

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและผลงานที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 สมการการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน	3
2.2 Theis Equation	8
2.3 วิธี Finite Difference	12
2.4 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายสภาพการไหล ของน้ำใต้ดิน	18
บทที่ 3 แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินที่ได้รับการพัฒนาขึ้น	23
3.1 ทฤษฎี Finite Difference ที่ใช้กับแบบจำลอง	23
3.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Program)	28
3.3 วิธีการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์	36
บทที่ 4 การทดสอบแบบจำลอง	37
4.1 การทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ	37
4.2 การใช้แบบจำลองกับพื้นที่จริง	41
บทที่ 5 ผลการทดสอบแบบจำลอง	61
5.1 ผลการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ	61
5.2 ผลการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่จริง	74
5.3 วิจารณ์แบบจำลอง	89
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะในการศึกษา	91
6.1 สรุป	91
6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป	92

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	95
ภาคผนวก ก. แสดงค่าพิกัดของจุดบนพื้นที่และค่าระดับที่เวลาเริ่มต้น บริเวณพื้นที่จริง	96
ภาคผนวก ข. แสดงข้อมูลและผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ (กรณีที่ 1)	105
ข.1 การเปรียบเทียบผลจากกรณีที่ 1 กับสมการของ Theis	107
ข.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ (กรณีที่ 1)	108
ข.3 ผลทดสอบจากแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ (กรณีที่ 1)	132
ภาคผนวก ค. แสดงข้อมูลและผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ (กรณีที่ 2)	142
ค.1 การเปรียบเทียบผลจากกรณีที่ 2 กับสมการของ Hantush and Jacob	143
ค.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ กรณีที่ 2	145
ค.3 ผลทดสอบจากแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ กรณีที่ 2	168
ภาคผนวก ง. แสดงข้อมูลและผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ (กรณีที่ 3)	180
ง.1 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ กรณีที่ 3	180
ง.2 ผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ กรณีที่ 3	205
ภาคผนวก จ. แสดงข้อมูลและผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่จริง (กรณีที่ 1)	217
จ.1 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 1	218
จ.2 ผลจากการคำนวณโดยแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 1	257
ภาคผนวก ฉ. แสดงข้อมูลและผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่จริง (กรณีที่ 2)	274
ฉ.1 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 2	275
ฉ.2 ผลจากการคำนวณโดยแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 2	312
ภาคผนวก ช. แสดงข้อมูลและผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่จริง (กรณีที่ 3)	329
ช.1 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 3	330
ช.2 ผลจากการคำนวณโดยแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 3	357
ประวัติผู้เขียน	384

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Well Function $W(u)$ กับค่าต่างๆของ $1/u$	10
ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดตำแหน่งบ่อ ค่าพิกัด และค่าระดับน้ำบาดาล ในเขตพื้นที่ศึกษา	52
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบ ค่าระดับน้ำบาดาล (Piezometric head) ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกรณีที่ 1 กับ ค่าที่ได้จาก Analytical Method โดยสมการของ Theis	62
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบ ค่าระดับน้ำบาดาล (Piezometric head) ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกรณีที่ 2 กับ ค่าที่ได้จาก Analytical Method โดยสมการของ Hantush and Jacob	66
ตารางที่ 5.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลอง กรณีที่ 3 ที่ระยะทางต่างๆ กับเวลา	69
ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการ Run ของโปรแกรมกับระยะห่างระหว่าง Nodes	70
ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำบาดาล (Piezometric head) ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลอง กรณีที่ 1 โดยใช้ระยะห่างระหว่าง Nodes เท่ากับ 2000 เมตร แล้วเทียบกับสูตรสำเร็จจากสมการของ Theis	72
ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าระดับน้ำบาดาล (Piezometric head) ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลอง กรณีที่ 1 โดยใช้ระยะห่างระหว่าง Nodes เท่ากับ 1500 เมตร แล้วเทียบกับสูตรสำเร็จจากสมการของ Theis	73
ตารางที่ 5.7 แสดงตำแหน่งและปริมาณ บริเวณพื้นที่รับน้ำ(Recharge) และพื้นที่จ่ายน้ำ(Discharge)	75
ตารางที่ ก.1 แสดงค่าพิกัดและค่าระดับน้ำบาดาลที่เวลาเริ่มต้น	97

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การวิเคราะห์การไหลผ่านตัวกลางพรุน	4
2.2 ชั้นอุ้มน้ำกึ่งปิดและรั่วซึม (Leaky Confined Aquifer)	11
2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $W(u,r/B)$ กับ $1/u$	12
2.4 การแบ่งส่วนย่อยของพื้นที่ออกเป็นกริด	13
2.5 ลักษณะการสร้างสมการพีชคณิตของ Internal Nodes	17
2.6 สภาพการไหลในชั้นอุ้มน้ำแบบเปิด (Unconfined Aquifers)	18
2.7 การไหลแบบผิวอิสระเมื่อชั้นที่บนน้ำอยู่ในแนวราบ	19
3.1 แสดงการแบ่ง Finite Difference Grid	25
3.2 แสดงความสัมพันธ์ของ Internal Nodes	25
3.3 แสดงความสัมพันธ์ของ Boundary Nodes	26
3.4 แสดงขั้นตอนการคำนวณในโปรแกรมคอมพิวเตอร์	28
3.5 แสดง Flowchart ของโปรแกรมการคำนวณ	30
3.6 แสดงรายละเอียดโปรแกรมคอมพิวเตอร์	34
3.7 แสดงตัวอย่างรูปแบบของไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมคำนวณ	36
4.1 แสดงรายละเอียดการแบ่งกริดของพื้นที่สำหรับทดสอบแบบจำลอง	40
4.2 แสดงสถานที่ตั้งโครงการพื้นที่ศึกษา	41
4.3 รายละเอียดของพื้นที่ศึกษา	42
4.4 แสดงลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	44
4.5 แสดงภาคตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	45
4.6 แสดงขอบเขตและการแบ่งกริดของพื้นที่ศึกษา	49
4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมผ่านในพื้นที่ศึกษา	50
4.8 แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา	59
4.9 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่เวลาเริ่มต้น	60
5.1 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกรณีที่ 1 กับค่าที่ได้จากสมการของ Theis ของวันที่ 3	63
5.2 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกรณีที่ 1 กับค่าที่ได้จากสมการของ Theis ของวันที่ 5	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.3 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกรณีที่ 1 กับค่าที่ได้จากสมการของ Theis ของวันที่ 7	64
5.4 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกรณีที่ 1 กับค่าที่ได้จากสมการของ Theis ของวันที่ 10	64
5.5 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกรณีที่ 2 กับค่าที่ได้จากสมการของ Hantush and Jacob ของวันที่ 3	67
5.6 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกรณีที่ 2 กับค่าที่ได้จากสมการของ Hantush and Jacob ของวันที่ 5	67
5.7 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกรณีที่ 2 กับค่าที่ได้จากสมการของ Hantush and Jacob ของวันที่ 7	68
5.8 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกรณีที่ 2 กับค่าที่ได้จากสมการของ Hantush and Jacob ของวันที่ 10	68
5.9 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลอง(กรณีที่ 3)	70
5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ กับ ระยะห่างระหว่าง Nodes	71
5.11 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่วันที่ 5 (กรณีที่ 1)	77
5.12 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่วันที่ 10(กรณีที่ 1)	78
5.13 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่วันที่ 5 (กรณีที่ 2)	79
5.14 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่วันที่ 10(กรณีที่ 2)	80
5.15 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่วันที่ 5 (กรณีที่ 3) มีการสูบที่บ่อ 432	81
5.16 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่วันที่ 10(กรณีที่ 3) มีการสูบที่บ่อ 432	82
5.17 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่วันที่ 5 (กรณีที่ 3) มีการสูบที่บ่อ 432 และบ่อ 170	83
5.18 แสดงเส้นชั้นความสูงของค่าระดับน้ำบาดาลที่วันที่ 10 (กรณีที่ 3)มีการสูบที่บ่อ 432 และบ่อ 170	84
5.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำบาดาลตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ของบ่อ หมายเลข 432 เมื่อไม่มีการสูบ	85
5.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำบาดาลตามแนวทิศตะวันออก-ตก ของบ่อ หมายเลข 432 เมื่อไม่มีการสูบ	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำบาดาลตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ของบ่อหมายเลข 432 เมื่อมีการสูบน้ำ	86
5.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำบาดาลตามแนวทิศตะวันออก-ตก ของบ่อหมายเลข 432 เมื่อมีการสูบน้ำ	86
5.23 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำบาดาลตามแนวทิศเหนือ-ใต้ กรณีมีการสูบน้ำพร้อมกัน 2 บ่อ	87
5.24 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำบาดาลตามแนวทิศตะวันออก-ตก ผ่านบ่อ 170 กรณีมีการสูบน้ำพร้อมกัน 2 บ่อ	87
5.25 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำบาดาลตามแนวทิศตะวันออก-ตก ผ่านบ่อ 432 กรณีมีการสูบน้ำพร้อมกัน 2 บ่อ	88
ข.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ กรณีที่ 1	108
ข.2 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติกรณีที่ 1	132
ค.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ กรณีที่ 2	145
ค.2 แสดงผลการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติกรณีที่ 2	168
ง.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติ กรณีที่ 3	180
ง.2 แสดงผลการทดสอบแบบจำลองกับพื้นที่สมมุติกรณีที่ 3	205
จ.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 1	218
จ.2 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองกับพื้นที่จริงกรณีที่ 1	257
ฉ.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 2	275
ฉ.2 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองกับพื้นที่จริงกรณีที่ 2	312
ช.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองกับพื้นที่จริง กรณีที่ 3	330
ช.2 แสดงผลที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองกับพื้นที่จริงกรณีที่ 3	367

คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	มิติ
A	พื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล	(L^2)
a	พื้นที่หน้าตัดของ Control Volume	(L^2)
b	ความหนาเฉลี่ยของชั้นให้น้ำแบบปิด	(L)
b	ความหนาเฉลี่ยของชั้นให้น้ำแบบปิดและรั่วซึม	(L)
C_1, C_2	ค่าคงที่	(ไร้มิติ)
c	segment ของเส้นขอบ	(L)
h	ค่าเสดชลศาสตร์ของชั้นให้น้ำแบบปิด	(L)
h	ค่าเสดชลศาสตร์ของชั้นให้น้ำแบบปิดและรั่วซึม	(L)
ID (I,J)	หมายเลขประจำ Nodes	(ไร้มิติ)
(I,J)	คู่ลำดับแทนเลขที่ของแถวตั้งและแถวนอน	(ไร้มิติ)
i, j, k	หนึ่งหน่วยเวกเตอร์ในแนวแกน x, y, และ z	(ไร้มิติ)
K	สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของชั้นอุ้มน้ำแบบปิด	$(L T^{-1})$
K	สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของชั้นอุ้มน้ำแบบปิดและรั่วซึม	$(L T^{-1})$
K_x, K_y, K_z	สัมประสิทธิ์ความซึมได้ ในแนวแกน x, y, และ z	$(L T^{-1})$
l	ระยะทางการไหล	(L)
m	จำนวนครั้งของ Iteration ที่กำลังทำ	(ไร้มิติ)
N	จำนวนของจุดทั้งหมดบน Solution Domain	(ไร้มิติ)
NB	จำนวนของ Boundary Point	(ไร้มิติ)
N_x	องค์ประกอบของ Unit Vector n ในแนวแกน x	(ไร้มิติ)
N_y	องค์ประกอบของ Unit Vector n ในแนวแกน y	(ไร้มิติ)
n	เวกเตอร์หนึ่งหน่วย	(ไร้มิติ)
Q	อัตราการไหล	$(L^3 T^{-1})$
Q_0	อัตราการสูบ	$(L^3 T^{-1})$
R	อัตราการเพิ่มในแนวตั้ง (Recharge)	$(L T^{-1})$
r	ระยะห่างจากบ่อสูบ	(L)
r_w	รัศมีของบ่อสูบ	(L)
S	Storativity	(ไร้มิติ)
S_s	ค่าการกักเก็บจำเพาะ	(L^{-1})
s	ค่าระดับลด (Drawdown)	(L)
T	สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน	$(L^2 T^{-1})$

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	มิติ
t	เวลา	(T)
V	ความเร็วดาร์ซี (Darcy Velocity)	(L T ⁻¹)
V_x, V_y, V_z	ความเร็วดาร์ซี ในแนวแกน x, y, และ z	(L T ⁻¹)
$\Delta V_x, \Delta V_y, \Delta V_z$	ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเร็วในแนวแกน x, y และ z	(L T ⁻¹)
$W(u)$	Well Function	(ไร้มิติ)
$W(u, r/B)$	Leaky Well Function	(ไร้มิติ)
$\Delta x, \Delta y, \Delta z$	ระยะทางที่เพิ่มขึ้นในแนวแกน x, y, และ z	(L)
α	สัมประสิทธิ์ของชั้นอุ้มน้ำ	(L T ² M ⁻¹)
β	สัมประสิทธิ์ของชั้นอุ้มน้ำ	(L T ² M ⁻¹)
δ	ระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่าง Internal Nodes	(L)
Δ	ระยะห่างระหว่าง Nodes	(L)
ρ	ความหนาแน่นของของไหล	(M L ⁻³)
∞	Infinity	(ไร้มิติ)
Γ	เส้นขอบของ Control Volume	(L)
$\vec{\nabla}$	Vector Operator del	(L ⁻¹)