

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



248725

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีต่ออัตราการอัศจรรย์ระบบน้ำของดิน
โดยใช้แบบทางระบบน้ำสำเร็จรูป

อนุรัตน์ พิมพ์ทอง

วิทยากรสมศาลศาสตราจารย์พิเศษ
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ธันวาคม 2554

600255๗๐

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



248725



**อิทธิพลของผิวเสียดสีต่ออัตราการกัดตัวระบายน้ำของดิน
โดยใช้แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป**

อนุรักษ์ ทับทิมทอง

**วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา**

**บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ธันวาคม 2554**

อิทธิพลของผิวเสียดสีต่ออัตราการอัดตัวของดิน
โดยใช้แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป

นายอนุรักษ์ ทับทิมทอง

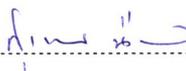
วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

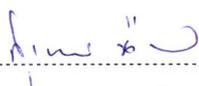


ประธานกรรมการ



รองศาสตราจารย์ ดร. อนิรุทธ์ ชงไชย

รองศาสตราจารย์ สุเทพ นิ่มนวล



กรรมการ

รองศาสตราจารย์ สุเทพ นิ่มนวล



กรรมการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ชิตชัย อนันตเศรษฐ์



กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บารเมศ วรธนะภูติ

20 ธันวาคม 2554

©ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้เนื่องด้วยได้รับความเมตตาจากท่านรองศาสตราจารย์ สุเทพ นิ่มนวล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ที่ให้ความกรุณาในการถ่ายทอดความรู้ ให้คำแนะนำ รวมทั้งคอยสนับสนุน ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณในความเมตตาของอาจารย์เป็นอย่างสูงที่ทำให้ข้าพเจ้ามีโอกาสนำความรู้ของอาจารย์มาช่วยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. ชิตชัย อนันตเศรษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนิรุทธ์ ธงไชย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญเทพ นานะกรังสรรค์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บารเมศ วรรณะภุติ ที่กรุณาให้ความเมตตาในการถ่ายทอดความรู้ อีกทั้งให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการศึกษาในระดับปริญญาโทและทำให้ข้าพเจ้าได้มีความรู้เพื่อทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบคุณกรมทางหลวงที่กรุณาให้ความเมตตา อนุญาตให้ลาศึกษาต่อและสนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัยสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อส่ง ทับทิมทอง และคุณแม่สุจิน ทับทิมทอง สำหรับพระคุณอันยิ่งใหญ่ที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ตลอดจนญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้า ขอขอบคุณเพื่อนๆ สำหรับกำลังใจที่มีค่ายิ่ง

ท้ายที่สุด หากมีสิ่งใดขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าต้องกราบขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่อง และความผิดพลาดนั้น ซึ่งข้าพเจ้าก็ได้แต่หวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงจะมีประโยชน์สำหรับหน่วยงานต่างๆ หรือผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อนุรักษ์ ทับทิมทอง

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของผิวเสียดสีต่ออัตราการอัดตัวระบายน้ำของดิน โดยใช้แถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป
ผู้เขียน	นายอนุรักษ์ ทับทิมทอง
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ สุเทพ นิ่มนวล

บทคัดย่อ

248725

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) ของชั้นดินที่ปรับปรุงเสถียรภาพโดยใช้น้ำหนักบรรทุกกดทับก่อนก่อสร้าง พร้อมทั้งติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปตามแนวคั้ง ผังโครงข่ายสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปเท่ากับ 1, 2, 3 เมตร หน้าตัดของแบบที่ใช้ติดตั้งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 150 มม. x 50 มม. และ 150 มม. x 150 มม. บริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p = 2, 3$ และอัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพเท่ากับ 0.001, 0.01, 0.1, 0.2 และ 0.5 ชั้นดินหนากว่าระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปมาก เกิดการอัดตัวระบายน้ำขึ้นภายใต้เงื่อนไขความเครียดอิสระ (*Free strain*) หาผลเฉลยโดยวิธีขึ้นประกอบอันตะ (*Finite element*)

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ขนาดของแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ยเพียงเล็กน้อย แต่อัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสีต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ยมากที่สุด ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลาที่ 90%ของการอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (T_{90}) กับ

อัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเลียดสี ต่อค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพ เป็นไปตามกฎยกกำลัง ซึ่งแสดงด้วยสมการ

$$T_{90} = C_1 \left(\frac{k_s}{k_0} \right)^{-C_2}$$

ค่าคงตัว C_1 มีค่าตั้งแต่ 0.632 ถึง 0.932 และค่า C_2 มีค่าตั้งแต่ 0.56 ถึง 0.79 ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป และขนาดของบริเวณผิวเลียดสี

Thesis Title	Smear Effect on Rate of Soil Consolidation by Band-Shaped Prefabricated Drains
Author	Mr. Anurak Thapthimthong
Degree	Master of Engineering (Civil Engineering)
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Suthep Nimnual

ABSTRACT

248725

The purpose of this research is to determine the average rate of consolidation of soil layer stabilized by preloading with band – shaped prefabricated vertical drain installed in a square pattern. The drain spacings are 1, 2, and 3 meters. The cross sections of mandrels are rectangular 150 mm. in width 50 mm. in thickness and 150 mm. in width 150 mm. in thickness. The smear zones are indicated by parameter p . The parameters p are 2 and 3 and the ratios coefficient of permeability of smear to coefficient of permeability of undisturbed soil are 0.001, 0.01, 0.1, 0.2, and 0.5. The thickness of soil layer is large in comparison with the drain spacing. Consolidation takes place under free strain condition. Numerical solutions have been obtained by the finite element method.

Result can be concluded that the average percentage of consolidation is slightly affected by the mandrel size but the ratio of coefficient of permeability of smear to coefficient of permeability of undisturbed soil affects the average percentage of consolidation the most. The relationship between time factor at 90 percentage of average consolidation (T_{90}) and ratio of

coefficient of permeability of smear to coefficient of permeability of undisturbed soil (k_s/k_0) follows a power law as

$$T_{90} = C_1 \left(\frac{k_s}{k_0} \right)^{-c_2}$$

The constant C_1 varies from 0.632 to 0.932 and the constant C_2 varies from 0.56 to 0.79, depending on drain spacing and smear zone.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฐ
สารบัญภาพภาคผนวก	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย	13
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	15
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย	16
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย	16
2.2 สร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาที่นำมาวิจัย	16
2.2.1 สมมุติฐาน	16
2.2.2 สมการควบคุมการอัดตัวระบายน้ำ	17
2.3 การหาผลเฉลย	24
2.3.1 เงื่อนไขและขอบเขต	26
2.3.2 เงื่อนไขเริ่มต้น	27
2.3.3 การหาผลเฉลยความดันน้ำส่วนเกิน	27
2.4 เพอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย	38
บทที่ 3 ผลและวิจารณ์	40

สารบัญ (ต่อ)

3.1 ผลการวิจัย	40
3.2 วิจารณ์	41
3.2.1 ตรวจสอบผลค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U})	41
3.2.2 อิทธิพลของขนาดแบบ (Mandrel) ที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป	48
3.2.3 อิทธิพลของบริเวณผิวเสียดสี บ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p	50
3.2.4 อิทธิพลของระยะห่าง (S) ระหว่างแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป (PVD)	52
3.2.5 อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี (k_s/k_o)	54
3.2.6 ตัวแปรที่มีผลสำคัญต่อเวลาที่เกิดการอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ยได้ 90%	56
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย	60
4.1 สรุปผลวิจัย	60
4.2 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก	65
ภาคผนวก ข	102
ประวัติผู้เขียน	132

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง	
1.1 ผลเฉลยของ <i>Terzaghi</i> (1943)	4
1.2 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย กรณีอัตราส่วนระหว่างศูนย์ถึงศูนย์ของแถบทางระบายน้ำ ต่อความกว้างแถบทางระบายน้ำเท่ากับ 10	5
3.1 ผลเฉลยของ <i>Terzaghi</i> (1943)	41
3.2 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย กรณีอัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพ $k_s/k_0=1$	42
3.3 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีระยะห่างระหว่างแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปห่างกันเท่ากับ 1.00 เมตร สำหรับดินเอกพันธุ์ที่ไม่มีผิวเสียดสี อัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพ $k_s/k_0=1$	46
3.4 ค่า C_1 และ C_2 สำหรับเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) เท่ากับ 90%	57

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 ขนาดของ บริเวณเสียดสี (<i>Smear Zone</i>) และบริเวณเปลี่ยนผ่าน (<i>Transition Zone</i>)	2
1.2 เครื่องมือทดสอบการอัดตัวระบายน้ำ	3
1.3 ผังการติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป	4
1.4 แพลนและรูปตัดแสดงขนาดของดินถม (น้ำหนักบรรทุก)	5
1.5 การติดตั้งเครื่องมือทดสอบ	5
1.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและการทรุดตัวของดิน	6
1.7 แสดงการคำนวณกลับหาค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำในแนวราบ (C_h)	7
1.8 ลักษณะชั้นดินเหนียวรังสิต	8
1.9 การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การอัดตัวระบายน้ำในแนวราบ (C_h) กรุงเทพฯ บริเวณรังสิต	8
1.10 พิกัดฉากคาร์ทีเซียน	12
1.11 ปัญหาที่นำมาวิจัย	13
2.1 ก้อนดินรูปทรงลูกบาศก์	18
2.2 องค์กรประกอบความเร็วเต็มพื้นที่ผิวทิศทางตามแกน x บวก และ y	19
2.3 ผิวอ้างอิง	21
2.4 ส่วนหนึ่งของดินที่อัดตัวระบายน้ำเข้าสู่แถบทางระบายน้ำ	25
2.5 การลงหมายเลขรวมชั้นประกอบและข้อ	29
2.6 ระบบพิกัดฉากเฉพาะที่	32
2.7 การแบ่งชั้นประกอบของตัวประกอบเวลา (T)	35
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) เปรียบเทียบกับผลเฉลยของ <i>Terzaghi</i> (1943)	44
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U})	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

เปรียบเทียบกับผลเฉลยของ อูคร สารแก่น (2550)

3.3	อิทธิพลของขนาดแบบ (Mandrel) ที่ติดตั้ง ต่อสัมพัทธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U})	49
3.4	อิทธิพลของบริเวณผิวเสียดสี บ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม p ต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U})	51
3.5	อิทธิพลของระยะห่าง (S) ระหว่างแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป (PVD) ต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U})	53
3.6	อิทธิพลของสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_s/k_o) ต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U})	56
3.7	อิทธิพลของอัตราส่วนสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในบริเวณผิวเสียดสี ต่อสัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินคงสภาพ (k_s/k_o) ต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) ที่ 90%	56
3.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. (k_s/k_o) เท่ากับ 0.3 และ ขนาด 150มม. x 150มม. (k_s/k_o) เท่ากับ 0.6 ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม	59

สารบัญตารางภาคผนวก

ตาราง	หน้า
<p>ก.1 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 50 มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.</p>	66
<p>ก.2 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 50 มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.</p>	68
<p>ก.3 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 50 มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.</p>	70
<p>ก.4 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 50 มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม. หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.</p>	72
<p>ก.5 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 50 มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$</p>	74

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

- ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม.
หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.
- ก.6 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวของระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) 76
กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 50 มม.
ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$
ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม.
หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.
- ก.7 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวของระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) 78
กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 150 มม.
ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$
ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม.
หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.
- ก.8 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวของระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) 80
กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 150 มม.
ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$
ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม.
หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.
- ก.9 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวของระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) 82
กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 150 มม.
ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$
ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม.
หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.
- ก.10 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวของระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) 84
กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 150 มม.
ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

- ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม.
หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.
- ก.11 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวของระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) 86
กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 150 มม.
ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$
ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม.
หน้าตัดแถบทางระบายน้ำมีความกว้าง 100 มม.หนา 4 มม.
- ก.12 ค่าเปอร์เซ็นต์การอัดตัวของระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) 88
กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 150 มม.
ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$
ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม.

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพ	หน้า
<p>ก.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม</p>	90
<p>ก.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม</p>	91
<p>ก.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม</p>	92
<p>ก.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม</p>	93
<p>ก.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม.</p>	94

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

	ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม	
ก.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 50มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม	95
ก.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม	96
ก.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม	97
ก.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=2$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม	98
ก.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150มม. x 150มม.	99

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

<p>ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 1.00 ม</p>	
<p>ก.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 150 มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 2.00 ม</p>	<p>100</p>
<p>ก.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบเวลา (T) กับ เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย (\bar{U}) กรณีแบบที่ใช้ติดตั้งแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูปขนาด 150 มม. x 150 มม. ขนาดบริเวณผิวเสียดสีบ่งบอกด้วยตัวแปรเสริม $p=3$ ศูนย์ของแถบทางระบายน้ำห่างกัน 3.00 ม</p>	
	<p>101</p>

อักษรย่อและสัญลักษณ์

a_v	=	สัมประสิทธิ์การอัดตัวได้มีมติเดียวในแนวตั้งของดิน
e	=	อัตราส่วนช่องว่างของดิน
J	=	เลขเต็มหน่วยมีค่าเท่ากับ 1, 2, 3 และ 4
K_o	=	สัมประสิทธิ์การซึมของดินตามแนวราบ สำหรับดินคงสภาพ
k_h	=	สัมประสิทธิ์การซึมได้ของดินในแนวราบ
k_x	=	สัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวแกน x
k_y	=	สัมประสิทธิ์การซึมได้ตามแนวแกน y
m_w	=	สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตรตามแนวตั้งของก้อนดินคงสภาพ
m_x	=	โคไซน์แสดงทิศทาง (<i>Direction cosine</i>)
N	=	จำนวนเต็มเท่ากับ 0, 1, 2, 3, ...
q_s	=	น้ำหนักบรรทุกทุกกกดทับแผ่กระจายบนผิวดิน
S	=	ระยะห่างศูนย์ถึงศูนย์ของแถบทางระบายน้ำสำเร็จรูป
t	=	เวลา
u	=	ความดันน้ำส่วนเกิน
u_s	=	ความดันน้ำในสภาวะคงที่ (<i>Steady state</i>)
\bar{U}	=	เปอร์เซ็นต์การอัดตัวระบายน้ำเฉลี่ย
V_s	=	ปริมาตรเนื้อดิน
V_v	=	ช่องว่างของก้อนดิน
V_{xA}	=	องค์ประกอบความเร็วเต็มพื้นผิวทิศทางตามแกน x บวก
V_{xB}	=	องค์ประกอบความเร็วเต็มพื้นผิวทิศทางตามแกน x บวก
V_{yA}	=	องค์ประกอบความเร็วเต็มพื้นผิวทิศทางตามแกน y บวก
V_{yD}	=	องค์ประกอบความเร็วเต็มพื้นผิวทิศทางตามแกน y บวก
x, y, z	=	พิกัดฉากคาร์ทีเซียน
γ_w	=	หน่วยน้ำหนักของน้ำ
σ_z	=	ความเค้นกดทับทั้งหมดตามแนวตั้ง
Ω_1	=	บริเวณดินแปรสภาพ (ผิวเสียดสี <i>Smear zone</i>)

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

Ω_2	=	บริเวณคินคงสภาพ
Γ^e	=	เส้นรอบรูปของบริเวณชิ้นประกอบ
$d\Gamma^e$	=	ความยาวชิ้นประกอบของเส้นรอบรูป Γ^e มีค่าเป็นบวก
Ψ_j^e	=	ฟังก์ชันประมาณค่าในช่วง (<i>Interpolation function</i>)