

การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวระหว่างการทดสอบ
ในสนามกับในห้องปฏิบัติการ



นายประสงค์ นิมทรงประเสริฐ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

ISBN 974-576-739-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016209

117365163

COMPARISON OF COEFFICIENT OF CONSOLIDATION
BETWEEN IN - SITU TEST AND LABORATORY TEST



MR. PRASONG NIMTRONGPRASERT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

1990

ISBN 974-576-739-5





หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งตัวระหว่างการทดสอบในสนามกับ
ในห้องปฏิบัติการ
โดย นาย ประสงค์ นิ่มทรงประเสริฐ
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิริวงค์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้พิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรารักษ์)

กรรมการการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิเชียร เต็งอำนวยการ)


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


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรุพล จิวาักษณ์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวี ธานีเจริญกิจ)

ศูนย์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประสงค์ นิมิตรประเสริฐ : การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวระหว่าง
การทดสอบในสนามกับในห้องปฏิบัติการ (COMPARISON OF COEFFICIENT OF
CONSOLIDATION BETWEEN IN-SITU TEST AND LABORATORY TEST)
อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.บุญสม เลิศศิริวงศ์, 182 หน้า. ISBN 974-576-739-5

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวระหว่างผลการ
วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบภาคสนามกับข้อมูลทดสอบในห้องปฏิบัติการของดินบริเวณพื้นที่ปรับ-
ปรุงที่ทำเทียบเรือสงขลา จ.สงขลา สภาพชั้นดินที่รองรับมีชั้นดินเหนียวสลับชั้นทราย
ในการวิจัยนี้ ได้ศึกษาในชั้นดินเหนียวชั้นที่สามซึ่งมีความหนาเฉลี่ยประมาณ 10 เมตร ที่ระดับ
ความลึกประมาณ -16 เมตร ถึง -26 เมตร เครื่องมือทางธรณีเทคนิคที่ติดตั้งประกอบด้วย
มิชโซโทรบ แผ่นวัดการทรุดตัว มิชโซมิเตอร์ อินคลิโนมิเตอร์และเอกซ์เทนโซมิเตอร์

ค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวที่ได้จาก การวิเคราะห์ข้อมูลในภาคสนามโดยเฉพาะ
จากเครื่องมือมิชโซโทรบ และ เครื่องมือมิชโซมิเตอร์ ได้นำมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่ได้จาก
การทดสอบการยุบอัดตัวของตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ผลโดยวิธีของ
Casagrande และวิธีของ Taylor ผลการเปรียบเทียบพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวในแนว
ราบ(C_h) โดยเครื่องมือมิชโซโทรบให้ค่าประมาณ 2.5 เท่าของผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์
ในแนวตั้ง(C_v) ด้วยวิธี Casagrande และประมาณ 2.3 เท่าของผลการวิเคราะห์ค่าด้วยวิธี
ของ Taylor สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวในแนวตั้งโดยวิธีวัดแรงดันน้ำให้ค่าประมาณ
7.2 เท่าของผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Casagrande และประมาณ 6.6 เท่าของผลการ
วิเคราะห์ด้วยวิธีของ Taylor จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวกับค่า
Normalized ของแรงเค้นประสิทธิผลเทียบกับแรงเค้นประสิทธิผลสูงสุดในอดีต (σ_v/σ_{vm}) พบ
ว่าค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวจะมีค่าสูงในช่วง σ_v/σ_{vm} มีค่าน้อยและจะลดลงมากเมื่อ σ_v/σ_{vm}
มีค่ามากขึ้น

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา ธรณีวิศวกรรม
ปีการศึกษา ๒๕๖๒

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

PRASONG NIMTRONGPRASERT : COMPARISON OF COEFFICIENT OF CONSOLIDATION BETWEEN IN - SITU TEST AND LABORATORY TEST. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. BOONSOM LERDHIRUNWONG, Dr. Eng. 182 PP.

This research attempts to compare the coefficient of consolidation between in-situ test and laboratory test at the reclaimable area of the Songkhla port, Songkhla province. The soil profile comprises of clay layer and sand layer alternately. This research studied only the third clay layer which is at about -16 to -26 meters deep from chart datum level. The geotechnical instruments installed in the reclaimable area are Piezo-probe, Settlement plate Piezometer, Inclinator and Extensometer.

The Comparison between in-situ test and laboratory test revealed that the coefficient of consolidation(C_h) by Piezo-probe is about 2.5 times and 2.3 times of the results obtained from Casagrande's and Taylor's methods(C_v) respectively.

The coefficient of consolidation(C_v) obtained from pore water pressure's method(Piezometer data) is about 7.2 times of Casagrande's method and 6.6 times of Taylor's method. The relationship between coefficient of consolidation and normalized of overburden pressure comparing with maximum past pressure ($\bar{\sigma}_v/\bar{\sigma}_{vm}$) revealed that the coefficient of consolidation has maximum value while ($\bar{\sigma}_v/\bar{\sigma}_{vm}$) has minimum value and decrease very much when ($\bar{\sigma}_v/\bar{\sigma}_{vm}$) increase its value.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรม
ปีการศึกษา ๒๕๖๒

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จได้อย่างสมบูรณ์ ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศศิริวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของผู้เขียนที่ได้ให้คำแนะนำแก้ไขปัญหาและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนทราบบ้างในความกรุณาของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านในบริเวณโครงการทำเทียบเรือ น้ำลึกสงขลาที่อำนวยความสะดวกทุกประการ ผู้เขียนขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องวิจัย ปฐพีกลศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือร่วมมือเป็นอย่างดี

ผู้เขียนระลึกถึงพระคุณของ บิดา มารดา ที่ให้การชี้แนะแนวทางชีวิตที่ติดลอคมา แม้ท่านทั้งสองได้ล่วงลับไปแล้วก็ตาม ผู้เขียนระลึกถึงพระคุณ ครู อาจารย์ ท่านเหล่านี้เป็นผู้มีอุปการคุณต่อผู้เขียน และสถาบันศาลาให้ผู้เขียนประสบความสำเร็จในการศึกษาจนถึงปัจจุบัน

ท้ายสุดนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ประสงค์ นิมทรงประเสริฐ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ฉ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและสมมุติฐาน	
2.1 คุณสมบัติของดินในทางปฐพีวิศวกรรม	5
2.2 ลักษณะของการทรุดตัว	5
2.2.1 การทรุดตัวที่เกิดขึ้นทันทีเมื่อดินได้รับความเค้นจากแรงภายนอกกระทำ	5
2.2.2 การทรุดตัวที่เป็นฟังก์ชันกับเวลา	8
2.2.2.1 การทรุดตัวเนื่องจากการวิบัติเฉพาะแห่ง	8
2.2.2.2 การทรุดตัวเนื่องจากขบวนการยุบอัดตัวคายน้ำ	8
2.2.2.3 การทรุดตัวเนื่องจากผลของการทรุดตัวอัดแน่นขึ้นที่สอง	10
2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์อัตราทรุดตัว	11
2.3.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวด้วยเครื่องมือมิชโซโรบ	11
2.3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวด้วยวิธีการของเทอร์ซากิ	16

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3.3 การหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวของดินโดยวิธีของ Asaoka	20
2.3.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวด้วยวิธี $\log t$ ของ Casagrande	22
2.3.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวด้วยวิธี \sqrt{t} ของ Taylor	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดสอบสำหรับการวิจัย	
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบภาคสนาม	25
3.2 สถานที่และตำแหน่งที่ทำการทดสอบ	25
3.2.1 เครื่องมือนิชโซโรบ	26
3.2.2 เครื่องมือนิชโซมิเตอร์	31
3.2.3 แผ่นวัดการทรุดตัว	36
3.2.4 เครื่องมือวัดการทรุดตัวตามชั้นดิน	36
3.3 การเก็บตัวอย่างดินในสนาม	36
3.4 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ	40
3.5 ทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ	41
3.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลในภาคสนาม	41
3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ	42
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์	
4.1 ลักษณะของชั้นดิน	43
4.2 ผลการทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ	
4.2.1 คุณสมบัติพื้นฐาน	45
4.2.2 ผลการทดสอบการยุบอัดตัวของดิน	45
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือทางธรณีเทคนิค ...	52
4.3.1 เครื่องมือนิชโซโรบ	52
4.3.2 เครื่องมือนิชโซมิเตอร์	55
4.3.3 เครื่องมืออินคลิโนมิเตอร์และเอกซ์เทนโซมิเตอร์ .	60
4.3.4 แผ่นวัดการทรุดตัว	60

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.4 การวิเคราะห์ผล	
4.4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวโดยเครื่องมือ นิชโซโพรบกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ...	61
4.4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวโดยวิธีแรงดันน้ำ กับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	61
4.4.3 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัว เปรียบเทียบกับแรงเค้นประสิทธิผลจาก ผลการทดลอง Consolidation test	62
4.4.4 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัว สำหรับดินหนองงูเห่า	62
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 บทสรุป	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก ก	69
ก.1 ส่วนประกอบเครื่องมือทางธรณีเทคนิคที่ใช้ในการ ทดสอบภาคสนาม	69
ก.1.1 เครื่องมือนิชโซโพรบ	69
ก.1.2 เครื่องมือนิชโซมิเตอร์	69
ก.1.3 แผ่นวัดการทรุดตัว	74
ก.1.4 เครื่องมืออินคลิโนมิเตอร์และเอกซ์เทนโซมิเตอร์ .	74
ก.2 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ	75
ก.2.1 การหาค่า Atterberg limits	76
ก.2.2 การหาขนาดเม็ดดิน	79
ก.2.3 การหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน	80
ก.2.4 เครื่องมือวัดการยุบอัดตัวของดิน	80
ภาคผนวก ข	82
ข.1 แสดงตำแหน่งและการติดตั้งนิชโซมิเตอร์	83
ข.2 แสดงลักษณะชั้นดินหลุมเจาะ	91

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ข.3 ผลการหาคุณสมบัติทางนิลิกส์และการจำแนกดินหลุมเจาะ ..	97
ผลการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีไฮโดรมิเตอร์	97
ข.4 ผลการทดสอบการยุบอัดตัวในห้องปฏิบัติการ	104
ภาคผนวก ค	142
ค.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized แรงดันน้ำในโพรง เพิ่มกับเวลาของเครื่องมือนิชโซมิเตอร์	143
แสดงค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวจากเครื่องมือนิชโซโพรบ .	143
ค.2 ผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่มจากเครื่องมือ นิชโซมิเตอร์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized แรงดันน้ำในโพรงเพิ่มกับเวลาของเครื่องมือของนิชโซมิเตอร์	150
ค.3 ผลการตรวจการเคลื่อนตัวในแนวราบโดยเครื่องมือ อินคลิโนมิเตอร์ผลการตรวจการทรุดตัวของชั้นดินโดย เครื่องมือเอกซ์เทนโซมิเตอร์	156
ค.4 ผลการวัดการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัว	161
ประวัติผู้เขียน	166

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

รูปที่	หน้า
2.1 ค่า Shape และ Rigidity Factor ในการคำนวณหาการทรุดตัว ณ จุดต่าง ๆ บนพื้นที่แรงกระทำ ที่ผิวหน้าของ Elastic Half-space	6
2.2 แสดงค่า E_u/S_u สำหรับดินเหนียว	7
2.3 แสดงค่า E_s/N สำหรับดินซึ่งไม่มีความเหนียว.....	8
2.4 แสดงค่า Time Factor ในลักษณะต่าง ๆ	19
4.1 แสดงลักษณะชั้นดินของหลุมเจาะ	43
4.2 ตัวอย่างดินที่ทำการทดสอบการยุบอัดตัว	48
4.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวโดยวิธีของ Casagrande และวิธีของ Taylor	53
4.4 แสดงค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวโดยเครื่องมือชโซโครบ แต่ละช่วงระดับความลึก	56
4.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวโดยวิธีแรงดันน้ำข้อมูลจากเครื่องมือชโซมิเตอร์	58
4.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวด้วยวิธีต่าง ๆ ของดินชั้นที่สาม...	61
4.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินทำเทียบเรื่อน้ำลึกสงขลา กับ บริเวณหนองงูเห่า	63
ข.1-ข.5 ผลการหาคุณสมบัติทางนิลิกส์และการจำแนกดินหลุมเจาะ	98-100
ค.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวจากเครื่องมือชโซโครบ	148

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	แผนที่แสดงตำแหน่งพื้นที่ปรับปรุงท่าเรือน้ำลึกสงขลา	3
1.2	แสดงลักษณะรูปแบบพื้นที่ปรับปรุงท่าเรือน้ำลึกสงขลา	3
2.1	แสดง Loading Condition ในมิติต่าง ๆ	9
2.2	หลักการในการคำนวณการทรุดตัวเนื่องจาก Consolidation Process	12
2.3	แสดงวิธีการคำนวณการทรุดตัวเนื่องจาก Secondary compression	12
2.4	Factor ต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการทรุดตัวเนื่องจาก Secondary Compression	13
2.5	แสดงค่าการกระจายของน้ำในดินแต่ละลักษณะ	13
2.6	ค่าเวลา t_{50} เปรียบเทียบกับความลึก	13
2.7	แสดงส่วนของ Plastic zone และ Elastic zone	17
2.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta u/\Delta u_0$ กับค่า $t (ro^2/c)$ สำหรับค่า E/c_f ต่าง ๆ กรณี Pore Pressure Probe มีลักษณะทรงกลม	17
2.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta u/\Delta u_0$ กับค่า $t (ro^2/c)$ สำหรับค่า E/c_f ต่าง ๆ กรณีที่ Pore Pressure Probe มีลักษณะทรงกระบอก	17
2.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง U/H และ T (After DM-7.1)	21
2.11	การหาค่าการทรุดตัววิธีของ Asaoka	24
2.12	หลักการหาค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัว	24
3.1	แสดงบริเวณ Preload ของพื้นที่ปรับปรุง	27
3.2	แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องและตำแหน่งหลุมเจาะ	28
3.3	แสดงอุปกรณ์เครื่องมือมิชชีโพรบทั้งหมดพร้อมน้ำหนักกดทับ	29
3.4	แสดงการไล่อากาศในส่วนหัวมิชชีโพรบ	29
3.5	แสดงท่อต่อเตรียมโดยการร้อยสายนำสัญญาณก่อนลงมือปฏิบัติการ ...	30
3.6	วัดระดับน้ำใต้ดินเมื่อเป็นระดับอ้างอิงก่อนปฏิบัติการ	30
3.7	แสดงผลการวัดโดยเครื่องมือมิชชีโพรบ	32
3.8	แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือมิชชีโพรบมิเตอร์ทางทิศตะวันตก	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือมิชโซมิเตอร์ทางทิศตะวันออก	34
3.10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดการทรุดตัว	37
3.11 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือเอกซ์เทนโซมิเตอร์ทางทิศตะวันตก .	38
3.12 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือเอกซ์เทนโซมิเตอร์ทางทิศตะวันออก .	39
4.1 แสดงรูปตัดชั้นดินบริเวณท่าเทียบเรือน้ำลึกสงขลา	44
4.2 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินเหนียวชั้นที่สาม	46
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Normalized Consolidation Stress-Strain	47
4.4 แสดงค่า OCR , Cc , Cr ของดินจากการทดสอบการยุบอัดตัว ...	49
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr กับค่า Normalized σ_v/σ_{vm} โดยวิธีของ Casagrande	50
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cr กับค่า Normalized σ_v/σ_{vm} โดยวิธีของ Taylor	51
4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวโดยวิธีของ Casagrande และ Taylor เทียบกับความลึก	54
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวโดย เครื่องมือมิชโซโพรบเทียบกับความลึก	57
4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การยุบอัดตัวโดย วิธีแรงดันน้ำเทียบกับความลึก	59
ก.1 แสดงลักษณะและส่วนประกอบหัวมิชโซโพรบ	70
ก.2 แสดงหัวมิชโซโพรบและอุปกรณ์วัดความลึกอัตโนมัติ	71
ก.3 การติดตั้งชุดวัดความลึกอัตโนมัติรวมเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆ	71
ก.4 เครื่องบันทึกความดันน้ำเทียบกับความลึกโดยอัตโนมัติ	72
ก.5 แสดงชุดอุปกรณ์เครื่องมือมิชโซมิเตอร์และลักษณะหัวมิชโซมิเตอร์ แบบต่างๆ	73
ก.6 แสดงอุปกรณ์แผ่นวัดการทรุดตัว	75
ก.7 ภาพแสดงการติดตั้งเอกซ์เทนโซมิเตอร์	77
ก.8 ภาพแสดงลักษณะของเอกซ์เทนโซมิเตอร์	77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.1-ข.14 แสดงตำแหน่งและการติดตั้งมิชโซมิเตอร์	84-90
ข.15-ข.19 แสดงลักษณะชั้นดินหลุมเจาะ	92-96
ข.20-ข.26 ผลการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีไฮโครมิเตอร์	100-103
ข.27-ข.68 ผลการทดสอบการยุบอัดตัวในห้องปฏิบัติการ	105-141
ค.1-ค.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized แรงดันน้ำใน โพรงเพิ่มขึ้นกับเวลาของเครื่องมิชโซโทรบ	144-147
ค.9-ค.15 ผลการสังเกตความดันน้ำในโพรงเพิ่มจากเครื่องมือมิชโซมิเตอร์	151-154
ค.16-ค.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized แรงดันน้ำใน โพรงเพิ่มขึ้นกับเวลาของเครื่องมือมิชโซมิเตอร์	155
ค.18-ค.23 ผลการตรวจสอบการเคลื่อนตัวในแนวราบโดยเครื่องมือ อินคลิโนมิเตอร์	157-159
ค.24 ผลการตรวจสอบการทรุดตัวของชั้นดินโดยเครื่องมือ เอกซ์เทนโซมิเตอร์	160
ค.25-ค.32 ผลการวัดการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัว	162-165

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Cc	: ดัชนีการอัดแน่น (Compression Index)
CR	: ดัชนีการอัดแน่นซ้ำ (Recompression Index)
CR	: อัตราส่วนการอัดแน่น (Compression Ratio)
Cv	: สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ (Coefficient of Consolidation)
Ca	: สัมประสิทธิ์การอัดแน่นขั้นที่สอง (Coefficient of Secondary Compression)
Es	: โมดูลัสความยืดหยุ่นในสภาพระบายน้ำ (Drained Young Modulus)
Eu	: โมดูลัสความยืดหยุ่นในสภาพไม่ระบายน้ำ (Undrained Young Modulus)
e	: อัตราส่วนโพรง (Void Ratio)
H	: ความหนาของ Compression Layer
Hd	: ความยาวของระยะระบายน้ำ (Drained Path Length)
K	: ค่าความซึมได้ของน้ำ
LI	: ดัชนีเหลว (Liquidity Index)
LL	: นิกัดเหลว (Liquid Limit)
mv	: สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร (Coefficient of Volume Change)
OCR	: อัตราส่วนการอัดแน่นเกินตัว (Over Consolidation Ratio)
PI	: ดัชนีพลาสติก (Plasticity Index)
PL	: นิกัดพลาสติก (Plastic Limit)
p	: $(\sigma_1 + \sigma_3)/2$
Pr	: α ณ จุดนิบัติ
RR	: อัตราส่วนการอัดแน่นซ้ำ (Recompression Ratio)
rp	: รัศมีของดินที่มีสภาพพลาสติก
ro	: รัศมีของหัวนิชโซโพรม
Sr	: อัตราส่วนการทรุดตัว (Settlement Ratio)
Su	: กำลังรับแรงเฉือนของดินในสภาพไม่ระบายน้ำ (Undrained Shear Strength)
Su(v)	: กำลังรับแรงเฉือนของดินในสนามหลังจากถูกปรับแก้แล้ว
T2D	: Time Factor จากทฤษฎีที่พิจารณาให้น้ำไหลออกจากดินได้ในลักษณะ 2 มิติ
Tr	: Time Factor
U	: ระดับการทรุดตัวคายน้ำเฉลี่ย (Average Degree of Consolidation)
U	: ระดับการทรุดตัวคายน้ำ (Degree of Consolidation)
u	: ความดันน้ำในโพรง (Pore Water Pressure)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ(ต่อ)

- u_e : ความดันน้ำในโพรงที่เวลาใด ๆ
 u_o : ความดันน้ำในโพรงเริ่มแรก
 w_n : ปริมาณความชื้นตามธรรมชาติ (Natural Water Content)
 Δe : ขนาดการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนโพรง (Change in the Void Ratio)
 Δu : ความดันน้ำในโพรงเพิ่ม (Excess Pore Water Pressure)
 Δv : การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร (Volume Change)
 μ : พารามิเตอร์ความดันน้ำ (Pore Pressure Parameter)
 ν : อัตราส่วนพัวซองส์ (Poisson's Ratio)
 δ_d : Dry Unit Weight
 δ_t : ความหนาแน่นรวม
 δ_w : ความหนาแน่นของน้ำ
 δ_o : หน่วยแรงประสิทธิผลตำแหน่งหัวนิชิโซโพรบ
 δ_r : หน่วยแรงประสิทธิผลบริเวณดินที่มีสภาพพลาสติก
 δ_{vo} : หน่วยแรงรวมในแนวตั้งตามธรรมชาติ
 δ_{v_o} : หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งตามธรรมชาติ (In-Situ Vertical Effective Stress)
 δ_{vc} : หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้ง (Vertical Effective Stress)
 δ_{vf} : หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวตั้งท้ายสุด(Final Vertical Effective Stress)
 δ_{vm} : หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต (Maximum Past Pressure)
 δ_v : ความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric Strain)
 ρ_c : การทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Settlement)
 ρ_i : การทรุดตัวทันที (Initial Settlement)
 ρ_s : การทรุดตัวอัดแน่นขั้นที่สอง (Secondary Compression)
 ρ_t : การทรุดตัวรวม (Total Settlement)
 ρ_t : การทรุดตัวเนื่องกับเวลา (Time Dependent Settlement)
 ρ_u : การทรุดตัวเนื่องจากอันไครนคริพ (Settlement due to Undrained Creep)