

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
รายการคำศัพท์ และอักษรย่อ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขต และแนวทางของการศึกษาวิจัย	2
1.4 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 หลักการ และทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย	10
2.1 การไหลของน้ำใต้ดิน	10
2.2 สมดุลของน้ำใต้ดินในเขตเมือง	13
2.2.1 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่ชั้นหินอุ้มน้ำ	14
2.2.2 ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากชั้นหินอุ้มน้ำ	17
2.3 สมการการไหลของน้ำใต้ดิน	19
2.4 แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินทางคณิตศาสตร์	23
2.4.1 แบบจำลองที่มีสภาพข้อมูลเป็นกลุ่มก้อน	23
2.4.2 แบบจำลองที่มีสภาพข้อมูลกระจาย	24
2.5 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน	29
2.5.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง	29
2.5.2 สร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์	29
2.5.3 การเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์	29
2.5.4 การออกแบบ	31

2.5.5 การปรับค่าตัวแปร และการวิเคราะห์ความอ่อนไหว	33
2.5.6 การแก้ไข และปรับปรุงแบบจำลอง	33
2.5.7 การทำนายผลและการวิเคราะห์ความอ่อนไหว	33
2.5.8 การแสดงผลการจำลอง	34
2.5.9 การติดตามผลการจำลองหลังการศึกษา	34
2.5.10 การจำลองใหม่	34
2.6 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	34
บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา	37
3.1 สภาพทั่วไป	37
3.2 สภาพภูมิประเทศ	37
3.3 สภาพภูมิอากาศ	39
3.4 สภาพทางธรณีวิทยา	41
3.5 สภาพทางอุทกธรณีวิทยา	48
บทที่ 4 การจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน และ ผลการจำลอง	53
4.1 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์	53
4.2 การออกแบบกริด และ ขอบเขตของแบบจำลอง	56
4.2.1 การออกแบบกริด	56
4.2.2 ขอบเขตของแบบจำลอง	57
4.2.3 ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำในการคำนวณ	57
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง	59
4.3.1 ข้อมูลแม่น้ำ	59
4.3.2 อัตราการเพิ่มเติมน้ำสู่แหล่งน้ำใต้ดิน	59
4.3.3 อัตราการคายระเหย	60
4.3.4 อัตราการไหลเข้า และ ออกของน้ำใต้ดินในแบบจำลอง	61
4.3.5 ความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และความแตกต่างของค่า ความนำทางชลศาสตร์	62
4.3.6 อัตราการใช้น้ำใต้ดิน	63
4.4 การจำลองในสภาวะคงที่	63

4.4.1	วัตถุประสงค์ของการจำลองในสภาวะคงที่	63
4.4.2	เงื่อนไขของการจำลองในสภาวะคงที่	63
4.4.3	ข้อมูลที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะคงที่	65
4.4.4	ผลการจำลองในสภาวะคงที่	73
4.5	การจำลองในสภาวะไม่คงที่	78
4.5.1	วัตถุประสงค์ของการจำลองในสภาวะไม่คงที่	78
4.5.2	เงื่อนไขของการจำลองในสภาวะไม่คงที่	78
4.5.3	ข้อมูลที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะไม่คงที่	78
4.5.4	ผลการจำลองและการวิเคราะห์ผลการจำลองในสภาวะไม่คงที่	79
4.6	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร	88
4.6.1	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในสภาวะคงที่	89
4.6.2	การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในสภาวะไม่คงที่	90
บทที่ 5	สรุปผลของการศึกษา และข้อเสนอแนะ	91
5.1	สรุปผลการศึกษา	89
5.2	ข้อผิดพลาดและข้อเสนอแนะ	90
เอกสารอ้างอิง		96
ภาคผนวก		100
ภาคผนวก ก	ข้อมูลอุทกวิทยา	101
ภาคผนวก ก-1	ปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำของกรมชลประทาน	102
ภาคผนวก ก-2	ปริมาณการระเหยจากผิวดินและการระเหยของกรมชลประทาน	109
ภาคผนวก ก-3	ข้อมูลรายชื่อสถานีสำรวจอุทกวิทยา ที่ใช้ในแบบจำลอง	113
ภาคผนวก ก-4	รายงานการสำรวจรูปตัดขวางลำน้ำ ประจำปี พ.ศ.2538-39	115
ภาคผนวก ก-5	ระดับน้ำที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำในพื้นที่ศึกษา	120
ภาคผนวก ข	ตัวอย่างข้อมูลชั้นหินที่ใช้ในการจำลอง	122
ภาคผนวก ค	ข้อมูลบ่อสังเกตการณ์	130
ภาคผนวก ค-1	รายละเอียดบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรธรณี	131
ภาคผนวก ค-2	ข้อมูลระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ของกรมทรัพยากรธรณี	133

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง	135
ภาคผนวก ง-1 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในสถานะคงที่	136
ภาคผนวก ง-2 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในสถานะไม่คงที่	138
ประวัติผู้เขียน	140

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา และแหล่งข้อมูล	2
2.1 ผลของการกลายเป็นเมืองต่อการซึมผ่านผิวดิน และปริมาณน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำใต้ดิน	15
3.1 ลักษณะชั้นดิน และอุทกธรณีวิทยาของแอ่งเชียงใหม่	44
3.2 สรุปสมบัติของชั้นให้น้ำของส่วนต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา	49
4.1 ช่วงค่าสมบัติทางชลศาสตร์ของวัสดุให้น้ำที่ใช้ในแบบจำลอง	62
4.2 สรุปค่าตัวแปรความนำทางชลศาสตร์ที่ได้จากการปรับเทียบในสถานะคงที่	73
4.3 ข้อมูลแรงดันน้ำที่จุดสังเกตการณ์ 12 จุดจากการปรับเทียบแบบจำลองในสถานะคงที่	74
4.4 สมดุลของน้ำใต้ดินจากการจำลองในสถานะคงที่	74
4.5 สมดุลของน้ำใต้ดินจากการจำลองในสถานะไม่คงที่ช่วงเวลา 1 ปี	79
4.6 สรุปค่าตัวแปรทางชลศาสตร์ของหินอุ้มน้ำที่ปรับเทียบในสถานะไม่คงที่	80

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 การกระจายตัวของพื้นที่รับน้ำ พื้นที่เส้นกึ่งกลาง และพื้นที่สูญเสีย	11
2.2 ระบบการไหลของน้ำใต้ดิน	12
2.3 ลักษณะอุทกธรณีวิทยา และสมมูลน้ำใต้ดินในเขตเมือง	14
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน	16
2.5 การเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำใต้ดินในระดับต้นเนื่องจากการระเหยสู่บรรยากาศ	18
2.6 Representation Elementary Volume (REV) ใช้พิสูจน์สมการ(2)	20
2.7 Orientation of the coordinate system	23
2.8 Computational molecules	26
2.9 การกำหนดขอบเขตของชั้นหินอุ้มน้ำในรูปของ แกว หลัก และชั้น	27
2.10 การกำหนดรูปแบบของเซลล์	28
2.11 ขั้นตอนการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน	30
3.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	38
3.2 เส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ย ค.ศ. 1988-1997	40
3.3 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา	42
3.4 โครงสร้างธรณีวิทยาจากข้อมูลการสำรวจความโน้มถ่วง และความหนาแน่นของ แอ่งเชิงใหม่ แนว A-A', B-B' และ C-C' ตามลำดับ	43
3.5 การแบ่งระบบชั้นหินให้น้ำแอ่งเชิงใหม่/ลำพูน	50
4.1 ขอบเขตของแบบจำลองและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่ศึกษา	54
4.2 ขอบเขตของแบบจำลองและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์แนวตัดขวางของพื้นที่เขตเมืองเชียงใหม่	55
4.3 การออกแบบกริด และขอบเขตของแบบจำลอง	58
4.4 รูปแบบของการคายระเหยที่ใช้คำนวณใน MODFLOW	60
4.5 แสดงค่าแรงดันน้ำเริ่มต้นที่ใช้ในการจำลอง	64
4.6 แสดงตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ที่ใช้ในการจำลองในสถานะคงที่	64
4.7 แสดงตำแหน่งที่มีข้อมูลแม่น้ำที่ในพื้นที่ศึกษา	66
4.8 แสดงอัตราการเพิ่มเติมน้ำที่ใช้ในการจำลอง	66

4.9 แสดงพื้นที่ และอัตราการคายระเหยที่ใช้ในการจำลอง	67
4.10 ตำแหน่งสูบน้ำใต้ดิน และจุดที่ใช้เป็นขอบเขตที่มีอัตราการไหลเข้า/ออกคงที่	67
4.11 การกระจายของสมบัติทางชลศาสตร์ตามชนิดหินอุ้มน้ำ ชั้นที่ 1-6	68
4.12 การกระจายของสมบัติทางชลศาสตร์ตามชนิดหินอุ้มน้ำ ชั้นที่ 7-11	69
4.13 การกระจายตัวของสมบัติทางชลศาสตร์ตามชนิดหินอุ้มน้ำในแนวดิ่ง(แถว)	70
4.14 การกระจายตัวของสมบัติทางชลศาสตร์ตามชนิดหินอุ้มน้ำในแนวดิ่ง(สดมภ์)	71
4.15 สัญลักษณ์ และค่าความนำทางชลศาสตร์ของตะกอนแต่ละชนิด	72
4.16 สัญลักษณ์ และค่าสัมประสิทธิ์การเก็บกักของตะกอนแต่ละชนิด	72
4.17 ผลการจำลองแสดงเส้นแรงดันเท่า และทิศทางการไหลในสภาวะคงที่	75
4.18 ผลการจำลองแสดงเส้นแรงดันเท่า ระดับน้ำใต้ดิน และทิศทางการไหลในสภาวะคงที่	76
4.19 ผลการจำลองแสดงเส้นแรงดันเท่า ทิศทาง และความเร็วการไหลในสภาวะไม่คงที่	81
4.20 แสดงเส้นแรงดันเท่า และทิศทางการไหลในสภาวะไม่คงที่ในแนวดัดขวาง	82
4.21 แสดงการเปรียบเทียบผลการจำลองสภาวะไม่คงที่กับค่าระดับน้ำของบ่อสังเกตการณ์	84
4.22 แสดงการจำลองเพื่อวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในเขตเมืองเชียงใหม่	87
4.23 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในสภาวะคงที่	89
4.23 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในสภาวะไม่คงที่	90

รายการคำศัพท์และอักษรย่อ

1. คำศัพท์

Head	แรงดันน้ำ
Hydraulic conductivity (K)	ความนำทางชลศาสตร์
Storage coefficient	สัมประสิทธิ์การกักเก็บ
Specific storage (S_s)	สัมประสิทธิ์การกักเก็บจำเพาะ
Specific yield (S_y)	สัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำแบบเปิด
Transmissivity (T)	สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ
Total Dissolved Solids(TDS)	ปริมาณสารละลายมวลรวม

2. อักษรย่อ

ม.	เมตร
ม. รทก.	เมตร ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง
ม.รศม.	เมตร จากระดับศูนย์สมมติ
ตร.กม.	ตารางกิโลเมตร
มม./ปี	มิลลิเมตรต่อปี
ลบ./วัน	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ลบ.ม./วัน/ม.	ลูกบาศก์เมตรต่อวันต่อเมตร