

## การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนด้วยซีเมนต์ IMPROVEMENT OF SOFT CLAY WITH CEMENT

พินิต ตั้งบุญเติม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เกษม เพชรเกตู  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

**PINIT TUNGBOONTERM**  
*Assistant Professor*  
*Department of Civil Engineering*  
*Faculty of Engineering*  
*KMITT*

**KASEM PETCHGATE**  
*Assistant Professor*  
*Department of Civil Engineering*  
*Faculty of Engineering*  
*KMITT*

### บทคัดย่อ

พื้นที่บริเวณกว้างใจกลางประเทศไทย พบว่ามีชั้นดินเหนียวอ่อน(Soft Bangkok Clay)ตกตะกอนหนา ดินเหล่านี้มีกำลังต่ำและมีการทรุดตัวสูง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการก่อสร้างมาก ไม่ว่าจะเป็นงานอาคาร ถนน ทางด่วน ทำอากาศยาน งานชุด ฯลฯ ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ เมื่อนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยซีเมนต์ จะทำให้มีค่า Undrained Shear Strength สูงขึ้นตามอายุและอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ ในการศึกษาครั้งนี้ดินเหนียวอ่อนมีค่า Undrained Shear Strength(Su) อยู่ระหว่าง 0.3 - 1.5 ตันต่อ ตร.ม. ค่า  $E_{50} = 75 Su$ . เมื่อทำการผสมด้วยปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 200 กก./ลบ.ม. แล้วได้พบว่าดินผสมซีเมนต์มีค่า Su ประมาณ 20 ตันต่อ ตร.ม. และ  $E_{50} = 100 Su$

## SUMMARY

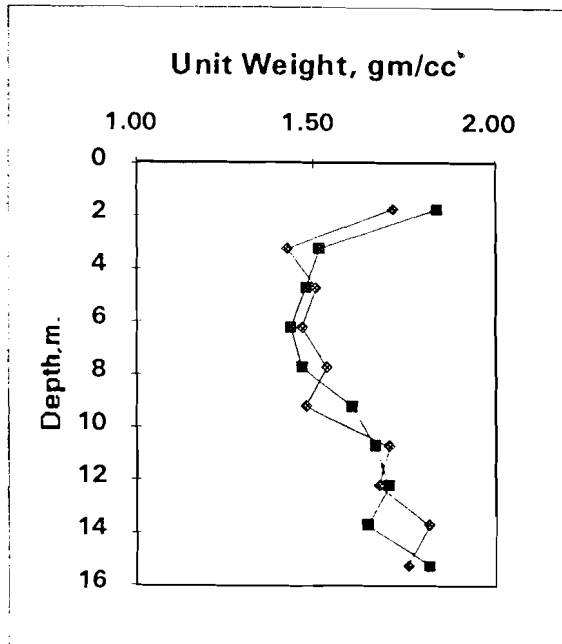
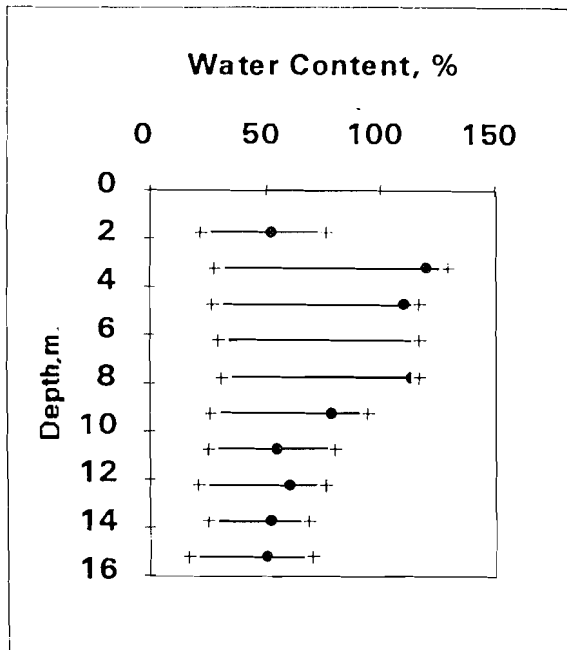
A large area in central part of Thailand is covered by a thick deposit of clay with low strength and high compressibility which has presented major engineering problems on buildings, road, express way, airport, excavation, etc. Soft Bangkok Clay can be improved by using portland cement. This study reveals that the undrained shear strength of improved clay is developed with ages and cement content. The undrained Shear Strength ( $S_u$ ) of Soft Clay is about 0-3-1.5 t/sq.m. and E50 is about 75  $S_u$ . After the clay was stabilized with cement, the undrained shear strength of stabilized soil is increased to 20 t/sq.m. and E50 is about 100  $S_u$ .

### บทนำ

ในบริเวณใจกลางประเทศไทยจะพบชั้นดินเหนียวอ่อน(Soft Bangkok Clay) มีความหนาแตกต่างกันไปในบริเวณกรุงเทพมหานครตั้งแต่ 10 - 20 เมตร ดินเหนียวอ่อนนี้มีปริมาณน้ำบรรจุ (Water Content) สูง กำลังเฉือนต่ำ มี Void Ratio สูง ทำให้เกิดปัญหาในการก่อสร้างทั้งงานอาคาร ถนน ทางด่วน ท่าอากาศยาน งานขุด ฯลฯ ปัญหาเหล่านั้นได้แก่ดินมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ต่ำมีการทรุดตัวสูง การแก้ปัญหาเหล่านี้ที่ผ่านมามีเทคนิคต่างๆในการทำให้ปริมาณน้ำบรรจุและ Void Ratio ลดลง เพื่อเพิ่มกำลังเฉือนของดินและลดการทรุดตัวที่จะเกิดขึ้น เช่น Sand Drain, Dynamic Consolidation เป็นต้นนอกจากนั้น ยังมีเทคนิคการทำซีเมนต์คอลัมน์(Cement Column) เพื่อเพิ่มกำลังเฉือนของดิน และกระจายน้ำหนักลงไปยังดินชั้นล่าง เพื่อลดระยะการทรุดตัวของดิน โดยคุณสมบัติของดินที่ผสมกับซีเมนต์นั้น จำเป็นต้องมีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ จึงได้ทำการศึกษา โดยเจาะสำรวจดินแล้วนำมา ทดลองในห้องปฏิบัติการพร้อมกันนั้นได้ทำการทดลองผสมซีเมนต์เข้ากับดินในสนาม แล้ว Core ขึ้นมาทำ การทดสอบหาคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ

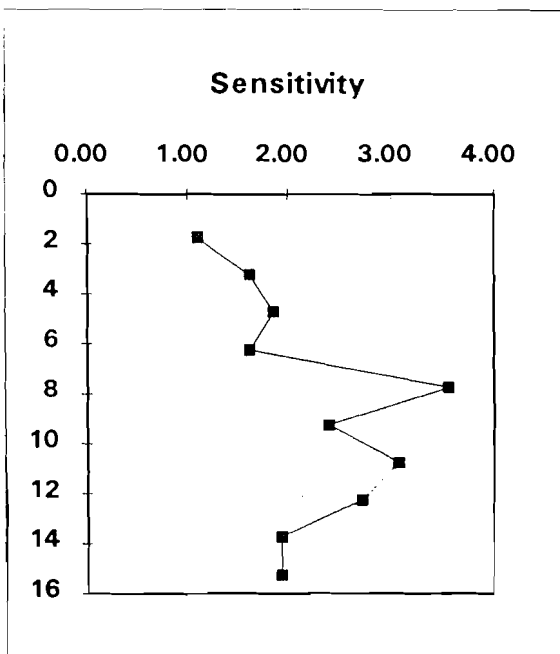
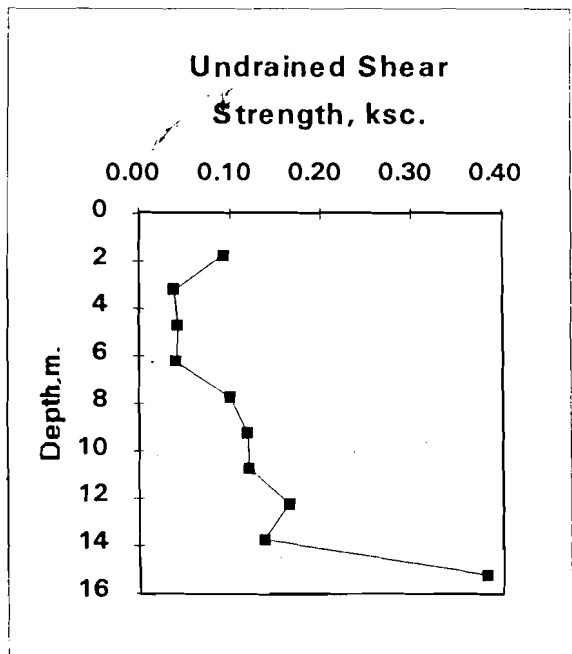
### การเจาะสำรวจและทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ

ในการทดลองนี้ได้ทำการเจาะสำรวจดินจำนวน 2 หลุม ในบริเวณ กม.9 ถนนบางบอน-ชายทะเล กรุงเทพมหานคร แล้วนำมาทดสอบหา คุณสมบัติต่างๆในห้องทดลอง เช่น Unconfined Compression Test, Water Content, Unit Weight และ Atterbergs Limits ทดสอบตาม "เอกสารอ้างอิง[1]" ผลของการทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 1 - 6 จากผลการทดลองจะเห็นว่าดิน ในบริเวณนี้เป็นชั้นดินอ่อนหนาประมาณ 15 เมตร มีค่า Natural Water Content เข้าใกล้ Liquid Limit Unit Weight อยู่ระหว่าง 1.5 - 1.7 ตันต่อ ลบ.ม. Undrained Shear Strength( $S_u$ ) อยู่ระหว่าง 0.3 - 1.5 ตันต่อ ตร.ม. และ Sensitivity มีอยู่ระหว่าง 2 - 3 ตาม"เอกสารอ้างอิง[2]"จากรูปที่ 5 จะได้ค่า Undrained Modulus (E50) เท่ากับ 75 เท่าของ Undrained Shear Strength( $S_u$ )



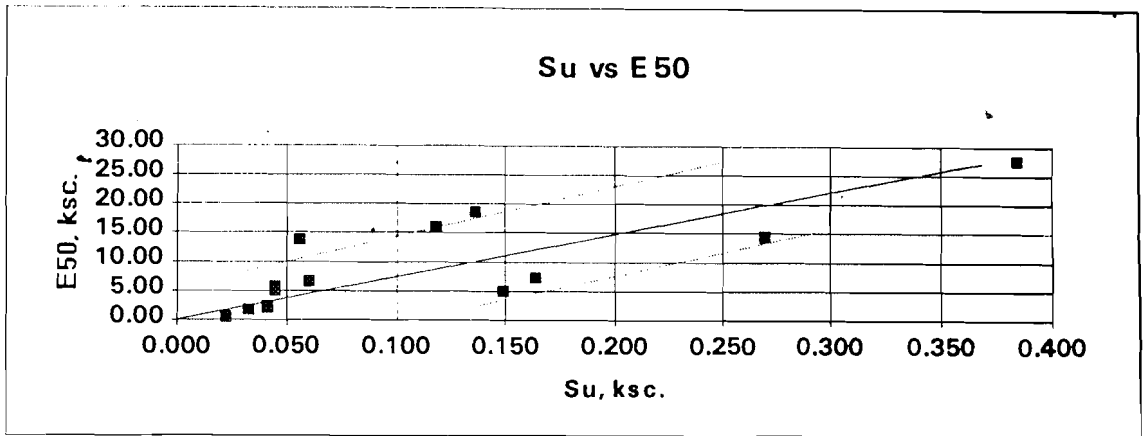
รูปที่ 1 LL, PL และ Wn แปรตามความลึก

รูปที่ 2 Unit Weight แปรตามความลึก

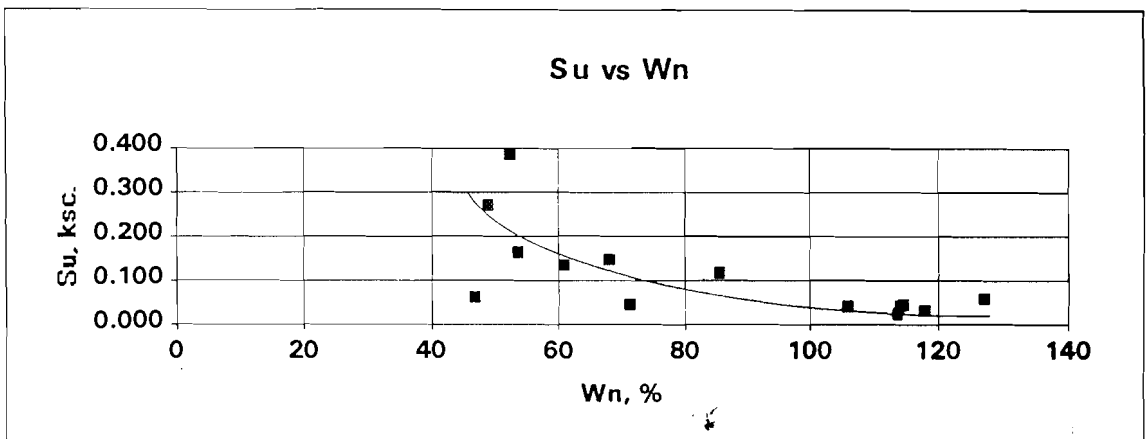


รูปที่ 3 กำลังเฉือนแปรตามความลึก

รูปที่ 4 Sensitivity แปรตามความลึก



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Undrained Shear Strength(Su) กับ Undrained Modulus(E50)

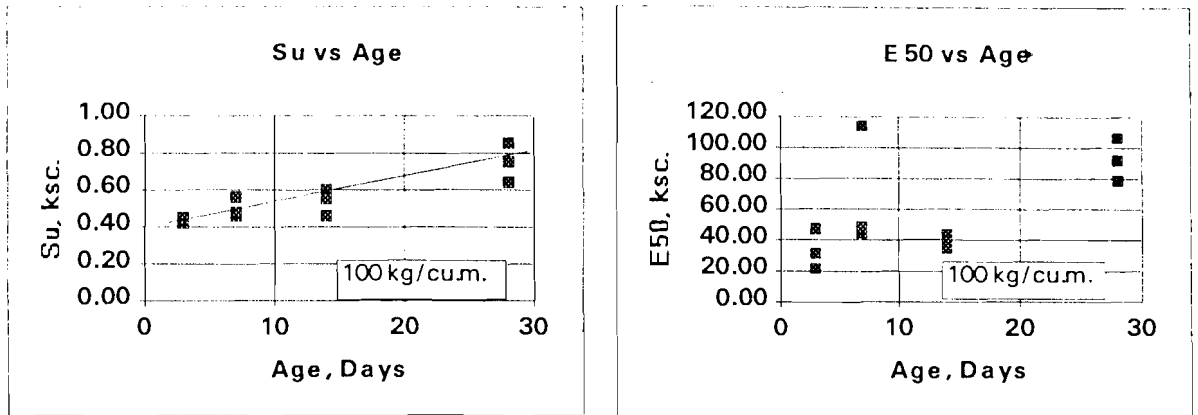


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำบรรจุกับค่า Undrained Shear Strength

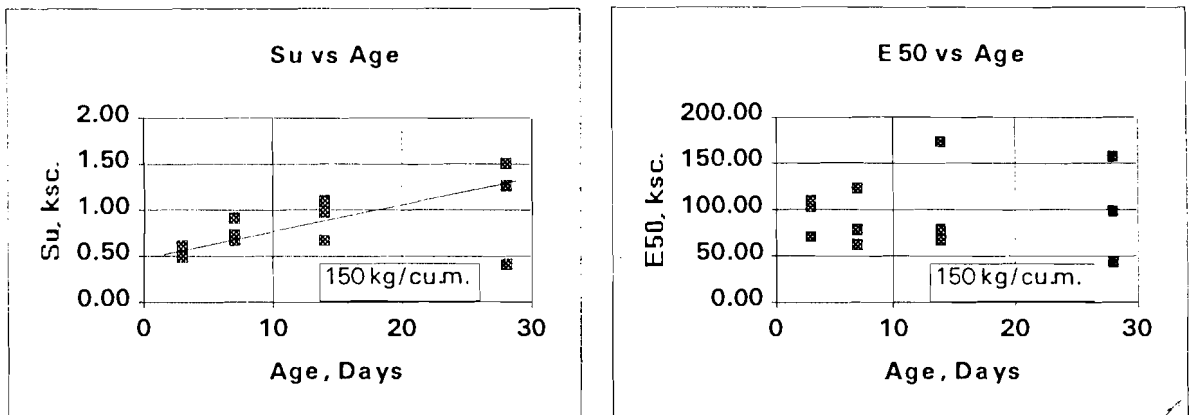
การทดสอบดินผสมซีเมนต์ในห้องปฏิบัติการ

หลังจากทำ Unconfined Compression Test ได้นำตัวอย่างมารวมกันแล้วทำการผสมกับน้ำซีเมนต์ด้วยอัตราส่วนซีเมนต์ 100 150 และ 200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของดินเปียก โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 1 หลังจากนั้นได้นำตัวอย่างที่ผสมมาตัดแต่งให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มม. สูง 70 มม. แล้วหุ้มด้วยกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์ และเทียไนซ์ เก็บไว้ในห้องควบคุมความชื้น เมื่อครบอายุ 3 วัน 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ได้นำตัวอย่างมาทำการทดสอบ Unconfined Compression Test และ Water Content ผลของการทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 7 - 17 จากรูปที่ 7 - 16 จะเห็นได้ว่า Undrained Shear Strength (Su) เพิ่มขึ้นตามอายุการบ่ม และตามส่วนผสมของซีเมนต์ โดยค่า Undrained Shear Strength ของตัวอย่างดินผสมซีเมนต์ ที่อายุ 28 วัน จะมีค่าสูงประมาณ 2 เท่าของอายุ 7 วันและค่า Undrained Shear Strength(Su) ของดินที่ผสมซีเมนต์ด้วยอัตราส่วน 200 กก./ลบ.ม. ของดินเปียก จะมีค่าประมาณ 2 เท่าของดินที่ผสมซีเมนต์ 100 กก./ลบ.ม. ของดินเปียก ส่วนค่า Undrained Modulus(E50) มีแนวโน้มที่จะเพิ่มตาม

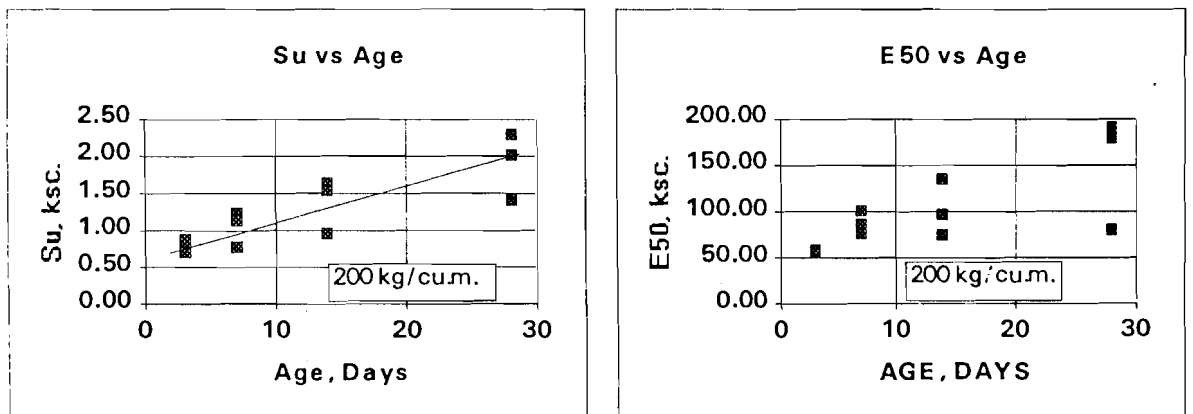
อายุ และปริมาณซีเมนต์ จากรูปที่ 17 จะได้ค่า Undrained Modulus เท่ากับ 100 Su



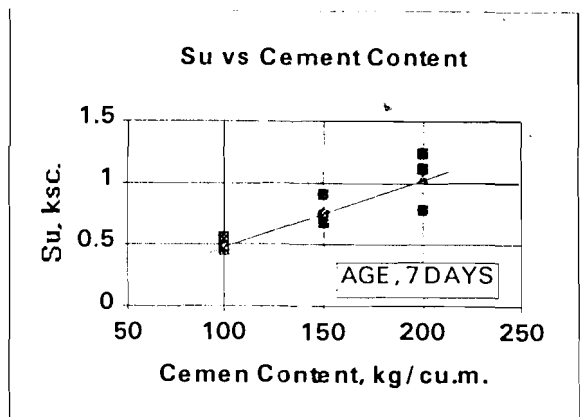
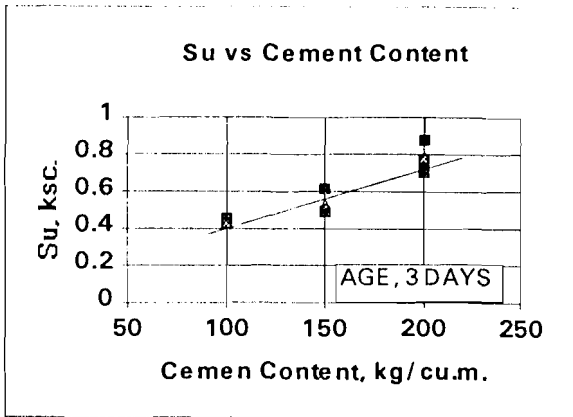
รูปที่ 7-8 ค่า Su และ E50 แปรตามอายุของการบ่มที่ส่วนผสมซีเมนต์ 100/กก./ลบ.ม.



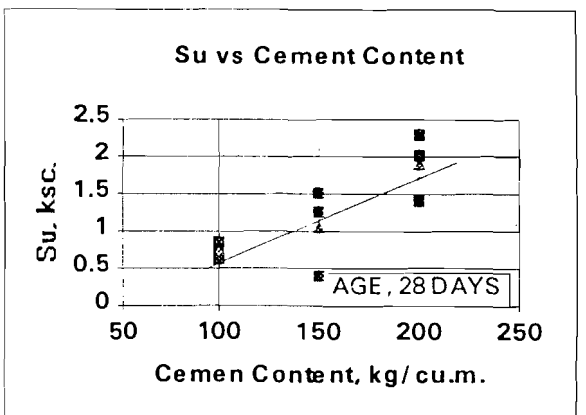
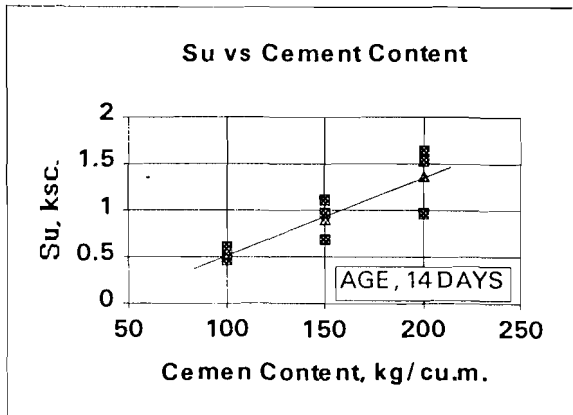
รูปที่ 9 - 10 ค่า Su และ E50 แปรตามอายุของการบ่มที่ส่วนผสมซีเมนต์ 150 กก./ลบ.ม.



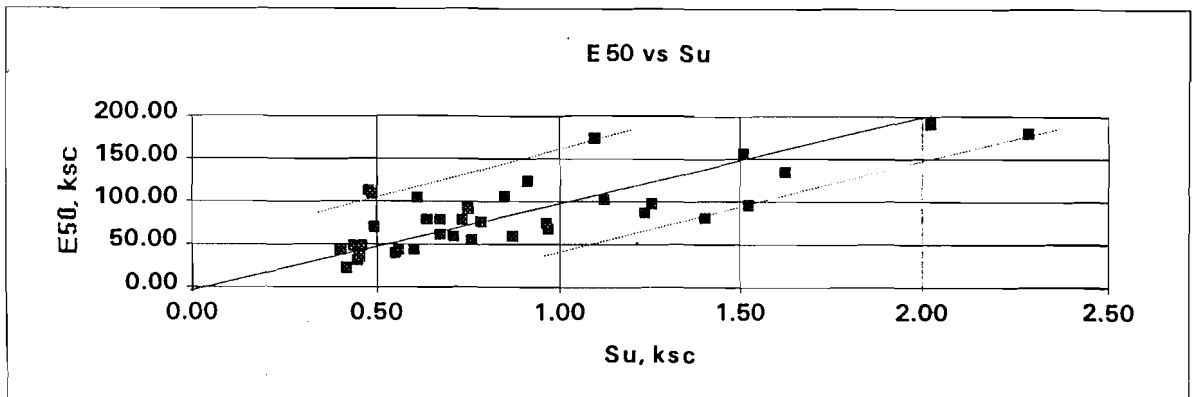
รูปที่ 11 - 12 ค่า Su และ E50 แปรตามอายุของการบ่มที่ส่วนผสมซีเมนต์ 200 กก./ลบ.ม.



รูปที่ 13 - 14 ค่า Su แปรตามส่วนผสมของซีเมนต์ ที่อายุ 3 และ 7 วัน



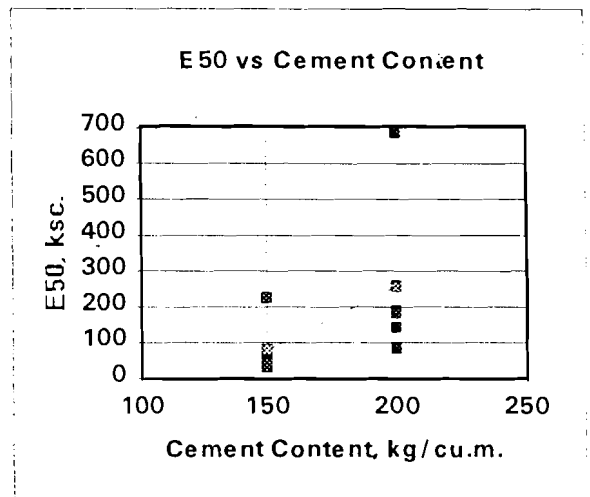
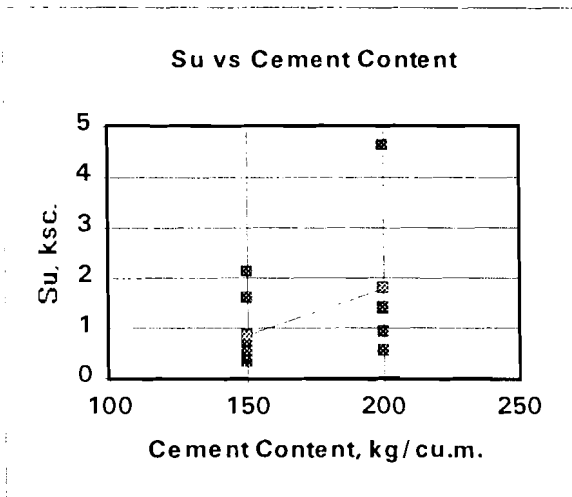
รูปที่ 15 - 16 ค่า Su แปรตามส่วนผสมของซีเมนต์ ที่อายุ 3 และ 7 วัน



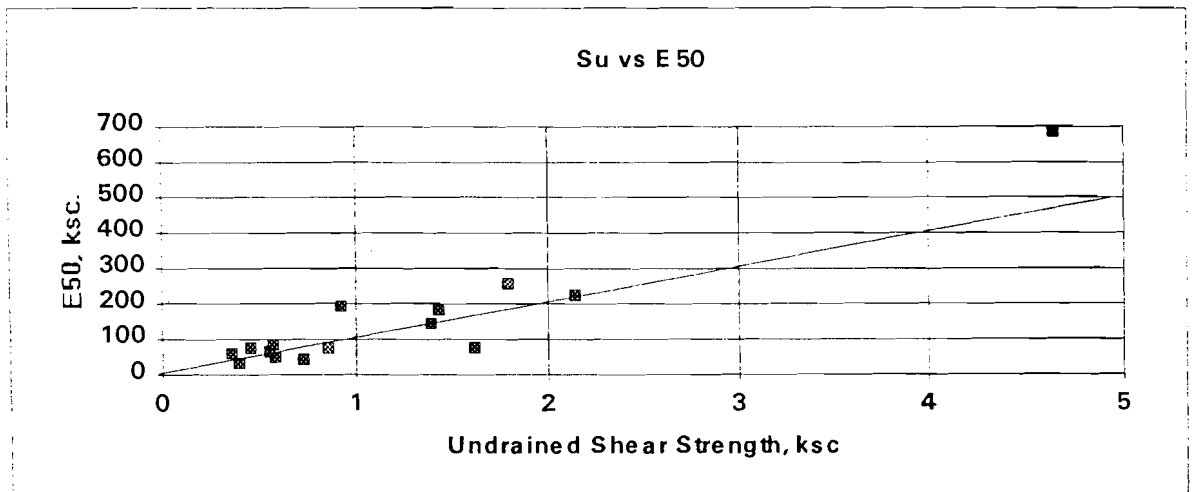
รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Su กับ E50 ของดินผสมซีเมนต์ทุกอัตราส่วนและทุกอายุ

ในการทดลองผสมซีเมนต์เข้ากับดินในที่ ได้ทำการอัดฉีดน้ำซีเมนต์ผสมเข้ากับดิน ด้วยอัตราส่วนผสมซีเมนต์ 150 และ 200 กก./ลบ.ม. ของดินเปียก โดยใช้อัตราส่วนผสมน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 1 แล้วฉีดด้วยความดันประมาณ 400 กก.ต่อ ตร.ซม. ที่ระดับความลึกประมาณ 12 เมตรจากผิวดิน ฉีดและหมუნก้านฉีดขึ้นมาเรื่อยๆ จนถึง ผิวดิน ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 30 วัน แล้วทำการ เจาะ Core เอาตัวอย่างดินผสมซีเมนต์ขึ้นมาทำ Unconfined Compression Test ได้ผลแสดงไว้ในรูปที่ 18 - 20

จากผลการทดลองจะมีค่า Undrained Shear Strength และ Undrained Modulus เพิ่มขึ้นตามปริมาณของซีเมนต์ดังรูปที่ 18 - 19 จากรูปที่ 20 จะได้ค่า Undrained Modulus เท่ากับ 100 Su ซึ่งเหมือนกับผลที่ทดลองในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 18 - 19 ค่า Undrained Shear Strength



รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Su กับ E50 ของดินผสมซีเมนต์ที่ Core มาจากสนาม

## สรุป

จากการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ(Soft Bangkok Clay) สามารถปรับปรุงคุณภาพด้วยปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ได้ดี
2. การปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนกรุงเทพแล้ว ทำให้ค่า Undrained Modulus เพิ่มขึ้นจากเดิม  $E_{50} = 75 \text{ Su}$  เป็น  $E_{50} = 100 \text{ Su}$
3. Undrained Shear Strength ของดินเหนียวอ่อนผสมซีเมนต์เพิ่มขึ้นตามปริมาณซีเมนต์ และอายุของการบ่มโดยดินผสมซีเมนต์ 200 กก.ต่อ ลบ.ม. ดินเปียก จะมีค่า  $S_u$  เป็น 2 เท่าของดินผสมซีเมนต์ 100 กก./ลบ.ม.

## เอกสารอ้างอิง

1. American Societh of Testing and Material (1990) ASTM Standard Section 4 Volume 04.08 : Soil and Rock ; Building Stones
2. รายงานผลการเจาะสำรวจและวิเคราะห์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เสนอ กทม.2536