การปรับปรุงคุณภาพของดินหนองงูเห่าโดยใช้เสาเข็มปูนขาว

นายดำรงค์ ถาวรวิสุทธิกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-253-7

007214

I 15596597X

STABILIZATION OF NONG-GHU-HAO CLAY BY USING LIME COLUMNS

Mr. Damrong Tawonwisuttikul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพของดินหนองงูเห่าโดยใช้เสาเข็มปูนขาว
โดย	นายดำรงค์ ถาวรวิสุทธิกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วิเชียร เต็งอำนวย)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรฉัตร สัมพันธารักษ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงคุณภาพของดินหนองงูเห่าโดยใช้เสาเข็มปูนขาว

ชื่อนิสิต นายดำรงค์ ถาวรวิสุทธิกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2524

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติในด้านความแข็งแรงและความสามารถในการระบายน้ำของเสาเข็มปูนขาว โดยทดสอบในบริเวณหนองงูเห่า

ในการศึกษาวิจัยได้ติดตั้งเสาเข็มปูนขาวเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตรจำนวน 16 ต้น ซึ่งประกอบด้วยเสาเข็มปูนขาวยาว 8.00 เมตรและ 10.00 เมตร อย่างละ 5 ต้น และเสาเข็มปูนขาวยาว 6.00 เมตร 6 ต้น ในการติดตั้งเสาเข็มปูนขาวใช้หัวเจาะขนาด 20 เซนติเมตร เจาะลงไปในดินจนถึงความลึกที่ต้องการ ในขณะที่ถอนหัวเจาะขึ้นจะหมุนหัวเจาะกลับทางและฉีดปูนขาวจากรูที่เจาะไว้เหนือใบมีดของหัวเจาะเล็กน้อยเข้าผสมกับดิน ปูนขาวที่ใช้ผสมกับดินจะอยู่ในลักษณะของเหลวโดยผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ปริมาณปูนขาวที่ผสมจะอยู่ในช่วง 6-8 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักดินแห้ง ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่า Plasticity index ต่ำสุด

ทำการทดสอบกำลังรับแรงของเสาเข็มปูนขาว 5 ชุด คือชุดที่มีอายุ 7 วัน, 1 เดือน 3 เดือน, 6 เดือน และ 9 เดือน แต่ละชุดประกอบด้วยเสาเข็มปูนขาว 3 ต้น คือเสาเข็มยาว 6.00 เมตร, 8.00 เมตร และ 10.00 เมตร รวม 15 ต้น และได้ทดสอบกำลังรับแรงของดินเดิมโดยใช้แผ่นเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตรเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มปูนขาว เพื่อเปรียบเทียบ การทดสอบ ทดสอบแบบ Quick Maintain Load Test.

ผลการทดสอบพบว่า แรงพิบัติของดินเดิมจะเท่ากับ 0.32 ตันหรือ 10.10 ตันต่อตารางเมตร ส่วนแรงพิบัติของเสาเข็มปูนขาวจะเพิ่มขึ้นตามอายุ แรงพิบัติของเสาเข็มปูนขาวอายุ 7 วัน เท่ากับ 0.65 ตันหรือ 20.7 ตันต่อตารางเมตร แรงพิบัติของเสาเข็มปูนขาวอายุ 9 เดือนจะเท่ากับ

1.79 ตันหรือ 57 ตันต่อตารางเมตร ซึ่งเท่ากับ 5.60 เท่าของดินเดิมและพบว่า แรงพิบัติและการทรุดตัวของเสาเข็มปูนขาวที่มีอายุเท่ากัน แต่มีความยาวต่างกัน (6.00 เมตร, 8.00 เมตร, 10.00 เมตร) จะมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากการพิบัติที่เกิดขึ้นเป็นการพิบัติของเสาเข็มปูนขาว

การทดสอบ vertical permeability ของเสาเข็มปูนขาวเปรียบเทียบกับดินเดิมโดยวิธี Consolidation Test พบว่าค่า vertical permeability ของเสาเข็มปูนขาวจะสูงกว่าดินเดิมประมาณ 100 ถึง 200 เท่า

จากผลการศึกษาวิจัยนี้แสดงว่า เสาเข็มปูนขาวสามารถทำหน้าที่เป็นตัวช่วยเสริมแรงให้กับดินข้างเคียง และสามารถทำหน้าที่เป็นตัวระบายน้ำจากดินข้างเคียงได้ด้วย

Thesis Title	Stabilization of Nong-Ghu-Hao Clay by Using Lime Columns
Name	Mr. Damrong Tawonwisuttikul
Thesis Advisor	Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.
Department	Civil Engineering
Academic Year	1981

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the property of Lime columns which were prepared in Nong-Ghu-Hao area, in strength and drainage ability properties.

16 of 20 cm. diameter lime columns, which composed of 6 of 6.00 long and 5 of 8.00 and 10.00 m. long, were prepared by using 20 cm. mixing tool screwed down into the soil to the depth as desired, while pull up, the rotation direction of the mixing tool would be reversed and liquid lime was pumped through the opening places just above the blades of the mixing tool to mix with surrounding soil. Ratio of lime and water is 1:1 by weight, weight of lime is 6-8 % of dry soil which had minimum range of of plasticity index.

15 columns, were divided by their age to 5 groups, 7 days, 1 months, 3 months, 6 months and 9 months, each group has 3 lime columns, 6.00, 8.00, and 10.00 m. long, were tested to failure load. And for comparing, the existing soil was tested by using 20.00 cm. diameter plate equal to diameter of the columns. All tests were tested by Quick Maintain Load Test.

The result of the tests showed that the failure load of the existing soil was 0.32 ton or 10.10 ton/m^2 and the failure load of the 7 days age lime columns were 0.65 ton or 20.7 tons/m^2. After that the strength of columns would increase with time. The failure load of 9 months age columns were 1.79 tons or 57 ton/m^2., which is 5.60 times of the existing soil. And it was further found that the failure load and settlement of the lime columns at the same age, but having difference length were nearly the same because of the columns' structural failure.

The vertical permeability of lime column and existing soil were tested by Consolidation Test, the result showed that vertical permeability of the column was about 100-200 times of the existing soil.

From this study, it showed that lime columns can act as reinforcement and drainage for the surrounding soil.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งสำหรับความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรฉัตร สัมพันธารักษ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางทฤษฎี หลักการและวิธีการในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ซึ่งเกิดขึ้นทั้งในขณะทำการทดลองและในการวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นอย่างดียิ่ง ผู้เขียนจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำหรับความกรุณาในการตรวจสอบ ให้คำแนะนำในการปรับปรุงและแก้ไขต้นฉบับวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเป็นรูปเล่ม

ในการติดตั้งและทดสอบเสาเข็มปูนขาวในสนาม ผู้เขียนได้รับความอนุเคราะห์จาก คุณประเสริฐ ทองกระจาย แห่งบริษัท คราวน์ เอ็นเตอร์ไพรซ์ เป็นอย่างดียิ่ง ซึ่งหากไม่ได้รับความอนุเคราะห์ดังกล่าวนี้แล้ว วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่มีโอกาสสำเร็จลุล่วงไปได้เลย ผู้เขียนจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณประเสริฐ ทองกระจาย ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

นายดำรงค์ ถาวรวิสุทธิกุล

สารบัญ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

รายการตารางประกอบ ..... ฎ

รายการรูปประกอบ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย 2

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การปรับปรุงคุณภาพของดินด้วยปูนขาว 4

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินเมื่อผสมปูนขาว 4

2.1.2 องค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อกำลังรับแรงของส่วนผสมดิน และปูนขาว 6

2.1.3 ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในการปรับปรุงคุณภาพของดินด้วยปูนขาว .. 8

2.2 การปรับปรุงคุณภาพของดินโดยใช้เสาเข็มปูนขาวในประเทศสวีเดน .. 10

2.2.1 สภาพของชั้นดินอ่อน 10

2.2.2 วิธีการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว 11

2.2.3 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของเสาเข็มปูนขาว 11

บทที่ หน้า

3. การศึกษาวิจัย 14
3.1 การศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ 14
3.1.1 การศึกษาค่า Plasticity ของส่วนผสมดินและปูนขาว .. 14
3.1.2 การศึกษาค่า permeability ของเสาเข็มปูนขาวและดินเดิม 15
3.2 การศึกษาวิจัยในสนาม 16
3.2.1 สภาพของชั้นดินบริเวณทดสอบ 16
3.2.2 การติดตั้งเสาเข็มปูนขาวตัวอย่าง 17
3.2.3 การทดสอบแรงพิบัติและการทรุดตัวของเสาเข็มปูนขาวตัวอย่าง 19
4. ผลการศึกษาวิจัยและการวิเคราะห์ 21
4.1 ผลการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ 21
4.1.1 ผลการศึกษาค่า Plasticity ของส่วนผสมดินและปูนขาว 21
4.1.2 ผลการศึกษาค่า Vertical permeability ของเสาเข็มปูนขาวและดินเดิม 23
4.2 ผลการศึกษาวิจัยในสนาม 24
5. สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยต่อไป 25
บรรณานุกรม 55
ภาคผนวก ก. รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาวในสนาม 58
ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบ Consolidation Test 77
ประวัติ 85

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

3.1 ขนาดของตัวอย่างที่ทดสอบค่า Vertical permeability 16

3.2 รายละเอียดการทดสอบเสาเข็มปูนขาว 19

4.1 ค่า Plasticity ของส่วนผสมดินและปูนขาว 22

4.2 ค่า Vertical permeability ของดินเดิม 24

4.3 ค่า Vertical permeability ของเสาเข็มปูนขาว 24

4.4 แรงพิบัติของเสาเข็มปูนขาวที่อายุต่าง ๆ 27

4.5 อัตราส่วนแรงพิบัติของเสาเข็มปูนขาวต่อแรงพิบัติของดินเดิมที่อายุต่าง ๆ 27

ก.1 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ก.1 61

ก.2 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ก.2 62

ก.3 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ก.3 63

ก.4 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ก.4 64

ก.5 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ก.5 65

ก.6 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ก.6 66

ก.7 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ข.1 67

ก.8 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ข.2 68

ก.9 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ข.3 69

ก.10 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ข.4 70

ก.11 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ข.5 71

ก.12 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ค.1 72

ก.13 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ค.2 73

ก.14 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ค.3 74

ก.15 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ค.4 75

ก.16 รายละเอียดการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว ค.5 76

ตารางที่ หน้า

ข.1 รายละเอียดตัวอย่างดินเดิม S1 77

ข.2 รายละเอียดตัวอย่างดินเดิม S2 79

ข.3 รายละเอียดตัวอย่างเสาเข็มปูนขาว C1 81

ข.4 รายละเอียดตัวอย่างเสาเข็มปูนขาว C2 83

รายการรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงสภาพชั้นดินอ่อนที่ Ska-Edeby ในประเทศสวีเดน 30

2.2 การติดตั้งเสาเข็มปูนขาวในประเทศสวีเดนและลักษณะหัวเจาะ 31

3.1 ที่ตั้งบริเวณหนองงูเห่า 32

3.2 ตำแหน่งทดสอบในบริเวณหนองงูเห่า 33

3.3 ผังการติดตั้งเสาเข็มปูนขาวในบริเวณหนองงูเห่า 34

3.4 สภาพของชั้นดินบริเวณหนองงูเห่า 35

3.5 เครื่องเจาะดิน 36

3.6 เครื่องเจาะดินขณะเสร็จการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว 36

3.7 หัวเจาะดิน 37

3.8 ถังผสมปูนขาว 37

3.9 เครื่องสูบ (pump) 38

3.10 มาตรวัดความดัน (pressure gage) 38

3.11 ผังการติดตั้งเครื่องมือในการติดตั้งเสาเข็มปูนขาว 39

3.12 การปรับมาตราส่วน (calibrated) แม่แรงไฮดรอลิค 40

3.13 การติดตั้งเครื่องมือในการทดสอบเสาเข็มปูนขาว 41

4.1 ผลของปูนขาวต่อค่า Liquid Limit และ Plastic Limit ของดินหนองงูเห่า 42

4.2 ผลของปูนขาวต่อค่า Plasticity Index ของดินหนองงูเห่า 43

4.3 ค่า Vertical permeability ของดินเดิม 44

4.4 ค่า Vertical permeability ของเสาเข็มปูนขาว 44

4.5 ผลการทดสอบเสาเข็มปูนขาวอายุ 7 วัน 45

4.6 ผลการทดสอบเสาเข็มปูนขาวอายุ 1 เดือน 46

4.7 ผลการทดสอบเสาเข็มปูนขาวอายุ 3 เดือน 47

รูปที่ หน้า

4.8 ผลการทดสอบเสาเข็มปูนขาวอายุ 6 เดือน 48

4.9 ผลการทดสอบเสาเข็มปูนขาวอายุ 9 เดือน 49

4.10 ผลการทดสอบเสาเข็มปูนขาวยาว 6.00 เมตร 50

4.11 ผลการทดสอบเสาเข็มปูนขาวยาว 8.00 เมตร 51

4.12 ผลการทดสอบเสาเข็มปูนขาวยาว 10.00 เมตร 52

4.13 แรงพิบัติของเสาเข็มที่อายุต่าง ๆ 53

4.14 อัตราส่วนแรงพิบัติของเสาเข็มปูนขาวและดินเดิมที่อายุต่าง ๆ 54

ข.1 ผลการทดสอบตัวอย่างดินเดิม S1 78

ข.2 ผลการทดสอบตัวอย่างดินเดิม S2 80

ข.3 ผลการทดสอบตัวอย่างเสาเข็มปูนขาว C_1 82

ข.4 ผลการทดสอบตัวอย่างเสาเข็มปูนขาว C_2 84