

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
รายการคำศัพท์ และอักษรย่อ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา	4
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ภูมิประเทศ และภูมิอากาศ	5
2.2 ธรณีวิทยาแอ่งแม่เมาะ	5
2.3 อุทกธรณีวิทยาแอ่งแม่เมาะ	10
2.4 ผลกระทบของรอยเลื่อน	12
2.5 แบบจำลองเชิงตัวเลข	12
บทที่ 3 หลักการ และทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย	16
3.1 การไหลของน้ำบาดาล	16
3.2 การไหลคงที่แบบทิศทางเดียว	16
3.3 สมการการไหลของน้ำใต้ดิน	19
3.4 ที่มาของสมการ Finite Difference	22

3.5	ขอบเขตของแบบจำลอง	25
3.6	ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ	27
บทที่ 4 การจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน		29
4.1	พื้นที่ศึกษา	32
4.2	ข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาแอ่งแม่เมาะ	33
4.3	แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของแอ่งแม่เมาะ	35
4.4	แนวโน้มเส้นทางการไหลของน้ำใต้ดินในแอ่งแม่เมาะ	37
4.5	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	40
4.5.1	การออกแบบกริด	40
4.6	การปรับแก้แบบจำลอง	44
4.6.1	การจำลองในสภาวะคงที่ Steady state	44
4.6.2	การจำลองในสภาวะไม่คงที่ Transient flow	50
4.7	การวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวของแบบจำลอง	60
4.7.1	การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Permeability; k)	60
4.7.2	การกักเก็บน้ำ (Specific Storage; $S_s$ )	61
บทที่ 5 ผลการศึกษา		63
5.1	ขอบเขตการพังทลายของผนังบ่อเหมืองจากแรงดันน้ำใต้ดิน	63
5.2	การลดผลกระทบแรงดันน้ำใต้ดิน	81
5.3	แผนการลดระดับแรงดันน้ำใต้ดิน	84
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ		86
6.1	สรุปผลการศึกษา	86
6.2	ปัญหาและอุปสรรค	87
6.3	ข้อเสนอแนะ	87
6.4	การนำไปใช้ประโยชน์	88
เอกสารอ้างอิง		89
ภาคผนวก		91
ภาคผนวก ก ตารางการคำนวณค่าสัดส่วนความปลอดภัย		92

ภาคผนวก ข Hydrogeologic Summary Log

104

ภาคผนวก ค กราฟระดับน้ำใต้ดิน

123

ประวัติผู้เขียน

137



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 ลำดับชั้นหินทางธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา	9
4.1 ลำดับหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา	35
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในชั้นหินรากฐาน	45
4.3 ช่วงของค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน	48
4.4 เปรียบเทียบค่าความอ่อนไหวของการยอมให้น้ำซึมผ่านในแบบจำลอง	61
4.5 เปรียบเทียบค่าความอ่อนไหวของการกักเก็บน้ำในแบบจำลอง	61
5.1 ค่าสัดส่วนความปลอดภัยตามแนวภาพตัดขวาง แบบแผนการทำเหมือง ปี พ.ศ. 2555	79
5.2 ระดับแรงดันน้ำใต้ดินที่ต้องการลดลง ตามแบบแผนการทำเหมือง ปี พ.ศ. 2555	82
5.3 ผลจำลองการสูบน้ำ	85

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

## สารบัญภาพ

รูป	หน้า
3.1 การไหลคงตัวทิศทางเดียวในชั้นหินอุ้มน้ำปิด	17
3.2 การไหลคงตัวทิศทางเดียวในชั้นหินอุ้มน้ำเปิด	18
3.3 Representation Elementary Volume (REV)	20
3.4 ทิศทางการวางตัวของระบบระยะพิคัด	22
3.5 เซลล์ $i,j,k$ และด้านที่ติดกับเซลล์ทั้ง 6 ด้าน	23
3.6 การไหลเข้าสู่เซลล์จากเซลล์ $i,j,k$	24
3.7 ภาพแสดงที่มาของ General Head Boundary	26
3.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับแรงดันน้ำคงที่เข้าสู่เซลล์	27
4.1 ขั้นตอนการศึกษาแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน	31
4.2 ตำแหน่งที่ตั้งของเหมืองแม่เมาะ	32
4.3 พื้นที่ศึกษาแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน	33
4.4 ภาพตัดขวาง 3 มิติ พื้นที่ศึกษา	36
4.5 แรงดันน้ำใต้ดินในบ่อสังเกตการณ์สูงเหนือพื้นดิน 13 เมตร	37
4.6 เส้นแนวโน้มการไหลของน้ำใต้ดินในชั้นหินรากฐาน	39
4.7 แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินทางคณิตศาสตร์	41
4.8 ภาพตัดขวางตามแนวสคมภ์ ที่ 15	41
4.9 ภาพตัดขวางตามแนวสคมภ์ ที่ 40	42
4.10 ภาพตัดขวางตามแนวสคมภ์ ที่ 70	42
4.11 ภาพตัดขวางตามแนวแถว ที่ 30	43
4.12 ภาพตัดขวางตามแนวแถว ที่ 70	43
4.13 ภาพตัดขวางตามแนวแถว ที่ 93	44
4.14 ขอบเขตเงื่อนไขที่กำหนดในแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน	46
4.15 ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ระดับน้ำใต้ดิน	46
4.16 กราฟเปรียบเทียบผลการจำลองการไหลแบบสภาวะการไหลคงที่	49
4.17 เส้นทางการไหลของน้ำใต้ดินจากการจำลองการไหลแบบสภาวะคงที่	49
4.18 ค่าการยอมให้น้ำซึมผ่านของแต่ละหน่วยหินหลังการปรับแก้	50

4.19 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ และสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ	51
4.20 ระดับน้ำในบ่อสังเกตการณ์ในชั้นหินรากฐาน	52
4.21 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินอาร์จีไลต์ (OA17/2G)	53
4.22 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (OA64B)	53
4.23 กราฟเปรียบเทียบผลการจำลองการไหลสภาวะการไหลไม่คงที่	54
4.24 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินอาร์จีไลต์ (RA5G)	55
4.25 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินอาร์จีไลต์ (OA17/2G)	55
4.26 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (OA41/4G)	56
4.27 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (OA63B)	56
4.28 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (OA64B)	57
4.29 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (OA67B)	57
4.30 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (OWA5)	58
4.31 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (PA9B)	58
4.32 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (PA11B)	59
4.33 กราฟเปรียบเทียบแรงดันน้ำกับเวลา ของหินปูน (PA13B)	59
4.34 กราฟเปรียบเทียบผลการจำลองการไหลสภาวะการไหลไม่คงที่กับข้อมูล ที่ตรวจวัดในสนาม 4,134 วัน	60
5.1 กรณีการเกิดการยกตัวของผนังบ่อเหมือง	64
5.2 แบบการทำเหมืองปี พ.ศ. 2550	65
5.3 แบบการทำเหมืองปี พ.ศ. 2555	66
5.4 แผนที่เส้นระดับความสูงของชั้นหินอุ้มน้ำรากฐาน	67
5.5 ภาพตัดขวางตามแนว N30	68
5.6 ภาพตัดขวางตามแนว N32	69
5.7 ภาพตัดขวางตามแนว N34	70
5.8 ภาพตัดขวางตามแนว N36	71
5.9 ภาพตัดขวางตามแนว N38	72
5.10 ภาพตัดขวางตามแนว N40	73
5.11 ภาพตัดขวางตามแนว N42	74
5.12 ภาพตัดขวางตามแนว N44	75
5.13 ภาพตัดขวางตามแนว N46	76

5.14 ภาพตัดขวางตามแนว N48	77
5.15 ภาพตัดขวางตามแนว N50	78
5.16 พื้นที่วิกฤติที่มีค่าสัดส่วนความปลอดภัยน้อยกว่า 1 ในปี พ.ศ. 2550	80
5.17 พื้นที่วิกฤติที่มีค่าสัดส่วนความปลอดภัยน้อยกว่า 1 ในปี พ.ศ. 2555	80
5.18 ระดับแรงดันน้ำใต้ดินที่ต้องการควบคุมในปี พ.ศ. 2550	83
5.19 ระดับแรงดันน้ำใต้ดินที่ต้องการควบคุมในปี พ.ศ. 2555	83
5.20 ตำแหน่งหลุมสูบน้ำ	84
5.21 ผลการจำลองการสูบน้ำกับระดับน้ำลด	85

### อักษรย่อและสัญลักษณ์

เมตร รทก.	เมตร ระดับน้ำทะเลปานกลาง
ลบ.เมตร/วัน	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
$\gamma_s$	Unit weight of soil
$\gamma_w$	Unit weight of water
$h_s$	Thickness of soil
$h_w$	Pressure head
cu.m	ลูกบาศก์เมตร
cu.m/day	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
F.S.	Factor of Safety
GHB	General head boundary condition
K, k	Hydraulic conductivity
m.MSL	meter from Mean See Level
q	Flow
RMS	Root Mean Square error
$S_s$	Specific storage
$S_y$	Specific yield
Thic.	ความหนาของชั้นดิน