ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยแรงโน้มถ่วงของโลก กับการกระจายตัวของขนาดทราย

นายธีระจิต จิตรากรณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-243-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18559785 - 7 ส.ค. 2545

THE RELATIONSHIP OF GRAVITY GROUNDWATER RECHARGE RATE AND GRAINSIZE DISTRIBUTION

Mr.Teerachit Chitrakorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN. 974-331-243-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยแรงโน้มถ่วงของโลกกับการกระจายตัวของขนาดทราย
โดย	นายธีระจิต จิตรากรณ์
ภาควิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ชัยยุทธ สุขศรี)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ จักรี จัตุฑะศรี)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทรโยธา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ธีระจิต จิตรากรณ์ : ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยแรงโน้มถ่วงของโลกกับการกระจายตัวของขนาดทราย (THE RELATIONSHIP OF GRAVITY GROUNDWATER RECHARGE RATE AND GRAINSIZE DISTRIBUTION) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ , 233 หน้า. ISBN 974-331-243-9

เนื่องจากการใช้น้ำบาดาลมีอัตราการใช้มากขึ้น ทำให้ระดับน้ำใต้ดินมีระดับลดตัวลง จึงมีการศึกษาหาวิธีการเพิ่มระดับน้ำใต้ดิน โดยนำน้ำจากผิวดินเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินโดยวิธีเติมน้ำจากสระหรือบ่อบาดาลในการศึกษาครั้งนี้ได้ทดลองหาอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยแรงโน้มถ่วงที่สัมพันธ์กับตัวกลางทราย ที่มีขนาดการกระจายตัวต่างๆ ในห้องปฏิบัติการเทียบกับผลการทดลองเติมน้ำภาคสนาม

การศึกษาได้จัดทำแบบจำลองการเติมน้ำใต้ดินโดยแรงโน้มถ่วงของโลกในห้องปฏิบัติการขนาดแบบจำลอง กว้าง 1.0 เมตร ยาว 2.1 เมตร สูง 0.5 เมตรเพื่อศึกษา ความนำชลศาสตร์ในแนวราบ อัตราการซึม อัตราการเติมน้ำ ระยะทางที่น้ำใต้ดินยกตัว ระดับน้ำยกตัวหลังการเติมน้ำ และอัตราการเติมน้ำใต้ดินที่ขนาดการกระจายตัวของทรายต่างๆ ของการเติมน้ำแบบสระและบ่อบาดาล พร้อมทั้งทดลองเติมน้ำด้วยสระขนาด กว้าง 10 เมตร ยาว 115 เมตร ลึก 2 เมตร และบ่อบาดาลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. ในภาคสนามที่หมู่บ้านกิโลสอง ต.สระแก้ว อ.เมือง จ.กำแพงเพชร

ผลการทดลองพบว่า อัตราการเติมน้ำใต้ดินที่เปลี่ยนแปลงเป็นผลมาจากคุณสมบัติของตัวกลางและระดับน้ำใต้ดิน ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบแปรผันตามขนาดทราย โดยมีค่ามากขึ้นตามขนาดที่มากขึ้น ค่าอัตราการซึมและอัตราการเติมน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบ อัตราการเติมมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการซึม และมีค่าลดลงเมื่อระดับน้ำใต้ดินมีค่าสูงขึ้น ลักษณะการยกตัวของระดับน้ำใต้ดินที่ตำแหน่งเติมน้ำในตัวกลางทรายที่ใหญ่ขึ้นมีค่าลดลง การกระจายของระดับน้ำใต้ดินจากตำแหน่งเติมน้ำ ขึ้นกับระดับน้ำใต้ดินและความลึกของสระเติมน้ำ การออกแบบหาขนาดของสระหรือบ่อเติม สามารถใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองไปประมาณหาอัตราการเติมน้ำโดยอาศัยข้อมูลของขนาดทรายที่ใช้ทดลอง

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C819129 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING
KEY WORD: GRAVITY GROUNDWATER / RECHARGE / GRAINSIZE DISTRIBUTION

TEERACHIT CHITRAKORN : THE RELATIONSHIP OF GRAVITY GROUNDWATER RECHARGE RATE AND GRAINSIZE DISTRIBUTION, THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. DR.SUCHARIT KOONTHANAKULVONG, 233 PP. ISBN 974-331-243-9

Nowadays, Groundwater use rate increases and causes to the decrease of groundwater level. There are studies to find the way to increase groundwater level by recharging natural water via the spreading basin or well. In the study, gravity groundwater recharge experiments were conducted to find the relationship of recharge rate and grainsize distribution through porous media was studied. The results were compared with the field experiment done in Kamphaeng Phet Province.

The physical model of 1x2.1x0.5 meter for gravity recharge experiment was built and the studies were done to determine hydraulic properties .i.e., horizontal hydraulic conductivity , infiltration rate , recharge coefficient , water level rise up, ground water profile compared with varied mean grainsize of both pond and well types. Field experiments were also conducted for comparison at Kilosong Village, Muang District, Kamphaeng Phet Province.

The study found that recharge rate is affected by mean grainsize and groundwater level . The horizontal hydraulic conductivity increases with the increase of mean grainsize . The infiltration rate equals to about 12% of the horizontal hydraulic ccnductivity. The recharge rate is closed to infiltration rate and decreases with the increase of groundwater level. The groundwater level rise up at recharge point is higher with the decrease in mean grainsize. Groundwater profile depended on the groundwater level and the depth of recharge pond. The design of recharge pond or well sizing can be determined by using the experimental relationships to estimate the recharge rate from mean grainsize data.

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์จักรี จัตุทะศรี อาจารย์ชัยยุทธ สุขศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทรโยธา โดยเฉพาะ รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนความคิดเห็นต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และแนวคิดต่างๆ ทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจถึงปัญหาและการแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ และทำให้การวิจัยของข้าพเจ้าสำเร็จลุล่วงลงได้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์สาธิต มณีผาย ที่ให้คำแนะนำด้านการศึกษา คุณประสพโชค มั่งจิตร คุณเฉลิมชัย ชายวรรณ คุณสมศักดิ์ เลิศประเสริฐพันธ์ ในการจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมแหล่งน้ำจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เจ้าหน้าที่กรมชลประทาน โครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดินในจังหวัดกำแพงเพชร ตลอดจนชาวบ้านหมู่บ้านกิโลสอง รวมทั้งเพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้อง ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการเรียนและการจัดทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ น้อง ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนด้านการเรียนและการเงิน โดยเฉพาะกำลังใจที่ได้รับด้วยดีเสมอมา ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้

ธีระจิต จิตรากรณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบข่ายการศึกษา 2

1.4 การศึกษาที่ผ่านมา 3

1.5 แนวทางการศึกษา 13

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา 15

2.1 นิยามและสมการพื้นฐานชั้นดินให้น้ำ 15

2.2 สมการการกระจายตัวของขนาดทราย 21

2.3 สมการวิเคราะห์ ระดับน้ำใต้ดินจากการเติมน้ำแบบแรงโน้มถ่วง 24

2.4 สมการความคล้ายคลึงทางชลศาสตร์ 25

2.5 อัตราการยกตัวและระยะยกตัวของระดับน้ำใต้ดิน 25

2.6 สมการวัดอัตราการไหล 26

2.7 สมการหาอัตราการซึมภาคสนาม 28

บทที่ 3 การทดลองในห้องปฏิบัติการ 31

3.1 อุปกรณ์การทดลองน้ำใต้ดิน 31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 อุปกรณ์การทดลองการกระจายตัวของขนาดทราย 39
3.3 เงื่อนไขการทดลองในห้องปฏิบัติการ 41
3.4 ขั้นตอนการทดลอง 42
3.5 ความสัมพันธ์ของผลการทดลองในห้องปฏิบัติการกับผลภาคสนาม 51

บทที่ 4 การทดลองภาคสนาม 54
4.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ทดลอง 54
4.2 สภาพพื้นที่ทดลอง 56
4.3 ลักษณะการทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง 56
4.4 เงื่อนไขการทดลอง 61
4.5 ขั้นตอนการทดลองในสนาม 62
4.6 การจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลสนาม 69

บทที่ 5 ผลการทดลอง
5.1 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ 76
5.2 ผลการทดลองในสนาม 98
5.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ 103
5.4 สรุปผลการทดลอง 109
5.5 แนวทางการออกแบบ 111

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 115
6.1 บทสรุป 115
6.2 ข้อเสนอแนะ 117

รายการอ้างอิง 120

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก ข้อมูลทรายที่ใช้ทดลอง 125
ภาคผนวก ข การสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำ 131
ภาคผนวก ค ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ 145
ภาคผนวก ง ผลการทดลองภาคสนาม 196
ภาคผนวก จ ภาพแสดงการทดลอง 225
ประวัติผู้ศึกษา 233

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 การเติมน้ำที่ผ่านมาในต่างประเทศ 11
2-1 การกำหนดชนิดของดิน 23
2-2 ค่าคงที่ C สำหรับการไหลของน้ำข้ามฝายสันกว้าง 27
3-1 ผลการสอบเทียบฝายวัดอัตราการไหล 38
3-2 เงื่อนไขการทดลองในห้องปฏิบัติการ 42
3-3 คุณสมบัติทรายตัวอย่าง 44
4-1 การทดลองเติมน้ำภาคสนาม 64
5-1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ 75
5-2 การทดลองภาคสนาม 76
5-3 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของทรายตัวอย่าง 78
5-4 ผลการทดลองความนำชลศาสตร์แนวราบทรายตัวอย่างที่ 1 81
5-5 ผลการทดลองความนำชลศาสตร์แนวราบ 82
5-6 อัตราส่วนความแตกต่างความนำชลศาสตร์ในแนวราบ 83
5-7 ผลการทดลองอัตราการซึม ทรายตัวอย่างที่ 1 84
5-8 ผลการทดลองอัตราการซึม ทรายตัวอย่างต่างๆ 84
5-9 อัตราส่วนความแตกต่างอัตราการซึม 85
5-10 อัตราส่วนระยะยกตัวแบบสระ 88
5-11 อัตราส่วนระยะทางน้ำเคลื่อนที่โดยสระ 92
5-12 อัตราส่วนความแตกต่างระยะยกตัวโดยบ่อ 95
5-13 อัตราส่วนระยะทางน้ำเคลื่อนที่โดยบ่อ 95
5-14 ระยะยกตัวและระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่หลังการเติมน้ำโดยสระ 99
5-15 ระยะยกตัวและระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่หลังการเติมน้ำโดยบ่อบาดาล 99
5-16 ผลการเปรียบเทียบการทดลองเติมน้ำ 109

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	ตำแหน่งพื้นที่ทดลองภาคสนาม	4
1-2	ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวเฉลี่ยกับความนำชลศาสตร์	8
1-3	ขั้นตอนการศึกษา	14
2-1	ลักษณะชั้นดินให้น้ำแบบเปิดและปิด	17
2-2	ลักษณะชั้นดินให้น้ำแบบรั่วซึม	17
2-3	ความนำชลศาสตร์ในแนวราบ	20
2-4	อัตราการซึม	21
2-5	เส้นกราฟการกระจายตัวของทราย	22
2-6	ลักษณะการเติมน้ำใต้ดิน	25
2-7	อัตรายกตัวหลังการเติมน้ำ	26
2-8	อัตราการซึมในพื้นที่ทดลอง	28
2-9	อัตราการเติมน้ำผ่านบ่อบาดาล	29
3-1	แบบจำลองการเติมน้ำใต้ดิน	31
3-2	ระบบเติมน้ำ	32
3-3	รูปด้านข้าง	34
3-4	ตำแหน่งหลอดวัดระดับความดันน้ำ	35
3-5	ฝายวัดปริมาณน้ำ	37
3-6	ตะแกรงมาตรฐาน	40
3-7	การทดลองความนำชลศาสตร์แนวราบ	46
3-8	อัตราการซึม	46
3-9	ตำแหน่งเติมน้ำโดยสระ	48
3-10	การทดลองอัตราการเติมน้ำโดยสระ	50
3-11	การทดลองอัตราการเติมน้ำโดยบ่อบาดาล	50
3-12	ตำแหน่งเติมน้ำโดยบ่อบาดาล	52
4-1	ตำแหน่งพื้นที่ทดลอง	57
4-2	ลักษณะพื้นที่ทดลอง	58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4-3	ตำแหน่งบ่อบาดาลวงรอบเล็ก	60
4-4	วิธีการทดลองภาคสนาม	63
4-5	ตำแหน่งบ่อบาดาลวงรอบกลาง	67
4-6	ตำแหน่งบ่อบาดาลวงรอบใหญ่	68
4-7	ขอบเขตระดับน้ำใต้ดินวงรอบกลาง	70
4-8	ขอบเขตระดับน้ำใต้ดินวงรอบเล็ก	71
4-9	ระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ทดลองเติมน้ำ	72
4-10	แนวพิจารณาระดับน้ำใต้ดิน	73
5-1	ผลการทดลองการกระจายตัวของทราย	77
5-2	ความนำชลศาสตร์แนวราบทรายตัวอย่างที่ 1	80
5-3	ความสัมพันธ์ระหว่างความนำชลศาสตร์แนวราบกับการกระจายตัวของทราย	86
5-4	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมกับการกระจายตัวของทราย	86
5-5	ความสัมพันธ์ ระหว่างอัตราการเติมน้ำโดยรวมแบบสระกับการกระจายตัวทราย	89
5-6	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำแบบสระกับการกระจายตัวของทราย	89
5-7	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการยกตัวกับการกระจายตัวของทราย แบบสระ	90
5-8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระยะทางกับการกระจายตัวของทราย แบบสระ	91
5-9	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำโดยรวมแบบบ่อกับการกระจายตัวทราย	93
5-10	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำโดยบ่อกับการกระจายตัวของทราย	93
5-11	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการยกตัวกับการกระจายตัวของทรายแบบบ่อ	94
5-12	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่กับการกระจายตัวของทรายกรณีบ่อบาดาล	96
5-13	การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ (การทดลองที่ 1)	100
5-14	การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ (การทดลองที่ 2)	100
5-15	การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ (การทดลองที่ 3.1และ3.2)	101
5-16	การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ (การทดลองที่ 3.3 และ 3.4)	101

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5-17	การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ (การทดลองที่4.1)	102
5-18	การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ (การทดลองที่ 4.2)	102
5-19	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมและอัตราการเติมน้ำ	104
5-20	ความสัมพันธ์ระหว่างความนำชลศาสตร์ในแนวราบกับอัตราการซึม	104
5-21	ตำแหน่งเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหล	105
5-22	ระดับการไหลของน้ำใต้ดินเมื่อ (ไม่มีระดับน้ำใต้ดินเดิม)	106
5-23	ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน (เมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิม 5 ซม)	106
5-24	ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน (เมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิม 10 ซม)	107
5-25	ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน (เมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิม 15 ซม)	107
5-26	ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน (เมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิม 25 ซม)	108
5-27	แนวทางการออกแบบระบบการเติมน้ำโดยสระ	112
5-28	แนวทางการออกแบบระบบการเติมน้ำโดยบ่อ	114