

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



247634

อิทธิพลการหลุดตัวเนื่องจากกรดกัดตัวระบายน้ำของซีเมนต์เหนียว
ไปนอกพื้นผิว ก้อนบดอื่นต่อ

ศิริกัญญา เกตุธรรมณ์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เมษายน 2554

600252269

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



247634

อัตราการผลิตเนื่องจากการอัดตัวระบายน้ำของชั้นดินเหนียว
ไม่เอกพันธ์ เกือบอิ่มตัว



ศิริกัญญา เลาสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เมษายน 2554

อัตราค่าทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวระบายน้ำของชั้นดินเหนียว
ไม่เอกพันธ์ เกือบอิมตัว

ศิริกัญญา เลาสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร. อนิรุทธิ์ ชงไชย

.....

รองศาสตราจารย์ สุเทพ นิมนวล

.....กรรมการ

รองศาสตราจารย์ สุเทพ นิมนวล

600252269

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



247634

**อัตราการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวระบายน้ำของชั้นดินเหนียว
ไม่เอกพันธ์ เกือบอิ่มตัว**



ศิริกัญญา เลาสุวรรณ

**วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา**

**บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เมษายน 2554**

อัตราการหลุดตัวเนื่องจากการอดตัวระบายน้ำของชั้นดินเหนียว
ไม่เอกพันธ์ เกือบอิมตัว

ศิริกัญญา เลาสุวรรณ

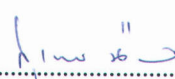
วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร. อนิรุทธิ์ ธงไชย


.....
รองศาสตราจารย์ สุเทพ นิ่มนวล


.....กรรมการ
รองศาสตราจารย์ สุเทพ นิ่มนวล


.....กรรมการ
อาจารย์ ดร. บาร์เมศ วรรณะภูติ

19 เมษายน 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้เนื่องด้วยได้รับความเมตตาจาก ท่านรองศาสตราจารย์ สุเทพ นิมมวล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ที่ให้ความกรุณาในการถ่ายทอดความรู้ ให้คำแนะนำ รวมทั้งคอยสนับสนุน ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณในความเมตตาของอาจารย์เป็นอย่างสูงที่ทำให้ข้าพเจ้า มีโอกาสได้นำความรู้ของอาจารย์มาช่วยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. ชิตชัย อนันตเศรษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนิรุทธิ์ ธงไชย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญเทพ นานะรังสรรค์ ที่กรุณาให้ความเมตตาในการถ่ายทอดความรู้ อีกทั้งให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการศึกษาในระดับปริญญาโทมาบัดนี้ ทำให้ข้าพเจ้าได้มีความรู้เพื่อทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณรุ่นพี่รุ่นน้องนักศึกษาปริญญาโททุกท่าน และเจ้าหน้าที่บรรณารักษ์ห้องสมุดทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลซึ่งเป็นประโยชน์มากต่อการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อภูเกียรติ, คุณแม่เขมิกา เลาสุวรรณ คุณยายไพบุลย์ ศิริกุล และสำหรับพระคุณอันยิ่งใหญ่ที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ตลอดจนญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณมาศนิตย์ ปานผดุง สำหรับกำลังใจที่มีค่ายิ่ง

ท้ายที่สุด หากมีสิ่งใดขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าต้องกราบขอภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่อง และความผิดพลาดนั้น ซึ่งข้าพเจ้าก็ได้แต่หวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะมีประโยชน์บ้างไม่ก็น้อยสำหรับหน่วยงานต่างๆ หรือผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ศิริกัญญา เลาสุวรรณ

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

อัตราการทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวระบายน้ำของชั้นดินเหนียว
ไม่เอกพันธุ์ เกือบอิ่มตัว

ผู้เขียน

นางสาวศิริกัญญา เกตุสุวรรณ

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ สุเทพ นิมนวล

บทคัดย่อ

247634

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราการทรุดตัว(โดยวิธีขึ้นประกอบอันตะ) เนื่องจากการอัดตัวระบายน้ำมิติเดียวสำหรับชั้นดินเหนียวไม่เอกพันธุ์ เกือบอิ่มตัว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ และ ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเชิงพหุนาม (คงตัว เชิงเส้น และระดับชั้น 2) ตามระดับความลึกของชั้นดินและตัวแปรเสริมความดันในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ที่ผิวบนของชั้นดินเท่ากับ 0.80, 0.85, 0.90, 0.95 และ 1.00 ภายใต้น้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจาย สม่ำเสมอเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว พิจารณาเงื่อนไขการระบายน้ำออกจากชั้นดิน 3 กรณี คือ กรณีที่ 1) น้ำระบายออกจากชั้นดินได้ทั้งผิวบนและผิวล่างได้ กรณีที่ 2) น้ำระบายออกจากชั้นดินได้ที่ผิวบน แต่ระบายออกผิวล่างไม่ได้ และ กรณีที่ 3) น้ำระบายออกจากชั้นดินที่ผิวบนไม่ได้ แต่ระบายออกผิวล่างได้ แล้วนำไปวิเคราะห์อัตราการทรุดตัวของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพมหานครบริเวณรังสิตเป็นกรณีตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่าอัตราการทรุดตัวขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้และค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของชั้นดิน ตัวแปรเสริมความดันในช่องว่างระหว่างเม็ดดินที่ผิวบนของชั้นดินและเงื่อนไขการระบายน้ำออกจากชั้นดิน อัตราการทรุดตัวช้าลงเมื่อเงื่อนไขการระบายน้ำออกเปลี่ยนแปลง จากระบายออกได้ทั้งผิวบนและผิวล่างไปเป็นน้ำระบายออกได้ที่ผิวล่างและบนเพียงผิวเดียว การเปลี่ยนแปลงรูปแบบฟังก์ชันของค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ และค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร ได้อัตราการทรุดตัวต่างกัน ระดับพหุนามในฟังก์ชันค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้มีค่าเพิ่มขึ้นอัตราการทรุดตัวช้าลง แต่เมื่อระดับพหุนามในฟังก์ชันค่า

Thesis Title	Rate of Consolidation Settlement of Nearly Saturated Nonhomogeneous Clay Layer
Author	Miss Sirikanya Laosuwan
Degree	Master of Engineering (Civil Engineering)
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Suthep Nimmual

ABSTRACT

247634

The objective of this research is to find the rate of one-dimensional consolidation settlement (by the finite element method) for nearly saturated nonhomogeneous clay layer having continuous polynomial variation (constant, linear and second degree) of coefficient of permeability and coefficient of volume change with depth and pore pressure parameter at top surface of clay layer of 0.80, 0.85, 0.90, 0.95 and 1.00. The clay layer is subjected to sudden increasing uniform constant distributed load. Three cases of drainage conditions are considered namely: case 1 both surfaces of soil layer are permeable, case 2 top surface is permeable but bottom surface is impermeable, and case 3 top surface is impermeable but bottom surface is permeable. As an example, rate of consolidation settlement of soft Bangkok clay, at Rangsit, is analyzed.

The analytical results indicate that the rate of settlement depends on the variations of coefficient of permeability and coefficient of volume change with depth, pore pressure parameter at top surface of soil layer and drainage conditions. The rate of settlement slows down when drainage condition changes from both surface of soil layer are permeable to top surface or bottom surface is permeable only. Variation in functions of coefficient of permeability and coefficient of volume change slightly affects the rate of settlement. As degree of polynomial function of coefficient of permeability increases, rate of settlement slows down but degree of polynomial function of coefficient of volume change increases, rate of settlement increases. When pore

247634

pressure parameter at top surface of soil layer increases, rate of settlement slows down from the early stage of loading and increases later. The rate of settlement is slowest when only bottom surface of soil layer is permeable, pore pressure parameter at top surface of soil layer is 0.80 and parameters of second degree polynomial variation of coefficient of permeability and coefficient of volume change are -1.4 and -0.2 respectively of settlement is 80 at time factor of 2000

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1	7
2.1.	10
2.2	11
2.3	12
2.4	15
2.5	16
2.6	22
2.7	23
2.8	27
2.9	29
3.1	40
3.2	42
3.3	45
3.4	46
3.5	49
3.6	50
3.7	52
3.8	53
3.9	55
3.10	56

- 3.11 เปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ตามความลึกชั้นดิน 57
ตามฟังก์ชัน $\frac{k(z)}{k_o} = (1 + \alpha \frac{z}{H})^p$
- 3.12 เปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ตามความลึกชั้นดิน 57
ตามฟังก์ชัน $\frac{k(z)}{k_o} = \left\{ 1 + (1 + \alpha)^p - \left[1 + \alpha \left(1 - \frac{z}{H} \right) \right]^p \right\}$
- 3.13 อิทธิพลของระดับพูนามของค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ 58
ต่อเปอร์เซ็นต์การทรุดตัว
- 3.14 การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามความลึกชั้นดิน 59
ตามฟังก์ชัน $\frac{m_v(z)}{m_{vo}} = (1 + \beta \frac{z}{H})^q$
- 3.15 การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามความลึกชั้นดิน 60
ตามฟังก์ชัน $\frac{m_v(z)}{m_{vo}} = \left\{ 1 + (1 + \beta)^q - \left[1 + \beta \left(1 - \frac{z}{H} \right) \right]^q \right\}$
- 3.16 อิทธิพลของระดับพูนามของค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร 60
ต่อเปอร์เซ็นต์การทรุดตัว
- 3.17 ค่าของสัมประสิทธิ์การซึมได้รูปแบบที่ 1 $\frac{k(z)}{k_o} = (1 + \alpha \frac{z}{H})^p$ 61
โดย α ให้มีค่าเท่ากับ -1.4 กับ -0.3
- 3.18 ค่าของสัมประสิทธิ์การซึมได้รูปแบบที่ 2 $\frac{k(z)}{k_o} = \left\{ 1 + (1 + \alpha)^p - \left[1 + \alpha \left(1 - \frac{z}{H} \right) \right]^p \right\}$ 61
โดย α ให้มีค่าเท่ากับ -1.4 กับ -0.3
- 3.19 อิทธิพลของตัวแปร α ในสมการค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้รูปแบบที่ 1 63
ต่อค่าเปอร์เซ็นต์การทรุดตัว
- 3.20 อิทธิพลของตัวแปร α ในสมการค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้รูปแบบที่ 2 65
ต่อค่าเปอร์เซ็นต์การทรุดตัว
- 3.21 อิทธิพลของตัวแปรเสริมความดันในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน 66
- 3.22 อิทธิพลของตัวแปรเสริมความดันในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน 67
- 3.23 อิทธิพลของตัวแปรเสริมความดันในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน 67
- ก.1 เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว 78

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ภ.2	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	529
ภ.3	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	532
ภ.4	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	535
ภ.5	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	538
ม.1	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	542
ม.2	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	545
ม.3	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	548
ม.4	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	551
ม.5	เปอร์เซ็นต์การทรุดตัวภายใต้น้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นฉับพลันแล้วคงตัว	554
ข.1	การอัดตัวได้ของก้อนดิน	567

รายการสัญลักษณ์

A	=	ความสูงคลื่นน้ำหน้าบรทุก
B	=	ความสูงคลื่นน้ำหน้าบรทุก
C_v	=	ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวได้ของดิน
H	=	ความหนาของชั้นดินเหนียวอ่อน
$k(z)$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ในแนวดิ่งที่ระดับความลึก z
k_0	=	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ในแนวดิ่งที่ระดับผิวบนของชั้นดินเหนียวอ่อน
$m_v(z)$	=	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรที่ระดับความลึก z
m_{v0}	=	ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรที่ระดับผิวบน ของชั้นดินเหนียวอ่อน
n	=	จำนวนชั้น
n_p	=	ความพรุน
p	=	ค่าระดับพหุนามของค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้
q	=	ค่าระดับพหุนามของค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร
q_s	=	ค่าหน้าหน้าบรทุกแผ่กระจาย
t	=	เวลา
T	=	ตัวแปรไร้มิติของตัวประกอบเวลา
U	=	ตัวแปรไร้มิติของน้ำหน้าบรทุก
U^*	=	เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำ
u	=	ค่าความดันน้ำส่วนเกิน
$\{U^*\}_{j+1}$	=	เวกเตอร์แสดงค่าการอัดตัวระบายน้ำ
z	=	ความลึกวัดจากผิวบนของชั้นดินเหนียวอ่อน
Z	=	ตัวแปรไร้มิติของความลึก
α	=	ค่าคงตัวของค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้
β	=	ค่าคงตัวของค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร
β	=	ค่าคงตัวของค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

β_w	=	โมดูลัสเชิงปริมาตร (Bulk Modulus) ของน้ำ
Δx	=	ความกว้างของก้อนดิน
Δy	=	ความยาวของก้อนดิน
Δz	=	ความสูงของก้อนดิน
ΔT	=	ค่าขยายผลต่างอันตตามเวลา
ΔZ	=	ค่าขยายผลต่างอันตตามความลึกของชั้นดิน
γ_w	=	หน่วยน้ำหนักต่อ 1 หน่วยปริมาตรของน้ำ (Unit Weight of water)
σ	=	ความเค้น
η	=	ค่าตัวแปรเสริมความดันในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน
η_0	=	ค่าตัวแปรเสริมความดันในช่องว่างระหว่างเม็ดดินที่ผิวบนของชั้นดิน