่ละแห่งมีอิทธิพลจากน้ำทะเล และน้ำจืดที่แตกต่างกันในระหว่างการตกตะกอน จึงทำให้โครงสร้างของดินและ ปริมาณน้ำที่อยู่ในดินแตกต่างกันมาก กำลังและความหนาแน่นของดินก็ย่อม แตกต่างตามไปด้วย แต่ถ้าพิจารณาถึงค่า specific gravity ของดินแล้ว จะเห็นได้ว่า มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งอาจแสดงได้ว่าเนื้อของเม็ดดินมาจากส่วนผสมของแร่ ที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ฯ (วสท:2545)

		W_u %	W_L %	W_p %	LI	γ_t (t/m^3)	G_s
Weathered Clay	Gulacchol (1970) Weathersed Clay	51.2 ± 6.9	77.5 ± 2.1	33.9 ± 0.5	0.4		2.71 ± 0.1
	Brand (1971) Weathersed Clay	62.9 ± 4.2	89.6 ± 5.1	38.6 ± 2.4			2.69 ± 0.01
	Phuong (1973) Weathersed Clay	50 - 90	80 - 100	30 - 45	0.60 - 1.00		2.66 - 2.70
	TASEENART (1984) Weathersed Clay	30 - 100	30 - 90	20 - 35	0.2 - 2.0	1.55 - 1.9	
	ปญญา (2546) Weathersed Clay	50 - 86.9	58 - 91.5	11.94 - 49.4		1.40 - 1.72	
Soft to Medium Clay	Moh et.al. (1969) Soft Clay 2.86-14.6 m.	31.9 - 83.6	44.9 - 84.5	24 - 35.8	0.75 - 1.00		2.68 - 2.73
	Phoung (1973) (AIT) 4.6-9.0 m.	60 - 120	80 - 120	25 - 65	0.64 - 1.00		2.66 - 2.72
	ศรีชญชุตม์ (1977) 2-14 m.	61.1 ± 11.5	63.5 ± 12.8		1.17 ± 0.58		2.66 ± 0.03
	TSAI (1982) (AIT)	70 - 85	79 - 95	30 - 34	0.76 - 0.91		
	TSAI (1982) (Nong Ngoo Hao)	65 - 125	80 - 122	25 - 52	0.92 - 1.1		
	TSAI (1982) (Pathumwan)	48 - 65	58 - 72	26 - 33	0.68 - 0.78		
	TSAI (1982) (Pom Prachan)	62 - 82	75 - 110	26 - 40	0.61 - 0.88	1.5 - 1.75	
	TASEENART (1984) Soft Clay	40 - 90	40 - 90	20 - 40	0.2 - 2.0		
	กำธร 2529 0-14.2 m.	60.35 ± 9.3	63.61 ± 6.8	28.20 ± 2.6	1.65 ± 0.07	1.6 - 1.7	2.65 ± 0.03
	กวีวงษ์ (2530) Soft-Medium Clay	57 - 63	62 - 68	28 - 30	0.8 - 1.0		2.64 - 2.69
สุพัฒน์ (2530) บางเขน	68.22 ± 7.9	66.9 ± 10.4	37.92 ± 8.4	1.58 ± 0.06		2.68 ± 0.05	
อาคม (2542)	94.36	93.9	31.7	1.01	1.40 - 1.80	2.57	
ปญญา (2546) 6-16 m.	39.4 - 74	51.6 - 82.6	22.8 - 34.4				
Stiff to Very Stiff Clay	Muktabhant et. al. (1966) 26-36 ft	20 - 40	45 - 70	20 - 30		1.54 - 1.60	2.7 - 2.8
	Vongthiereg (1966) 48ft.	30	58	24		1.49	
	Hengchaovanich (1969) 36 ft.	20 - 30	59.3 ± 5.9	22.6 ± 1.6	0.1	1.61	2.74 ± 0.02
	ศรีชญชุตม์ (1977) 14-25 m.	26.1 ± 12.1	49.1 ± 15.1				2.67 - 2.81
	PARENTILLA (1983)	26.1 ± 7.6	49.9 ± 9.7	22.5 ± 3.9	0.16 ± 0.31		
	TASEENART (1984) First Stiff Clay	15 - 40	25 - 90	15 - 40	(-0.25) - 0.5	1.80 - 2.15	
	TASEENART (1984) Second Stiff Clay	15 - 35	30 - 70	15 - 35	(-0.35) - 0.75	1.80 - 2.25	
	กวีวงษ์ (2530) Stiff-Very Stiff Clay	27 - 30	52 - 58	23 - 26	0.1 - 0.2	1.9 - 2.0	2.65 - 2.71
ปญญา (2546) 16-25 m.	17.9 - 48.3	39.7 - 69.1	19.1 - 31.7		1.86 - 2.0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่

ไม่อาจรับผิดชอบใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน 2553 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬ.

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ ฯ (วสท:2545)

Layers	S_u (kC) (t/cm ²)	Sensitivity (kC)	S_u (kcm) (t/cm ²)	Sensitivity (kcm)	SPT	e_c	C _v	C _u	C _u 10 ³ cm ² /sec	HR	P_u (t/cm ²)
Soft to Medium Clay	สุวิญญูพิบูลย์ (1977) 2-14.2 ม. TSAT (1972) (ATC)	1.13 ± 1.92	2.61 ± 1.87	1.71 ± 1.7	2.59 ± 1.67	1.73 ± 0.33	0.81 ± 0.3	0.29 ± 0.09			1.2 - 13.6
	TSAT (1972) (Semi-liquid Clay)					2.06 ± 0.32	1.11 ± 0.21	0.17 ± 0.04	1.64 ± 0.59		3.5 - 11.8
	TSAT (1972) (Semi-liquid Clay)					1.99 ± 0.31	1.42 ± 0.49	0.2 ± 0.07	1.47 ± 0.5		10.1 - 13.3
	TSAT (1972) (Semi-liquid Clay)					1.65 ± 0.38	0.78 ± 0.2	0.14 ± 0.07	1.86 ± 0.44		2.34 ± 11
	TSAT (1972) (Semi-liquid Clay)					2.19 ± 0.38	0.87 ± 0.13	0.17 ± 0.06	1.04 ± 1.1		
	กำพร (2529) 0-14.2 ม. กำพร (2530) Soft-Medium Clay	2.87 ± 1.22		2.4 - 4.9		1-12	1.1 - 1.6	0.5 - 0.6	0.07 - 0.14		0.02 - 0.06
	ปทุม (2540) 6-16 ม.	4.48 ± 2.6									
Stiff to Very Stiff Clay	พูนดิน (1969) 4-8 ม. พูนดิน (1969) 8-16 ม.		1.3 - 1.5								
	สุวิญญูพิบูลย์ (1977) 14-21.2 ม. PARENTELLA (1963)	5.0 - 15		1.3		0.295 ± 0.322	0.30 ± 0.21	0.15 ± 0.05			0.03 ± 0.011 63.0 ± 0.6
	TASEEN-CART (1974) First Stiff Clay					0.67 ± 0.15	0.21 ± 0.14	0.16 ± 0.15			
	TASEEN-CART (1974) Second Stiff Clay								0.078 - 0.125		
	กำพร (2529)	6.95 ± 2.4				15 - 30					
	กำพร (2530) Stiff-Very Stiff Clay	10.0 - 12				23 - 27	0.74 - 0.84	0.74 - 0.84	0.03 - 0.03		0.01 - 0.04
	ปทุม (2540) 16-25 ม.	12.1 - 25									

2.4 การทดสอบแรงเฉือนด้วยไบนเรน : ตามมาตรฐาน ASTM – 2573-72

เหมาะสำหรับทดสอบเฉพาะดินเหนียวอ่อนที่มีค่ากำลังรับแรงเฉือนประมาณ 0.5 – 0.6 ksc. ซึ่งค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้ จะเป็นกำลังรับแรงเฉือนในสภาวะที่ไม่มีภาวะระบายน้ำ (Undrained Shear Strength)

มาตรฐานการทดสอบ

1. หมุนไบนเรนด้วยอัตราเร็ว 6 องศา/นาที
2. ทำการทดสอบทุกระยะความลึก 1 เมตร
3. ทำการทดสอบดินเหนียวคงสภาพ ได้ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ หลังจากนั้นทำการรบกวนดินโดยการหมุนไบนเรนอย่างรวดเร็วประมาณ 20 – 30 รอบ หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินเปลี่ยนสภาพ
4. อ่านค่าโมเมนต์บิด (Torque, T) เฉพาะค่าสูงสุดที่จุดวิบัติ

จากการทดสอบจะได้ค่าโมเมนต์บิดสูงสุด ซึ่งจะต้องนำเครื่องมือวัด โมเมนต์บิดมาทำการ Calibrate หาค่าที่ถูกต้อง หลังจากนั้นจึงนำมาคำนวณหาค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ โดยสมมติว่า กำลังต้านทานแรงเฉือนบนระนาบแนวราบและแนวตั้งมีค่าเท่ากันทุกจุดบนระนาบของการวิบัติ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินงาน

3.1.1 ทำการศึกษาข้อมูลในการทำโครงการและติดต่อหน่วยงานเพื่อขออนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อที่จะทำความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาพปัญหาปัจจุบัน และนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนในการทำงานจริงเพื่อช่วยให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นจริงๆ และประหยัดเวลา ค่าใช้จ่ายในการทำงาน ข้อมูลเบื้องต้น เช่น ลักษณะชั้นดิน ความหนาของชั้นดิน เป็นต้น

3.1.2 ทำการเก็บตัวอย่าง จะมีการเก็บตัวอย่างของดิน ตามจุดต่างๆที่ทำการวางแผนไว้ก่อน เพื่อศึกษาคูสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่าง การทดสอบ เช่น ค่า Liquid Limit, Plastic Limit, Plasticity Index และองค์ประกอบแร่ดินเหนียว เป็นต้น

3.1.3 ทำการทดสอบค่าความไวตัวของดินเหนียว โดยใช้เครื่องมือการทดสอบค่ากำลังรับแรงเฉือนของดินแบบใบพัด (Field Vane Shear Test) โดยทดสอบครอบคลุมพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 32 หลุม ที่ระดับความลึก 2.00-16.00 เมตร ซึ่งเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนถึงดินเหนียวอ่อนปานกลางหรือถึงชั้นดินที่ไม่สามารถกดเครื่องมือทดสอบลงได้

3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้จากภาคสนามและห้องทดลองมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติต่างๆของดินกับค่าความไวตัว เพื่อหาค่าครรชนิต่างๆของดินที่เป็นปัจจัยต่อค่าความไวตัวของดินเหนียว พร้อมทั้งทำการพยากรณ์ ค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆทางสถิติโดยใช้สมการถดถอยเชิงพหุ

3.1.5 การจัดทำฐานข้อมูลของค่าความไวตัวของดิน เพื่อเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างและใช้ในการพิจารณาสัดส่วนค่าความปลอดภัยสำหรับการออกแบบและระมัดระวังสำหรับการวางแผนในการก่อสร้างหรือการสร้างกิจกรรมต่างๆ บนดินที่มีค่าความไวตัวที่สูงต่อไป

โดยมีแผนการทำงานแสดงในตารางที่ 3.1 จากแผนงานที่กำหนด การทำงานที่มีการหยึดหยุ่นมากที่สุดคือการทดสอบภาคสนามเพราะจุดเลือกสุ่มเจาะทดสอบสำรวจในสำนักงาน แตกต่างจากหน้างาน

พื้นที่ที่เข้าไปทำงานต้องได้รับอนุญาต และเจ้าของที่อาคาร โรงงานจะห้ามเข้าสำรวจเพราะเกรงว่าจะรบกวนการทำงานและไม่ต้องการให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้าพื้นที่หวงห้าม

อนึ่งอุปกรณ์งานทดสอบในที่นั้นมีอายุการใช้งานนานมาก และมีข้อจำกัดในการ ถอนก้านหรือถอนสมอเมื่อทดสอบแล้วเสร็จ จึงทำให้การทำงานภาคสนามเป็นไปอย่างช้าในช่วงปิดทอมหรือเสาร์-อาทิตย์เพราะการทำงาน ได้ใช้เครื่องยนต์ทุ่นแรงมีเสียงดังรบกวน พื้นที่

สำหรับความสะดวกในการทดสอบในห้องปฏิบัติการนั้น มีความยืดหยุ่นของตารางเวลา

เนื่องจากอุปกรณ์ใช้งานทับซ้อนกับการเรียนการสอนและกลุ่มนักศึกษาอื่น ๆ ที่ต้องใช้อุปกรณ์การ

ทดสอบพร้อมๆกับงานวิจัย ไฟฟ้าดับก็เป็นปัญหาใหญ่เนื่องจากได้ใช้ไฟเพื่อการเก็บข้อมูลจาก Data Logger เมื่อไฟดับต้องมาเริ่มทำชุดทดสอบใหม่ ทำให้เสียเวลาทดลองใหม่และสิ้นเปลืองตัวอย่างดิน ซึ่งมีจำนวนจำกัด

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานโครงการวิจัย

การดำเนินงาน	ระยะเวลา												หมายเหตุ	
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.		
ศึกษาข้อมูลที่เป็นใน การทำโครงการ	—													Limit
ติดต่อขอข้อมูล	—	—												by
วิเคราะห์เลือกจุด	—							—						the
เจาะทดสอบ	—	—			—		—	—						budget
Lab. Calibration	—													
Lab Testing	—		—		—		—	—	—					
Data Interpretation		—	—	—		—	—		—					
Data Base & KM			—	—	—	—	—	—						
Report Writing				—				—	—	—				
Demonstration 50's KMITL@work											—	—		

3.2 การเลือกพื้นที่ตัวแทน

หากการตั้งสมมุติฐานให้สภาพพื้นที่ที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันและเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จึงสามารถอนุมานให้ตัวอย่างที่เลือกแทนที่ข้อมูลจุดสำรวจและบริเวณข้างเคียง สำหรับการเลือกพื้นที่กลุ่มตัวแทนนั้น จะใช้พื้นที่ในการทำทดสอบและเก็บตัวอย่างจำนวน 30 หลุม ครอบคลุมพื้นที่ 6 อำเภอ ในจังหวัดสมุทรปราการ อันได้แก่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ อำเภอพระประแดง อำเภอบางพลี อำเภอบางบ่อ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ และอำเภอบางเสาธง

3.3 วิธีทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นั้น จะนำข้อมูลที่ได้จากภาคสนามและห้องทดลองมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติต่างๆของดินกับค่าความไวคัว เพื่อหาค่าครรชนิต่างๆ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ 2553 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจธ.

ของดินที่เป็นปัจจัยต่อค่าความไวตัวของดินเหนียว พร้อมทั้งทำการพยากรณ์ค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆทางสถิติโดยใช้สมการถดถอยเชิงพหุ และใช้โปรแกรม SPSS ในการประมวลผล

3.3.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression)

แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น

ตัวแปรอิสระ (X) n ตัว ตัวแปรตาม (Y) 1 ตัว

$$Y' = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad \text{เป็นสมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่าง}$$

เมื่อ

Y = ตัวแปรตาม

b_0 = ค่าคงที่

$b_{1..n}$ = ค่า Coefficient ของตัวแปรอันดับที่ 1 ถึง ตัวแปรอันดับที่ n

$X_{1..n}$ = ค่าของตัวแปรอันดับที่ 1 ถึง ตัวแปรอันดับที่ n

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระหลาย ๆ ตัว กับตัวแปรตาม ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองสมการพยากรณ์ จะพิจารณาจากการมีตัวแปรอยู่ในระบบสมการ ซึ่งเรียกว่า การนำตัวแปรเข้าระบบสมการ ที่นิยมมีด้วยกัน 4 วิธี คือ

1. All Enter ถือว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม จึงนำตัวแปรอิสระทุกตัวเข้าระบบสมการพร้อมๆกันในทีเดียว
2. Forward กำหนดให้เริ่มต้นสร้างสมการยังไม่มีตัวแปรใดอยู่ในระบบสมการ จากนั้นให้เริ่มทำการสร้างระบบสมการโดยนำตัวแปรอิสระที่มีขนาดของอิทธิพลสูงสุด (โดยพิจารณาจากค่า Partial F ไม่ได้ดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์) เข้าไปสร้างสมการกับตัวแปรตามก่อน จากนั้นจึงนำตัวแปรอิสระที่เหลือที่มีขนาดของอิทธิพลรองลงไปเข้าทีละตัว และจะหยุดการนำตัวแปรอิสระเข้าระบบสมการหากพบว่าตัวแปรนั้นมีขนาดของอิทธิพลน้อย (ไม่มีนัยสำคัญ) หรือ ไม่มีอิทธิพลเลย
3. Backward กำหนดให้เมื่อเริ่มสร้างสมการมีตัวแปรอิสระทุกตัวอยู่ครบในระบบสมการ จากนั้นให้ทำการดึงตัวแปรอิสระที่มีขนาดของอิทธิพลน้อยที่สุด (ไม่มีนัยสำคัญ) ออกจากสมการทีละตัว (โดยพิจารณาจากค่า Partial F) จนกระทั่งเหลือตัวแปรในระบบสมการเฉพาะที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม
4. Stepwise เป็นวิธีการที่นำตัวแปรอิสระเข้าสมการทีละตัวเช่นเดียวกับ Forward และเมื่อตัวแปรนั้นเข้าไปอยู่ในระบบสมการแล้ว จะทำการตรวจสอบย้อนกลับโดยวิธี Backward อีกทีหนึ่ง ในทุกครั้งที่มีการนำตัวแปรอิสระเข้าสมการ

สำหรับการประมาณค่าคงที่ และสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ จะใช้วิธีการประมาณที่เรียกว่า การประมาณโดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) ในการคำนวณค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Estimation : MLE) โดยวิธีดังกล่าวนี้สามารถประมาณค่าคงที่ และสัมประสิทธิ์ในสมการได้ทั้งในกรณีที่ตัวแปรอิสระมีจำนวน 1 ตัว หรือมากกว่า 1 ตัว โดยมีข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับตัวแปรอิสระแต่ละตัว คือ ตัวแปรอิสระจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง (intercollinearity หรือเกิด Multicollinearity) การหาค่าคงที่ และสัมประสิทธิ์ในสมการ จะใช้วิธีการคำนวณโดยรูปแบบเมตริกซ์ ซึ่งในที่นี้จะไม่ขอกล่าวถึง

3.4 การแปลความหมาย

จากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบนวน จะได้ค่าแรงบิดสูงสุดที่จุดวิบัติ (T_G) และนำมาคำนวณหาค่า Su_{FV} และ Su โดยการคำนวณจะสมมติว่า กำลังต้านทานแรงเฉือนบนระนาบแนวราบ และแนวตั้งมีค่าเท่ากัน และการกระจายของหน่วยแรงเฉือนจะทำกันทุกจุดบนระนาบวิบัติ

$$Su_{FV} = \frac{6T}{7\pi D^3}$$

เมื่อ

Su_{FV} = ค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบนวน (ksc.)

D = ความกว้างของไบนวน (cm.)

T = ค่าโมเมนต์บิด (kg.-cm.)

$$T = T_G \times k_1$$

เมื่อ

T_G = ค่าที่อ่านจากเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยไบนวน

k_1 = ค่าปรับแก้โมเมนต์บิด

แทนค่าตัวแปรทั้งหมดในสมการข้างต้น จะได้ค่า Su_{FV}

หลังจากที่ได้ Su_{FV} แล้วจะต้องนำมาปรับแก้เนื่องจากความแตกต่างของคุณสมบัติดินโดย

ใช้ Bjerrum's Correction Factor (μ)

โดย $Su = \mu Su_{FV}$

เมื่อ $\mu = 1.7 - 0.54 \log(P.I.)$

P.I. = Plasticity Index

นำค่า Su_{FV} และ Su ที่ได้จากการทดสอบไปคำนวณหาค่าความไวตัว (Sensitivity) ต่อไป

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษา

จากผลการทดสอบแรงเฉือนในสนามด้วยใบพัด (Field Vane Test) จำนวน 32 หลุม เป็นข้อมูลแสดงในภาคผนวก ได้ทำการวิเคราะห์ห้ข้อมูลโดยใช้ลักษณะดิน ค่าความต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำและค่าความไวตัวของดิน ทำให้สามารถจำแนกลักษณะของชั้นดินได้ 3 ลักษณะดังนี้

- 1) กลุ่มชั้นดินที่มีค่าความไวตัวแปรปรวน มีค่าความไวตัวของดินระหว่าง Non sensitivity to Medium Sensitivity อยู่ในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมพระประแดงและบริเวณข้างเคียงที่มีการใช้พื้นที่เพื่องานก่อสร้าง เช่น งานถนนทางหลวง อาคารโรงงาน และอาคารขนาดใหญ่ มีค่าความไวตัวของดินอยู่ในระดับ Non Sensitivity to Low Sensitivity ส่วนพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเก่า มีเพียงอาคารบ้านเรือน ที่อยู่อาศัย ชั้นดินมีค่าความไวตัวของดินในระดับ Low Sensitivity to Medium Sensitivity ซึ่งตัวแทนของชั้นดินบริเวณดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าระดับความไวตัวของดินในพื้นที่ตัวแทนชั้นดินกลุ่มที่ 1

Farm Area			Laem-Fa-Pha		
Depth, m from-to	Sensitivity	.	Depth, m from-to	Sensitivity	.
2.0-4.0	2.0-2.8	.	2.0-3.0	4-6	.
OH-MH	.	.	OH-MH	.	.
4.0-6.0	1.5	.	4.0-5.0	1.5	.
MH	2.1-3.1	.	MH	.	.
6.0-10	6.0-8.0	.	.	2.1-3.1	.
.
CH	.	.	5.0-19.1	.	.
10.0-13.0	5.8-7.0	.	CH	.	.
13.0-15.0
15.2	Stiff Clay	.	19.2	hard layer	.

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- 2) กลุ่มชั้นดินที่มีค่าความไวตัวในช่วงแคบ มีค่าความไวตัวของชั้นดินระหว่าง Low sensitivity to Medium Sensitivity อยู่ในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา ส่วนใหญ่พื้นที่ในเขตอุตสาหกรรม เช่น นิคมอุตสาหกรรมบางปู นิคมอุตสาหกรรมบางพลี แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าระดับความไวตัวของดินในพื้นที่ตัวแทนชั้นดินกลุ่มที่ 2

นิคมบางปู		วัดสุคันทราม อ.บางบ่อ		คลองสวน	
Depth m	Sensitivity	Depth m	Sensitivity	Depth m	Sensitivity
2.5-5.5	2.5-3.2	2	2.5	2.0-6.1	1.5-2.0
OH-MH	2.5-3.2	3	1.5	2.0-6.1	1.5-2.0
		4	2.2		
		5	1.5		
5.5-6.5	1.5	6.0-8.0	-	6.1-10.1	2.1-3.5
6.5-10.0	4.5-5.2	-	2.0-3.1	-	-
CH	-	-	-	-	-
10-11	2.5	9	1.8	-	-
11-14	4.0-5.2	-	-	-	-
CH	-	10.0-14.0	2.0-4.0	10.1-14.0	3.0-3.5
-	-	-	-	-	-
-	-	14	5.1	14.0-15.0	1.5-2.0
-	-	15.0-17.0	2.0-3.2	15.0-16.1	3.1-3.5
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

- 3) กลุ่มชั้นดิน ที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพบริเวณ ถนนบางนา-ตราด ถนนกิ่งแก้ว และ

พื้นที่ถนนรอบสนามบินสุวรรณภูมิ โดยการทดสอบในพื้นที่บริเวณดังกล่าวสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ลึกมากที่สุดเพียง 9-13 เมตรเท่านั้น มีค่าความไวตัวของชั้นดินอยู่ในระดับ Non Sensitivity to Low Sensitivity

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าระดับความไวตัวของดินในพื้นที่ตัวแทนชั้นดินกลุ่มที่ 3

South of Airport		
Depth m	Sensitivity	.
.	.	.
2 - 2.15	2.3	.
3 - 3.1	1.9	.
4 - 4.1	2.4	.
5 - 5.1	2.8	.
6 - 6.1	2.8	.
7 - 7.1	2.4	.
8 - 8.1	2.7	.
9 - 9.1	4.0	.
10	Hard layer	.
.	.	.

SYMBOL

< 2



Insensitive Clay

2-4



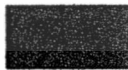
Low Sensitive Clay

4-8



Medium Sensitive Clay

8-16



Extra Sensitive Clay

16 up



Quick Clay

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติด้านวิศวกรรมและค่าความไวตัวของชั้นดินเหนียว

สำหรับการศึกษารุ่นนี้ได้นำค่าการทดสอบตัวอย่างชั้นดินที่เป็นตัวแทน ณ

ความลึกต่างๆ โดยนำมาหาค่าพิคค Atterburg's Limited ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็คดิน แล้วนำมา

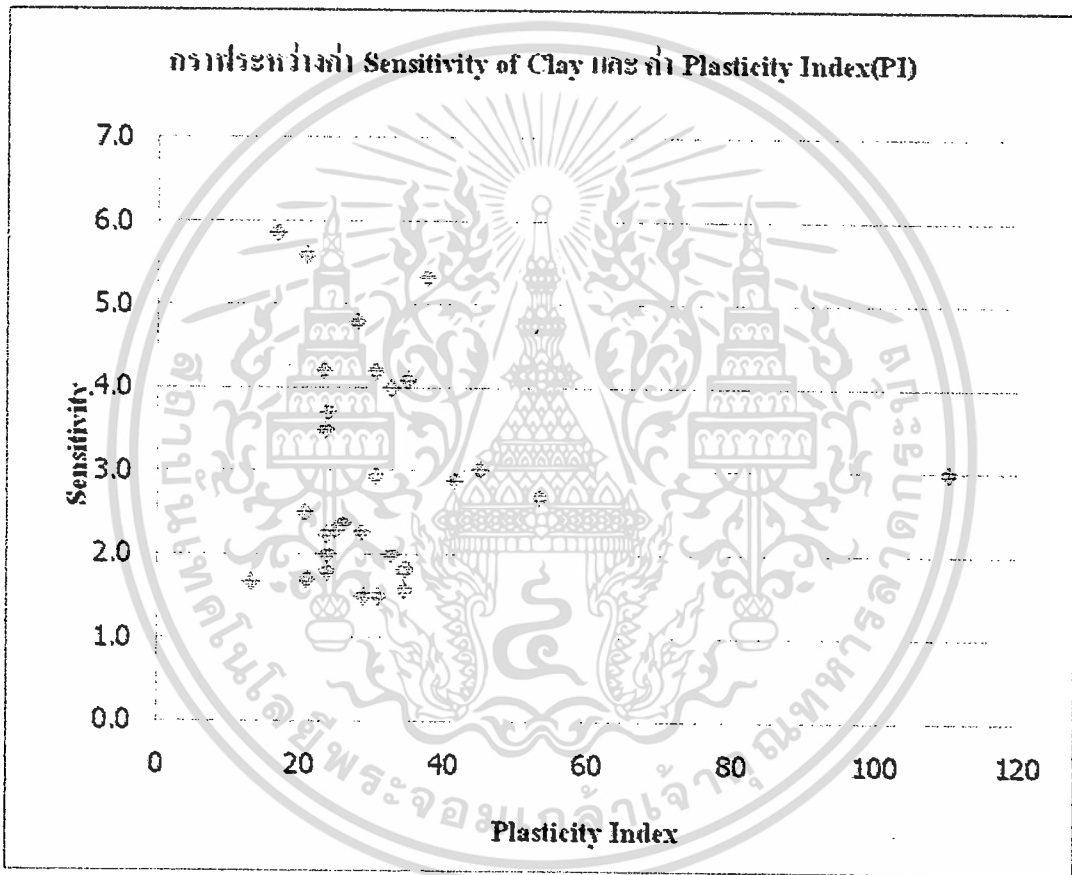
เทียบเคียงกับค่าความไวตัวของชั้นดินเหนียว เป็นที่น่าสังเกตว่าค่าความชื้นโดยธรรมชาติของเนื้อ

ดินที่ระดับ 2-4 เมตร มีค่าสูงกว่าขีดพิคคเหลว และชั้นดินเหนียวที่ระดับ 8-11 เมตร เก็บตัวอย่าง

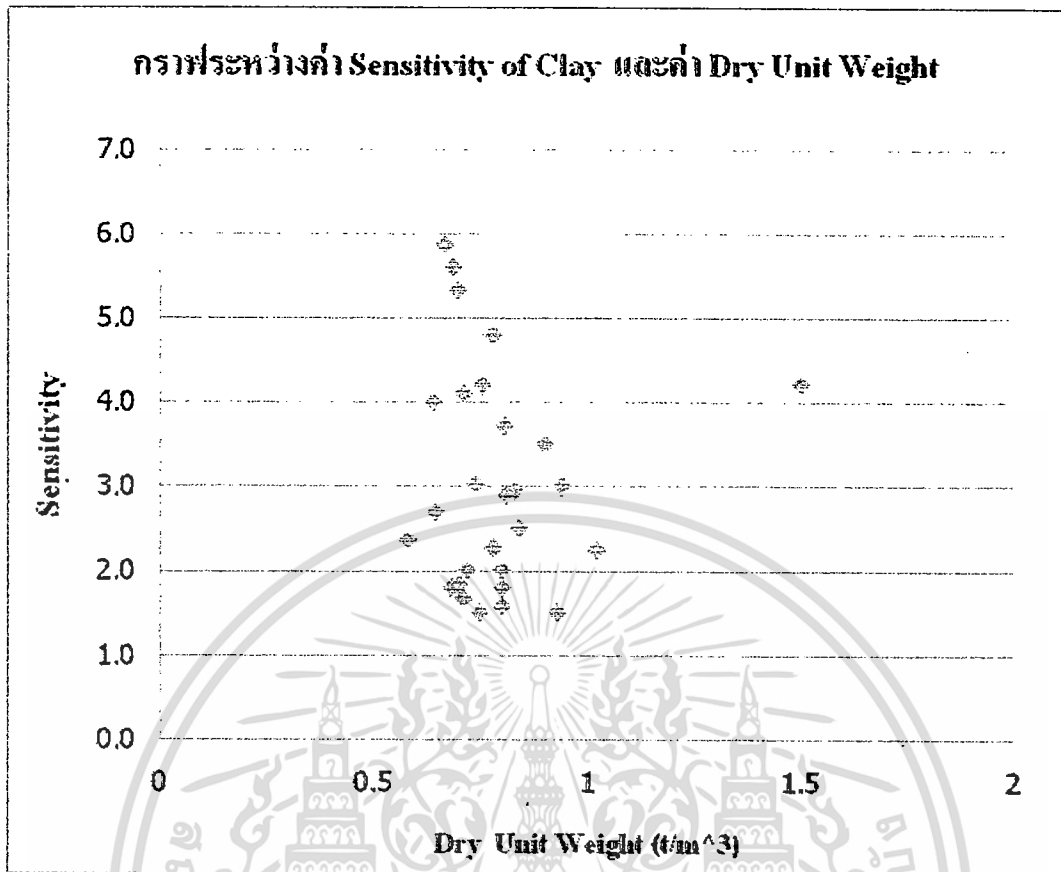
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยกระบอกบางได้ยากมาก จึงขาดตัวแทนที่ของดินที่อย่างดินที่ระดับความลึกดังกล่าวไป ด้วยอุปสรรคที่พบในงานเก็บตัวอย่างภาคสนาม จึงเป็นสิ่งยืนยันว่าการทดสอบ Field Vane Shear เป็นการทดสอบที่ทำให้ได้ค่ากำลังต้านทานแรงเฉือน ณ ตำแหน่งทดสอบซึ่งน่าจะมีค่าน่าเชื่อถือมากกว่าการเก็บตัวอย่างดินแบบคงสภาพมาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

คุณสมบัติทางวิศวกรรมที่นำมาเทียบกับค่าความไวตัวของชั้นดิน ได้แก่ การหาค่าความสัมพันธ์ของ Sensitivity กับค่า P.I. และค่าความสัมพันธ์ของค่า Sensitivity กับค่า Dry Density จะเห็นได้ว่าค่าความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปรดังกล่าว ไม่แสดงนัยยะสำคัญใดๆ อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2



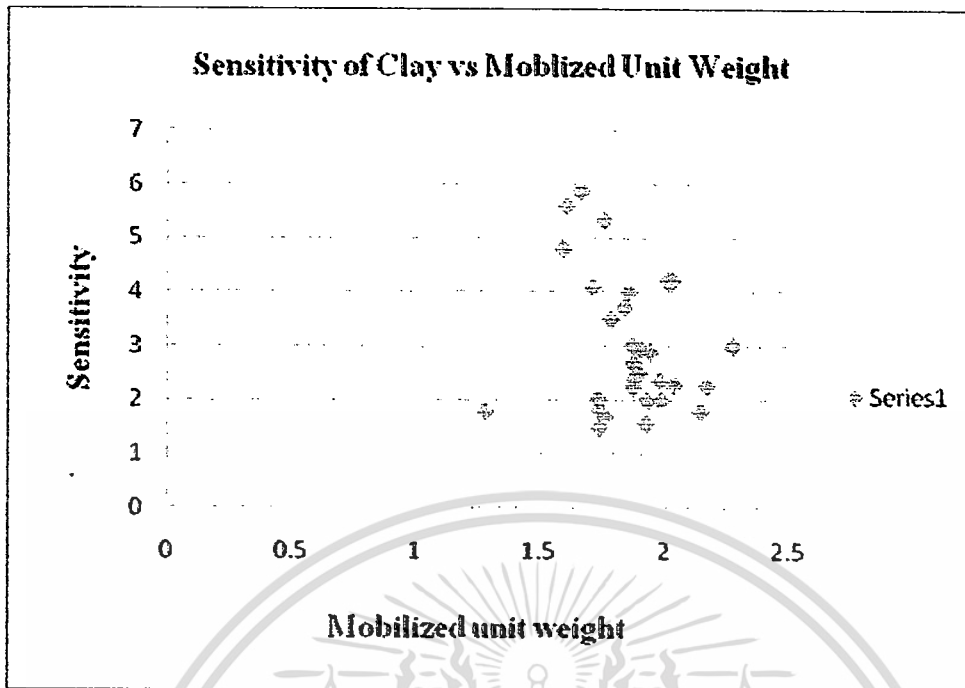
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Sensitivity of Clay และ Plasticity Index (P.I.)



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Sensitivity of Clay และ Dry Unit Weight

4.3 Mobilized Value

คุณสมบัติพื้นฐานด้านวิศวกรรมของชั้นดินเหนียวกรุงเทพฯ มีความค่าที่แปรปรวนและมีช่วงของค่าคุณสมบัติกว้าง ซึ่งเมื่อพล็อตหาค่าความสัมพันธ์ดังในหัวข้อที่ 4.2 จึงไม่พบความสัมพันธ์ที่เด่นชัด แนวคิด Mobilized Value ได้แก่การ Mobilized หน่วยน้ำหนักของดิน ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่า Total Unit Weight ต่อ Dry Unit Weight ในชั้นดินที่มีความลึกเดียวกัน พบว่าค่า Mobilized Unit Weight สัมพันธ์กับค่า Sensitivity โดยปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า Mobilized Unit Weight เพิ่มขึ้นและค่า Sensitivity สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Sensitivity of Clay กับค่า Mobilized Unit Weight

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาได้ทำให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของดินเหนียวกรุงเทพฯ ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเดิมมีเพียงค่าคุณสมบัติพื้นฐานด้านวิศวกรรมของดิน อาทิ ค่า Atterburg's Limited ค่าหน่วยน้ำหนัก และค่าความชื้น โดยธรรมชาติของดิน ส่วนคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ เช่นค่า Unconfined Compressive Strength ของชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ซึ่งทดสอบโดยกรมโยธาธิการ มีค่าอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 0.02 ksc.- 0.3 ksc จะเห็นได้ว่าการปฏิบัติในสนามการเก็บตัวอย่างดินในชั้นดินเหนียวอ่อนนั้นเก็บได้ยากมาก ดังนั้นทางเลือกที่จะประมาณค่าความสามารถในการต้านทานแรงเฉือนจึงควรทำโดยวิธี Field Vane Shear Test ซึ่งในชั้นดินเหนียวอ่อนในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ มีค่าต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำมีค่าระหว่าง $0.8 - 2.0 (t/m^2)$ และ

ค่า Sensitivity ของดินเหนียวสามารถจัดแนกกลุ่มดินได้ 3 กลุ่มดังนี้

- (1.) กลุ่มชั้นดินที่มีค่าความไวตัวแปรปรวน มีค่าความไวตัวของดินระหว่าง Non sensitivity to Medium Sensitivity อยู่ในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา
- (2.) กลุ่มชั้นดินที่มีค่าความไวตัวในช่วงแคบ มีค่าความไวตัวของดินระหว่าง Low sensitivity to Medium Sensitivity อยู่ในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา
- (3.) กลุ่มชั้นดิน ที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพบริเวณ ถนนบางนา-ตราด ถนนกิ่งแก้ว และพื้นที่ถนนรอบสนามบินสุวรรณภูมิ

อนึ่งค่าความสัมพันธ์ของค่า Sensitivity กับ Mobilized Unit Weight แสดงความมีแนวโน้มที่สัมพันธ์กันแต่ยังไม่ได้แสดงผลทางสถิติและยังไม่มีสมการทางคณิตศาสตร์ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาวิจัยในรายละเอียด การศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้พบว่า ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของชั้นดินเหนียวอ่อนได้แก่ น้ำหนักกดทับที่เพิ่มขึ้นของสิ่งปลูกสร้าง และการปรับปรุงคุณภาพชั้นดิน ซึ่งส่งผลในต่อสภาพธรรมชาติของชั้นดินเดิม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 คณะวิจัยมีความประสงค์ในการทำงานวิจัยต่อออกจากงานเดิม โดยใช้ข้อมูลวิจัยดังกล่าวให้ชุมชน ประชาชนทั่วไปและนานาชาติ ได้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ของผลจากการปรับปรุงคุณภาพดินกับพฤติกรรมธรรมชาติของชั้นดิน ซึ่งต้องใช้เงินทุนศึกษาในชั้นรายละเอียดมาก และมีผลยั่งยืนถึงความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมกับชีวิตและทรัพย์สิน

5.2.2 เนื่องจากการวิจัยที่ผ่านมามีข้อจำกัดเกี่ยวกับงบประมาณด้านครุภัณฑ์ จึงของบประมาณจัดซื้อครุภัณฑ์ในการสำรวจด้านปฐพีกลศาสตร์

หนังสืออ้างอิง

1. Terzaghi, K., 1943, **Theoretical Soil Mechanics**, John Wiley & Sons, New York, p.8.
2. Skempton, A. W. and Northey, R.D., 1952, "The Sensitive of Clays", **Geotechnique**, Vol.2, No. 1, pp.30-33.
3. Vongthieres, D., 1966, **An Evaluation of Pile Foundation in Bangkok Area**, Master of Engineering Thesis, Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, SEATO Graduate School of Engineering, pp.39-41.
4. ชาญยุทธ ยอดปรีชาวิจิตร, คำรงฤทธิ์ พรหมณีวัฒน์ และสกล ศิริพันธ์, 2542, การศึกษาพฤติกรรมการกินกำลังและความไวตัวของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 54-56.
5. Wiesel, C.E., 1973, "Some Factor Influencing In-Siut Vane Results", **Proceedings of the Eighth International Conference on Soil Mechanic and foundation Engineering**, Vol. 1, No.2, pp.475-479.
6. Brand, E.W., Muktabhat, C. and Taechathummarak. A., 1999, "Load Test on Small Foundations in Soft Clay", **Proceedings of Specialty of Conference on Performance of Earth and Earth Supported Structures**, American Society of Civil Engineers, Vol. 1, Part 2, pp.903-928.
7. Bjerrum, L., 1973, "Problems of Soil Mechanics and Construction of Soft Clays", **Proceedings of the Eighth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering**, Vol. 3, No. 2 pp. 111-159.
8. Tanaka, H., 1995, "Vane Shear Strength of Japanese Marine Clay and Applicability of Bjerrum's Correction Factor", **Geotechnical Engineering Bulletin**, Vol. 4, No. 3, pp. 173-185.
9. Awolaye, O.a., Bouazza, A. and Rama-Rao, R., 1991, "Time Effect on The Unconfined Compressive Strength and Sensitivity of a Clay", **Clay in Engineering Geology**, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 345-351.
10. Eide, O., 1968, "Comparative Study of Undrained Strength Measurements of a Soft Clay", **Proceedings of The Third Southeast Asian Conference on Soil Engineering**, Vol. 25, No. 3, pp. 199-204.
11. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2545. ข้อมูลสภาพดินบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FACULTY OF ENGINEERING, KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

A Study on the Sensitivity of Soft Clay in Samut Prakarn Province; supported by Engineering Faculty

Site WAT HUAY KU					
Grid Ref.					
Depth m	Reading		Su (t/m ²)		Sensitivity
	Undisturb	Remold	Actual	Remold	
1 - 1.1	95	12	5.591	0.707	7.908
2 - 2.1	45	25	2.641	1.435	1.840
3 - 3.1	42	17	2.464	0.987	2.496
4 - 4.1	37	15	2.169	0.875	2.479
5 - 5.1	32	17	1.874	0.987	1.899
6 - 6.1	39	16	2.287	0.931	2.456
7 - 7.1	46.5	16	2.730	0.931	2.932
8 - 8.1	50	14.5	2.936	0.847	3.466
9 - 9.1	46	20	2.700	1.155	2.338
10 - 10.1	56.5	18	3.320	1.043	3.183
11 - 11.1	60	18	3.526	1.043	3.381
12 - 12.1	64	25	3.762	1.435	2.622
13 - 13.1	66.5	20.5	3.910	1.183	3.305
14 - 14.1	Cant Push the rod				

Site PAK KLONG MON SCHOOL					
Grid Ref.					
Depth m	Reading		Su (t/m ²)		Sensitivity
	Undisturb	Remold	Actual	Remold	
2 - 2.1	51	20	2.995	1.155	2.593
3 - 3.1	36	19	2.110	1.099	1.920
4 - 4.1	35	18	2.051	1.043	1.966
5 - 5.1	33	15	1.933	0.875	2.209
6 - 6.1	39	14	2.287	0.819	2.792
7 - 7.1	41	19	2.405	1.099	2.188
8 - 8.1	49	15	2.877	0.875	3.288
9 - 9.1	45	20	2.641	1.155	2.287
10 - 10.1	55	15	3.231	0.875	3.693
11 - 11.1	62	15	3.644	0.875	4.165
12 - 12.1	ตอไม้				

Site K.S. FARM					
Grid Ref.					
Depth m	Reading		Su (t/m ²)		Sensitivity
	Undisturb	Remold	Actual	Remold	
1 - 1.1	82.5	35	4.854	1.995	2.433
2 - 2.1	44.5	13	2.612	0.763	3.423
3 - 3.1	34	20	1.992	1.155	1.725
4 - 4.1	37	23	2.169	1.323	1.639
5 - 5.1	32.5	13	1.904	0.763	2.495
6 - 6.1	41.5	16	2.435	0.931	2.615
7 - 7.1	18	17	1.048	0.987	1.062
8 - 8.1	52	19	3.054	1.099	2.779
9 - 9.1	53	23	3.113	1.323	2.353
10 - 10.1	51	20	2.995	1.155	2.593
11 - 1.1	67	21	3.939	1.211	3.253
12 - 12.1	79	26	4.647	1.491	3.117
13 - 13.1	กต ไม่ลง				

Site KLONG-DAN IRRIGATION					
Grid Ref.					
Depth m	Reading		Su (t/m ²)		Sensitivity
	Undisturb	Remold	Actual	Remold	
3.5	45	19	2.64	1.10	2.40
5-5.1	35	15	2.05	0.88	2.34
6-6.1	41	20	2.41	1.16	2.08
7-7.1	35	15	2.05	0.88	2.34
8-8.1	39	20	2.29	1.16	1.98
9-9.1	38	16	2.23	0.93	2.39
10-10.1	45	10	2.64	0.60	4.44
11-11.1	50	11	2.94	0.65	4.51

พิก 3

9.5			3.59	0.76	4.720	9.5			2.87	0.85	3.376
11			3.77	0.67	5.630	11			3.05	0.63	4.841
2.5			4.08	0.63	6.480	12.5			3.77	1.08	3.491
13			4.35	0.81	5.370	13			4.71	1.12	4.205
14			4.71	0.67	7.030	14			5.78	1.35	4.281
14.5			5.16	0.72	7.170						

พิก 4

ตารางแสดงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินเหนียวกรุงเทพฯ

คลองด่าน, N									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
1-2	47.2	33.92	13.28	72.43	ML				1.67
4-5	76.83	42.32	34.51	70.4	CH	1.385	0.718	1.929	1.57
7-8	53.05	24.2	28.85	64.15	CH	1.403	0.8061	1.740	1.50
10-11	49.12	20.45	28.56	117.2	CL	1.399	0.644	2.172	2.27
13-14	47.78	21.82	25.96	98.09	CL	1.32	0.666	1.982	2.36
16-17	48.08	23.23	24.85	104	CL	1.399	0.686	2.039	2.28

KING KAEW TEMPLE									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
3-4	62.53	29.87	32.66	49.27	MH	1.37	0.71	1.9296	2.0
6-7	71.67	30.2	41.47	49.55	MH	1.36	0.70	1.9429	2.9
7-8	71.88	41.32	30.56	61.79	MH	1.43	0.75	1.9067	2.9
10-11	87.5	42.49	45.01	61.2	CH	1.46	0.78	1.8718	3.0
13-14	91.29	36.71	54.58	105	CH	1.32	0.58	2.2759	3.0

BANGNA-TRAT									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
6-7	60.8	36.88	23.92	83.89	MH	1.49	0.81	1.8395	3.72
12-13	57.81	41.03	16.78	86.67	MH	1.5	0.9	1.6667	5.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

South of KMUTT									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
3-4	67.7	33.3	34.4	70.22	MH	1.46	0.68	2.1471	1.8
6-7	68.01	33.31	34.7	74.05	MH	1.617	0.929	1.7406	1.8
9-10	49.8	25.92	23.88	70.52	CL	1.383	0.696	1.9871	2
12-13	45.62	24.94	20.68	89.66	CL	1.401	0.738	1.8984	2.5
15-16	47.96	24.26	23.7	87.62	CL	1.461	0.779	1.8755	2.2

NONG PRUE									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
1-2	57.4	33.59	23.81	28.26	MH	1.93	1.5	1.2867	1.8
4-5	55.1	38.08	17.02	103.1	MH	1.41	0.75	1.88	2.4
12-13	63	39.45	23.55	77.72	MH	1.5	0.84	1.7857	3.5

PRENG, E									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
2-3	56.73	33.38	23.35	106.3	MH	1.3	0.64	2.0313	4.2
3-4	91.64	49.95	41.69	81.56	MH	1.37	0.79	1.7342	2.0
9-10	96.22	43	53.22	86.56	MH	1.5	0.8	1.875	2.7

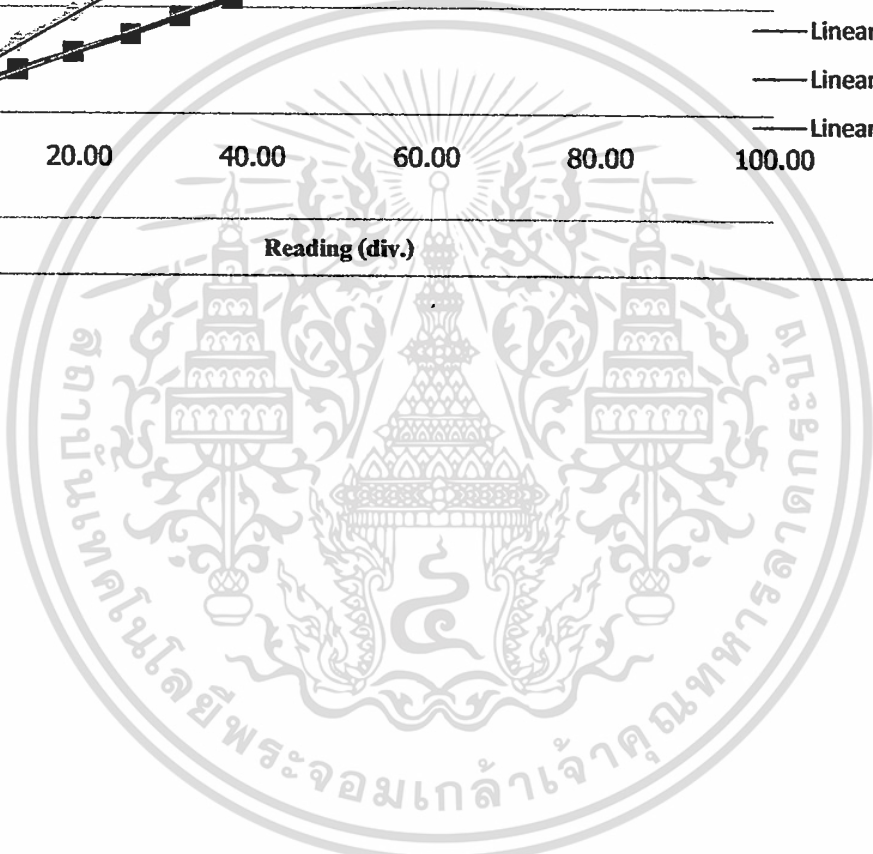
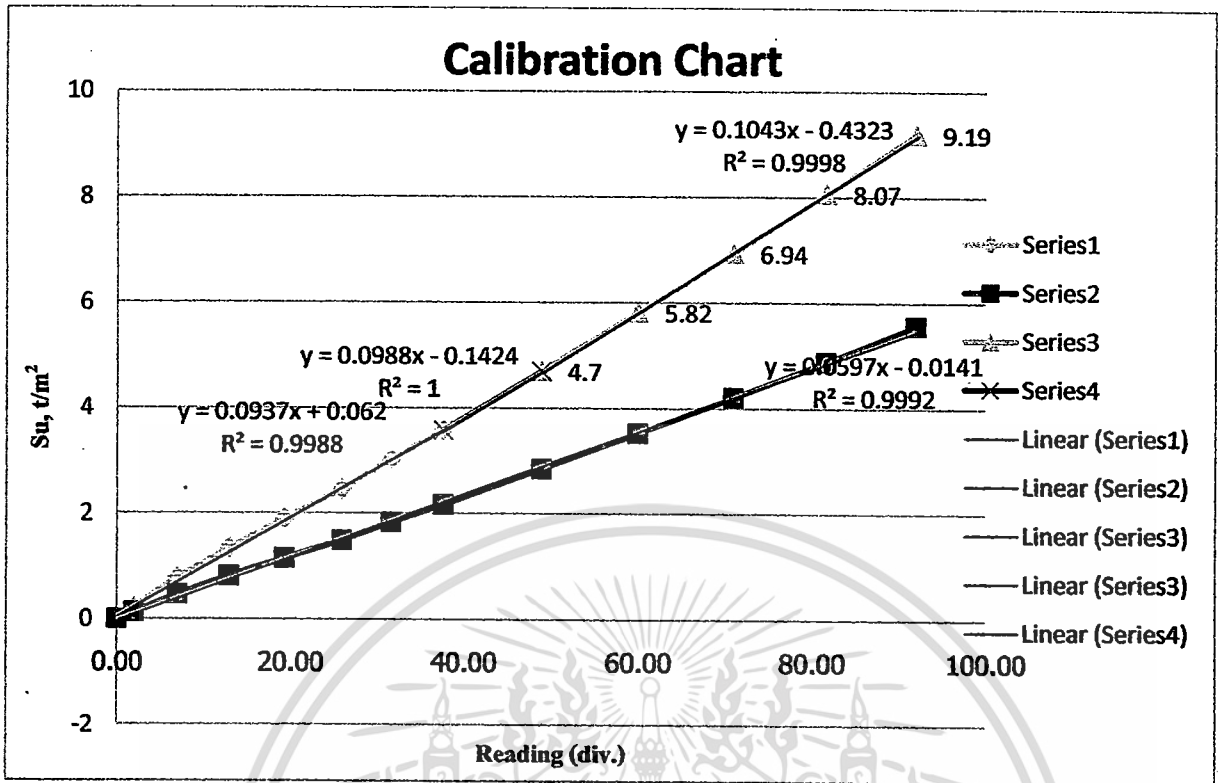
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LAEMFAPHA									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
0-1									
1-2	63.8	33.29	30.51	102.6	OH-MH	1.43	0.71	2.01	4.20
2-3	66.6	33.68	32.72	99.09	OH-MH	1.40	0.76	1.85	4.00
3-4	69.4	34.07	34.93	95.6	OH-MH	1.37	0.80	1.71	4.10
4-5	58.3	37.29	21.01	76.25	OH-MH	1.41	0.80	1.76	1.70

BANGPU-CITY									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
4-5	61.7	24.1	37.6	53.9	CH				2.4
5-6	52.3	21.4	30.9	40.6	CH				1.5

KLONG SUAN									
Depth	Atterberg's			MC	USGS	Unit weight			S
	LL	PL	PI			total	dry		
7-8	75.65	38	37.65	53.5	MH	1.46	0.83	1.76	5.33
14-15	61	33.1	27.9	43.3	MH	1.5	0.94	1.60	4.8
15-16	55.8	34.91	20.89	50.12	MH	1.64	1.02	1.61	5.6
16-17									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้