การปรับปรุงคุณภาพดินหนองงูเห่าด้วยเข็มปูนขาวโดยวิธีแทนที่

นาย ศิริชัย ห่วงจริง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-727-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18520856

IMPROVEMENT OF NONG NGU HAO CLAY BY PLACING LIME COLUMN METHOD

MR. SIRICHAI HOUNGJRING

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-331-727-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพดินหนองงูเห่าด้วยเข็มปูนขาวโดยวิธีแทนที่
โดย	นายศิริชัย ห่วงจริง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธารักษ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธารักษ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย เทพรักษ์)

ศิริชัย ห่วงจริง : การปรับปรุงคุณภาพดินหนองงูเห่าด้วยเข็มปูนขาวโดยวิธีแทนที่(IMPROVEMENT OF NONG NGU HAO CLAY BY PLACING LIME COLUMN METHOD) อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์ , อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรฉัตร สัมพันธารักษ์ ,218 หน้า , ISBN 974-331-727-9.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมของดินหนองงูเห่าเมื่อปรับปรุงด้วยเข็มปูนขาวโดยวิธีแทนที่ทางด้าน Strength Characteristics,Index Properties และ Compressibility โดยการเก็บตัวอย่างดินมาทดสอบในห้องปฏิบัติการและทำการทดสอบ CPT ในสนาม ก่อนติดตั้งเข็มปูนขาวและที่เวลา 7,15,30,60,90,และ 160 วันหลังติดตั้งเข็มปูนขาว ซึ่งแบ่งออกเป็นสองแปลงทดสอบคือ แปลงทดสอบ TS-1 ทำการติดตั้งเข็มปูนขาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 ม. ด้วย spacing 1.2 ม.ลึก 15.0 ม. จำนวน 12x12 ต้น ด้วยเครื่องมือแบบ Rotary และแปลงทดสอบ TS-2 ทำการติดตั้งเข็มปูนขาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 ม. ด้วย spacing 1.5 ม. ลึก 15.0 ม. จำนวน 12x11 ต้นด้วยเครื่องมือแบบ Vibratory

จากข้อมูลการทดสอบในห้องปฏิบัติการและการทดสอบในสนามพบว่าคุณสมบัติของดินหนองงูเห่าหลังติดตั้งเข็มปูนขาวมีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้ ในช่วงเวลา 90 วันแรกซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีเริ่มสิ้นสุดลงปริมาณความชื้นและ void ratio ในมวลดินลดลง เนื่องจากน้ำถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยาของปูนขาว ซึ่งจากปฏิกิริยานี้เองเสาเข็มปูนขาวจะขยายตัวทำให้เกิดการรบกวนดินเพิ่มขึ้นจากขั้นตอนในการติดตั้งเข็มปูนขาว จากการรบกวนนี้เองทำให้โครงสร้างดินถูกทำลายและทำให้ positive excess pore pressure ในดินเพิ่มขึ้นเป็นเหตุให้กำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบ CPT ลดลง ในทางตรงข้าม negative excess pore pressure ในดินที่เพิ่มขึ้นจากการดูดน้ำของเข็มปูนขาวและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากปฏิกิริยาของปูนขาว จะทำให้กำลังรับแรงเฉือนของดินเพิ่มขึ้นกับเวลาจนกระทั่งปฏิกิริยาสิ้นสุด

เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นอุณหภูมิในมวลดินจะลดลง ทำให้ผลรวมของ excess pore pressure ในดินเป็นได้ทั้ง positive หรือ negative ดังนั้นกำลังรับแรงเฉือนของดินจึงอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลงกับเวลาก็ได้ และที่ระยะเวลา 160 วันหลังติดตั้งเข็มปูนขาวพบว่าเกิด negative excess pore pressure ในชั้นดินเหนียวอ่อน และเกิด positive pore pressure ในชั้นดินเหนียวแข็งปานกลาง(ก่อนการทำคันดินทดสอบ)

นอกจากนี้ในการพิจารณาเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงดินโดยใช้ PVD กับการใช้เข็มปูนขาวจากการให้ความสูงของการทำคันดินทดสอบเท่ากัน (2.3 ม., ประมาณค่าจากการลบความสูงเริ่มต้นของคันดินของแปลงทดสอบ PVD ด้วย consolidation settlement จากการคำนวณโดย hyperbolic curve fitting รวมกับ undrained settlement) พบว่า

i)วิธีการปรับปรุงด้วยเข็มปูนขาวโดยวิธีแทนที่ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้กับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ เพราะจะมีปัญหาการรบกวนดินเนื่องจากดินมีความไวตัวสูงและจำเป็นต้องใช้เวลาเพื่อให้ได้ strength ตามต้องการ

ii)การติดตั้งเข็มปูนขาวโดยปลายเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็งจะทำให้เกิดการทรุดตัวน้อย แต่จะมีปัญหาด้าน negative skin friction อาจทำให้เข็มเกิดการวิบัติทางโครงสร้างและ bearing capacityได้

iii)วิธีการปรับปรุงดินโดยใช้ PVD ต้องใช้เวลามากและต้องใช้ทรายที่มีคุณภาพในการทำ sand blanklet และembankment ต้องสูงเพียงพอเพื่อให้เกิดการไหลของน้ำได้ อย่างไรก็ตามหากใช้ embankment สูงมากกว่า 2.3 ม.ก็จำเป็นต้องก่อสร้าง berm ด้วย

iv)วิธีการปรับปรุงดินโดยใช้ PVD จะไม่ effective ตั้งแต่ความลึก 12 ม.ลงไป เนื่องจากผลของการสูบน้ำบาดาล และการมี post construction settlement ของชั้นดินเหนียวอยู่ใต้ระดับที่ติดตั้ง PVD อาจทำให้เกิดปัญหา differential settlement จากการที่ดินไม่ uniform ได้

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C815174 : MAJOR CIVIL ENGINEERING
KEY WORD:
IMPROVEMENT/STRENGTH/COMPRESSIBILITY/NONG NGU HAO CLAY/PLACING LIME COLUMN

SIRICHAI HOUNGJRING : IMPROVEMENT OF NONG NGU HAO CLAY BY PLACING LIME COLUMN METHOD THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.Dr. BOONSOM LERDHIRUNWONG , THESIS CO-ADVISOR : ASSIST.PROF.Dr. SURACHAT SUMBHANDHARAKSA , Dr.Eng. , 218 pp.
ISBN 974-331-727-9.

This thesis examines the change in strength characteristics,Index properties ,and compressibility of Nong Ngu Hao Clay resulting from the construction of placing lime column.The strength test is conducted both on site using CPT and the UU test in the laboratory ,which uses the soil sample collected from the site at 7,15,30,60,90,and 160 days after construction.There were two test sections in this research.Test Section 1 (TS1)will be conducted with 12x12 lime piles,0.40 m.in diameter each ,spacing 1.2 m.15.0 m.deep,and using Rotary machine.Test Section 2(TS2)will be conducted with 12x11 m.lime piles ,0.40 m.in diameter each,spacing 1.5 m.deep,and using Vibratory machine.

After the tests have been conducted both on site and in the laboratory at several days after construction , the results are as followed : During the first 90 days after lime pile construction , the chemical reaction nearly came to an end , there have been the decrease in water content and void ratio in clay. This is because the water sucked in the clay during the chemical reaction of lime pile.Such a process causes the expansion in diameter of the lime column and leads to stress which cause disturbance to the highly sensitive clay,in addition to the disturbance from lime column construction. These process lead to the collapsing of the soil structure and cause the positive excess pore pressure in the surrounding clay resulting the initially decreased in CPT strength. On the opposite process, the negative excess pore pressure is created from the suction of lime.With these process and the rise in temperature , the CPT strength increase with time until the chemical process is completed.

As the time increase the temperature cool down,and the remained excess pore pressure can be either possitive or negative .These can lead to the increase or decrease in strength with time .At 160 days ,the residual positive excess pore pressure was found in medium clay and the residual negative pore pressure was found in very soft clay before the construction of embankment.

Upon comparing the PVD and the lime column method at the same embankment height ,(selected to be 2.3 m. height ,evaluated from the initial AIT embankment height subtract from the estimated consolidation settlement , obtaining by hyperbolic curve fittting combined with dependent undrained movement),the pros and cons of these two methods are as follows

i) Replacement lime column is not suitable for Bangkok highly sensitive clay,due to disturbance problems and the requirement at time for strength gain.

ii) Lime column method requires the tip in stiff clay for reducing settlement. This causes the risk of bearing capacity and structure failure due to negative skin friction.

iii) PVD method ,however , requires more time ,suitable quality and thickness of sand blanklet,and sufficient head for water flow.The later requires the higher embankment height to be more than 2.3 m. and requires berm.

iv)The PVD method can not have the length more than 12 m.,resulting from the deep well pumping.The post construction settlement from the clay layer below PVD tip can,therefore,lead to differential settlement problems,as the soil condition at the site are not uniform.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรฉัตร สัมพันธารักษ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเป็นรูปเล่ม

ผู้เขียนขอขอบคุณ บริษัทการท่าอากาศยานกรุงเทพแห่งใหม่ ที่ได้จัดพื้นที่เพื่อสร้างแปลงทดสอบในบริเวณที่จะทำการก่อสร้างท่าอากาศยานกรุงเทพแห่งที่ 2 (หนองงูเห่า) และ MR.MICHIO KUSOBA และคุณชัยพงษ์ เมธเศษฐ ที่ช่วยในการประสานงานภาคสนาม

นายศิริชัย ห่วงจริง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูป..... ฏ

สัญญลักษณ์และคำย่อ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 คำนำ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการศึกษาในอดีต

2.1 องค์ประกอบที่มีผลต่อคุณสมบัติของดินเหนียว

2.1.1 โครงสร้างของดิน..... 4

2.1.2 น้ำในมวลดิน 6

2.1.3 แรงระหว่างอนุภาคดิน..... 7

2.2 เข็มปูนขาว

2.2.1 ชนิดของปูนขาว..... 9

2.2.2 ปฏิกิริยาของปูนขาว..... 9

2.3.3 การติดตั้งเข็มปูนขาว..... 11

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน

2.3.1 ผลของปฏิกิริยาทางเคมีของปูนขาว..... 12

2.3.2 องค์ประกอบที่มีผลทำให้ดินถูกรบกวน..... 16

2.3.3 กำลังรับแรงเฉือนของดินที่ปรับปรุงด้วยเข็มปูนขาว..... 20

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 การปรับปรุงดินโดยใช้ PVD

2.4.1การก่อสร้างแปลงทดสอบ..... 25

2.4.2 การติดตั้งเครื่องมือในการวัดข้อมูล..... 25

2.4.3 ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ของ AIT..... 25

บทที่ 3 การทดลองและการวิจัย

3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาและวิจัย..... 38

3.2 การเจาะสำรวจดิน

3.2.1 ตำแหน่งที่ก่อสร้างแปลงทดสอบ..... 38

3.2.2 การเก็บตัวอย่างดินในสนาม..... 44

3.3 การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของดินในสนาม

3.3.1 การทดสอบ Dutch Cone Penetration Test..... 46

3.3.2 การทดสอบ Field Vane Test..... 49

3.3.2 การทดสอบ Standard Penetration Test..... 51

3.4 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.4.1 การทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐาน..... 52

3.4.2 การทดสอบคุณสมบัติของดินทางด้าน Strength Characteristics 52

3.4.3 การทดสอบคุณสมบัติของดินทางด้าน Compressibility..... 53

3.5 การเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงดิน..... 53

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 คุณสมบัติของดินก่อนติดตั้งเข็มปูนขาว..... 55

4.2 คุณสมบัติของดินหลังติดตั้งเข็มปูนขาว

4.2.1 คุณสมบัติของดินทางด้าน Index Properties..... 62

4.2.2 คุณสมบัติของดินทางด้าน Strength Characteristics..... 74

4.2.3 คุณสมบัติของดินทางด้าน Compressibility..... 90

4.3 การเปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงดินด้วยเข็มปูนขาวกับการใช้ PVD..... 90

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 105

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 106

รายการอ้างอิง..... 107

ภาคผนวก ก. ผลการทดสอบ Triaxial Compression (UU) Test..... 109

ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบ ConsolidationTest..... 134

ภาคผนวก ค. ผลการทดสอบ Unconfined Compression ของตัวอย่างเข็มปูนขาว... 141

ภาคผนวก ง. ข้อมูลจากการวัดค่าการทรุดตัว การเคลื่อนตัวด้านข้าง และแรงดันน้ำ ในสนามของแปลงทดสอบ PVD จากการศึกษาของ AIT..... 145

ภาคผนวก จ. รายละเอียดการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวของแปลงทดสอบ PVD(AIT). 167

ภาคผนวก ฉ. รายละเอียดการวิเคราะห์ Bearing Capacity ,Slope Stability ,และ ค่าการทรุดตัวของแปลงทดสอบเสาเข็มปูนขาว..... 181

ภาคผนวก ช. ภาพถ่ายระหว่างการศึกษาวิจัย..... 202

ประวัติผู้เขียน..... 218

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติทางวิศวกรรมของโครงสร้างดินแบบเป็นระเบียบและแบบระเกะระกะ	5
2.2	ผลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา Hydration	10
2.3	ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติของดิน	20
2.4	เครื่องมือที่ติดตั้งในสนามของแปลงทดสอบ PVD (AIT)	26
2.5	ค่าการทรุดตัวสุดท้ายของแปลงทดสอบ PVD	34
3.1	Testing Program of BH1 and BH2 (Initial)	40
3.2	Testing Program of sample from TS1	41
3.3	Testing Program of sample from TS2	42
3.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงเฉือนจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการกับค่าจากการวัดในสนาม	50
3.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า N' กับ Consistency และ q_u	51
3.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง N' กับ Dr และ ϕ	51
4.1	คุณสมบัติเบื้องต้นของดินบริเวณแปลงทดสอบ TS1(BH1 และ CPT)	56
4.2	คุณสมบัติเบื้องต้นของดินบริเวณแปลงทดสอบ TS2 และ Dummy Area (BH2 และ CPT2)	57
4.3	Natural Water Content of Treated Soils(TS1)	63
4.4	Natural Water Content of Treated Soils(TS2)	63
4.5	Plasticity Index of Treated Soils(TS1)	69
4.6	Plasticity Index of Treated Soils(TS2)	69
4.7	Dutch Cone Penetration Test of Treated Soils(TS1)	75
4.8	Dutch Cone Penetration Test of Treated Soils(TS2)	76
4.9	Triaxial Compression Test(UU) of Trested Soils(TS1)	86
4.10	Triaxial Compression Test(UU) of Trested Soils(TS2)	86
4.11	Compressibility Characteristics ของดินก่อนก่อสร้างเข็มปูนขาว	91
4.12	Compressibility Characteristics of Treated Soils at TS1	92
4.13	Compressibility Characteristics of Treated Soils at TS2	93

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.14 ปริมาณการทรุดตัวและ Degree of Consolidation ของแปลงทดสอบ PVD จากการคำนวณและวัดค่าจากเครื่องมือในสนาม..... 99

4.15 ค่าสัดส่วนความปลอดภัยและปริมาณการทรุดตัวของแปลงทดสอบเข็มปูนขาว. 100

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของดินเหนียว	4
2.2	ส่วนประกอบของน้ำในมวลดิน	7
2.3	เครื่องมือและวิธีการติดตั้งเข็มปูนขาวโดยวิธี Placing	13
2.4	ผลของปฏิกิริยาของปูนขาวและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน	15
2.5	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ระยะต่างๆ จากเข็มปูนขาว	15
2.6	วิธีการติดตั้งเข็มปูนขาว	17
2.7	ค่าการเคลื่อนตัวจากการติดตั้งเข็มปูนขาว	17
2.8	อุณหภูมิของปูนขาวหลังทำปฏิกิริยาที่ช่วงระยะเวลาต่างๆ	18
2.9	ลักษณะชั้นดินบริเวณแปลงทดสอบเข็มปูนขาว	23
2.10	หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในดินและเสาเข็ม	23
2.11	Comparison of Surface Settlements in PVD Test(TS1,TS2,and TS3)..	27
2.124	Lateral Deformations with Depth of PVD Test(TS1)	28
2.13	Lateral Deformations with Depth of PVD Test(TS2)	29
2.14	Lateral Deformations with Depth of PVD Test(TS3)	30
2.15	Pore Pressure from Standpipe Piezometer Corrected for Settlements of PVD Test (TS1)(AIT)	31
2.16	Pore Pressure from Standpipe Piezometer Corrected for Settlements of PVD Test (TS2)(AIT)	32
2.17	Pore Pressure from Standpipe Piezometer Corrected for Settlements(TS3) of PVD Test (TS3)(AIT)	33
2.18	Kobe-Japan field settlement	35
2.19	Kobe-Japan hyperbolic plots	35
2.20	Plot of ai as a function of n=D/d,H/D and Ch/Cv for vertical drains	37
3.1	Test Outline and Test Schedule	39
3.2	ตำแหน่งแปลงทดสอบในสนาม	43
3.3	ผังบริเวณแปลงทดสอบ และตำแหน่งเจาะสำรวจและทดสอบ CPT ก่อนติดตั้งเข็มปูนขาว	45
3.4	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างและทดสอบในสนามหลังติดตั้งเข็มปูนขาว	47
3.5	การทดสอบ Dutch Cone Penetration Test	48

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.6	ความสัมพันธ์ระหว่าง Correction Fator μ กับ PI.....	50
4.1	ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติเบื้องต้นของดินบริเวณแปลงทดสอบ TS1(BH1)	59
4.1	ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติเบื้องต้นของดินบริเวณ Dummy Area(BH2)..	60
4.3	คุณสมบัติดินบริเวณแปลงทดสอบ TS1(BH1) และ Dummy Area(BH2).	61
4.4	Variation of Natural Water Content of Treated Soils with Time(TS1)...	64
4.5	Variation of Natural Water Content of Treated Soils with Time(TS2)...	65
4.6	Natural Water Content of Treated Soils(TS1).....	67
4.7	Natural Water Content of Treated Soils(TS2).....	68
4.8	Variation of Plasticitv Index of Treated Soils with Time(TS1).....	70
4.9	Variation of Plasticity Index of Treated Soils with Time(TS2).....	71
4.10	Plasticity Index of Treated Soils(TS1).....	72
4.11	Plasticity Index of Treated Soils(TS2).....	73
4.12	Variation of Undrained Shear Strength(CPT) of Treated Soils with Depth(TS1).....	77
4.13	Variation of Undrained Shear Strength(CPT) of Treated Soils with Depth(TS2).....	79
4.14	Variation of Undrained Shear Strength(CPT) of Treated Soils with Time(TS1).....	81
4.15	Variation of Undrained Shear Strength(CPT) of Treated Soils with Time(TS2).....	82
4.16	Undrained Shear Strength(CPT) of Treated Scils(TS1).....	84
4.17	Undrained Shear Strength(CPT) of Treated Scils(TS2).....	85
4.18	Variation of Undrained Shear Strength(UU Test) of Treated Soils withTime(TS1).....	87
4.19	Variation of Undrained Shear Strength(UU Test) of Treated Soils with Time(TS2).....	88
4.20	Summary of Odeometer Test Results ของแปลงทดสอบ TS1.....	94
4.21	Summary of Odeometer Test Results ของแปลงทดสอบ TS2.....	95
4.22	e-log P from Odeometer Test Results(TS1).....	96
4.23	e-log P from Odeometer Test Results(TS2).....	97

สัญญลักษณ์และคำย่อ

Ac	=	Area of lime pile
Ar	=	Area Ratio
As	=	Area of Surrounding Soil
CPT	=	Cone Penetration Test
CR	=	Compression Ratio
D	=	Diameter of lime pile
Δw	=	Reduction of Water Content
e	=	Void Ratio
εv	=	Expansion Ratio of the Volume of Lime Pile
ϕ	=	Internal Friction
FV	=	Field Vane Test
γc	=	Unit Weight of Lime Pile
γt	=	Unit Weight of Untreated Soil
n'	=	Porosity of Lime Pile
P	=	Pitch of Lime Pile
qc	=	cone bearing capacity
ρc	=	Consolidation Settlement
ρf	=	Final Primary Settlement
RR	=	Recompression Ratio
Sr	=	Degree of Saturation
Su	=	Undrained Shear Strength
σvm	=	Maximum Effective Pressure
σvo	=	Effective Overburden Pressure
U	=	Degree of Consolidation
u	=	Pore Pressure
Wo	=	Initial of Water Content