สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญตาราง	ฎ
สารบาญภาพ	ณ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	บ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีการคาดคะเนการทรุดตัว	3
2.1.1 การคาดคะเนการทรุดวิธี Terzaghi (1967)	3
2.1.2 การคาดคะเนการทรุดตัววิธี Broms (1984)	5
2.1.3 การคาดคะเนการทรุดตัววิธี Poulos and Davis (1980)	12
2.1.4 การคาดคะเนการทรุดตัววิธี Asaoka (1978)	19
2.1.5 การคาดคะเนการทรุดตัววิธีไฟไนท์เอลิเมนต์	21
2.1.6 การหาค่าหน่วยแรงกดทับสูงสุดในอดีตของดิน	23
2.1.7 การแปรผลการทดสอบแรงเฉือนในที่ด้วยใบพัด	24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ลักษณะสภาพชั้นดินและคุณสมบัติของดิน 25
2.2.1 ลักษณะสภาพชั้นดินและคุณสมบัติของดินเหนียวกรุงเทพ 25
2.3 ลักษณะสภาพชั้นดินและคุณสมบัติของดินเหนียวของโครงการที่ศึกษา 33
2.4 เสาดินซีเมนต์ วัสดุดินถมคันทาง และแบบจำลองของดิน 36
2.4.1 เสาดินซีเมนต์ 36
2.4.2 วัสดุดินถมคันทาง 40
2.4.3 คุณสมบัติและแบบจำลองดิน 41

บทที่ 3 การเจาะสำรวจ การติดตั้งเครื่องมือวัดการทรุดตัวและการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 45
3.1 สถานที่ทำการศึกษา 45
3.2 การเจาะสำรวจดินในสนาม 48
3.3 การทดสอบแรงเฉือนในที่ด้วยใบพัด 49
3.4 การติดตั้งเครื่องมือวัดการทรุดตัว 50
3.5 การทดสอบคุณสมบัติดินในห้องปฏิบัติการ 52
3.5.1 การทดสอบคุณสมบัติดินขั้นพื้นฐาน 52
3.5.2 การทดสอบการอัดตัวคายน้ำ 52
3.5.3 การทดสอบแรงอัดสามแกน 53

บทที่ 4 ผลการทดสอบ 55
4.1 ผลการทดสอบในสนาม 55
4.1.1 ลักษณะสภาพชั้นดิน 55
4.1.2 ผลการทดสอบแรงเฉือนในที่ด้วยใบพัด 55
4.2 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 57
4.2.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติดินขั้นพื้นฐาน 57
4.2.2 ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ 58
4.2.3 ผลการทดสอบแรงอัดสามแกน 62

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ข้อมูลการทดสอบที่ได้จากโครงการก่อสร้าง 73
4.3.1 ข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติดินถมคันทาง 73
4.3.2 ข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติของเสาดินซีเมนต์ 73
4.3.3 ข้อมูลผลการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม 76
4.4 ข้อมูลผลการตรวจวัดการทรุดตัว 78

บทที่ 5 การคาดคะเนการทรุดตัว 81
5.1 ตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัว 81
5.1.1 ตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัววิธี Asaoka (1978) 81
5.1.2 ตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัววิธี Terzaghi (1967) 83
5.1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัววิธี Broms (1984) 85
5.1.4 ตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัววิธี Poulos and Davis (1980) 88
5.1.5 ตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 89
5.2 การคาดคะเนการทรุดตัว 96
5.2.1 การคาดคะเนการทรุดตัววิธี Asaoka (1978) 96
5.2.2 การคาดคะเนการทรุดตัววิธี Terzaghi (1967) 106
5.2.3 การคาดคะเนการทรุดตัววิธี Broms (1984) 114
5.2.4 การคาดคะเนการทรุดตัววิธี Poulos and Davis (1980) 121
5.2.5 การคาดคะเนการทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 129
5.3 วิจารณ์ผลการคาดคะเนการทรุดตัว 143

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ 146
6.1 สรุป 146
6.2 ข้อเสนอแนะ 148

บรรณานุกรม 149

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก 156

ภาคผนวก ก. แผนภาพชั้นดินและผลการทดสอบคุณสมบัติดินดินขั้นพื้นฐาน 157

ภาคผนวก ข. รายงานผลการทดสอบแรงเฉือนในที่ด้วยใบพัด 167

ภาคผนวก ค. ผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ 169

ภาคผนวก ง. รายงานผลการทดสอบเสาดินซีเมนต์ 182

ภาคผนวก จ. การคำนวณการทรุดตัววิธี Terzaghi (1967) 190

ภาคผนวก ฉ. การคำนวณการทรุดตัวโดยวิธี Broms (1975) 197

ภาคผนวก ช. การคำนวณการทรุดตัววิธี Poulos and Davis (1980) 204

ภาคผนวก ซ. การคำนวณการทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 231

ประวัติผู้เขียน 244

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของถนนสายกรุงเทพฯ – ชลบุรี (สายใหม่) ตอน 1-A/1	27
2.2 ลักษณะชั้นดินและคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของทางหลวงหมายเลข 34 สายกรุงเทพฯ - ชลบุรี	27
2.3 แสดงคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของดินเหนียวแข็งกรุงเทพ	28
2.4 ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบระบายน้ำ (S_u) และค่าโมดูลัสแบบระบายน้ำ (E_u) ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ	28
2.5 ค่ามุมเสียดทาง (ϕ') และค่าความเชื่อมแน่น (c') ของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ	29
2.6 ค่ามุมเสียดทาง (ϕ') และค่าความเชื่อมแน่น (c') ของดินเหนียวแข็งกรุงเทพ	29
2.7 แสดงคุณสมบัติการอัดตัวของดินเหนียวอ่อนกรุงเทพ	30
2.8 แสดงคุณสมบัติการอัดตัวคายน้ำของดินเหนียวดินเหนียวแข็งกรุงเทพฯ	31
2.9 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติท.างด้านกายภาพกับค่า C_c และ CR ของดินเหนียวแข็งกรุงเทพ	31
2.10 ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมน้ำในดินจากงานวิจัยในอดีต	32
2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดินต่างๆกับ λ^*, κ^*	33
2.12 คุณสมบัติทั่วไปของดินในสายทางเข้า – ออกทางด้านใต้ ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ “ACCESS D”	34
2.13 คุณสมบัติของดินเหนียวแข็งจากการสำรวจเบื้องต้น กม. 0+815 และ 1+550	35
2.14 คุณสมบัติทางด้านกำลังของดินในสายทางเข้า – ออกทางด้านใต้ ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ “ACCESS D”	35
2.15 แสดงคุณสมบัติการอัดตัวของดินในสายทางเข้า – ออกทางด้านใต้ ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ “ACCESS D”	36
2.16 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ถนนสายบางนา - บางปะกง โครงการฯ 3	42

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.17 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว
วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ถนนสายบางนา – บางปะกง 43
2.18 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว
วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของคันทางทดลอง 44
3.1 แสดงการทดสอบคุณสมบัติดินในห้องปฏิบัติการของแต่ละหลุมเจาะ 54
4.1 แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำจากการทดสอบแรงเฉือน
ในที่ด้วยใบพัดบริเวณ กม. 0+800 - 1+100 57
4.2 แสดงค่าความชื้นในดิน ค่า Liquit Limit และค่า Plastic Index
บริเวณ กม. 0+800 - 1+100 58
4.3 แสดงค่าตัวแปรดินที่ได้จากการทดสอบ Consolidation Test
บริเวณที่ทำการศึกษา กม.0+800, 1+000 และ 1+100 59
4.4 แสดงผลค่า c_v เฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ 60
4.5 แสดงค่า c', ϕ' และค่า Pore Water Parameter A จากการทดสอบ Isotropiccally
Consolidated Undrained Triaxial Compression Test บริเวณที่ทำการศึกษา
กม. 0+800, 1+000 และ 1+100 63
4.6 แสดงคุณสมบัติของดินถมคันทางที่ได้จากการทดสอบในสนาม 73
4.7 แสดงค่าเฉลี่ยคุณสมบัติด้านกายภาพและคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของเสาดินซีเมนต์
ของโครงการที่ทำการวิจัย 74
4.8 แสดงวันที่และขั้นตอนการก่อสร้างโครงสร้างชั้นทาง 78
4.9 แสดงวันที่และผลการทรุดตัวของเสาดินซีเมนต์ในสนาม 79
4.10 แสดงค่าการทรุดตัวของแผ่นวัดการทรุดตัวจากการตรวจวัดในสนาม 80
5.1 ตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัวในแต่ละวิธี 81
5.2 แสดงค่าเวลาและการทรุดตัวที่ใช่ในการคำนวณการทรุดตัววิธี Asaoka (1978) 82
5.3 แสดงค่าตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว กม. 0+800 83
5.4 แสดงค่าตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว กม. 1+000 83
5.5 แสดงค่าตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว กม. 1+100 83
5.6 แสดงค่า C_c และ CR จากความสัมพันธ์ของคุณสมบัติเบื้องต้น 84
5.7 แสดงค่า $S_{u,soil}$, $S_{u,col}$ และ $S_{u,avg}$ จากโครงการที่ศึกษา 85
5.8 แสดงค่าค่าแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินบริเวณรอบเสาเข็มดินซีเมนต์
และค่า Compression Modulus ของดิน 86

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.9 สรุปค่า M_{col}, M_{Soil} ใช้ในการคำนวณการทรุดตัวในบริเวณชั้นดินที่ปรับปรุงด้วยเสาดินซีเมนต์ 87
5.10 แสดงค่า Compression Modulus ของเสาดินซีเมนต์จากการคำนวณ 87
5.11 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณอัตราการทรุดตัวในส่วนของดินที่ปรับปรุงด้วยเสาดินซีเมนต์ 88
5.12 สรุปค่าตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัววิธี Poulos and Davis (1980) 89
5.13 แสดงค่า λ^* และ κ^* ของดินเหนียวบริเวณ กม. 0+800 89
5.14 แสดงค่า λ^* และ κ^* ของดินเหนียวบริเวณ กม. 1+000 90
5.15 แสดงค่า λ^* และ κ^* ของดินเหนียวบริเวณ กม. 1+100 90
5.16 แสดงค่า k_v และ k_h ที่ได้จากการทดสอบในบริเวณที่ทำการศึกษา 91
5.17 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณของวัสดุคันทาง 91
5.18 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กม. 0+800 93
5.19 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กม. 1+000 94
5.20 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กม. 1+100 95
5.21 แสดงผลการคาดคะเนการทรุดตัวหลัก (Primary Consolidation) ของแผ่นวัดการทรุดตัววิธี Asaoka (1978) 100
5.22 แสดงผลการคาดคะเนการทรุดตัวที่ 537 วันของแผ่นวัดการทรุดตัววิธี Asaoka (1978) 100
5.23 แสดงผลการคำนวณค่า $c_{v,Field}$ และค่า $c_{v,Field}/c_{v,Lab}$ 101
5.24 แสดงระยะเวลาการทรุดตัวหลักที่ 99 % จากการคำนวณของแผ่นวัดการทรุดตัว 101
5.25 แสดงวัสดุโครงสร้างคันทางและน้ำหนักบรรทุกจรที่ใช้ในการคำนวณน้ำหนักกระทำต่อกลุ่มเสาเข็ม 107
5.26 แสดงน้ำหนักกระทำในกรณีต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าการทรุดตัว 107
5.27 แสดงผลค่าการทรุดตัวหลัก (Primary Consolidation) วิธี Terzaghi (1967) 109
5.28 แสดงผลค่าการทรุดตัวที่ 537 วัน วิธี Terzaghi (1967) 109
5.29 แสดงน้ำหนักกระทำในกรณีต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าการทรุดตัว 114

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.9 สรุปค่า M_{col}, M_{Soil} ใช้ในการคำนวณการทรุดตัวในบริเวณชั้นดินที่ปรับปรุงด้วยเสาดินซีเมนต์ 87
5.10 แสดงค่า Compression Modulus ของเสาดินซีเมนต์จากการคำนวณ 87
5.11 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณอัตราการทรุดตัวในส่วนของดินที่ปรับปรุงด้วยเสาดินซีเมนต์ 88
5.12 สรุปค่าตัวแปรที่ใช้ในการคาดคะเนการทรุดตัววิธี Poulos and Davis (1980) 89
5.13 แสดงค่า λ^* และ κ^* ของดินเหนียวบริเวณ กม. 0+800 89
5.14 แสดงค่า λ^* และ κ^* ของดินเหนียวบริเวณ กม. 1+000 90
5.15 แสดงค่า λ^* และ κ^* ของดินเหนียวบริเวณ กม. 1+100 90
5.16 แสดงค่า k_v และ k_h ที่ได้จากการทดสอบในบริเวณที่ทำการศึกษา 91
5.17 แสดงค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณของวัสดุคันทาง 91
5.18 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กม. 0+800 93
5.19 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กม. 1+000 94
5.20 แสดงแบบจำลองและตัวแปรดินที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ กม. 1+100 95
5.21 แสดงผลการคาดคะเนการทรุดตัวหลัก (Primary Consolidation) ของแผ่นวัดการทรุดตัววิธี Asaoka (1978) 100
5.22 แสดงผลการคาดคะเนการทรุดตัวที่ 537 วันของแผ่นวัดการทรุดตัววิธี Asaoka (1978) 100
5.23 แสดงผลการคำนวณค่า $c_{v,Field}$ และค่า $c_{v,Field}/c_{v,Lab}$ 101
5.24 แสดงระยะเวลาการทรุดตัวหลักที่ 99 % จากการคำนวณของแผ่นวัดการทรุดตัว 101
5.25 แสดงวัสดุโครงสร้างคันทางและน้ำหนักบรรทุกจรที่ใช้ในการคำนวณน้ำหนักกระทำต่อกลุ่มเสาเข็ม 107
5.26 แสดงน้ำหนักกระทำในกรณีต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าการทรุดตัว 107
5.27 แสดงผลค่าการทรุดตัวหลัก (Primary Consolidation) วิธี Terzaghi (1967) 109
5.28 แสดงผลค่าการทรุดตัวที่ 537 วัน วิธี Terzaghi (1967) 109
5.29 แสดงน้ำหนักกระทำในกรณีต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าการทรุดตัว 114

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

รูป	หน้า
2.1 แสดงการกระจายของหน่วยแรงที่เพิ่มขึ้นในดินเนื่องจากน้ำหนักโครงสร้าง	5
2.2 ลักษณะการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยเสาดินซีเมนต์ของชั้นดินอ่อน	6
2.3 การทรุดตัวเมื่อ Column รับน้ำหนักน้อยกว่า Creep Strength	7
2.4 การทรุดตัวเมื่อ Column รับน้ำหนักมากกว่า Creep Strength	9
2.5 การทรุดตัวที่ต่างกัน (Differential Settleme)	10
2.6 แสดงค่า Settlement Influence Factor, I_o	13
2.7 แสดงค่า Compressibility Correction Facort For Settlement, R_k	14
2.8 แสดงค่า Depth Correction Factor for Settlement,R_h	14
2.9 แสดงค่า Poisson's Ratio Correction Factor for Settement, R_v	15
2.10 แสดงความสัมพันธ์ของ L/d = 10 กับ α_F	15
2.11 แสดงความสัมพันธ์ของ L/d = 25 กับ α_F	16
2.12 แสดงความสัมพันธ์ของ L/d = 50 กับ α_F	16
2.13 แสดงความสัมพันธ์ของ L/d = 100 กับ α_F	17
2.14 แสดงความสัมพันธ์ของ L/d = 25 กับ N_h	17
2.15 แสดงการประมาณอัตราการทรุดตัวของเสาเข็มเดี่ยว	18
2.16 แสดงความสัมพันธ์ของค่าการทรุดตัวกับเวลาที่ได้จากสนาม	19
2.17 กราฟการทรุดตัว	19
2.18 การหาค่า P_c' วิธี Casagrang	23
2.19 แสดงการหาค่า P_c' วิธีของ Sridharan et al. (1991)	24
2.20 ค่าปรับแก้ (μ) ของ Bjerrun (1972)	25
2.21 แสดงลักษณะสภาพชั้นดินของทางหลวงหมายเลข 34 สายกรุงเทพ-ชลบุรี	26

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.22 แสดงลักษณะสภาพชั้นดินของทางหลวงสายกรุงเทพฯ-ชลบุรี (สายใหม่) ตอน 1-A/1 26
2.23 แสดงลักษณะสภาพชั้นดินของถนนสายทางเข้า-ออกทางด้านใต้ "ACCESS D" ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 34
2.24 การทำงานของเครื่องจักรที่ก่อสร้างเสาดินซีเมนต์ 37
2.25 ลักษณะของก้านเจาะที่ใช้ในการก่อสร้างเสาดินซีเมนต์ 37
2.26 แสดงแผนภาพที่สมมุติการวิบัติของดินที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์ 38
2.27 แสดงแผนภาพที่สมมุติความสัมพันธ์ระหว่าง Stress-Strain ของดินที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์ 39
3.1 แสดงแนวเส้นทางและถนนใกล้เคียงบริเวณโครงการที่ศึกษา 45
3.2 แสดงตำแหน่งของคันทางคู่ขนาน (Frontage Road) ที่ทำการศึกษา 46
3.3 แสดงลักษณะของคันทางบริเวณที่ทำการศึกษา 47
3.4 แสดงตำแหน่งของแผ่นวัดการทรุดตัวและตำแหน่งของหลุมเจาะที่ทำการศึกษา 48
3.5 แสดงลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ทดสอบแรงเฉือนในที่ด้วยใบพัด 49
3.6 แสดงการทดสอบแรงเฉือนในที่ด้วยใบพัด 50
3.7 ลักษณะและขนาดของแผ่นวัดการทรุดตัวที่ติดตั้ง 51
3.8 แสดงลักษณะแผ่นวัดการทรุดตัวที่ใช้ในการวัดการทรุดตัว 51
3.9 แสดงตำแหน่งและหมายเลขของแผ่นวัดการทรุดตัว กม.0+800, 1+000 และ 1+100 52
3.10 แสดงลักษณะเครื่องมือทดสอบแรงอัดสามแกน 53
4.1 แสดงลักษณะสภาพชั้นดินบริเวณที่ทำการศึกษา 56
4.2 แสดงค่าแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำจากการทดสอบแรงเฉือนในที่ด้วยใบพัด บริเวณ กม. 0+800 - 1+100 56
4.3 แสดงผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำจากตัวอย่างดิน กม. 0+800 60
4.4 แสดงผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำจากตัวอย่างดิน กม. 1+000 61
4.5 แสดงผลการทดสอบการอัดตัวคายน้ำจากตัวอย่างดิน กม. 1+100 61
4.6 แสดงการหาค่าหน่วยแรงกดทับสูงสุดในอดีตของดินวิธี Sridharan et al. (1991) ของตัวอย่างดิน กม. 1+000 ระดับความลึก 12.0 – 12.5 เมตร 62
4.7 แสดงค่า Diviator Stress กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 0+800 ความลึก 9.0 เมตร) 64

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.8 แสดงค่า Excess Pore Pressure กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 0+800 ความลึก 9.0 เมตร) 64

4.9 แสดงค่า Diviator Stress กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 0+800 ความลึก 13.5 เมตร) 65

4.10 แสดงค่า Excess Pore Pressure กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 0+800 ความลึก 13.5 เมตร) 65

4.11 แสดงค่า Diviator Stress กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+000 ความลึก 6.0 เมตร) 66

4.12 แสดงค่า Excess Pore Pressure กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+000 ความลึก 6.0 เมตร) 66

4.13 แสดงค่า Diviator Stress กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+000 ความลึก 13.5 เมตร) 67

4.14 แสดงค่า Excess Pore Pressure กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+000 ความลึก 13.5 เมตร) 67

4.15 แสดงค่า Diviator Stress กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+100 ความลึก 7.5 เมตร) 68

4.16 แสดงค่า Excess Pore Pressure กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+100 ความลึก 7.0 เมตร) 68

4.17 แสดงค่า Diviator Stress กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+100 ความลึก 15.0 เมตร) 69

4.18 แสดงค่า Excess Pore Pressure กับ Axial Strain จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+100 ความลึก 15.0 เมตร) 69

4.19 แสดงรูป Mohr' Circle และ Strength Envelope จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 0+800 ความลึก 9.0 เมตร) 70

4.20 แสดงรูป Mohr' Circle และ Strength Envelope จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 0+800 ความลึก 13.5 เมตร) 70

4.21 แสดงรูป Mohr' Circle และ Strength Envelope จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+000 ความลึก 6.0 เมตร) 71

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.22 แสดงรูป Mohr' Circle และ Strength Envelope จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+000 ความลึก 13.5 เมตร) 71

4.23 แสดงรูป Mohr' Circle และ Strength Envelope จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+100 ความลึก 7.5 เมตร) 72

4.24 แสดงรูป Mohr' Circle และ Strength Envelope จากการทดสอบ Consolidated Undrained Triaxial Compression Test (ตัวอย่างดิน Sta. 1+100 ความลึก 15.0 เมตร) 72

4.25 แสดงรูปของ Unit Weight ของ Cement Column บริเวณ กม. 0+538.500 - 1+406.500 74

4.26 แสดงค่า Water Content ของ Cement Column บริเวณ กม. 0+538.500 - 1+406.500 75

4.27 แสดงค่า Undrained Shear Strength ของ Cement Column บริเวณที่ทำการศึกษา กม. 0+538.500 - 1+406.500 75

4.28 แสดงรูปค่าของ E_{50} ของ Cement Column บริเวณที่ทำการศึกษา กม. 0+538.500 - 1+406.500 76

4.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัวกับน้ำหนักบรรทุก จากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม 77

4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทรุดตัว, น้ำหนักบรรทุก กับเวลา จากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม 78

4.31 แสดงค่าการทรุดตัวที่เวลาต่างๆจากการตรวจวัดในสนาม 79

5.1 แสดงค่า ϕ_{col} และ C_{col} จากแผนภาพสมมุติการวิบัติของดินที่ปรับปรุงด้วยซีเมนต์ 86

5.2 การคำนวณค่าการทรุดตัวและค่า $c_{v,field}$ วิธี Asaoka (1978) ของแผ่นวัดการทรุดตัว หมายเลข No.1 (กม. 0+800) 96

5.3 การคำนวณค่าการทรุดตัวและค่า $c_{v,field}$ วิธี Asaoka (1978) ของแผ่นวัดการทรุดตัว หมายเลข No.2 (กม. 0+800) 97

5.4 การคำนวณค่าการทรุดตัวและค่า $c_{v,field}$ วิธี Asaoka (1978) ของแผ่นวัดการทรุดตัว หมายเลข No.3 (กม. 1+000) 97

5.5 การคำนวณค่าการทรุดตัวและค่า $c_{v,field}$ วิธี Asaoka (1978) ของแผ่นวัดการทรุดตัว หมายเลข No.4 (กม. 1+000) 98

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.6 การคำนวณค่าการทรุดตัวและค่า $c_{v,field}$ วิธี Asaoka (1978) ของแผ่นวัดการทรุดตัว หมายเลข No.5 (กม. 1+100) 98

5.7 การคำนวณค่าการทรุดตัวและค่า $c_{v,field}$ วิธี Asaoka (1978) ของแผ่นวัดการทรุดตัว หมายเลข No.6 (กม. 1+100) 99

5.8 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Asaoka (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของ แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.1 (กม. 0+800) 102

5.9 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Asaoka (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของ แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.2 (กม. 0+800) 103

5.10 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Asaoka (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของ แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.3 (กม. 1+000) 103

5.11 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Asaoka (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของ แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.4 (กม. 1+000) 104

5.12 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Asaoka (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของ แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.5 (กม. 1+100) 104

5.13 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Asaoka (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของ แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.6 (กม. 1+100) 105

5.14 การพิจารณาหน่วยแรงที่เพิ่มขึ้นวิธี 2 : 1 (แนวดิ่ง:แนวราบ) วิธี Terzaghi (1967) 106

5.15 แสดงลักษณะดันทางไม่รวมน้ำหนักทางเท้า 107

5.16 แสดงลักษณะดันทางรวมน้ำหนักทางเท้า 108

5.17 แสดงลักษณะดันทางรูปสี่เหลี่ยม 108

5.18 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Terzaghi (1967) โดยใช้ $c_{v,Field}$ กับการทรุดตัว จากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.1 (กม. 0+800) 110

5.19 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Terzaghi (1967) โดยใช้ $c_{v,Field}$ กับการทรุดตัว จากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.2 (กม. 0+800) 110

5.20 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Terzaghi (1967) โดยใช้ $c_{v,Field}$ กับการทรุดตัว จากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.3 (กม. 1+000) 111

5.21 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Terzaghi (1967) โดยใช้ $c_{v,Field}$ กับการทรุดตัว จากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.4 (กม. 1+000) 111

5.22 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Terzaghi (1967) โดยใช้ $c_{v,Field}$ กับการทรุดตัว จากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No. (กม. 1+100) 112

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.23 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Terzaghi (1967) โดยใช้ $c_{v,Field}$ กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.6 (กม. 1+100) 112

5.24 แสดงการพิจารณาหน่วยแรงที่เพิ่มขึ้นวิธี 2 : 1 (แนวดิ่ง:แนวราบ) วิธี Broms (1684) 115

5.25 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Broms (1984) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.1 (กม. 0+800) 118

5.26 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Broms (1984) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.2 (กม. 0+800) 118

5.27 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Broms (1984) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.3 (กม. 1+000) 119

5.28 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Broms (1984) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.4 (กม. 1+000) 119

5.29 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Broms (1984) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.5 (กม. 1+100) 120

5.30 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Broms (1984) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.6 (กม. 1+100) 120

5.31 แบบจำลองภาคตัดของชั้นดินเหนียวมีความลึกจำกัด 19.0 เมตร 121

5.32 แสดงเสาเข็มข้างเดียงที่มีอิทธิพลที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว 122

5.33 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Poulos (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.1 (กม. 0+800) 125

5.34 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Poulos (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.2 (กม. 0+800) 125

5.35 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Poulos (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.3 (กม. 1+000) 126

5.36 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Poulos (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.4 (กม. 1+000) 126

5.37 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Poulos (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.5 (กม. 1+100) 127

5.38 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธี Poulos (1978) กับการทรุดตัวจากสนามของแผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.6 (กม. 1+100) 127

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.39 แสดงลักษณะคันทางที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัววิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 129
5.40 แสดงขนาดและระยะของคันทางที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว
วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 130
5.41 แสดงขนาดและระยะของคันทางที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัว
วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 130
5.42 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทรุดตัวจากสนามของ
แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.1 (กม. 0+800) 134
5.43 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทรุดตัวจากสนามของ
แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.2 (กม. 0+800) 134
5.44 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทรุดตัวจากสนามของ
แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.3 (กม. 1+000) 135
5.45 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทรุดตัวจากสนามของ
แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.4 (กม. 1+000) 135
5.46 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทรุดตัวจากสนามของ
แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.5 (กม. 1+100) 136
5.47 การเปรียบเทียบค่าการทรุดตัวตามเวลาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทรุดตัวจากสนามของ
แผ่นวัดการทรุดตัวหมายเลข No.6 (กม. 1+100) 136
5.48 แสดงลักษณะการเคลื่อนตัวของโครงข่ายจากการวิเคราะห์วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 137
5.49 แสดงลักษณะลูกศรการเคลื่อนตัวของคันทางจากการวิเคราะห์วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 137
5.50 แสดงการเคลื่อนตัวในแนวราบของเสาเข็มดินซีเมนต์ต้นริมสุด บริเวณไกลทางเท้า
ของคันทางคู่ขนาน (Frontage Road) คำนวณโดยใช้แบบจำลองคันทางเดียว 138
5.51 แสดงการเคลื่อนตัวในแนวราบของเสาเข็มดินซีเมนต์ต้นริมสุด บริเวณไกลทางเท้า
ของคันทางคู่ขนาน (Frontage Road) คำนวณโดยใช้แบบจำลอง 2 คันทาง 139
5.52 แสดงการเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นบริเวณปลายเสาเข็มดินซีเมนต์ของคันทางคู่ขนาน (Frontage
Road) คำนวณโดยใช้แบบจำลองคันทางเดียว 139
5.53 แสดงการเคลื่อนตัวที่เกิดขึ้นบริเวณปลายเสาเข็มดินซีเมนต์ของคันทางคู่ขนาน (Frontage
Road) คำนวณโดยใช้แบบจำลอง 2 คันทาง 140

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายการสัญลักษณ์

A_{col}	=	พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็มดินซีเมนต์
B	=	ความกว้างของกลุ่มเสาเข็มดินซีเมนต์
c'	=	แรงยึดเกาะของดิน
C_c	=	Compressibility Index
c_{col}	=	Cohesion of Column Materials
C_r	=	Recompressibility Index
CR	=	อัตราส่วนการอัดแน่น (Compression Ratio)
c_v	=	สัมประสิทธิ์ของการอัดตัวคายน้ำในแนวดิ่ง
c_{vh}	=	สัมประสิทธิ์ของการอัดตัวคายน้ำในแนวราบ
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของเสาดินซีเมนต์
e	=	อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio)
E'	=	โมดูลัสของดินในสภาพระบายน้ำ
e_0	=	อัตราส่วนช่องว่างในดินตอนเริ่มต้น (initial Void Ratio)
E_u	=	โมดูลัสของดินในสภาพไม่ระบายน้ำ
F(n)	=	ค่า Factor ที่เกิดจากผลกระทบของ drain spacing
G	=	โมดูลัสของแรงเฉือน(Shear modulus)
G_{avg}	=	Shear Modulus เฉลี่ยของดิน
G_{soil}	=	โมดูลัสของแรงเฉือน (Shear Modulus) ของดินรอบเสาเข็มดินซีเมนต์
H	=	ความหนาของชั้นดินอัดตัว (Thickness of compression layer)
I	=	$I_oR_kR_hR_v$
I_o	=	ค่าปรับแก้สำหรับ Incompressible Pile in Seminfinite

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

k	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินเดิม
k_{clay}	=	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของดิน (k_h)
k_{col}	=	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของดินซีเมนต์
k_h	=	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมได้ในแนวราบของดินเหนียว
K_p	=	$\tan^2(45+\phi/2)$
k_x	=	ค่าความซึมผ่านของน้ำในแนวแกน x
k_y	=	ค่าความซึมผ่านของน้ำในแนวแกน y
L	=	ความยาวของเสาเข็มดินซีเมนต์
L_{col}	=	ความยาวของเสาดินซีเมนต์
m	=	จำนวนแถวของเสาดินซีเมนต์
M_{col}	=	ค่า Compression Modulus ของดินซีเมนต์
M_{soil}	=	ค่า Compression Modulus ของดินรอบข้างเสาดินซีเมนต์
m_v	=	Coefficient of volume change
N	=	จำนวณเสาเข็มดินซีเมนต์
OCR	=	Overconsolidation Ratio
P_0'	=	ความเค้นประสิทธิผลเฉลี่ยตอนเริ่มต้น (initial mean effective stress)
P_c'	=	ความเค้นที่ก่อนจะเกิดกระบวนการอัดตัวคายน้ำ (preconsolidation)
PI	=	ค่า Plasticty Index (PI) ในแต่ละช่วงความลึกของชั้นดิน
P_j	=	น้ำหนักที่กระทำบนเสาเข็ม j
P_k	=	น้ำหนักที่กระทำบนเสาเข็มต้น k
q	=	หน่วยแรงที่กระทำจากโครงสร้าง
$Q_{creep,col}$	=	กำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยของเสาดินซีเมนต์เมื่อเกิดการ Creep
$Q_{ult,col}$	=	กำลังรับน้ำหนักบรรทุกประลัยของ Column
R	=	Radius of Influence of the Column
r	=	รัศมีของเสาดินซีเมนต์
R_h	=	ค่าปรับแก้สำหรับ Finite Depth ของชั้น Rigid Base

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

R_k = ค่าปรับแก้สำหรับ Pile Compressibility

R_V = ค่าปรับแก้สำหรับ Poisson's Ratio

RR = อัตราส่วนการอัดแน่นซ้ำ (Recompression Ratio)

S = Spacing

S_c = การทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ (Primary Consolidation Settlement)

$S_{c(oed)}$ = การทรุดตัวจากการคำนวณโดยวิธีการอัดตัวคายน้ำแบบมิติเดียว

t = Time of Consolidation

T_v = Time Factor

U = ดีกรีการยุบอัดตัวรวมเฉลี่ย

U_h = ดีกรีการยุบอัดตัวเฉลี่ยในแนวราบ

U_v = ดีกรีการยุบอัดตัวเฉลี่ยในแนวดิ่ง

z = ความลึกของจุดที่พิจารณา

α = มุมเปลี่ยนแปลงระหว่างการทรุดตัวของเสาดินซีเมนต์

α_{kj} = Interaction factor ระหว่างเสาเข็ม k กับ j

β_0 = ค่าตัดแกนดิ่ง

β_1 = ค่าความชันของเส้นตรง

Δh_1 = ค่าการทรุดตัวของชั้นดินที่ปรับปรุงดินซีเมนต์

Δp = หน่วยแรงที่กระทำที่ผิวดิน

Δt = ช่วงเวลาที่แบ่ง (Time Interval)

Δu = ค่าเปลี่ยนแปลงของแรงดันน้ำในโพรงดิน (Change in Pore Pressure)

ε_1 = ความเครียดในแนวแกน (axial strain)

ϕ' = ค่ามุมเสียดทานประสิทธิผลของดิน

γ' = Effective Unit Weight

γ_{sat} = Unit weight of saturated soil

γ_w = น้ำหนักต่อ 1 หน่วยปริมาตรของน้ำ (unit weight of water)

κ = Cr/2.303; Cr คือ สัมประสิทธิ์การบดอัดซ้ำ (Recompression Index)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

κ^*	=	สัมประสิทธิ์การบดอัดประยุกต์ (Modified Compression Index)
λ	=	Cr/2.303; Cc คือ สัมประสิทธิ์การบดอัด (Compression Index)
λ^*	=	สัมประสิทธิ์การบวมตัวประยุกต์ (Modified Swelling Index)
μ	=	ค่าปรับแก้ Undrained Shear Strength จากการทดสอบ Field Vane Shear Test
ν	=	Poisson's Ratio
ν'	=	Poisson's Ratio ในสภาพระบายน้ำ
ρ_1	=	ค่าการทรุดตัวของเสาเข็มเดี่ยวเนื่องจากน้ำหนักกระทำ 1 หน่วย
ρ_f	=	การทรุดตัวของเสาเข็มแบบลอย
ρ_i	=	ค่าการทรุดตัวที่เวลา t_i, เมื่อ i เป็นเลขจำนวนเต็มใดๆ
ρ_{i-1}	=	ค่าการทรุดตัวที่เวลา t_{i-1}
ρ_k	=	การทรุดตัวของเสาเข็มใดๆ
ρ_{strip}	=	Settlement Ratio
σ_1	=	ความเค้นหลักที่มีค่ามากที่สุด
σ_3	=	ความเค้นหลักที่มีค่าน้อยที่สุด
σ_p	=	แรงดันด้านข้างแบบ Passive
τ	=	ความเค้นเฉือน (shear stress) ที่พื้นผิวร่วม
τ_{per}	=	ค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงเฉือนตามเส้นรอบรูปของกลุ่มเสาดินซีเมนต์
ψ	=	the dilation angle
σ'_{Vm}	=	หน่วยแรงประสิทธิผลสูงสุดในอดีต
σ'_{Vf}	=	หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งท้ายสุด
σ'_{Vo}	=	หน่วยแรงประสิทธิผลในแนวดิ่งตามธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved