

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฐ
สารบัญภาพภาคผนวก	ถ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่นำไปสู่การค้นคว้าวิจัย	1
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	2
1.2.1 การทрудตัวของฐานแผ่	2
1.2.2 วิธีคาดคะเนระยะทрудตัวของฐานแผ่	4
1.2.3 การคาดคะเนระยะทрудตัวในช่วงยาวนานจากข้อมูลที่วัดได้ในสนาม	42
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	47
1.4 ขอบเขตการวิจัย	48
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	49
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย	49
2.2 รายละเอียดของโครงการที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	49
2.3 การวัดระยะทрудตัวที่เกิดขึ้นจริงในสนาม	52
2.3.1 กำหนดจุดหมุดอ้างอิง	52
2.3.2 การวัดระยะทрудตัวในสนาม	52
2.3.3 คาดคะเนระยะทрудตัวในช่วงยาวนานจากข้อมูลที่วัดได้ในสนาม	
โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)	54
2.4 การหาข้อมูลที่ใช้ในการคาดคะเนระยะทрудตัว	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1 การเจาะหลุมสำรวจสภาพชั้นดิน	61
2.4.2 การทดสอบดินในสนาม	78
2.4.3 การทดสอบตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ	78
2.4.4 ภาคตัดชั้นดินและคุณสมบัติทั่วไป	81
2.5 การเลือกข้อมูลและการคาดคะเนระยะทรุดตัว	82
2.5.1 การเลือกข้อมูลสำหรับใช้คาดคะเนระยะทรุดตัว	82
2.5.2 การคาดคะเนระยะทรุดตัวเริ่มต้น	138
2.5.3 การคาดคะเนระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน	143
บทที่ 3 ผลการวิจัย	155
3.1 ระยะทรุดตัวเริ่มต้น	156
3.2 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน	156
บทที่ 4 วิจัยผลการวิจัย	157
4.1 ความแม่นยำของการคาดคะเนระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน โดยวิธีความเครียดมิติเดียว	157
4.2 ความแม่นยำของการคาดคะเนระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน โดยวิธีความเครียดมิติเดียรรวมกับระยะทรุดตัวเริ่มต้น จากทฤษฎีการยืดหยุ่น	158
4.3 ความแม่นยำของการคาดคะเนระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน โดยวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น	158
4.4 โมดูลัสยืดหยุ่นเส้นตัดจากการทดสอบแรงอัดสามแกนกับการทดสอบ การอัดตัวถาวร	159
4.5 ระยะทรุดตัวที่วัดได้จริงในสนาม	159
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	161
5.1 สรุปผลการวิจัย	161
5.2 ข้อเสนอแนะ	162
บรรณานุกรม	164

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	165
ภาคผนวก ก	โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณความเค้นเพิ่มขึ้น
	แผ่กระจายตามความลึก สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น
ภาคผนวก ข	โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณความเค้นเพิ่มขึ้น
	แผ่กระจายตามความลึก สำหรับหาค่าความเครียดในแนวแกน
ภาคผนวก ค	โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณระยะทรุดตัวโดยวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น
ภาคผนวก ง	รูปภาพแสดงโครงการก่อสร้างอาคารเรียนและปฏิบัติการ 5 ชั้น
	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, การวัดระยะทรุดตัว
	ในสนาม, การเจาะสำรวจดินและทดสอบในสนาม และ การทดสอบ
	ในห้องปฏิบัติการ
ประวัติผู้เขียน	198
	205

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเสริมการยืดหยุ่นแบบต่างๆ	7
1.2 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำ (E') โมดูลัสเฉือน (G') และอัตราส่วนของปัวส์ซองแบบระบายน้ำ (ν') สำหรับดินชนิดต่างๆ	10
1.3 ข้อจำกัดและการปรับแก้ผลเฉลยการทรุดตัวจากทฤษฎีการยืดหยุ่น	20
1.4 การแบ่งชั้นดินได้ฐานแผ่สำหรับการคำนวณระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว	39
2.1 ระดับความลึกของฐานแผ่ วัดโดยประมาณจากระดับผิวดินเดิม	49
2.2 ระยะทรุดตัวในสนาม	53
2.3 ระยะทรุดตัวในสนามที่วัดได้จากมาตรระดับน้ำเมื่อโครงสร้างหลักแล้วเสร็จ	54
2.4 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานโดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)	60
2.5 ระยะทรุดตัวรวมที่เกิดขึ้นจริงในสนาม	61
2.6 ค่าความเค้นแบกทานกระทำบนฐานแผ่	63
2.7 ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน I – 7 ถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง	67
2.8 ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน C – 6 ถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง	69
2.9 ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน C – 10 ถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง	71
2.10 ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน G – 10 ถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง	73
2.11 ระยะพิกัดฉากจากจุดเริ่มต้นถึงกลางฐาน I – 10 ถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
2.12 ความลึกของหลุมเจาะสำรวจ	77
2.13 ผลการเจาะสำรวจดินในสนาม	79
2.14 การจำแนกชนิดของดินตามระบบรวม	80
2.15 นำหนักบรรทุกกระทำลงบนฐานแผ่ที่พิจารณา	82
2.16 ความเค้นแผ่กระจายตามความลึกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุก คิดอิทธิพลของฐานข้างเคียง	91
2.17 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำของชั้นดินเหนียวได้ฐานแผ่ ($\nu = 0.5$)	107
2.18 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำของชั้นดินเหนียวได้ฐานแผ่ ($\nu' = 0.3$)	107
2.19 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำของชั้นดินเหนียวได้ฐานแผ่ ($\nu' = 0.2$)	108
2.20 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบระบายน้ำของชั้นดินเหนียวได้ฐานแผ่ ($\nu' = 0.1$)	108
2.21 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นแผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน I – 7	118
2.22 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นแผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน C – 6	119
2.23 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นแผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน C – 10	120
2.24 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นแผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน G – 10	121
2.25 ความเค้นกดทับประสิทธิผลและความเค้นเพิ่มขึ้นแผ่กระจายตามความลึก ได้ฐาน I – 10	122
2.26 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน I – 7 คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	123
2.27 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน I – 7 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	124
2.28 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ฐาน C – 6 คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	125

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
2.29 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน C – 6 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	126
2.30 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน C – 10 คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	127
2.31 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน C – 10 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	128
2.32 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน G – 10 คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	129
2.33 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน G – 10 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	130
2.34 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน I – 10 คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	131
2.35 ค่าความเครียดแนวแกนจากเส้นโค้งการอัดตัวได้ ฐาน I – 10 ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	132
2.36 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น- ความเครียด ฐาน I – 7 (อัตราส่วนของปัวส์ซองเท่ากับ 0.3)	133
2.37 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น- ความเครียด ฐาน C – 6 (อัตราส่วนของปัวส์ซองเท่ากับ 0.3)	134
2.38 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น- ความเครียด ฐาน C – 10 (อัตราส่วนของปัวส์ซองเท่ากับ 0.3)	135
2.39 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น- ความเครียด ฐาน G – 10 (อัตราส่วนของปัวส์ซองเท่ากับ 0.3)	136
2.40 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจากเส้นโค้งการอัดตัวได้และเส้นโค้งความสัมพันธ์ ความเค้น- ความเครียด ฐาน I – 10 (อัตราส่วนของปัวส์ซองเท่ากับ 0.3)	137
2.41 ระยะทรุดตัวเริ่มต้นของฐานแผ่ โดยวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น	141

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
2.42 ระยะทรุดตัวยาวนานของฐานแผ่ โดยวิธีทฤษฎีการยืดหยุ่น	143
2.43 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน I – 7	
คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	144
2.44 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน I – 7	
ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	145
2.45 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน C – 6	
คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	146
2.46 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน C – 6	
ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	147
2.47 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน C – 10	
คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	148
2.48 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียวฐาน C – 10	
ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	149
2.49 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน G – 10	
คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	150
2.50 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน G – 10	
ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	151
2.51 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน I – 10	
คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	152
2.52 ระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว ฐาน I – 10	
ไม่คิดอิทธิพลฐานข้างเคียง	153
2.53 ระยะทรุดตัวยาวนานของฐานแผ่ โดยวิธีความเครียดมิติเดียว	154
2.54 ระยะทรุดตัวยาวนานของฐานแผ่ โดยวิธีความเครียดมิติเดียว	
รวมระยะทรุดตัวเริ่มต้น	154
3.1 ระยะทรุดตัวเริ่มต้น	155
3.2 ระยะทรุดตัวในช่วงยาวนาน	156

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 ระยะทรุดตัวตามเวลา	4
1.2 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างตัวอย่างดินทรงกระบอกภายใต้แรงอัด	5
1.3 ความเครียดเฉือน	6
1.4 โมดูลัสเริ่มต้น สัมผัส และ เส้นตัด	8
1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดจากการทดสอบแรงอัดสามแกน ของดินเหนียวกรุงเทพมหานคร	13
1.6 ผลจากการทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Fedra, 1978) กับผลที่ได้จากการทดสอบ แรงอัดสามแกน (Cornforth, 1974) ใช้เส้นทางความเค้น K_o โดยใช้ทรายหยาบ ทดสอบทั้งสองกรณี	14
1.7 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จากตัวอย่างดินคงสภาพเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบในสนามของดินเหนียวแข็ง เมืองออนแทรีโอปรากฏรอยแยกภายในเนื้อดิน	16
1.8 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างดินคงสภาพ กับค่าที่ได้จากการทดสอบในสนามของดินเหนียวแข็งกรุงเทพมหานครปรากฏรอยแยก ภายในเนื้อดิน	16
1.9 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการจากตัวอย่างดินคงสภาพ กับค่าที่ได้จากการทดสอบในสนามของดินเหนียวปั้นได้	17
1.10 แผนภาพผลเฉลยสำหรับการทรุดตัวแบบทันทีที่ผิวดินของชั้นดินหนาจำกัด ณ ตำแหน่งจุดมุมของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแอ่นโค้งได้	19
1.11 การประยุกต์ใช้หลักการแบ่งชั้น	20
1.12 แผนภูมิของ Christian, J.T. and Carrier III, W.D.(1978) สำหรับ การคำนวณการทรุดตัวเฉลี่ย	22
1.13 การคำนวณระยะทรุดตัวโดยวิธีการของ Steinbrenner (1934)	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
1.14 การปรับใช้วิธีการของ Steinbrenner สำหรับการวิเคราะห์ระยะทรุดตัว โดยประมาณสำหรับดินที่มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นแปรผันตามความลึก	25
1.15 ตัวประกอบอิทธิพลต่อการคำนวณค่าการทรุดตัวที่ผิวดินแบบทันที ณ ตำแหน่งจุดมุม ในกรณีค่าโมดูลัสเพิ่มตามความลึก	26
1.16 น้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กระทำบนของแข็งครึ่งห้วงอากาศ	27
1.17 ระยะเปลี่ยนตำแหน่งในแนวตั้งของจุดภายในมวลดินครึ่งห้วงอากาศเนื่องจาก น้ำหนักบรรทุกกระทำรวมกันที่จุดเดียวบนผิวดิน	29
1.18 ตัวประกอบอิทธิพลสำหรับคำนวณระยะทรุดตัวที่ผิวดินในช่วงยาวนาน ณ ตำแหน่งจุดมุม ในกรณีค่าโมดูลัสเพิ่มตามความลึก	30
1.19 การไหลมิติเดียวผ่านมวลดิน	31
1.20 ระยะทรุดตัวของชั้นดิน โดยวิธีการเทียบส่วน	38
1.21 การแบ่งชั้นดินได้ฐานแผ่ในการคำนวณระยะทรุดตัวโดยวิธีความเครียดมิติเดียว	39
1.22 หมุดรังวัดมีท่อเหล็กครอบ	44
1.23 มาตรฐานวัดติดกับหมุดรังวัด	45
1.24 การใช้กล้องระดับวัดระยะทรุดตัว	45
1.25 อุปกรณ์มาตรระดับน้ำสำหรับวัดระยะทรุดตัว	46
1.26 ρ_c ที่วัดได้ในสนามกับเวลาและหาค่า ρ_{cj} กับ ρ_{cj+1}	47
1.27 การหาค่า ρ_{cf} โดยวิธีของ Asaoka (1978)	47
2.1 แผนผังตำแหน่งการวางฐานรากในโครงการก่อสร้างอาคารเรียนและปฏิบัติการ 5 ชั้น คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	50
2.2 แผนผังตำแหน่งหมุดรังวัดอ้างอิง, หลุมเจาะสำรวจ และ ตำแหน่งฐานวัดระยะทรุดตัว	51
2.3 เส้นโค้งระยะทรุดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่สังเกตในสนาม ฐาน C – 10	55
2.4 เส้นโค้งระยะทรุดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่สังเกตในสนามฐาน G – 10	55
2.5 เส้นโค้งระยะทรุดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่สังเกตในสนามฐาน I – 10	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.6 เส้นโค้งระยะทรุดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่เกิดขึ้นในสนามฐาน I – 7	56
2.7 เส้นโค้งระยะทรุดตัวตามเวลาวัดจากข้อมูลที่เกิดขึ้นในสนามฐาน C – 6	57
2.8 เส้นโค้งระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน C – 10 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)	58
2.9 เส้นโค้งระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน G – 10 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)	58
2.10 เส้นโค้งระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน I – 10 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)	59
2.11 เส้นโค้งระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน I – 7 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)	59
2.12 เส้นโค้งระยะทรุดตัวในช่วงยาวนานฐาน C – 6 โดยใช้วิธีของ Asaoka (1978)	60
2.13 ระยะพิคคาลจากจุดเริ่มต้นที่พิจารณาถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง กรณีฐานข้างเคียงอยู่แนวทแยงกับฐานที่พิจารณา	65
2.14 ระยะพิคคาลจากจุดเริ่มต้นที่พิจารณาถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง กรณีฐานข้างเคียงอยู่แนวเดียวกับฐานที่พิจารณา	65
2.15 ภาคตัดชั้นดินและคุณสมบัติทั่วไป	81
2.16 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวแกน ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 4.00 – 4.50 ม.	84
2.17 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวแกน ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 6.80 – 7.10 ม.	84
2.18 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวแกน ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 8.10 – 8.60 ม.	85
2.19 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวแกน ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 11.10 – 11.60 ม.	85
2.20 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวแกน ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 12.60 – 13.10 ม.	86
2.21 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเบี่ยงเบนกับความเครียดในแนวแกน ระดับความลึกของตัวอย่างดินทดสอบ 14.10 – 14.60 ม.	86
2.22 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกได้ฐาน I – 7 สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	88
2.23 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกได้ฐาน C – 6 สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	88
2.24 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกได้ฐาน C – 10 สำหรับหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่น	89

[illegible]

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.52 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 6.95 ม.	104
2.53 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 8.35 ม.	105
2.54 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 11.35 ม.	105
2.55 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 12.85 ม.	106
2.56 โมดูลัสยืดหยุ่นแบบไม่ระบายน้ำ ใต้ฐาน I – 10 ระดับความลึก 14.35 ม.	106
2.57 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 1.00 – 1.50 ม.	110
2.58 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 2.50 – 3.00 ม.	110
2.59 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 4.00 – 4.50 ม.	111
2.60 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 6.80 – 7.10 ม.	111
2.61 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 8.10 – 8.60 ม.	112
2.62 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 9.60 – 10.10 ม.	112
2.63 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 11.10 – 11.60 ม.	113
2.64 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 12.60 – 13.10 ม.	113
2.65 เส้นโค้งการอัดตัวได้ ระดับความลึกตัวอย่างทดสอบ 14.10 – 14.60 ม.	114
2.66 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน I – 7 สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด	115
2.67 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน C – 6 สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด	116
2.68 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน C – 10 สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด	116
2.69 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน G – 10 สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด	117
2.70 ภาคตัดชั้นดินและระดับความลึกใต้ฐาน I – 10 สำหรับพิจารณาเลือกค่าความเครียด	117
2.71 ระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสมำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า วางบนผิวดินมีความหนาจำกัดชั้นเดียว	139

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.72 ชั้นดินและความลึกสำหรับพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสมำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า วางบนผิวดินมีความหนาจำกัดหลายชั้น คิกระยะทรุดตัวเฉพาะดินชั้นแรก	142
2.73 ชั้นดินและความลึกสำหรับพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสมำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า วางบนผิวดินมีความหนาจำกัดหลายชั้น คิกระยะทรุดตัวตั้งแต่ดินชั้นที่สองลงมา	142

สารบัญภาพภาคผนวก

รูป	หน้า
ง-1 ด้านหน้าโครงการก่อสร้างอาคารเรียนและปฏิบัติการ 5 ชั้น คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	199
ง-2 ด้านข้างโครงการก่อสร้างอาคารเรียนและปฏิบัติการ 5 ชั้น คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	199
ง-3 วัดระยะทอดตัวในสนาม	200
ง-4 วัดระยะทอดตัวในสนาม	200
ง-5 เจาะสำรวจดินและทดสอบในสนาม	201
ง-6 ทดสอบการอัดตัวคาน้ำมิติเดียวในห้องปฏิบัติการ	202
ง-7 ทดสอบแรงอัดสามแกนในห้องปฏิบัติการ	202
ง-8 ตัวอย่างดินและชุดอุปกรณ์ทดสอบการอัดตัวคาน้ำมิติเดียวในห้องปฏิบัติการ	203
ง-9 ตัวอย่างดินและชุดอุปกรณ์ทดสอบแรงอัดสามแกนในห้องปฏิบัติการ	204

อักษรย่อและสัญลักษณ์

A	พื้นที่หน้าตัดมวลดิน
B	ความกว้างฐานแผ่, ความกว้างพื้นที่แรงกระทำ
b	ระยะครึ่งหนึ่งของความกว้างฐานแผ่ที่เหลื่อมพื้นผิ
C_c	สัมประสิทธิ์การอัดตัว
C_r	สัมประสิทธิ์การอัดตัวซ้ำ
C_v	สัมประสิทธิ์การอัดตัวคายน้ำ
C_u	กำลังของดินจากการทดสอบแบบไม่ระบายน้ำ
D	ความหนาชั้นดินใต้ฐานแผ่
d	ตัวประกอบปรับแก้ความหนาชั้นดินใต้ฐานแผ่
d_b	ความหนาชั้นจากผิวดินสิ้นสุดที่รอยต่อด้านล่างของชั้นดินที่พิจารณา
d_t	ความหนาชั้นจากผิวดินสิ้นสุดที่รอยต่อด้านบนของชั้นดินที่พิจารณา
E	โมดูลัสยืดหยุ่น หรือ โมดูลัสของยัง
E_o	โมดูลัสเริ่มต้น
E_{sec}	โมดูลัสเส้นตัด
E_t	โมดูลัสสัมผัส
E_u	โมดูลัสแบบไม่ระบายน้ำ
E'	โมดูลัสแบบระบายน้ำ
E_{50}	โมดูลัสเส้นตัดที่ครึ่งหนึ่งของกำลังสูงสุด
e	อัตราส่วนช่องว่าง
e_o	อัตราส่วนช่องว่างเริ่มต้น
Δe	อัตราส่วนช่องว่างเปลี่ยนแปลง
f_1	ตัวประกอบความหนา
f_s	ตัวประกอบรูปร่าง
G	โมดูลัสเฉือน
H	ความหนาชั้นดิน
H_o	ความหนาเริ่มต้นของชั้นดิน

H_o	ความหนาเริ่มต้นของชั้นดิน
ΔH	ความหนาที่เปลี่ยนแปลงของมวลดิน
h	เสดของน้ำ
I	ตัวประกอบอิทธิพล
I_c	ดัชนีการยุบตัว
I_{centre}	ตัวประกอบอิทธิพลที่จุดศูนย์กลางฐานแผ่
I_{corner}	ตัวประกอบอิทธิพลที่มุมฐานแผ่
I_ρ	ตัวประกอบอิทธิพล
I'_ρ	ตัวประกอบอิทธิพลสำหรับความหนาจากผิวดินสิ้นสุดที่รอยต่อด้านบนของชั้นดินที่พิจารณา
$I'_{\rho b}$	ตัวประกอบอิทธิพลสำหรับความหนาจากผิวดินสิ้นสุดที่รอยต่อด้านล่างของชั้นดินที่พิจารณา
K	มดูลัสเชิงปริมาตร
k_v	สัมประสิทธิ์การไหลซึมผ่านได้แนวตั้ง
L	ความยาวฐานแผ่, ความยาวพื้นที่แรงกระทำ
l	ตัวประกอบปรับแก้รูปร่างฐานแผ่, ระยะครึ่งหนึ่งของความยาวฐานแผ่สี่เหลี่ยมผืนผ้า
l_o	ความยาวเริ่มต้นของมวลดิน
Δl	ความยาวที่เปลี่ยนแปลงของมวลดิน
M	โมดูลัสจำกัดการเคลื่อนตัวทางด้านข้าง
m_v	สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงปริมาตร
m_{vr}	ค่าสัมประสิทธิ์การอัดตัวซ้ำเชิงปริมาตร
N	ค่าการทะลวงมาตรฐาน
$\bar{N}$	ค่าการทะลวงมาตรฐานเฉลี่ยตลอดความลึกในระยะลึกที่มีผล
P	สภาวะแรงกดตั้งฉาก
p'	ความเค้นประสิทธิผลเฉลี่ย
q	ความเค้นแบกทานของฐานแผ่
q_p	กำลังรับน้ำหนักของดินทดสอบโดยปลายหยั่งพกพา

r_o	รัศมีเริ่มต้นของตัวอย่างดินทรงกระบอก
Δr	การเปลี่ยนแปลงรูปร่างแนวรัศมีของตัวอย่างดินทรงกระบอก
V	ปริมาตรของมวลดิน
ΔV	ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงของมวลดิน
x	ระยะพิกคติกในแนวแกนราบจากจุดเริ่มต้นที่พิจารณาถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง
y	ระยะพิกคติกในแนวแกนดิ่งจากจุดเริ่มต้นที่พิจารณาถึงกึ่งกลางฐานแผ่ข้างเคียง
z	ระยะลึกใต้ฐานแผ่
Z_I	ระยะลึกที่มีผล
ε_a	ความเครียดแนวแกน
ε_r	ความเครียดแนวรัศมี
$\Delta \varepsilon_r$	ส่วนเพิ่มของความเครียดแนวรัศมี
$\Delta \varepsilon_z$	ส่วนเพิ่มของความเครียดแนวดิ่ง
ζ_o	ระยะเปลี่ยนตำแหน่งในแนวดิ่งบนผิวดินพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า
ζ	ระยะเปลี่ยนตำแหน่งในแนวดิ่งของจุดภายในมวลดินครึ่งห้วงอวกาศเนื่องจาก น้ำหนัก บรรทุกกระทำรวมกันที่จุดเดียวบนผิวดิน
κ	ดัชนีการอัดตัวซ้ำ
λ	ดัชนีการอัดตัว
μ_r	ตัวประกอบปรับแก้สำหรับฐานรากเกร็ง
μ_o	ตัวประกอบปรับแก้สำหรับความลึก
μ_1	ตัวประกอบปรับแก้สำหรับค่าการทรุดตัวเฉลี่ย
v_o	ปริมาตรจำเพาะเริ่มต้น
Δv	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรจำเพาะ
ρ	ระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งอยู่บน ผิวดินสำหรับความหนาชั้นดินหลายชั้น
ρ_{ave}	ระยะทรุดตัวเฉลี่ย
ρ_c	การทรุดตัวจากการอัดตัวคายน้ำ
ρ_{depth}	การทรุดตัวกรณีที่มีแรงกระทำอยู่ที่ระดับลึกจากผิวดิน

ρ_i	การทรุดตัวแบบเริ่มต้น
ρ_{i+c}	ระยะทรุดตัวเบื้องต้นรวมกับระยะทรุดตัวภายใต้ความเครียดมิติเดียว
$\rho_{\max \text{ flexible}}$	การทรุดตัวสูงสุดของฐานรากแอ่นโค้งได้ ที่จุดศูนย์กลางของแรงกระทำ
ρ_{oed}	การทรุดตัวจากการทดสอบอัดตัวคายน้ำมิติเดียว
ρ_s	การอัดตัวครั้งที่สอง
ρ_{total}	การทรุดตัวรวม
$\Delta\rho_D$	ระยะทรุดตัวที่จุดมุมของพื้นที่น้ำหนักบรรทุกทุกกระทำที่ผิวของชั้นดินยึดหยุ่นมีความหนา D
$\delta\rho_i$	ระยะทรุดตัวที่มุมของพื้นที่รับแรงแผ่กระจายสมำเสมอรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
$\Delta\rho'$	ระยะทรุดตัว ณ จุดมุมที่ผิวของดินขนาดครึ่งห้วงอวกาศ เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งแผ่กระจายสมำเสมอกระทำบนพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งอยู่บนผิวดิน
σ_a	ความเค้นแนวแกน
σ_r	ความเค้นแนวรัศมี
$\Delta\sigma_r$	ส่วนเพิ่มของความเค้นแนวรัศมี
σ_z	ความเค้นแนวดิ่ง
$\Delta\sigma_z$	ส่วนเพิ่มของความเค้นแนวดิ่ง
σ'_o	ความเค้นกดทับประสิทธิผล
σ'_v	ความเค้นประสิทธิผลในแนวดิ่ง
$\sigma'_{v\max}$	ความเค้นประสิทธิผลสูงสุดในอดีตที่ดินเคยได้รับมาก่อน
$\Delta\sigma'_v$	ความเค้นประสิทธิผลที่เพิ่มขึ้น
v	อัตราส่วนของปัวส์ซอง
v_u	อัตราส่วนของปัวส์ซองแบบไม่ระบายน้ำ
v'	อัตราส่วนของปัวส์ซองแบบระบายน้ำ