

การประมาณการ ترددตัวและพารามิเตอร์ดินของถนนทางเข้าโรงไฟฟ้า
หลังความร้อนบางปะกง



นาย สำนิตย์ ศรีสุข

ศูนย์วิทยพัธพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

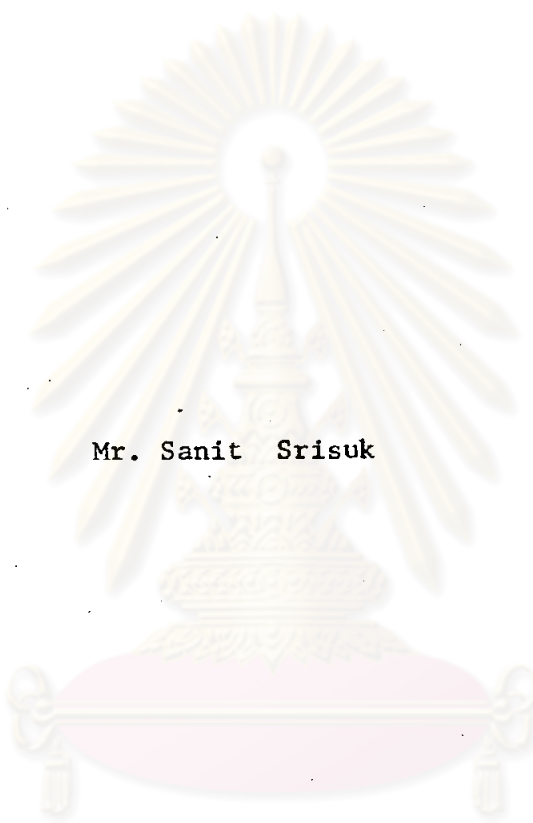
พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-913-9

0095355

i1789511x

SETTLEMENT PREDICTION AND SOIL PARAMETERS OF BANGPAKONG THERMAL
POWER PLANT ENTRANCE ROAD



Mr. Sanit Srisuk

ศูนย์วิทยพัทยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

1985

ค่า S_u ที่ได้จากการทดลอง UU ให้ค่าต่ำกว่าทั้งค่าของ $S_u(FV)$ และ $S_u(V)$ ที่ได้จากการทดลอง FV สำหรับการประมาณค่ากำลังรับแรงเฉือนที่เสนอโดย Trak (1979) ให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงค่า $S_u(V)$ สามารถใช้ประมาณค่ากำลังรับแรงเฉือนอย่างคร่าว ๆ ของดินที่ทำการศึกษา

สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ (C_v) ที่ได้จากข้อมูลในสนามซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี Asaoka (1978) ให้ค่าสูงแตกต่างจากวิธีของ Lacasse et al. (1975) และวิธีขั้นพื้นฐาน 1 มิติ ที่ได้จากการทดลองในห้องทดลองมีสัดส่วน ดังนี้

$$C_v(Asaoka) = 1.7 C_v(Lacasse et al.) = 8 \cdot C_v(Lab)$$

อัตราการทรุดตัวจากวิธีของ Lacasse et al., 1975 ซึ่งใช้ $C_v(Lacasse et al.)$ ให้ค่าใกล้เคียงกับอัตราการทรุดตัวในสนามในช่วง 60% แรกของระดับการทรุดตัวคายน้ำ ส่วนวิธีของ Asaoka, 1978 ซึ่งใช้ $C_v(Asaoka)$ และวิธีของ Lacasse et al., 1975 ที่ใช้ $C_v(Asaoka)$ ให้ค่าอัตราการทรุดตัวใกล้เคียงกัน โดยให้ค่าระดับการทรุดตัวคายน้ำที่ 90% ใกล้เคียงในสนาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Settlement Prediction and Soil Parameters of Bang-
pakong Thermal Power Plant Entrance Road.

Name Mr. Sanit Srisuk

Thesis Advisor Assistant Professor. Surachat Sambhandharaksa, Sc.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1985



ABSTRACT

Generally, the Settlement is a crucial problem especially in soft clay. The researcher predicted the settlement of 2.0 m. high embankment on 20.5 m. thick soft clay by the conventional one-dimension, the elastic theory, the Skempton & Bjerrum (1957), the stress path and the finite element method. The result of the conventional one-dimension method and the Asaoka method (1978) are nearly the field.

The Soft Clay encountered is 20.5 m. thick, having the medium clay interbedded at depth of about -4.70 to -6.20 m (MSL) while the ground surface is 0.80 m. (MSL). Soil condition can be explained as the following.

| | |
|--|----------------------------|
| Water Content | 52-116 % |
| Plasticity Index | 35- 68 % |
| Unit Weight | 1.41-1.70 t/m ³ |
| Field Vane Shear Strength, $S_{u(FV)}$ | 0.8 -5.6 t/m ² |
| Undrained Shear Strength from UU Test, | |
| $S_{u(UU)}$ | 0.4-2.9 t/m ² |

The secondary compression for one cycle ($\log t/t_{100} = 1.0$) is high when compare with the consolidation settlement according to high organic content and plasticity index.

It is indicated that soil parameters from the conventional one dimension and UU Test for prediction settlement are more conservative than stress path method.

Undrained shear strength from UU Test, $S_{u(UU)}$, is lower than the corrected field vane shear strength, $S_{u(V)}$. The corrected field vane shear strength is approximate the undrained shear strength summited by Trak (1979).

The coefficient of consolidation for field settlement predicted by Asaoka (1978) is the highest value to compare with Lacasse et al. (1975) and the convention one-dimensional method. This ratio is present below.

$$C_v(\text{Asaoka}) = 1.7 C_v(\text{Lacasse et al.}) = 8.C_v(\text{Lab})$$

Rate of consolidation predicted by Lacasse et al., (1975) method which used $C_v(\text{Lacasse et al.})$ is approximate in the first 60% degree of consolidation in the field. However, both methods of Asaoka (1978) and Lacasse et al. (1975) which estimated by using $C_v(\text{Asaoka})$ indicated the closet rate of consolidation and 90% degree of field consolidation.



ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์ ซึ่ง
เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์นี้ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ทั้งภาคทฤษฎี และ
ภาคปฏิบัติ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการแก้ปัญหา ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
ผู้เขียนซาบซึ้งในความกรุณาของท่านอาจารย์ สุรฉัตร ฯ เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณ
รองศาสตราจารย์ ดร. บุญลิม เลิศศิริวงศ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกใน
การใช้ห้องวิจัย ตลอดจนคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบ
แก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ในระหว่างทำการทดลอง ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณ ชูชาติ เกียรติขจรกุล คุณ ปฐม
เฉลยวาเรศ คุณ พัทยา เจนเกียรติฟู ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องวิจัยปฐพีกลศาสตร์ เจ้าหน้าที่
ห้องปฏิบัติการโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้กล่าวชื่อนามที่ได้ให้ความ
ช่วยเหลือร่วมมือเป็นอย่างดี

อนึ่ง การวิจัยนี้สัมฤทธิ์ผลได้ด้วยดีเนื่องเพราะความช่วยเหลือของการปิโตรเลียมแห่ง-
ประเทศไทยที่ได้ให้ทุนอุดหนุนสำหรับการวิจัยนี้ โดยที่การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ โครงการวิจัย
การศึกษาผลกระทบอันมีต่อแนวท่อก๊าซธรรมชาติบนบกของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (2527)
ผู้เขียนขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ท้ายสุดนี้ผู้เขียนระลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ ท่านเหล่านี้เป็นผู้มี
อุปการคุณที่ได้ช่วยให้ผู้เขียนประสบผลสำเร็จจนถึงการศึกษาระดับนี้

สำนึกดี ศรีสู้



สารบัญ

หน้า

| | |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ฉ |
| กิตติกรรมประกาศ | ช |
| สารบัญตาราง | ฅ |
| สารบัญภาพ | ด |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ | ธ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 คำนำ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย | 2 |
| 2. ทฤษฎีและสมมุติฐาน | 4 |
| 2.1 ลักษณะการทรุดตัว | 4 |
| 2.1.1 การทรุดตัวทันที (Immediate Settlement). | 4 |
| 2.1.2 การทรุดตัวเนื่องกับเวลา (Time Dependent Settlement) | 4 |
| 2.2 สัมประสิทธิ์แรงดันของดิน ณ สภาวะสัมมูลย์ (Coefficient of Earth Pressure at Rest) | 6 |
| 2.3 การกระจายหน่วยแรงในมวลดิน (Stress Distribution in Soil Mass) | 9 |
| 2.3.1 การกระจายหน่วยแรงโดยทฤษฎีอีลาสติคที่มีความหนาชั้นดินแน่นอนรองรับด้วยฐานที่มั่นคง (Stress Distribution by Theory of Elasticity on A Finite Layer Underlain by A Rigid Base). | 9 |

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

| | | |
|-------|---|----|
| 2.3.2 | การกระจายหน่วยแรงโดยวิธีไฟไนท์เอลลิเมนต์ (Stress Distribution by Finite Element Method). | 12 |
| 2.4 | ความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Excess Pore Water Pressure). | 12 |
| 2.4.1 | ความดันน้ำในโพรงเพิ่มในช่วงอีลาสติก (Excess Pore Water Pressure within the Limits of Elastic Behaviour of the Clay). | 12 |
| 2.4.2 | ความดันน้ำในโพรงเพิ่มเกิดเนื่องจากผลของ Plastic Flow | 14 |
| 2.5 | การทรุดตัวเนื่องจากการพังทลายเป็นจุด ๆ ของมวลดิน (Settlement due to Local Yielding). | 17 |
| 2.6 | การทรุดตัว 1 มิติ โดยวิธีพื้นฐาน (Conventional One-Dimensional Settlement Method). | 21 |
| 2.7 | การทรุดตัวโดยวิธีอีลาสติก (Settlement due to Elastic Theory Method). | 24 |
| 2.8 | วิธีของ Skempton และ Bjerrum, 1957 (Skempton and Bjerrum Method) | 29 |
| 2.9 | การทรุดตัวโดยวิธีของ Bjerrum, 1972, 1973 (Bjerrum's Method). | 31 |
| 2.10 | การทรุดตัวโดยวิธีไฟไนท์เอลลิเมนต์ (Finite Element Method) | 31 |
| 2.11 | การทรุดตัวโดยวิธีทางเดินของหน่วยแรง (Stress Path Method). | 32 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.12 วิธีของ Asaoka (Asaoka's Method) | 35 |
| 2.13 อัตราการทรุดตัวของ การทรุดตัว เนื่องจากการอัด ตัวคายน้ำ | 37 |
| 2.13.2 สำหรับการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ. | 37 |
| 2.13.2 สำหรับการอัดตัวคายน้ำแบบ 2 มิติ. | 37 |
| 2.13.3 สำหรับการอัดตัวคายน้ำแบบ 3 มิติ. | 37 |
| 2.14 ชนิดของรูปแสดง การยุบตัว-ลอคของเวลา (Compression Logarithm Time Curve) | 41 |
| 2.15 วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ (Coefficient of Consolidation, C_v) | 43 |
| 2.15.1 วิธี \sqrt{t} ของ Taylor | 43 |
| 2.15.2 วิธี $\log t$. ของ Casagrande | 43 |
| 2.16 การประมาณค่ากำลังรับแรงเฉือน. | 45 |
| 3. การวิจัย. | 48 |
| 3.1 สถานที่เก็บตัวอย่างดินในสนาม | 48 |
| 3.2 วิธีการเก็บตัวอย่างดินในสนาม | 48 |
| 3.3 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนในสนาม (In Situ Field Vane Shear Test) | 51 |
| 3.4 การทดสอบในห้องทดลอง | 54 |
| 3.4.1 โปรแกรมการทดสอบในห้องทดลอง | 54 |
| 3.4.2 การหาคุณสมบัติของตัวอย่างดิน. | 57 |
| 3.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ. | 57 |
| 3.4.4 การทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ ด้วย เครื่องทดสอบ Oedometer. | 59 |
| 3.4.5 การเตรียมตัวอย่างดินสำหรับการทดสอบด้วย เครื่อง Triaxial. | 59 |

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

| | | |
|---------|---|----|
| 3.4.6 | การตัดตัวอย่างดินเข้าเครื่องทดสอบ Triaxial | 60 |
| 3.4.7 | การทำให้ตัวอย่างดินอยู่ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำในเครื่องทดสอบ Triaxial. | 62 |
| 3.4.8 | การอัดตัวคายน้ำด้วยเครื่องทดสอบ Triaxial . | 62 |
| 3.4.8.1 | การอัดตัวคายน้ำแบบเหมือนกันทุกทิศทาง (Isotropic Consolidation) | 62 |
| 3.4.8.2 | การอัดตัวคายน้ำแบบแนวตั้งและแนวนอนไม่เหมือนกัน (Anisotropic Consolidation) | 63 |
| 3.4.9 | การทดสอบตัวอย่างดินด้วยเครื่องทดสอบ Triaxial | 64 |
| 3.4.9.1 | การทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนของดินที่ไม่ถูกอัดตัวคายน้ำมาก่อนในสภาพไม่ระบายน้ำ (Unconsolidated Undrained Triaxial Compression Test, UU Test). | 64 |
| 3.4.9.2 | การทดสอบหาการทรุดตัวโดยวิธีทางเดินของหน่วยแรงแบบดินที่ถูกอัดตัวคายน้ำ ณ สภาวะล้มตุลย์ (K_0) มาก่อนด้วยเครื่องทดสอบ Triaxial และวัดความดันน้ำในโพรงเพิ่มในสภาพไม่ระบายน้ำเมื่อเพิ่มน้ำหนักกระทำต่อตัวอย่างดิน (K_0 Consolidated Undrained Triaxial Test with Pore Pressure Measurement ($\overline{CK_0 UC}$) by the Field total Loading) | 64 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| 4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ | 68 |
| 4.1 ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติพื้นฐาน | 68 |
| 4.2 ผลการทดสอบในสนาม | 69 |
| 4.2.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนในสนาม | 69 |
| 4.3 ผลการทดสอบในห้องทดลอง | 69 |
| 4.3.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ไม่ถูก อัดตัวคายนํ้าในสภาพไม่ระบายน้ำ (UU Test) | 69 |
| 4.3.2 ผลการทดสอบการอัดตัวคายนํ้า 1 มิติ | 71 |
| 4.3.3 ผลการทดสอบทางเดินของหน่วยแรง (CK_{UC} Stress Path Test). | 78 |
| 4.3.3.1 การยุบตัวของตัวอย่างดิน | 82 |
| 4.3.3.2 พารามิเตอร์ความตื้นน้ำ | 82 |
| 4.3.3.3 พารามิเตอร์ดินทั่วไป | 87 |
| 4.4 การวิเคราะห์ความตื้นน้ำในโพรงเพิ่ม | 87 |
| 4.5 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงเฉือนของดิน | 94 |
| 4.6 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ดิน | 96 |
| 4.6.1 ผลของอัตราส่วนหน่วยแรงเฉือนเริ่มแรก (f) ที่ มีต่ออัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว (OCR) | 96 |
| 4.6.2 ผลของค่า K_0 ที่มีต่ออัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว (OCR) | 96 |
| 4.6.3 ผลของ $S_u / \bar{\sigma}_{vo}$ และ $E_u / \bar{\sigma}_{vo}$ ที่มีต่ออัตราส่วน การอัดแน่นเกินตัว (OCR) | 96 |
| 4.6.4 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การอัดแน่นชั้นที่ ล่อง (C_u) | 101 |
| 4.7 การวิเคราะห์หน่วยแรงที่กระทำต่อมวลดิน | 105 |

สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.8 การวิเคราะห์การทรุดตัวรวม. | 108 |
| 4.8.1 การทรุดตัวในสภาพไม่ระบายน้ำ | 108 |
| 4.8.2 การทรุดตัวในสภาพระบายน้ำ | 108 |
| 4.8.3 การทรุดตัวรวม | 113 |
| 4.9 การวิเคราะห์การทรุดตัวอัดแน่นชั้นที่ล่อง. | 113 |
| 4.10 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ และอัตราการทรุดตัว. | 114 |
| 4.10.1 สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ. | 114 |
| 4.10.2 อัตราการทรุดตัว. | 116 |
| 5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอนะ | 123 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย. | 123 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ. | 127 |
| เอกสารอ้างอิง | 128 |
| ภาคผนวก ก. ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ โดยเพิ่มน้ำหนักหลังจากสิ้นสุดการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ (t_{100} จากวิธี \sqrt{t} ของ Taylor). | 134 |
| ภาคผนวก ข. ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร และการเปลี่ยนแปลงความเครียดในแนวตั้งกับเวลา (การทดสอบทางเดินของหน่วยแรง). | 145 |
| ภาคผนวก ค. รายละเอียดการคำนวณการคาดคะเนการทรุดตัว | 153 |
| ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์การทรุดตัวที่ กม.52 ของถนนสายบางนา-บางปะกง | 157 |
| ภาคผนวก จ. วิธีการคำนวณหาค่าความดันน้ำในโพรงเต็มที่ 6 ของคันทาง | 168 |
| ประวัติผู้เขียน | 172 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า | |
|----------|---|-----|
| 2.1 | แสดงค่าพารามิเตอร์ของ Skempton (A) สำหรับที่ประวัตินหน่วย แรงต่าง ๆ..... | 13 |
| 2.2 | แสดงค่า μ จาก $\mu = A + \alpha(1-A)$ (จาก Skempton และ Bjerrum, 1957)..... | 29 |
| 3.1 | โปรแกรมการทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ โดยเพิ่มน้ำหนักหลัง สิ้นสุดการยุบตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ..... | 54 |
| 3.2 | โปรแกรมการทดสอบการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ โดยเพิ่มน้ำหนักตาม การทดสอบมาตรฐาน..... | 55 |
| 3.3 | โปรแกรมการทดสอบกำลังรับแรงเสื่อนในสภาพไม่ระบายน้ำ..... | 55 |
| 3.4 | โปรแกรมการทดสอบการทรุดตัวโดยวิธีทางเดินของหน่วยแรง..... | 56 |
| 3.5 | คุณสมบัติพื้นฐาน..... | 58 |
| 4.1 | ลักษณะชั้นดินของหลุมเจาะ..... | 68 |
| 4.2 | ผลการทดสอบ UU | 72 |
| 4.3 | แสดงการอัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ..... | 74 |
| 4.4 | ผลการทดสอบทางเดินของหน่วยแรง ($\overline{CK}_0 UC$ Stress Path Test) ในสภาพไม่ระบายน้ำ..... | 79 |
| 4.5 | ผลการทดสอบทางเดินของหน่วยแรง ($\overline{CK}_0 UC$ Stress Path Test) ในสภาพระบายน้ำ..... | 80 |
| 4.6 | การประมาณความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นดิน..... | 91 |
| 4.7 | ค่า K_0 ที่ได้จากการวิเคราะห์ของชั้นดิน..... | 99 |
| 4.8 | ผลการ Normalize ค่าพารามิเตอร์ดินที่ได้จากการทดสอบทางเดิน ของหน่วยแรง | 102 |
| 4.9 | ผลการ Normalize ค่าพารามิเตอร์ดินที่ได้จากการทดสอบ UU..... | 102 |
| 4.10 | ผลการวิเคราะห์หน่วยแรงที่กระทำต่อมวลดิน..... | 106 |
| 4.11 | ผลการวิเคราะห์การทรุดตัว..... | 112 |
| 4.12 | ผลการวิเคราะห์การทรุดตัวชั้นที่ล่อง (p_s)..... | 115 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 4.13 | แสดงผลของสัมประสิทธิ์การหดตัวคายน้ำ (C_v)..... | 116 |
| 4.14 | แสดงผลอัตราการทรุดตัว..... | 117 |
| 4.15 | การวิเคราะห์อัตราการทรุดตัว ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลในสนามที่ กม.2 (อ้างอิงโดยวิธีของ Asaoka, 1978 ที่ กม.52..... | 119 |
| 4.16 | การวิเคราะห์อัตราการทรุดตัว โดยวิธีของ Lacasse et al. (1975) ที่ กม.2..... | 120 |
| 4.17 | การวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวโดยวิธีขึ้นพื้นฐาน 1 มิติ (Lab) ที่ กม.2..... | 121 |
| 4.18 | การวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวโดยวิธีของ Asaoka, 1978 ที่ กม.2 | 122 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 2.1 | ค่า K_0 เป็นฟังก์ชันกับ OCR และค่า PI. จุด A ถึงจุด F ได้จาก ข้อมูลของ Hendron (จาก Brooker และ Ireland, 1965) | 7 |
| 2.2 | ความสัมพันธ์ของ K_0 กับ OCR ของ Hanev Sensitive Clay ระหว่างการลดน้ำหนักและเพิ่มน้ำหนักซ้ำ (Companella Vaid, 1972)..... | 8 |
| 2.3 | ความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ m ซึ่งเป็นฟังก์ชันของค่า K_0 และ OCR กับค่า PI. (Ladd et al, 1977)..... | 8 |
| 2.4 | ลักษณะน้ำหนักกระจายเป็นแถบ..... | 9 |
| 2.5 | สำหรับค่า σ_z $v = 0$ | 10 |
| 2.6 | สำหรับค่า σ_z $v = 0.2$ | 10 |
| 2.7 | สำหรับค่า σ_z $v = 0.4$ | 10 |
| 2.8 | สำหรับค่า σ_z $v = 0.5$ | 10 |
| 2.9 | สำหรับค่า θ $v = 0$ | 11 |
| 2.10 | สำหรับค่า θ $v = 0.2$ | 11 |
| 2.11 | สำหรับค่า θ $v = 0.4$ | 11 |
| 2.12 | สำหรับค่า θ $v = 0.5$ | 11 |
| 2.13 | ข้อมูลของความดันน้ำในโพรงเพิ่มใต้คันดินถม | 15 |
| 2.14 | ความสัมพันธ์ความดันน้ำในโพรงเพิ่มกับหน่วยแรงในแนวตั้งที่เกิดขึ้น | 16 |
| 2.15 | ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงที่มากระทำกับการทรุดตัว เริ่มแรก | 17 |
| 2.16 | ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการทรุดตัว (S_R) กับอัตราส่วน หน่วยแรง ($\Delta q/qult$) สำหรับน้ำหนักกระจายเป็นแถบบน Isotropic Homogeneous Foundation (จาก D'Appolonia, Poulos and Ladd, 1971)..... | 19 |
| 2.17 | ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนหน่วยแรงเลื่อนกับอัตราส่วนการอัดแน่น เกินตัว..... | 20 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า | |
|--------|---|----|
| 2.18 | หลักการคำนวณการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ..... | 23 |
| 2.19 | หลักการคำนวณการทรุดตัวอัดแน่นขึ้นที่ล่อง..... | 24 |
| 2.20 | สำหรับค่า ρ_v | 26 |
| 2.21 | สำหรับค่า ρ_h | 26 |
| 2.22 | การคำนวณการทรุดตัวทันทีใต้คันดินถม (Giroud, 1973)..... | 27 |
| 2.23 | หลักการคำนวณการทรุดตัวทันที สำหรับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ บนพื้นที่ยืดหยุ่น (Uniformly Loaded Flexible Areas) ลงบน ดินเหนียวที่เป็นเนื้อเดียวกัน เหมือนกันทุกทิศทาง และอิ่มตัวด้วยน้ำ (Homogeneous Isotropic Saturated Clay) (จาก Janbu, Bjerrum และ Kjaernsli; 1956)..... | 28 |
| 2.24 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่า μ และค่า A (จาก Skempton และ Bjerrum, 1957)..... | 30 |
| 2.25 | การกำหนดจุดโดยวิธีทางเดินของหน่วยแรง..... | 33 |
| 2.26 | ทางเดินของหน่วยแรง..... | 34 |
| 2.27 | การคำนวณหาการทรุดตัววิธี Asaoka..... | 36 |
| 2.28 | อัตราการทรุดตัวในแนวตั้ง เนื่องจากการอัดตัวคายน้ำเมื่อน้ำหนัก มากกระทำทันที..... | 38 |
| 2.29 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่า T_v และค่า U สำหรับน้ำหนักกระจายเป็น แถบลงบนดินที่เกิดการอัดตัวคายน้ำแบบ 2 ทิศทาง และมีค่าซึมผ่าน เหมือนกันทุกทิศทาง (จาก Lacasse et al, 1975)..... | 39 |
| 2.30 | อัตราการทรุดตัวที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่อง Triaxial (จาก Davis และ Poulos, 1963)..... | 40 |
| 2.31 | ชนิดของเส้นการยุบตัวและลดเวลา (จาก Leonards และ Girault, 1961)..... | 41 |
| 2.32 | หลักการหาค่าสัมประสิทธิ์การทรุดตัว..... | 44 |
| 2.33 | ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบปรับแก้ (μ) กับดัชนีพลาสต์ิก (PI.) | 46 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า | |
|--------|--|----|
| 2.34 | อัตราส่วน $S_u/\bar{\sigma}_{vo}$, $\bar{\sigma}_{vm}/\bar{\sigma}_{vo}$, $S_u/\bar{\sigma}_{vm}$ และ $\mu.S_u/\bar{\sigma}_{vm}$ กับค่า PI. สำหรับ Normally Consolidated Late Glacial และ Post Glacial Clays (Trak et al., 1979)..... | 47 |
| 3.1 | ตำแหน่งบริเวณที่ทำการวิจัย (ที่ กม.2 ของถนนทางเข้าโรงไฟฟ้าพลังความร้อนบางปะกง)..... | 49 |
| 3.2 | ตำแหน่งการเจาะสำรวจดินที่ กม.2..... | 50 |
| 3.3 | ลักษณะขนาดของ Vane..... | 51 |
| 3.4 | รูปตัดขวางทางถนนแสดงตำแหน่งระดับที่จำลองหน่วยแรงในล้นาม | 52 |
| 3.5 | ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติพื้นฐาน..... | 53 |
| 3.6 | รายละเอียดเครื่องทดสอบ Triaxial..... | 61 |
| 3.7 | ความสัมพันธ์ระหว่างความดันเซลล์กับน้ำหนักคงที่..... | 65 |
| 3.8 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Logarithm ของอัตราความเครียดกับ Logarithm ของเวลา (ยูชาติ, 2527)..... | 67 |
| 3.9 | ความสัมพันธ์ระหว่าง Logarithm ของความเครียดกับ Logarithm ของเวลา (ยูชาติ, 2527)..... | 67 |
| 4.1 | ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนในล้นามที่ระดับความลึกต่างๆ ของชั้นดิน..... | 70 |
| 4.2 | ผลการทดสอบ UU ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นดิน..... | 73 |
| 4.3 | ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ 1 เมตร ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นดิน..... | 75 |
| 4.4 | ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงประสิทธิผลล้นสุดในอดีตกับหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งตามธรรมชาติ..... | 77 |
| 4.5 | แสดงผลเปรียบเทียบกำลังรับแรงเฉือนกับระดับหน่วยแรงเฉือน $\frac{(\bar{\sigma}_{vf} - \bar{\sigma}_{hf})}{2}$ ที่เกิดเนื่องจากรน้ำหนักที่มากกระทำตลอดชั้นดิน..... | 81 |
| 4.6 | ทางเดินหน่วยแรงประสิทธิผลของการทดสอบทางเดินหน่วยแรง..... | 83 |
| 4.7 | ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ความดันน้ำ (μ) กับอัตราส่วน | |

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| การอัดแน่นเกินตัว (OCR) สำหรับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ (จาก Lee, 1983 AIT)..... | 88 |
| 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของ Skempton (A) กับอัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว (OCR) ในบริเวณใต้จุดกึ่งกลางของคันดินถม (จาก Lee, 1983 AIT)..... | 89 |
| 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Δu) กับความลึกของชั้นดิน | 92 |
| 4.10 ความดันน้ำใต้ดินจาก Dummy Prizometer และบ่อวัดน้ำ..... | 93 |
| 4.11 ผลการเปรียบเทียบกำลังรับแรงเฉือน (S_u) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นดิน..... | 95 |
| 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง $S_u(V)/\bar{\sigma}_{vm}$ กับดัชนีพลาสติค (PI.)..... | 97 |
| 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนหน่วยแรงเฉือนเริ่มแรกกับอัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว..... | 98 |
| 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง K_o กับอัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว..... | 98 |
| 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง $S_u/\bar{\sigma}_{vo}$ และ $E_u/\bar{\sigma}_{vo}$ กับอัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว (OCR)..... | 100 |
| 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การอัดแน่นชั้นที่ล่อง (C_{α}) กับอัตราส่วนของ $\bar{\sigma}_{vc}/\bar{\sigma}_{vm}$ | 103 |
| 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการอัดแน่น (CR) กับสัมประสิทธิ์การอัดแน่นชั้นที่ล่อง (C_{α})..... | 104 |
| 4.18 ผลการวิเคราะห์หน่วยแรงที่กระทำต่อมวลดินโดยทฤษฎีอีลาสติคที่มีความหนาชั้นดินแน่นรองรับด้วยฐานที่มั่นคงกับวิธีโพไนท์เอลลิเมนต์..... | 107 |
| 4.19 พารามิเตอร์ดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัวของชั้นดินที่ทำการวิจัย | 109 |
| 4.20 การแบ่งหน้าตัดชั้นดินเป็นโพไนท์เอลลิเมนต์ และพารามิเตอร์ดินที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ไม่พิจารณาผลของอันตรรกณ์)..... | 110 |
| 4.21 การแบ่งหน้าตัดชั้นดินเป็นโพไนท์เอลลิเมนต์และพารามิเตอร์ดินที่ใช้ในการวิเคราะห์ (พิจารณาผลของอันตรรกณ์)..... | 111 |
| 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการทรุดตัวคาบน้ำกับเวลา..... | 118 |



คําวินิจฉัยสัญลักษณ์และคําย่อ

- A : พารามิเตอร์ของ Skempton (Skempton's Parameter)
- a : พารามิเตอร์ของ Henkel (Henkel's Parameter)
- \bar{B}_1 : อัตราความดันน้ำในโพรงเพิ่มเริ่มแรก (Initial Rate of Pore Water Pressure)
- C_c : ดัชนีการอัดแน่น (Compression Index)
- C_R : ดัชนีการอัดแน่นซ้ำ (Recompression Index)
- CR : อัตราส่วนการอัดแน่น (Compression Ratio)
- C_v : สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ (Coefficient of Consolidation)
- C_α : สัมประสิทธิ์การอัดแน่นขั้นที่สอง (Coefficient of Secondary Compression)
- D : Constrained Modulus
- \bar{E} : โมดูลัสความยืดหยุ่นในสภาพระบายน้ำ (Drained Young Modulus)
- E_u : โมดูลัสความยืดหยุ่นในสภาพไม่ระบายน้ำ (Undrained Young Modulus)
- $E_{u(50)}$: โมดูลัสความยืดหยุ่นในสภาพไม่ระบายน้ำที่ 50% ของระดับหน่วยแรงเฉือน
- $E_{u(80)}$: โมดูลัสความยืดหยุ่นในสภาพไม่ระบายน้ำที่ 80% ของระดับหน่วยแรงเฉือน
- e : อัตราส่วนโพรง (Void Ratio)
- f : อัตราส่วนหน่วยแรงเฉือนเริ่มแรก (Initial Shear Stress Ratio)
- H : ความหนาของ Compression Layer
- H_d : ความยาวของระยะระบายน้ำ (Drained Path Length)
- I_{st} : Influence Factor
- K_o : สัมประสิทธิ์แรงดันของดิน ณ สภาวะสัมพัทธ์ (Coefficient of Earth Pressure at Rest)
- LI : ดัชนีเหลว (Liquidity Index)
- LL : พิกัดเหลว (Liquid Limit)
- m_v : สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร (Coefficient of Volume Change)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

| | | |
|-------------|---|--|
| N | : | SPT-N Value |
| OCR | : | อัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว (Over Consolidation Ratio) |
| PI | : | ดัชนีพลาสติค (Plasticity Index) |
| PL | : | พิกัดพลาสติค (Plastic Limit) |
| \bar{p} | = | $\frac{\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_3}{2}$ |
| \bar{p}_f | : | \bar{p} ณ จุดพิบัติ |
| q | = | $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ |
| q_f | : | q ณ จุดพิบัติ |
| q_{ult} | : | Ultimate Bearing Capacity |
| RR | : | อัตราส่วนการอัดแน่นซ้ำ (Recompression Ratio) |
| S_R | : | อัตราส่วนการทรุดตัว (Settlement Ratio) |
| S_u | : | กำลังรับแรงเฉือนของดินในสภาพไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength) |
| $S_u(V)$ | : | กำลังรับแรงเฉือนของดินในสถานะหลังจากถูกปรับแก้แล้ว |
| $S_u(FV)$ | : | กำลังรับแรงเฉือนของดินที่ได้จากการทดสอบ FV |
| S_t | : | ความไว (Sensitivity) |
| TSP | : | Total Stress Path |
| T_{2D} | : | Time Factor จากทฤษฎีที่พิจารณาให้น้ำไหลออกจากดินได้ในลักษณะ 2 มิติ |
| T_v | : | Time Factor |
| \bar{U} | : | ระดับการทรุดตัวคายน้ำเฉลี่ย (Average Degree of Consolidation) |
| U | : | ระดับการทรุดตัวคายน้ำ (Degree of Consolidation) |
| u | : | ความดันน้ำในโพรง (Pore Water Pressure) |
| u_o | : | ความดันน้ำในโพรง เริ่มแรก |
| w_n | : | ปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ (Natural Water Content) |
| Δe | : | ขนาดการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโพรง (Change in the Void Ratio) |
| Δq | : | Applied Uniform Vertical Stress |
| Δu | : | ความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Excess Pore Water Pressure) |

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

- Δv : การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร (Volume Change)
- $\bar{\alpha}$: มุมลาดเอียงเส้นขอบเขตการบีบอัดของหน่วยแรงประสิทธิผลจาก \bar{p} - q ใดอะแกรม
- $\bar{\phi}$: มุมเสียดทานภายในประสิทธิผล (Effective Angle of Internal Friction)
- μ : พารามิเตอร์ความดันน้ำ (Pore Pressure Parameter)
- μ : ตัวประกอบปรับแก้ของ Bjerrum (Bjerrum's Correction Factor)
- $\bar{\nu}$: อัตราส่วนพัวซองส์ (Poisson's Ratio)
- γ_d : Dry Unit Weight
- γ_T : ความหนาแน่นรวม
- γ_w : ความหนาแน่นของน้ำ
- σ_c : ความดันเซลล์ (Cell Pressure)
- σ_{ho} : หน่วยแรงรวมในแนวนอนตามธรรมชาติ
- $\bar{\sigma}_{ho}$: หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวนอนตามธรรมชาติ (In Situ Horizontal Effective Stress)
- $\bar{\sigma}_{hc}$: หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวนอน (Horizontal Effective Stress)
- $\bar{\sigma}_{hf}$: หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวนอนท้ายสุด (Final Horizontal Effective Stress)
- σ_{vo} : หน่วยแรงรวมในแนวตั้งตามธรรมชาติ
- $\bar{\sigma}_{vo}$: หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งตามธรรมชาติ (In Situ Vertical Effective Stress)
- $\bar{\sigma}_{vc}$: หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง (Vertical Effective Stress)
- $\bar{\sigma}_{vf}$: หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งท้ายสุด (Final Vertical Effective Stress)
- $\bar{\sigma}_{vm}$: หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต (Maximum Past Pressure)
- ϵ_a : ความเครียดในแนวตั้งในสภาพระบายน้ำ (Vertical Drained Strain)
- ϵ_u : ความเครียดในแนวตั้งในสภาพไม่ระบายน้ำ (Vertical Undrained Strain)
- ϵ_v : ความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric Strain)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

- ρ_c : การทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Settlement)
- ρ_i : การทรุดตัวทันที (Initial Settlement)
- ρ_s : การทรุดตัวอัดแน่นขึ้นที่ล่อง (Secondary Compression)
- ρ_T : การทรุดตัวรวม (Total Settlement)
- ρ_t : การทรุดตัวเนื่องกับเวลา (Time Dependent Settlement)
- ρ_u : การทรุดตัวเนื่องจากอันเดรนครีพ (Settlement due to Undrained Creep)

ชนิดการทดสอบ

FV : การทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนในสนาม (In Situ Field Vane Test)

\overline{CK}_{UC} Stress Path Test : การทดสอบทางเดินของหน่วยแรงของดินที่ถูกอัดตัวคายน้ำแบบแอนไอโซทรอปิกมาก่อนด้วยเครื่อง Triaxial ในสภาพไม่ระบายน้ำพร้อมวัดค่าความดันน้ำ (Anisotropically Consolidated Undrained Triaxial Compression Test with Pore Pressure Measurement Stress Path Test)

UU : การทดสอบหากำลังรับแรงเฉือนของดินที่ไม่ถูกอัดตัวคายน้ำมาก่อนในสภาพไม่ระบายน้ำ (Unconsolidated Undrained Triaxial Compression Test)

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย