

การประเมินวิธีการวิเคราะห์และพารามิเตอร์ของดินเพื่อการออกแบบ

คันดินบนดินอ่อนกรุงเทพ



นายบัณฑิต วณิชวิฑากรกิจ

ศูนย์วิทยพัทยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

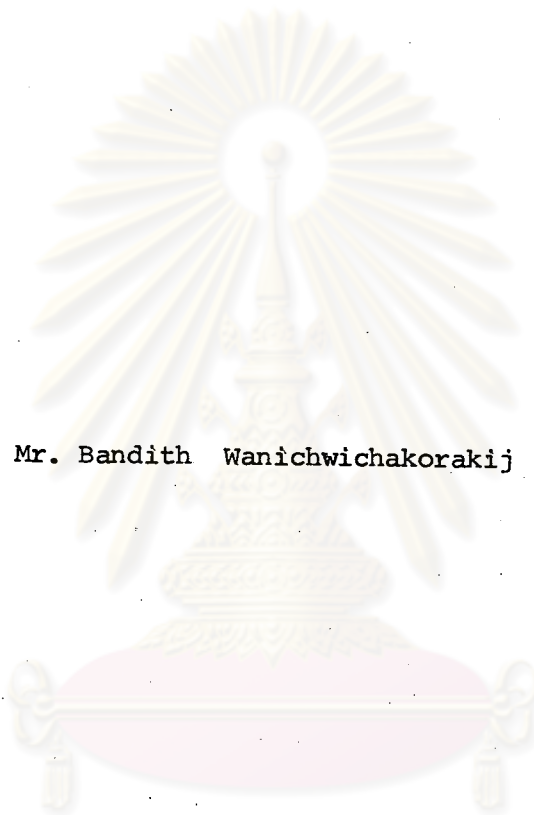
พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-848-6

013688

I16008341

EVALUATIONS OF METHODS OF ANALYSIS AND SOIL PARAMETERS  
FOR THE DESIGN OF EMBANKMENTS ON SOFT BANGKOK CLAY



Mr. Bandith Wanichwichakorakij

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การประเมินวิธีการวิเคราะห์และพารามิเตอร์ของดินเพื่อการออกแบบ  
 ค้นดินบนดินอ่อนกรุงเทพ  
 โดย                              นายบัณฑิต วณิชวิชากรกิจ  
 ภาควิชา                              วิศวกรรมโยธา  
 อาจารย์ที่ปรึกษา              ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรฉัตร สัมพันธ์ราษฎร์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง  
 ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สร้อย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  
 ประธานกรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สีवासักขันธ์)

.....  
 กรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรฉัตร สัมพันธ์ราษฎร์)

.....  
 กรรมการ  
 (ศาสตราจารย์ ดร. ตีเรก ลาววัฒนศิริ)

.....  
 กรรมการ  
 (รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิริวงค์)

วิทยาลัยอาชีวศึกษา  
 การประเมินวิธีการวิเคราะห์และพารามิเตอร์ของดินเพื่อการออกแบบ  
 ศักดินาบนดินอ่อนกรุงเทพฯ  
 ปีผลิต นายปวิศิต วณิชชากร กิจ  
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรสิทธิ์ สัมพันธ์รักษ์  
 ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
 ปีการศึกษา 2528



บทคัดย่อ

การวิจัยดินบริเวณกรุงเทพมหานครและจังหวัดโดยรอบประกอบด้วยดินชั้นบนเป็นชั้นดินเหนียวอ่อนมาก ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางปัญหิวิศวกรรมในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการก่อสร้างคันดินถมสันจะต้องคำนึงถึงปัญหาทั้งด้านเสถียรภาพและการทรุดตัว การศึกษาวิจัยนี้จึงได้มีขึ้นโดยทำการรวบรวมข้อมูลการก่อสร้างและเหตุการณ์ของคันดินถมในบริเวณต่าง ๆ รอบกรุงเทพมหานครจากผู้วิจัยท่านอื่น ๆ มาทำการวิเคราะห์ใหม่แล้วประเมินผลเพื่อสรุปหาวิธีการวิเคราะห์และค่าพารามิเตอร์ดินที่เหมาะสมเพื่อให้เป็นมาตรฐานในการออกแบบคันดินถมในบริเวณรอบ ๆ กรุงเทพมหานครหรือบริเวณอื่นที่รักษาระดับชั้นดินใกล้เคียงกับ "ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ"

การวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากการวิจัยในอดีตที่ผ่านมา สันประกอบไปด้วย

1. คันดินก่อสร้างที่ท่าอากาศยานพาณิชย์ที่หนองจุก เพื่อศึกษาด้านเสถียรภาพของคันดินถมเมื่อ พ.ศ. 251๑
2. คันดินทดสอบที่ถนนสายกรุงเทพ-ศิริราช บริเวณกิโลเมตรที่ 28 เพื่อศึกษาด้านเสถียรภาพของคันดินถมเมื่อ พ.ศ. 2512
3. คันดินทดสอบที่ถนนสายธนบุรี-ปากท่อ บริเวณ Site 2 และ Site 3 เพื่อศึกษาด้านเสถียรภาพการทรุดตัวและความดันน้ำในโพรงเก็บเมื่อ พ.ศ. 2512
4. คันดินทดสอบที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ที่รังสิต เพื่อศึกษาด้านความดันน้ำในโพรงเก็บเมื่อ พ.ศ. 2512
5. คันดินที่ถนนสายบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) บริเวณกิโลเมตรที่ 24 และ 30 เพื่อศึกษาด้านการทรุดตัวและความดันน้ำในโพรงเก็บเมื่อ พ.ศ. 2528

6. คัมดินท์ที่ถล่มหลายบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) บริเวณกิโลเมตรที่ 52 เพื่อศึกษาการทรุดตัวของถนน เมื่อ พ.ศ. 2528

ในการศึกษาวิจัยด้านเสถียรภาพของคันดินถม ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์โดยทฤษฎีของ Fellenius (1936) และทฤษฎี Bishop (1955) โดยใช้ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนจากการทดสอบ Field Vane ที่ปรับแก้ค่า  $\mu$  ที่เสนอโดย Bjerrum (1972) ( $\mu_{uF.V.}$ ) และกำลังรับแรงเฉือนที่ประมาณค่าโดยวิธีของ Mesri (1975) และ Trak et al (1979) คือ  $S_u = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$  จากการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์โดยใช้ค่ากำลังรับแรงเฉือนจาก Field Vane ที่ปรับแก้ค่าแล้วจะสามารถใช้ได้ดีกับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ส่วนวิธีการวิเคราะห์โดยใช้ค่ากำลังรับแรงเฉือนจากวิธีการของ Mesri (1975) และ Trak et al (1979) จะใช้ได้ดีกับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ ที่มีค่า PI น้อยกว่า 60 % เปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์โดยวิธีการของ Fellenius (1936) และวิธีการของ Bishop (1955) พบว่าวิธีการของ Bishop (1955) จะให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่สูงกว่าวิธีการของ Fellenius (1936) ประมาณ 10 % และให้ระนาบของการพังทลายใกล้เคียงกับสภาพที่เกิดขึ้นจริงกว่า อย่างไรก็ตามวิธีการของ Fellenius (1936) เหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์มากกว่าในทางปฏิบัติสำหรับประเทศไทย เพราะเป็นวิธีการที่ง่ายกว่าวิธีการของ Bishop (1955)

การวิเคราะห์ในด้านค่าความตันทันน้ำในโพรงเพิ่ม ได้ทำการวิเคราะห์ค่าความเค้นที่เพิ่มขึ้นในมวลดินโดยวิธีการของ Poulos (1967) โดยมีชั้น rigid base อยู่ที่ผิวของชั้นดินเหนียวแข็ง แล้วประมาณค่าความตันทันน้ำในโพรงเพิ่มโดยวิธีการต่าง ๆ คือ วิธีการ 1-มิติ วิธีการ 3-มิติ วิธีการของ Skempton (1954) วิธีการของ Henkel (1960) วิธีการของ Tavenas (1979) และวิธีการของ Lee (1983) ซึ่งพบว่า การวิเคราะห์ค่าความตันทันน้ำในโพรงเพิ่มจะสามารถแยกพิจารณาได้ใน 2 กรณี คือ

1. กรณีที่คันดินถมมีความสูงไม่เกินความสูงวิกฤติ วิธีการ 1-มิติ จะให้ค่าที่สูงมากเกินไป วิธีการของ Tavenas (1979) จะให้ผลการประมาณค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในสนาม แต่ในทางที่ต่ำกว่า ส่วนวิธีการของ Lee (1983) จะให้ผลการประมาณที่ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ในสนามในทางที่สูงกว่า

2. กรณีที่คันดินถมมีความสูงเกินความสูงวิกฤติ วิธีการ 3-มิติจะให้ค่าการประมาณที่ต่ำมากเกินไปไม่เหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์ ส่วนวิธีการอื่น ๆ จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกันในทางที่สูงกว่าค่าที่วัดได้ในสนามเล็กน้อย เนื่องจากความดันน้ำที่วัดได้ในสนามนี้แต่จะต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากผลของการวัดตัวคายน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ผิวดินและที่เส้นขอบเขตระหว่างดินต่างชนิดกัน เส้นขอบเขตสูงที่สุดของ Lee (1983) ควรให้ผลในการคาดคะเนค่าความดันน้ำที่เหมาะสม ผู้วิจัยยังได้เปรียบเทียบเส้นขอบเขตต่ำสุดของ Lee (1983) เมื่อมีข้อมูลมากขึ้น

การวิเคราะห์ในด้านการทรุดตัวของคันดิน ได้ทำการวิเคราะห์ทั้งค่าความเค้นที่เพิ่มขึ้นในมวลดินโดยวิธีการของ Poulos (1967) โดยมีชั้น rigid base อยู่ที่ผิวของคันดินเหนียวแข็ง และประมาณค่าการทรุดตัวของคันดินซึ่งแบ่งออกได้เป็น

1. การทรุดตัวระหว่างก่อสร้าง พบว่าการประมาณค่าจากวิธีการของ Poulos (1967) โดยใช้ค่าอัตราโมดูลัส ( $E_u$ ) จากการทดสอบ UU ที่ระดับของหน่วยแรงเฉือนเท่ากับ 50 % จะให้การประมาณค่าการทรุดตัวที่น้อยกว่าค่าที่วัดได้ในสนามประมาณ 30 % ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่า  $E_u$  ที่ใช้มีค่ามากเกินไป หรือเกิดขบวนการวัดตัวคายน้ำในระหว่างการก่อสร้าง จากการวิเคราะห์ข้อมูลการทรุดตัวของคันดินถมโดยตั้งสมมุติฐานว่าไม่มีการวัดตัวคายน้ำเกิดขึ้นในทั้ง 4 บริเวณพบว่า ค่า  $E_u$  ที่ระดับของหน่วยแรงเฉือนเท่ากับ 50 % ควรมีค่าลดลง 25 % ในการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวระหว่างการก่อสร้าง

2. การทรุดตัวเนื่องกับเวลาแบบวัดตัวคายน้ำ ได้ทำการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวโดยวิธีการ 1-มิติ ของ Terzaghi (1943) วิธีการของ Skempton & Bjerrum (1967) โดยใช้ค่าปรับแก้  $\mu$  ของ Lee (1983) โดยใช้เส้นขอบเขตบนและใช้ค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่วัดได้ในสนามคำนวณแล้วเปรียบเทียบกับผลจากวิธีการของ Asaoka (1978) ซึ่งถือว่าเป็นค่าการทรุดตัวของคันดินถม ผลการวิเคราะห์พบว่า การใช้ค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มประมาณค่าการทรุดตัวแบบวัดตัวคายน้ำจะให้ค่าการทรุดตัวที่ต่ำเกินไปไม่เหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์ ส่วนวิธีการ 1-มิติ ของ Terzaghi (1943) และวิธีการของ Skempton & Bjerrum (1957) จะให้ค่าการทรุดตัวที่ใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับวิธีการของ Asaoka (1978) โดยวิธีการของ Terzaghi (1943) มีแนวโน้มที่จะให้ค่าการทรุดตัวที่มากกว่าวิธีการของ Asaoka (1978) และวิธีการของ Skempton & Bjerrum (1957) ที่ใช้ค่าปรับแก้ของ Lee (1983) จะมีแนวโน้มที่จะให้ค่าการทรุดตัวน้อยกว่าวิธีการของ Asaoka (1978) ชี้ให้เห็นว่าการประมาณค่าการทรุดตัวแบบวัดตัวคายน้ำโดยวิธีการ 1-มิติ ของ Terzaghi (1943) จะเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่า ในทางปฏิบัติในกรณีที่ไม่มีข้อมูล  $\mu$  แบบที่ Lee (1983) เล่นออกบูและต้องการผลที่ค่อนข้าง Conservative

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การวัดตัวคายน้ํา ( $C_v$ ) เมื่อคำนวณจากข้อมูลในสนามโดยวิธีการ 1-มิติ ของ Terzaghi (1943) วิธีการ 2-มิติ ของ Lacasse et al (1975) และวิธีการ ของ Asaoka (1978) พบว่าค่า  $C_v$  ที่ได้จากวิธีการของ Asaoka (1978) จะให้อัตราการทรุดตัวเร็วกว่าค่าที่วัดได้ในสนาม ส่วนวิธีการของ Terzaghi (1943) และวิธีการของ Lacasse et al (1975) จะให้อัตราการทรุดตัวที่ช้ากว่าค่าที่วัดได้ในสนามโดยมีอัตราที่ใกล้เคียงกัน



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title      Evaluations of Methods of Analysis and Soil Parameters  
   for the Design of Embankment on Soft Bangkok Clay  
Name                      Mr. Bandith Wanichwichakorakij  
Thesis Advisor      Assistant Professor Surachat Samphandharaksa, Sc.D.  
Department              Civil Engineering  
Academic Year        1985

#### ABSTRACT

Problems in the design of embankment in soft clay are the bearing capacity and settlement. Several methods for stability and settlement analyses were proposed in the literatures. All of them can not however be suitable for Bangkok Soft Clay. This thesis aims to provide suitable procedures and design method for the embankment constructed on Soft Bangkok Clay

For developing the suitable design procedure of the earth structure in Bangkok area and elsewhere having soil condition similar to 'Soft Bangkok Clay', this thesis, therefore, includes the collections of the construction data and behaviour of embankment in Bangkok and nearby area from the previous research, the reanalysis, the evaluation, and the finding out of the proper method and soil parameters for the design.

The previous data have been collected in this thesis composed of data from

1. Nong Ngoo Hao test section for studying the stability of the embankment.
3. Bangkok-Sriracha highway test section at KM. 28 to study the stability of the embankment.



3. Thonburi-Paktho highway test section at Site 2 and Site 3 to study the stability, the settlement and the development of excess pore water pressure under the test embankment.

4. The test section at Asian Institute of Technology (A.I.T.) at Rangsit for studying the development of excess pore water pressure.

5. The reconstruction of Bangna-Trad highway at KM. 24 and 30 for studying the settlement and the development of excess pore water pressure.

6. The reconstruction of Bangna-Trad highway at KM. 52 for studying the settlement.

Analysis of stability were made using method of Fellenius (1936) and of Bishop (1955), using with undrained shear strengths obtained from corrected field vane ( $\mu S_{UF.V.}$ ) proposed by Bjerrum (1972), and those estimated undrained shear strengths by Mesri (1975), Trak at al (1979) using  $S_u = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ . Results of the analyses indicated that Bishop method using undrained shear strength obtained from corrected field vane is suitable for 'Soft Bangkok Clay', the Bishop method using undrained shear strength obtained from relation  $S_u = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$  is also well applicable to the clay having PI less than 60 %.

Comparisons the results of two analysis methods, Fellenius (1936) and Bishop (1955), yielded that both methods gave satisfactory results, although the Bishop's method yield the factor safety about 10 % higher than that of the Fellenius and yielded the failure surface more realistic. The Fellenius' Method seem to be more practical for its simplicity procedure.

From the results of the excess pore water predictions using the estimation stress increment in soil mass from Poulos (1967) method by

considering the stiff clay as rigid base, using 1-Dimensional, 3-Dimensional, Skempton (1954), Henkel (1960), Tavenas (1979) and Lee (1983) methods, findings can be concluded into 2 cases as follows,

1. Before the critical height of the embankment, the 1-Dimensional theory yields too high prediction, whereas the Tavenas (1979) method gives a trend indicating lower prediction than those observed data. Others yield similar trend which give higher values than those observed data.

2. At the critical height and higher, the 3-Dimensional method yields too low prediction and is not suitable to use in the analysis. Other yield similar trend which give predicted values slightly higher prediction than the field observed data.

For settlement analysis, the stress increment in the soil mass was computed in the prediction in the same way as that of the excess pore water pressure. Analyses showed that:

1. For immediate settlement prediction: The predictions were made by using undrained modulus ( $E_u$ ) at 50 % stress level, and Poulos (1967) method. The estimated settlement magnitude is 30 % lower than the construction settlement measuring in the field. This indicated that the predicted  $E_u$  which have been used in the analysis were too high. The reduction of 25 % of  $E_u$  would give the better results. This recommendation is based on the assumption that consolidation does not take place during construction which is probably not true.

2. For consolidation settlement, the prediction were made by using the Terzaghi 1-Dimensional method, the Skempton and Bjerrum (1957)

measured field excess pore pressure data. Results were then compared with Asaoka's (1978) method and comparison of results shows that, prediction by using the field excess pore pressure gives too low settlement. The Terzaghi (1943) gave the results higher than the Asaoka's Method by 30 %, the Skempton and Bjerrum (1957) with the Lee's correction factor gave the results  $\pm 25$  % higher and lower than the Asaoka's method, these indicated that the Terzaghi 1-Dimensional method of prediction settlement would be conservative.

The coefficient of consolidation were obtained from back figuring of the field consolidation settlement data. The Terzaghi 1-Dimensional method and the Lacasse et al (1975) method gave the rate of settlement lower than the field observation data, whereas the Asaoka (1978) gave the rate of settlement higher than the field observation data.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรฉัตร สัมพันธ์ราษฎร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา และเสนอแนะแนวทางในการศึกษาเพื่อให้งานวิทยานิพนธ์มีคุณค่าเหมาะสมทางด้านวิชาการ ตลอดจนตรวจล่อบกพร่อง แกไข จนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อันประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล ศิวาสักกะณี รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิริวงศ์ ศาสตราจารย์ ดร. ศิเรก ลาวัณย์ศิริ ที่ได้กรุณาตรวจล่อบกพร่องวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

อนึ่ง ผู้เขียนมีความสำนึกในพระคุณของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พร้อมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิทยาการต่าง ๆ ให้กับผู้เขียน และขอสำนึกในพระคุณของบิดา มารดา และญาติพี่น้องที่ได้ให้การสนับสนุนแก่ผู้เขียนจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อกรมทางหลวงแผ่นดินที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนทางด้านข้อมูล และขอขอบพระคุณ คุณ กุลศักดิ์ กริพานิช ที่ได้กรุณาให้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการศึกษานี้ และขอขอบคุณ คุณ เพ็ญแข สีนเพชร คุณ วิฑูรย์ เจนวิริยะกุล ที่ได้กรุณาช่วยเหลือสนับสนุนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ความดีและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้เป็นสิ่งตอบแทนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้เขียนทั้งในอดีตและปัจจุบัน



นายบัณฑิต วนิชย์วิภากรกิจ

พฤษภาคม 2529



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ช
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ฌ
รายการตารางประกอบ .....	น
รายการรูปประกอบ .....	ผ
สัญลักษณ์ .....	ล
บทที่	
1. บทนำ .....	1
1.1 คำนำ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาริวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	3
2. แนวทฤษฎีและสมมติฐาน .....	5
2.1 หลักการเบื้องต้นของกำลังรับแรงเฉือน .....	5
2.1.1 คำจำกัดความของกำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรน (Undrained Shear Strength, $S_u$ )..	5
2.1.2 ค่าปรับแก้กำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบแบบ Field Vane ของ Bjerrum .....	6
2.1.3 การวัดค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนโดยวิธี Undrained Strength at Large Strain (USALS)	6
2.2 เสถียรภาพของคันดินถม .....	8
2.2.1 การวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินถม (Stability Analysis of Embankment Test Section)	8
2.2.2 หลักการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินถมโดยใช้หลักการ ใช้หน่วยแรงรวมและหน่วยแรงประสิทธิผล (Total and Effective Stress Methods of Analysis)	10

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2.2.3	วิธีการวิเคราะห์เสถียรภาพ (Methods of Stability Analysis) .....	12
2.2.3.1	วิธีการของ Fellenius (Swedish Circle Method, Ordinary Method of Slice)	13
2.2.3.2	วิธีการของ Bishop (Bishop Method)	14
2.3	แรงดันน้ำในโพรงดิน .....	16
2.3.1	การกระจายหน่วยแรงในมวลดิน (Stress Distribution) .....	17
2.3.2	การกระจายของหน่วยแรงในมวลดินที่มีเนื้อสม่ำเสมอและเหมือนกันในทุกทิศทาง (Stress Distribution in Homogeneous Isotropic Elastic Half-Space)	19
2.3.3	การกระจายของหน่วยแรงในวัตถุที่แยกเป็นชั้นรองรับด้วยฐานที่แข็ง (Stress Distribution in Finite Layers Underlain by Rigid Base)..	19
2.4	ความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Excess Pore Water Pressure, $\Delta U$ )	27
2.4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าหน่วยแรงดันน้ำในโพรงดินอย่างอิสระ .....	27
2.4.1.1	แรงดันน้ำในโพรงดินเกิดในลักษณะ 1 มิติ (One Dimensional Method)	28
2.4.1.2	แรงดันน้ำในโพรงดินเกิดในลักษณะ 3 มิติ (Three Dimensional Elastic Solution).....	29
2.4.1.3	แรงดันน้ำในโพรงดินเกิดขึ้นตามสมการของ Skempton (Skempton's Solution)	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2.4.1.4	แรงดันน้ำในโพรงดินเกิดขึ้นตามสมการของ Henkel (Henkel's Solution).	31
2.4.2	การคาดคะเนแรงดันน้ำในโพรงดินโดยวิธีการของ Tavenas (1979).....	31
2.5	การทรุดตัวของชั้นดิน .....	36
2.5.1	การทรุดตัวทันที (Immediate Settlement, Undrained Settlement, $\rho_i$ ).....	36
2.5.2	การทรุดตัวเนื่องกับเวลา (Time Dependent Settlement, $\rho_t$ ).....	36
2.6	การคาดคะเนการทรุดตัวโดยวิธีปรุพีกลค่าสูตรพื้นฐาน (Conventional Method) .....	37
2.6.1	การทรุดตัวทันทีหรือแบบอั้นเตรน (Immediate or Undrained Settlement, $\rho_i$ ) .....	37
2.6.2	การทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำโดยวิธีขั้นพื้นฐาน (Conventional One-Dimensional Primary Consolidation, $\rho_c$ ) .....	38
2.6.3	การทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวแน่นชั้นที่ล่อง (Secondary Consolidation, $\rho_s$ ) .....	43
2.6.4	การคาดคะเนการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำโดยวิธีการของ Skempton และ Bjerrum (1957) (Skempton and Bjerrum Method) .....	44
2.6.5	การคาดคะเนการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำโดยวิธีของ Bjerrum (1972, 1973).....	47

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.6.6 การคาดคะเนการทรุดตัว โดยวิธีของ Asaoka (1978) (Asaoka's Method) .....	48
	2.6.7 การทรุดตัวเนื่องจากการพังทลายเป็นจุด ๆ ของมวลดิน (Settlement due to Local Yielding)..	50
	2.6.8 อัตราการทรุดตัวของ การทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ (Rate of Consolidation).....	51
	2.6.9 วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ (Coefficient of Consolidation, $C_v$ ).....	56
3.	สถานที่ก่อสร้างคันดินถมทดสอบและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์.....	61
3.1	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	61
3.2	รายละเอียดทั่วไปและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์.....	63
3.2.1	ข้อมูลหนองงูเห่า.....	63
3.2.1.1	ลักษณะของคันดินถมและการก่อสร้าง.	65
3.2.1.2	ลักษณะของชั้นดินและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์	65
3.2.1.3	กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนของดินเหนียว	69
3.2.2	ข้อมูลถนนสายกรุงเทพฯ-ศรีราชา.....	75
3.2.2.1	ลักษณะของคันดินถมและการก่อสร้าง.	75
3.2.2.2	ลักษณะของชั้นดินและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์	78
3.2.2.3	กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนของดินเหนียว	83
3.2.3	ข้อมูลถนนสายธนะบุรี-ปากท่อ.....	86
3.2.3.18	ลักษณะของคันดินถมและการก่อสร้างบริเวณ Site 2 .....	86
3.2.3.2	ลักษณะของชั้นดินและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์ บริเวณ Site 2 .....	89



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.2.3.3	กำลังรับแรงเหวี่ยงแบบฮันเดรนของดินเหนียว บริเวณ Site 2 ..... 91
3.2.3.4	การวัดการทรุดตัวของคันดินบริเวณ Site 2 91
3.2.3.5	ความดันน้ำในโพรงเพิ่มบริเวณ Site 2 94
3.2.3.6	ลักษณะของคันดินถมและการก่อสร้างบริเวณ Site 3 ..... 98
3.2.3.7	ลักษณะของชั้นดินและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์ บริเวณ Site 3 ..... 100
3.2.3.8	กำลังรับแรงเหวี่ยงแบบฮันเดรนของดินเหนียว บริเวณ Site 3 ..... 100
3.2.3.9	การวัดการทรุดตัวบริเวณ Site 3 104
3.2.3.10	ความดันน้ำในโพรงเพิ่มบริเวณ Site 3 104
3.2.4	ข้อมูลการก่อสร้างสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียที่รังสิต (Asian Institute of Technology ( A.I.T. ) at Rangsit) ..... 108
3.2.4.1	ลักษณะของคันดินถมและการก่อสร้าง 108
3.2.4.2	ลักษณะของชั้นดินและข้อมูลดินในทางปฐพี กลศาสตร์ ..... 109
3.2.4.3	กำลังรับแรงเหวี่ยงแบบฮันเดรนของดินเหนียว 112
3.2.5	ข้อมูลการปรับปรุงถนนสายบางนา-ตราด ..... 114
3.2.5.1	ลักษณะคันดินถมบริเวณกิโลเมตรที่ 24 114
3.2.5.2	ลักษณะของชั้นดินและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์ บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 114
3.2.5.3	กำลังรับแรงเหวี่ยงแบบฮันเดรนบริเวณถนน บางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 ... 118

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

3.2.5.4	การทดสอบ Consolidation ของดินบริเวณ ถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24..	118
3.2.5.5	ความดันน้ำในโพรงเพิ่มบริเวณถนนบางนา- ตราด กิโลเมตรที่ 24.....	118
3.2.5.6	การวัดค่าการทรุดตัวของถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24.....	127
3.2.5.7	ลักษณะคันดินถมบริเวณกิโลเมตรที่ 30	127
3.2.5.8	ลักษณะของชั้นดินและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์ บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30	127
3.2.5.9	กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรณบริเวณถนน บางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 .....	130
3.2.5.10	การทดสอบ Consolidation ของดินบริเวณ ถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 ..	130
3.2.5.11	การวัดค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มบริเวณ ถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 ..	137
3.2.5.12	ค่าการทรุดตัวของถนนบริเวณถนนบางนา- ตราด กิโลเมตรที่ 30 .....	137
3.2.5.13	ลักษณะคันดินถมบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 .....	139
3.2.5.14	ลักษณะของชั้นดินและข้อมูลด้านปฐพีกลศาสตร์ บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52	139
3.2.5.15	กำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรณบริเวณถนน บางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 .....	139
3.2.5.16	การทดสอบ Consolidation ของดินบริเวณ ถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 ..	146
3.2.5.17	ค่าการทรุดตัวของถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 .....	146

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. การวิเคราะห์.....	150
4.1 เล็กยภาพของคันดินถม.....	150
4.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เล็กยภาพ	150
4.1.2 การวิเคราะห์เล็กยภาพของคันดินถม.....	150
4.2 ความตื้นน้ำในโพรงเพิ่ม.....	173
4.2.1 การประมาณค่าความตื้นน้ำในโพรงเพิ่ม.....	173
4.2.2 การเปรียบเทียบค่าความตื้นน้ำในโพรงเพิ่มที่ได้จากการ ประมาณกับค่าที่วัดได้ในสนาม.....	173
4.3 การประมาณค่าการทรุดตัวของคันดินถม.....	191
4.3.1 การประมาณค่าการทรุดตัวทันที.....	197
4.3.2 การประมาณค่าการทรุดตัวรวมโดยวิธีการของ Asaoka	201
4.3.3 การประมาณค่าการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำขั้นแรก (Primary Consolidation).....	201
4.3.4 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวที่ประมาณค่าโดยวิธีต่างๆ และวิธีการที่เหมาะสมในการประมาณค่าการทรุดตัว	205
4.4 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำและอัตราการทรุดตัว	205
4.4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ.....	208
4.4.2 อัตราการทรุดตัวของคันดินถม.....	208
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	217
5.1 การวิเคราะห์เล็กยภาพของคันดินถม.....	217
5.1.1 บริเวณที่ทำการศึกษาริวิจัย.....	217
5.1.2 กำสั่งรับแรงเฉือนแบบฮันเดรน.....	218
5.1.3 การวิเคราะห์เล็กยภาพของคันดินถม.....	219

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5.2 การวิเคราะห์ค่าความตื้นน้ำในโพรงดิน .....	219
5.2.1 บริเวณท่าการศึกษาวิจัย .....	219
5.2.2 วิธีการวิเคราะห์ค่าความตื้นน้ำในโพรงเพิ่มเติมกับดินถม	219
5.3 การวิเคราะห์การทรุดตัวของชั้นดิน .....	220
5.3.1 บริเวณท่าการศึกษาวิจัย .....	220
5.3.2 การวิเคราะห์การทรุดตัวในพื้นที่ .....	220
5.3.3 การวิเคราะห์การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ ...	221
5.3.4 ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำและอัตราการทรุดตัวของ ชั้นดิน .....	221
5.4 ข้อเสนอนะ .....	221
เอกสารอ้างอิง .....	223
ภาคผนวก ก. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์เสถียรภาพของชั้นดินถม	225
ข. ข้อมูลการทรุดตัวที่วัดได้ในสนามกับเวลาบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 .....	238
ค. ข้อมูลความตื้นน้ำในโพรงดินและความตื้นน้ำในโพรงเพิ่มเติมที่วัดได้ ในสนาม บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 .....	242
ง. ข้อมูลการทรุดตัวที่วัดได้ในสนามกับเวลา บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 .....	249
จ. ข้อมูลความตื้นน้ำในโพรงดินและความตื้นน้ำในโพรงเพิ่มเติมที่วัดได้ ในสนาม บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ .....	254
ฉ. ข้อมูลการทรุดตัวของชั้นดินที่วัดได้ในสนามกับเวลา ข้อมูลความตื้นน้ำ ในโพรงเพิ่มเติม บริเวณถนนบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) กิโลเมตร ที่ 24 .....	263
ช. ข้อมูลการทรุดตัวของชั้นดินที่วัดได้ในสนามกับเวลา ค่าความตื้นน้ำ ในโพรงเพิ่มเติม บริเวณถนนบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) กิโลเมตร ที่ 30 .....	267

	สารบัญ (ต่อ)	หน้า
ภาคผนวก	ช. ข้อมูลการทрудตัวที่วัดได้ในสนามกับเวลา บริเวณถนนบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) กิโลเมตรที่ 52 .....	272
	ฉ. การวิเคราะห์การทрудตัวโดยวิธีการของ Asaoka (1978)	274
ประวัติผู้เขียน	.....	283



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่า $\alpha$ จากลุ่มการ $\mu = A + \alpha(1-A)$ (จาก Skempton และ Bjerrum (1957)) .....	46
3.1 แสดงรายละเอียดของข้อมูลการก่อสร้างคันดินถมบริเวณต่าง ๆ รอบ ๆ กรุงเทพมหานคร .....	61
3.2 แสดงค่าหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งสูงสุดในอดีต (Maximum Past Pressure, $\bar{\sigma}_{vm}$ ) ข้อมูลจาก Lee.Y.M., 1983 .....	70
3.3 แสดงค่าหน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งสูงสุดในอดีตของถนนสายกรุงเทพ- ศรีราชา บริเวณกิโลเมตรที่ 28 (ข้อมูลจาก Eide and Holmberg, (1972)).....	88
3.4 แสดงข้อมูลการก่อสร้างคันดินถมบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 (ข้อมูลจาก Cox, 1971) .....	90
3.5 แสดงข้อมูลการทรุดตัวทันทีของคันดินถมบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 (ข้อมูลจาก Cox, 1971).....	96
3.6 แสดงค่า A-พารามิเตอร์จากวิธีการต่าง ๆ บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 (ข้อมูลจาก Cox, 1971).....	97
3.7 แสดงข้อมูลการก่อสร้างคันดินถมบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 (ข้อมูลจาก Cox, 1971).....	101
3.8 แสดงข้อมูลการทรุดตัวทันทีบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 (ข้อมูลจาก Cox, 1971) .....	106
3.9 แสดงค่า A-พารามิเตอร์จากวิธีการต่าง ๆ บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 (ข้อมูลจาก Cox, 1971).....	107
3.10 แสดงค่าพารามิเตอร์ของความดันน้ำแบบ Skempton (Skempton Pore Pressure Parameter -A) (ข้อมูลจาก Moh, Brand, Nelson (1972)).....	112

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.11 สัมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 (ข้อมูลจาก นรศ., 2528).....	119
3.12 สรุปลผลการทดลองของดินอ่อนจากหลุม DB1 บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 (ข้อมูลจาก พณิช, 2528) .....	131
3.13 สรุปลผลการทดลองของดินอ่อนจากหลุม DB2 บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 (ข้อมูลจาก พณิช, 2528) .....	132
3.14 คุณสมบัติพื้นฐานของดินบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 (ข้อมูลจาก ลำดิษฐ์, 2528) .....	145
3.15 แสดงการวัดตัวคายน้ำแบบ 1 มิติ บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 (ข้อมูลจาก ลำดิษฐ์, 2528) .....	149
4.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของคันดินถม .....	151
4.2 แสดงค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของคันดินถมจากการวิเคราะห์ .....	155
4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่ม .....	175
4.4 แสดงผลการประมาณค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Excess Pore Water Pressure) ใต้กึ่งกลางคันดิน .....	178
4.5 แสดงค่าอัตราส่วนค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่ได้จากการประมาณค่าโดยวิธีการต่าง ๆ ต่อค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่วัดได้ในสนาม .....	192
4.6 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าการทรุดตัวของชั้นดิน .....	198
4.7 แสดงค่าที่ได้จากการประมาณค่าการทรุดตัวพื้นที่โดยวิธีต่าง ๆ .....	200
4.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่า $E_u/S_u$ ที่ OCR และ PI ต่าง ๆ จาก (DM-7).....	202

## รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงค่าปรับแก้กำลังแรงเฉือนแบบฮันเดรอนที่ได้จากการทดสอบ Field Vane Test .....	7
2.2 อัตราส่วน $S_u/\bar{\sigma}_{vo}$ , $\bar{\sigma}_{vm}/\bar{\sigma}_{vo}$ , $S_u/\bar{\sigma}_{vm}$ และ $u.S_u/\bar{\sigma}_{vm}$ กับค่า P.I. สำหรับ Normally Consolidated Late Blacial Post Glacial Clays; (Trak et al., 1979) .....	9
2.3 แสดงการแบ่งชั้นมวลดินและระบบของแรงที่กระทำต่อชั้นมวลดิน โดยวิธีการของ Fellenius และวิธีการของ Bishop .....	15
2.4 แสดงการคำนวณค่าหน่วยแรงที่เพิ่มขึ้น จากวิธีการของ Boussinesq (1985) .....	21
2.5 แสดงวิธีการคำนวณค่าหน่วยแรงที่เพิ่มขึ้นในดิน โดยวิธีของ Gray (1936)	22
2.6 แสดงวิธีการคำนวณค่าการกระจายของหน่วยแรงในมวลดิน โดยวิธีการของ Poulos (1967 b) .....	23
2.7 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\theta$ เมื่อ $\nu = 0.0$ ..	24
2.8 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\theta$ เมื่อ $\nu = 0.2$ ..	24
2.9 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\theta$ เมื่อ $\nu = 0.4$ ..	24
2.10 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\theta$ เมื่อ $\nu = 0.5$ ..	24
2.11 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\Delta\sigma_{zz}$ เมื่อ $\nu = 0.0$	25
2.12 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\Delta\sigma_{zz}$ เมื่อ $\nu = 0.2$	25
2.13 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\Delta\sigma_{zz}$ เมื่อ $\nu = 0.4$	25
2.14 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\Delta\sigma_{zz}$ เมื่อ $\nu = 0.5$	25
2.15 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\Delta\tau_{xz}$ เมื่อ $\nu = 0.0$	26
2.16 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\Delta\tau_{xz}$ เมื่อ $\nu = 0.2$	26
2.17 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\Delta\tau_{xz}$ เมื่อ $\nu = 0.4$	26
2.18 แสดงค่า Influence Factor สำหรับ $\Delta\tau_{xz}$ เมื่อ $\nu = 0.5$	26



รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.19 ความสัมพันธ์ความดันน้ำในโพรงเพิ่มกับหน่วยแรงในแนวตั้งที่เกิดขึ้น	34
2.20 ข้อมูลของความดันน้ำในโพรงเพิ่มใต้คันดินถม .....	34
2.22 การคำนวณการทรุดตัวในทันทีสำหรับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอบนพื้นที่ ยึดหยุ่น (Uniformly Distributed Load on Flexible Areas) จาก Janbu, Bjerrum & Kjaernsli (1956) .....	39
2.23 ก. แสดงค่า Influence Factor สำหรับคำนวณการเคลื่อนตัวของ มวลดิน $\rho_z$ (จาก Davis & Poulos (1967)) .....	40
2.23 ข. แสดงค่า Influence Factor สำหรับคำนวณการเคลื่อนตัวของ มวลดิน $\rho_x$ (จาก Davis & Poulos (1967)) .....	40
2.24 การคำนวณการทรุดตัวทันทีใต้คันดินถม (Giroud, 1973) .....	40
2.25 หลักการคำนวณการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ .....	42
2.26 องค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการทรุดตัวอัดแน่นขึ้นที่ล่อง (Secondary Compression), (Ladd 1975) .....	45
2.27 แสดงการคำนวณการทรุดตัวอัดแน่นขึ้นที่ล่อง (Secondary Compression)	45
2.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\mu$ กับค่า A จาก Skempton & Bjerrum (1957) .....	46
2.29 การคำนวณหาค่าการทรุดตัววิธีของ Asaoka .....	49
2.30 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงที่มากกระทำกับการทรุดตัวเริ่มแรก .	52
2.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนหน่วยแรงเฉือนกับอัตราส่วนการอัดแน่น	52
2.32 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการทรุดตัว ( $S_R$ ) กับอัตราส่วนหน่วยแรง ( $\Delta q/q_{ult}$ ) สำหรับน้ำหนักกระจายแบบ Isotropic Homogeneous Foundation (จาก D'Appolonia, Poulos and Ladd, 1971)	53
2.33 อัตราการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation) สำหรับการระบายน้ำในแนวตั้ง (Vertical Drainage) (DM-7)....	54

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.34	ตัวประกอบของเวลา ( $T_{2D}$ ) กับเปอร์เซ็นต์การอัดตัวคายน้ำ ( $\bar{U}$ ) สำหรับการอัดตัวคายน้ำในลักษณะ 2 มิติ (Plane Strain Consolidation) โดยมีทางระบายน้ำ 2 ทิศทาง และค่าความซึมน้ำได้ ( $k$ ) มีค่าเท่ากับทุกทิศทาง (จาก Lacasse et al., 1975)	54
2.35	อัตราการทรุดตัวที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่อง Triaxial (จาก Davis และ Poulos, 1963)	55
2.36	แสดงการหาค่า $t_{90}$ โดยวิธีกราฟที่ส่องของเวลา	58
2.37	แสดงการหาค่า $t_{50}$ โดยวิธีลอกการพิมพ์ของเวลา	59
2.38	กาองความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{U}$ , $w/H$ และ $T_v$	60
3.1	แสดงตำแหน่งบริเวณพื้นที่ก่อสร้างคันดินถนนชั้น "ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ"	62
3.2	แสดงบริเวณก่อสร้างคันดินถมเพื่อการทดสอบที่หนองงูเห่า (ข้อมูลจาก HO. Y.M., 1976)	64
3.3	แสดงแปลน, รูปตัดของคันดินถมเพื่อการทดสอบและตำแหน่งของเครื่องมือที่หนองงูเห่า TEST III (ข้อมูลจาก HO. Y.M., 1976)	66
3.4	แสดงอัตราเร็วของการก่อสร้างคันดินถมที่หนองงูเห่า TEST III (ข้อมูลจาก HO. Y.M., 1976)	67
3.5	แสดงลักษณะชั้นดินบริเวณหนองงูเห่า (ข้อมูลจาก HO. Y.M., 1976)	70
3.6	แสดงค่าปริมาณความชื้นในดินตามธรรมชาติ ดัชนีความเหลว หน่วยน้ำหนักของดินที่ความลึกต่าง ๆ บริเวณหนองงูเห่า (ข้อมูลจาก HO. Y.M., 1976)	71
3.7	แสดงค่าปริมาณเกลือละลายในดิน ค่าความเป็นกรดต่างของดิน ค่าปริมาณสารอินทรีย์ในดินที่ความลึกต่าง ๆ บริเวณหนองงูเห่า (ข้อมูลจาก HO. Y.M., 1976)	72
3.8	แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบขั้นเดรนจากการทดสอบ Field Vane บริเวณหนองงูเห่า (ข้อมูลจาก HO. Y.M., 1976)	73

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.9	แสดงตำแหน่งบริเวณที่ก่อสร้างคันดินถมเพื่อการทดสอบถนนสายกรุงเทพฯ-ศรีราชา (ข้อมูลจาก Eide and Holmberg, 1972).....	76
3.10	แสดงลักษณะชั้นดินและค่ากำลังรับแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบแบบ Field Vane ตลอดความยาวถนนสายกรุงเทพฯ-ศรีราชา (ข้อมูลจาก Eide and Holmberg, 1972) .....	76
3.11	แสดงรายละเอียดของคันดินถมทดสอบและค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรอนของถนนสายกรุงเทพฯ-ศรีราชา (ข้อมูลจาก Eide and Holmber, 1972)	79
3.12	แสดงอัตราเร็วของการก่อสร้างและค่าการทรุดตัวของคันดินถมทดสอบ Section A ถนนสายกรุงเทพฯ-ศรีราชา (ข้อมูลจาก Eide and Holmberg, 1972) .....	80
3.13	แสดงอัตราเร็วของการก่อสร้างและค่าการทรุดตัวของคันดินถมทดสอบ Section C ถนนสายกรุงเทพฯ-ศรีราชา (ข้อมูลจาก Eide and Holmberg, 1972) .....	81
3.14	แสดงอัตราเร็วของการก่อสร้างและค่าการทรุดตัวของคันดินถมทดสอบ Section B ถนนสายกรุงเทพฯ-ศรีราชา (ข้อมูลจาก Eide and Holmberg, 1972) .....	82
3.15	แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติต่าง ๆ ด้านปฐพีกลศาสตร์ของชั้นดินบริเวณที่ทำการทดสอบถนนสายกรุงเทพฯ-ศรีราชา (ข้อมูลจาก Eide and Holmberg, 1972) .....	84
3.16	แสดงบริเวณที่ก่อสร้างคันดินถมเพื่อการทดสอบของถนนสายธนบุรี-ปากท่อ (ข้อมูลจาก Cox, 1971) .....	87
3.17	แสดงรายละเอียดของคันดินถมที่ก่อสร้างบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 (ข้อมูลจาก Cox, 1971) .....	88

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 แสดงข้อมูลด้านปรุพิกลค่าสัตรีของชั้นดินบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 (ข้อมูลจาก Cox, 1971).....	92
3.19 แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบวัันเตรนจากการทดสอบ Field Vane Test บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 (ข้อมูลจาก Cox, 1971)	93
3.20 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ Consolidation โดยใช้เครื่อง Hydraulic Oedometer ที่บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 (จาก CHEN, 1972).....	95
3.21 แสดงรายละเอียดของคันดินถมที่ก่อสร้างบริเวณถนนสายธนบุรี-ปากท่อ Site 3 (ข้อมูลจาก Cox, 1971).....	99
3.22 แสดงข้อมูลด้านปรุพิกลค่าสัตรีของชั้นดินบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 (ข้อมูลจาก Cox, 1971).....	102
3.23 แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบวัันเตรนจากการทดสอบ Field Vane Test บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 (ข้อมูลจาก Cox, 1971)	103
3.24 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ Consolidation โดยใช้เครื่อง Hydraulic Oedometer ที่บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 (จาก CHEN, 1972).....	105
3.25 แสดงขนาดของคันดินถมและระบายน้ำที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อการทดสอบระยะแรกบริเวณสถานีเทคโนโลยีแห่งเอเชียที่รังสิต (ข้อมูลจาก Moh, Brand, Nelson (1972)) .....	110
3.26 แสดงรูปตัดและตำแหน่งต่าง ๆ ของเครื่องมือที่ติดตั้งในการทดสอบที่สถานีเทคโนโลยีแห่งเอเชียที่รังสิต (ข้อมูลจาก Moh, Brand, Nelson (1972))	110
3.27 แสดงลักษณะชั้นดิน Atterberg Limits และกำลังรับแรงเฉือนแบบวัันเตรนของดินบริเวณสถานีเทคโนโลยีแห่งเอเชียที่รังสิต (ข้อมูลจาก Moh, Brand, Nelson (1972)).....	111

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.28	แสดงค่าประวัติของหน่วยแรงที่บริเวณสถานีเทคโนโลยีแห่งเอเชียที่รังสิต (ข้อมูลจาก Moh, Brand, Nelson (1972)).....	111
3.29	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของแรงดันน้ำแบบ Skempton กับค่า $\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3$ (ข้อมูลจาก Moh, Brand, Nelson (1972))	113
3.30	แสดงค่าพารามิเตอร์ของแรงดันน้ำแบบ Skempton กับค่าความเครียด (ข้อมูลจาก Moh, Brand, Nelson (1972)).....	113
3.31	แสดงรูปตัดถนนที่ปรับปรุงโดยระดับผิวจราจรขึ้นที่บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528).....	115
3.32 ก.	แสดงตำแหน่งของหลุมเจาะสำรวจชั้นดินบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528) .....	115
3.32 ข.	แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือทางเทคนิคธรณีบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528).....	116
3.33	แสดงชั้นดินและสมบัติพื้นฐานของดินบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 หลุมเจาะ DB1 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528).....	120
3.34	แสดงชั้นดินและสมบัติพื้นฐานของดินบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 หลุมเจาะ DB2 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528).....	121
3.35	แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนจากการทดสอบ Field Vane บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 หลุมเจาะ DV1, DV2 และ DV4 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528).....	122
3.36	แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบอันเดรนจากการทดสอบ Field Vane บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 หลุมเจาะ DV3 และ DV4 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528).....	123
3.37	แสดงข้อมูลจากการทดสอบ Consolidation บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 หลุมเจาะ DB1 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528) ...	124

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.38 แสดงข้อมูลจากการทดสอบ Consolidation ถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 24 หลุมเจาะ DB1 (ข้อมูลจาก นริศ, 2528)	125
3.39 ความสัมพันธ์ระหว่าง $A_f = \Delta U_f / \Delta \sigma_{vf}$ จากการทดสอบ $\overline{CK.UC}$ ของดินเหนียว บางนา-ตราด .....	126
3.40 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้ง Piezometer ที่ขอบของ Berm และรูปหน้าตัด ของถนนต่อเติมใหม่ บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 (ข้อมูล จาก พิณฉ, 2528).....	128
3.41 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจ การทดสอบ Field Vane และการ ติดตั้ง Piezometer บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 (ข้อมูลจาก พิณฉ, 2528).....	129
3.42 Boring log ของดินจากหลุม DB-1 บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 (ข้อมูลจาก พิณฉ, 2528).....	133
3.43 Boring log ของดินจากหลุม DB-2 บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 (ข้อมูลจาก พิณฉ, 2528).....	134
3.44 ประวัติของหน่วยแรงของดินจากหลุม DB-1 บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 (ข้อมูลจาก พิณฉ, 2528).....	135
3.45 ประวัติของหน่วยแรงของดินจากหลุม DB-2 บริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 30 (ข้อมูลจาก พิณฉ, 2528).....	136
3.46 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ A กับ OCR (จากพิณฉ, 2528)	138
3.47 ตำแหน่งบริเวณที่ทำกรวยวัด (ที่ กม. 2 ของถนนทางเข้าโรงไฟฟ้า หลังความร่อนบางปะกง (ข้อมูลจาก สำนิตย์, 2528) .....	140
3.48 รูปตัดขวางของถนนแสดงตำแหน่งระดับที่จำลองหน่วยแรงในสนาม (ข้อมูลจาก สำนิตย์, 2528).....	141
3.49 ตำแหน่งการเจาะสำรวจดินที่ กม. 2 (ข้อมูลจาก สำนิตย์, 2528)	142

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.50 สลักขณะขึ้นดินและคุณสมบัติพื้นฐานบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 (ข้อมูลจาก สำเนา, 2528) .....	143
3.51 ผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนในสนามที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นดินบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 (ข้อมูลจาก สำเนา, 2528) .....	144
3.52 ก. ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ 1 มิติ ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นดินบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 (ข้อมูลจาก สำเนา, 2528).....	147
3.52 ข. ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ 1 มิติ ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ของชั้นดินบริเวณถนนบางนา-ตราด กิโลเมตรที่ 52 (ข้อมูลจาก สำเนา, 2528).....	148
4.1 ก. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่หนองงูเห่า	156
4.1 ข. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่หนองงูเห่า	157
4.1 ค. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่หนองงูเห่า	158
4.1 ง. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่หนองงูเห่า	159
4.2 ก. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่ถนน กรุงเทพ-ศรีราชา .....	160
4.2 ข. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่ถนน กรุงเทพ-ศรีราชา .....	161

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ก. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่หนองงูเห่า .....	156
4.1 ข. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่หนองงูเห่า	157
4.1 ค. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่หนองงูเห่า .....	158
4.1 ง. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่หนองงูเห่า	159
4.2 ก. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่ถนนกรุงเทพ-ศรีราชา .....	160
4.2 ข. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่ถนนกรุงเทพ-ศรีราชา .....	161
4.2 ค. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่ถนนกรุงเทพ-ศรีราชา .....	162
4.2 ง. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่ถนนกรุงเทพ-ศรีราชา .....	163
4.3 ก. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 .....	164



รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 ข. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 .....	165
4.3 ค. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 .....	166
4.3 ง. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2 .....	167
4.4 ก. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 .....	168
4.4 ข. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = \mu S_{uF.V.}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 .....	169
4.4 ค. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Fellenius ที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3 .....	170
4.4 ง. แสดงการแบ่งชั้นดินและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ( $C = 0.22 \bar{\sigma}_{vm}$ ) และผลการวิเคราะห์เสถียรภาพโดยวิธีของ Bishop ที่ถนนธนบุรี-ปากท่อ .....	171
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของคันดินถล่มที่ พังทลายจากการใช้ค่า Corrected Field Vane กับค่าดัชนีความ เป็นพลาสติคของดิน .....	172

รายการประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของคันดินถมที่พังทลายจากการใช้ค่า $C = 0.22 \sigma_{vm}$ กับค่าหน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต	172
4.7 แสดงค่าอัตราส่วนความปลอดภัยของคันดินถมที่พังทลายจากการใช้ค่า $C = 0.22 \sigma_{vm}$ กับค่าดัชนีความเป็นพลาสติกของดิน .....	174
4.8 แสดงค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มกับความลึกบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2, Section 3A, 3B และ 3C .....	184
4.9 แสดงค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มกับความลึกบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3, Section 3Aa และ 3Ab .....	185
4.9 (ต่อ) แสดงค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มกับความลึกบริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3, Section 3B และ 3C .....	186
4.10 แสดงค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มกับความลึกบริเวณสถานีเทคโนโลยีแห่งเอเชียที่รังสิต .....	187
4.11 แสดงค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มกับความลึกถนนบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) กม. 24 .....	188
4.12 แสดงค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มกับความลึกถนนบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) กม. 30 .....	189
4.13 แสดงค่าอัตราส่วนค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่ประมาณโดยวิธีการของ Tavenas (1979) ต่อค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่วัดได้ในสนามกับค่า OCR .....	195
4.14 แสดงค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่วัดได้ในสนามต่อค่าความดันในแนวตั้งกับค่า OCR .....	195
4.15 แสดงค่าอัตราส่วนค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่ประมาณโดยวิธีการของ Lee (1983) ต่อค่าความดันน้ำในโพรงเพิ่มที่วัดได้ในสนามกับค่า OCR	196

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.16	แสดงค่า $E_u/S_u$ กับ OCR ที่ใช้ในการคำนวณค่าการทรุดตัวในกรณี	203
4.17	แสดงค่าอัตราส่วนการทรุดตัวจากการประมาณค่าโดยวิธีการต่าง ๆ ต่อ การประมาณค่าโดยวิธีการของ Asaoka กับค่าที่ได้จากการประมาณ โดยวิธีการของ Asaoka.....	207
4.18	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2, Section 3A	210
4.19	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2, Section 3B	211
4.20	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 2, Section 3C	211
4.21	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3, Section 3Aa	212
4.22	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3, Section 3Ab	212
4.23	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3, Section 3B	213
4.24	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนธนบุรี-ปากท่อ Site 3, Section 3C	213
4.25	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) กม. 24 (จาก นริศ, 2528) .....	214
4.26	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) กม. 30 (จาก พิณฉ, 2528) .....	215
4.27	แสดงอัตราการทรุดตัวของถนนบางนา-ตราด (ปรับปรุงใหม่) กม. 52 (จาก สำนิตย, 2528) .....	216
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\mu S_u/\sigma_{vm}$ กับ $\log OCR$ .....	219
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\mu S_u/\sigma_{vm}$ กับค่า PI .....	219



## สัญลักษณ์

$A, B$	=	พารามิเตอร์ของความดันน้ำในโพรงของ Skempton
$A_f$	=	พารามิเตอร์ของความดันน้ำในโพรง ณ จุดพิบัติ
$B$	=	ความกว้างน้อยที่สุดของหน่วยแรงกระทำ
$B_1, B_f$	=	อัตราส่วนของความดันน้ำโพรงเพิ่มต่อหน่วยแรงที่เพิ่มขึ้นในแนวตั้ง
$c, \bar{c}$	=	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวรวมและประสิทธิภาพผลตามลำดับ
CR	=	Compression Ratio
Cc	=	Compression Index
Cr	=	Recompression Index
$\dot{C}_v$	=	สัมประสิทธิ์ของการยุบอัดตัวคายน้ำ (Coefficient of Consolidation)
$C_\alpha$	=	Rate of Secondary Compression
D	=	ความหนาของชั้นดิน (Compressible Layer)
DB	=	Deep Boring
DV	=	Deep Vane
$E_u$	=	โมดูลัสยึดหยุ่นของดินแบบอิ่มตัว (Undrained Modulus)
$E_{u50}, E_{u80}$	=	โมดูลัสยึดหยุ่นแบบอิ่มตัว ที่ระดับของหน่วยแรงเฉือนเท่ากับ 50% และ 80% ตามลำดับ
$\bar{E}$	=	โมดูลัสยึดหยุ่นของดินแบบเกรน (Drained Modulus)
ESA	=	การวิเคราะห์โดยใช้หน่วยแรงประสิทธิภาพ (Effective Stress Analysis)
$e$	=	อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio)
$e_0$	=	อัตราส่วนช่องว่างของดินเริ่มแรก (Initial Void Ratio)
F.S.	=	อัตราส่วนความปลอดภัย (Safety Factor)
F.V.	=	Field Vane

## สัญลักษณ์ (ต่อ)

f	=	Initial Shear Stress Ratio
H, h	=	ความหนาของชั้นดิน (Compressible Layer)
H <sub>d</sub> , H	=	ระยะทางระบายน้ำ (Length of Drainage Path)
I <sub>st</sub>	=	Influence factor จาก elastic solution, Poulos (1967 b )
k <sub>h</sub> , k <sub>v</sub>	=	สัมประสิทธิ์ความซึมน้ำในแนวราบและแนวตั้งตามลำดับ (Coefficient of Permeability in Horizontal and Vertical Direction)
Ko	=	สัมประสิทธิ์ของแรงดันดินข้าง ๓ สภาวะสมดุล (Coefficient of Earth Pressure at Rest)
l	=	ความยาวของส่วนโค้งที่ฐานของ slice
LI	=	ดัชนีความเหลว (Liquidity Index)
LL	=	ขีดความเหลว (Liquid Limit)
m <sub>v</sub>	=	สัมประสิทธิ์ของภาวยุบตัว (Coefficient of Compressibility)
N̄	=	แรงในแนวดิ่งจาก (Normal Force)
N	=	SPT-N Value
NC.	=	Normally Consolidated
OC	=	Overconsolidated
OCR	=	Over Consolidation Ratio
P	=	หน่วยแรงกระทำที่ผิวดิน
P, $\bar{P}$	=	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ และ $\frac{\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_3}{2}$
PI	=	Plasticity Index
q, $\bar{q}$	=	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ และ $\frac{\bar{\sigma}_1 - \bar{\sigma}_3}{2}$
q <sub>u</sub>	=	Ultimate bearing capacity

สัญลักษณ์ (ต่อ)

RR	=	Recompression Ratio
SR	=	Settlement Ratio
Su	=	กำลังรับแรงเฉือนแบบอิ่มตัว (Undrained Shear Strength)
T	=	แรงในแนวสัมผัส (Tangential Force)
$T_v$	=	ตัวประกอบเวลา (Time Factor) จากทฤษฎีของ Terzaghi
$T_{2D}$	=	ตัวประกอบเวลาจากทฤษฎีที่พิจารณาให้น้ำไหลออกจากดินในลักษณะ 2 มิติ
$T_{50}$	=	ตัวประกอบเวลาที่ 50% ของการอัดตัวคายน้ำ
$T_{90}$	=	ตัวประกอบเวลาที่ 90% ของการอัดตัวคายน้ำ
$t, t_v$	=	เวลา
$t_{50}$	=	เวลาที่ 50% การอัดตัวคายน้ำ
$t_{90}$	=	เวลาที่ 90% การอัดตัวคายน้ำ
$t_{100}$	=	เวลาที่ 100% การอัดตัวคายน้ำ
TSA	=	การวิเคราะห์โดยใช้หน่วยแรงรวม (Total Stress Analysis)
$\bar{U}$	=	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การอัดตัวคายน้ำ (Average Degree of Consolidation)
u	=	ค่าความดันน้ำในโพรงดินที่วัดได้จาก piezometer ที่จุดที่สนใจ
$u_0$	=	ค่าความดันน้ำในโพรงดินที่วัดได้จาก dummy piezometer ที่ระดับเดียวกับจุดที่สนใจ
$\Delta u$	=	ค่าความดันน้ำโพรงเกิน (Excess Pore Water Pressure)
W	=	น้ำหนักของมวลดิน
Z	=	ระยะในแนวดิ่ง
	=	ส่วนเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรง
$\phi$	=	มุมเสียดทานประสิทธิภาพ (Effective Angle of Shearing Resistance)
$\gamma_T$	=	หน่วยน้ำหนักของมวลดิน
$\sigma$	=	หน่วยแรงรวม

$\bar{\sigma}_{ho}$	=	หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวราบตามธรรมชาติ (Insitu Horizontal Effective Strees)
$\bar{\sigma}'_{ho}$	=	หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง (Effective Vertical Stress)
$\bar{\sigma}_{vm}$	=	หน่วยแรงทับถมสูงสุดในอดีต (Mazimum Past Pressure)
$\bar{\sigma}'_{vo}$	=	หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งตามธรรมชาติ (Insitu Vertical Effective Stress)
$\sigma_{1f}$	=	หน่วยแรงหลัก ๑ จุดพิบัติ (Major Principal Stress)
$\sigma_{3f}$	=	หน่วยแรงรอง ๑ จุดพิบัติ (Minor Principal Stress)
$\Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y, \Delta\sigma_z$	=	การเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงในทิศทาง x,y และ z
$\Delta\sigma_{oct}$	=	Change in octahedral normal stress
$\Delta\tau_{oct}$	=	Change in octahedral shear stress
$\epsilon_v$	=	ความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric Strain)
$\epsilon_1$	=	ความเครียดในแนวตั้ง (Axial Strain)
$\epsilon_3$	=	ความเครียดในแนวรัศมี (Radius Strain)
$\epsilon_{1u}$	=	ความเครียดในแนวตั้งในสภาพอิ่มตัว
$\epsilon_{1c}$	=	ความเครียดในแนวตั้งในสภาพอัดตัวคายน้ำ
$\theta$	=	Bulk stress
$\alpha$	=	Alpha factor
$\tau$	=	หน่วยแรงเฉือน
$\Delta\tau$	=	ส่วนเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงเฉือน
$\mu$	=	สัมประสิทธิ์การทรุดตัว (Settlement Coefficient)
$\mu$	=	Bjerrum's correction factor
$\rho_i$	=	การทรุดตัวแบบอิ่มตัว (Undrained Settlement)
$\rho_c$	=	การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ (Primary Consolidation)
$\rho_s$	=	การยุบอัดตัวครั้งที่สอง (Secondary Consolidation)