บทที่ 5

ผลการทดลอง

การทดลองหาอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกนี้ ได้ทำการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ

1. การศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพ ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน คุณสมบัติของน้ำใต้ดินผ่านตัวกลาง โดยในการทดลองนี้ใช้ทรายจำนวน 7 ตัวอย่างเป็นตัวแทนในการศึกษาอัตราการเติมน้ำผ่านตัวกลางทราย โดยการศึกษาได้แบ่งชุดการทดลองดังนี้ (ตารางที่ 5-1)

ตารางที่ 5-1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

การทดลอง	ลักษณะการวิเคราะห์	สัญลักษณ์/จำนวน
1	การกระจายตัวของทราย	R1-R7 / 7
2	ความนำชลศาสตร์ในแนวราบ (K_H)	FA11-FA18 / 56
3	อัตราการซึม (K_Z)	FB11-FB74 /28
4	อัตราการเติมน้ำ (K_R) กรณีสระ	RDW111-RDW745 / 140
5	อัตราการเติมน้ำ (K_R)กรณีบ่อบาดาล	RCW111-RCW753 / 105

2. การศึกษาในภาคสนาม โดยใช้ผลการทดลองเติมน้ำในภาคสนาม เพื่อวิเคราะห์หา อัตราการเติมน้ำ อัตราการซึม ระยะและระดับการยกตัว โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทดลองเติมน้ำในพื้นที่ทดลองโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 9 ชุดการทดลอง ตามวันเวลา และลักษณะการทดลองดังนี้ (ตารางที่ 5-2)

ตารางที่ 5-2 การทดลองภาคสนาม

การทดลอง	ช่วงเวลา	ลักษณะการทดลอง
K1	พฤษภาคม 2540	สระเติมน้ำ
K2	ธันวาคม 2540	สระเติมน้ำ
K3.1	มีนาคม2541	สระเติมน้ำ
K3.2	มีนาคม2541	สระเติมน้ำ
K3.3	เมษายน 2541	สระเติมน้ำ
K3.4	เมษายน 2541	สระเติมน้ำ
K4.1	มีนาคม 2541	บ่อบาดาลเติมน้ำ
K4.2	มีนาคม - เมษายน 2541	บ่อบาดาลเติมน้ำ
K5	กุมภาพันธ์ 2541	Double ring infiltrometer

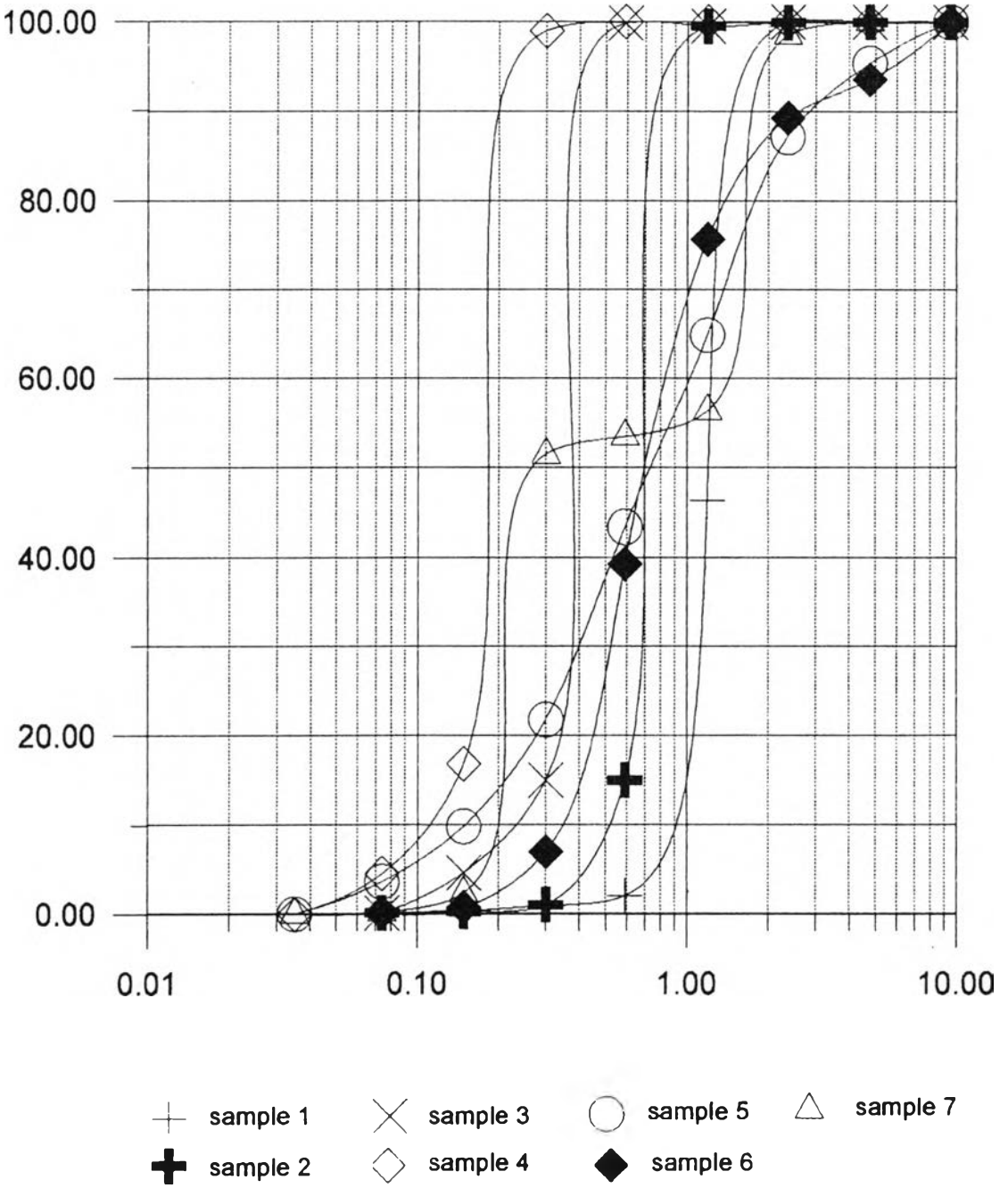
ผลการทดลองสามารถวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

5.1 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

5.1.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดทราย

ผลการทดลองอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยใช้ทรายเป็นตัวกลางในการศึกษานี้ ได้นำทรายตัวอย่างมาทำการทดลอง 7 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นทรายที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ จำนวน 4 ตัวอย่าง (R1-R4) ทรายที่นำมาคละกัน 2 ตัวอย่าง (R5 และ R7) และทรายจากการทดลองภาคสนาม 1 ตัวอย่าง (R5) เพื่อทดสอบการกระจายตัวของเม็ดเพื่อแบ่งกลุ่มชนิดของทรายตามลักษณะการทดลอง

โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างทรายออกเป็น 3 กลุ่มตามการกระจายตัวคือ ทรายที่มีขนาดเม็ดคละกันอย่างเหมาะสม (well graded) ทรายที่มีขนาดเม็ดเป็นขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ (uniform grade) และทรายที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (gap graded) ซึ่งการกำหนดกลุ่มของทรายตัวอย่างจะใช้วิธีการร่อนผ่านตระแกรงมาตรฐาน (sieve analysis) และนำผลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าร้อยละสะสมของทรายที่ผ่านตะแกรงกับขนาดตะแกรงดังนี้ (รูปที่ 5-1)



sample 1-4 poorly graded (uniform graded)

sample 5 well graded

sample 6 poorly graded (uniform graded)

sample 7 poorly graded (gap graded)

รูปที่ 5-1 ผลการทดลองการกระจายตัวของทราย

และนำผลจากความสัมพันธ์ที่ได้มาตรวจสอบค่าการกระจายตัวของทราย ตามสมการการกระจายตัวของขนาดทรายโดยมีผลการกระจายตัวของทรายดังนี้ (ตารางที่ 5-3)

ตารางที่ 5-3 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของทรายตัวอย่าง

ตัวอย่างทราย	D_{50} มม.	D_{10} มม.	D_{30} มม.	D_{60} มม.	C_c	C_u	หมายเหตุ
1	1.20	0.90	1.20	1.33	0.90	1.47	uniform graded
2	0.70	0.51	0.70	0.70	1.37	1.37	uniform graded
3	0.39	0.22	0.38	0.39	1.68	1.77	uniform graded
4	0.19	0.12	0.18	0.19	1.42	1.58	uniform graded
5	0.72	0.16	0.40	1.00	1.00	6.25	well graded
6	0.68	0.34	0.51	0.80	0.96	2.35	field
7	0.29	0.12	0.21	1.50	0.25	12.50	gap grade

จากผลการทดลองสามารถแบ่งกลุ่มของทรายตามลักษณะการทดลองได้ โดยทรายตัวอย่างที่ 1-4 เป็นทรายตัวอย่างหลัก และจากเส้นโค้งการกระจายตัวทราบว่าทรายตัวอย่างที่ 1-4 เป็นทรายที่มีเม็ดใกล้เคียงกัน ทรายตัวอย่างที่ 6 เป็นทรายที่มีขนาดคละกันไม่ดีชนิดเม็ดทรายมีขนาดสม่ำเสมอ ($C_u < 6$) และ (C_c ไม่อยู่ระหว่าง 1-3) และ ทรายตัวอย่างที่ 7 เป็นทรายที่มีชนิดเม็ดแบบขาดช่วง ในขณะที่ทรายตัวอย่างที่ 5 เป็นทรายที่มีขนาดเม็ดคละกันดี ($C_u > 6$) และ (C_c อยู่ระหว่าง 1-3)

5.1.2 <u>การวิเคราะห์ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบ</u> K_H

ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดทรายตัวอย่างทั้ง 7 ตัวอย่าง ตามหัวข้อ 5.1.1 นั้นสามารถกำหนดคุณสมบัติตัวอย่างทราย เพื่อหาค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งค่าความนำชลศาสตร์นี้มีค่าแตกต่างกันตามขนาดของทรายแต่ละขนาด โดยค่าความนำชลศาสตร์ช่วยให้ทราบถึง การเปลี่ยนแปลงระยะทางเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในทรายตัวอย่างเทียบกับเวลาที่ผ่านไป

โดยผลการทดลองค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบนี้ เป็นความสัมพันธ์ที่ได้จากค่าความเร็วการไหลและความลาดชันทางชลศาสตร์ (hydraulic gradient) ของแต่ละหน้าตัด

การทดลองค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบนี้ ได้กำหนดระดับน้ำที่แตกต่างระหว่างด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ จำนวน 8 กรณี ในแต่ละชนิดของทราย โดยตัวอย่างผลการทดลองค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบของทรายตัวอย่างที่ 1 (ตารางที่ 5-4) และผลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการไหลที่ได้จากการคำนวณ (Q/A) กับความชันชลศาสตร์ (รูปที่ 5-2) (ผลการทดลองทรายตัวอย่างอื่นแสดงในภาคผนวก ค.) ในขณะที่ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบของทรายแต่ละชนิดมีค่าดังนี้ (ตารางที่ 5-5)

โดยมีตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณความนำชลศาสตร์ในแนวราบของทรายตัวอย่างที่ 1 ดังนี้

1. กำหนดระดับน้ำเหนือน้ำและท้ายน้ำแตกต่าง 5 ซม. (FA11)

2. แบ่งหน้าตัดการไหลเป็น 17 หน้าตัด (ตามตำแหน่งหลอดวัดระดับความดันที่ 1-3 , 7 , 12-15 , 20 , 25-28 , 32 , 37-38)

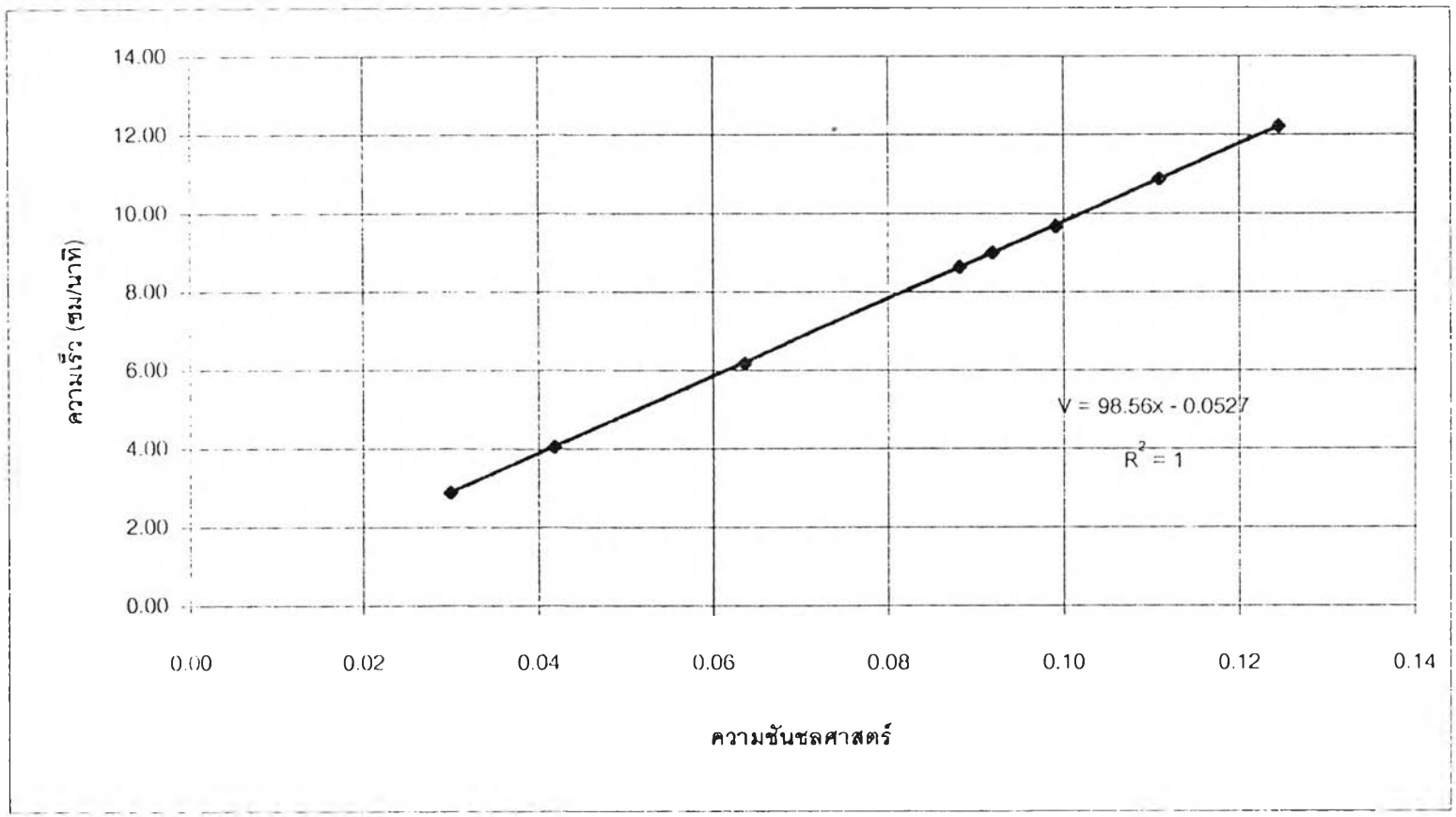
3. วัดระดับน้ำที่หลอดวัดระดับความดันตามตำแหน่งในข้อ 2.

4. คำนวณ ความชันชลศาสตร์(S)ที่ได้จากอัตราส่วนของระดับน้ำที่แตกต่าง(dh)ระหว่างหลอดวัดระดับความดันที่ต่อเนื่องกันเทียบกับระยะทางแตกต่าง(dl)ระหว่างหลอดวัดระดับความดันนั้นๆ เช่น หลอดวัดระดับความดันที่ 1 และ 2

dh	=	(19.7-19.4)	=	0.30 ซม.
dl	=	(20-10)	=	10 ซม.
S	=	0.03		
V	=	Q/A ซม./นาที		
A	=	19.7*100	=	1970 ตร.ซม
Q	=	5.02 ลิตร/นาที ; $Q=0.015H^{1.45}$		

5. คำนวณค่าความเร็วการไหล(V)และความชันชลศาสตร์(S) ในหลอดวัดระดับความดันที่ต่อเนื่องกันในตำแหน่งต่างๆ (ตามข้อ 2)

6. คำนวณค่าเฉลี่ยของความเร็วการไหล(V)และความชันชลศาสตร์(S) ในหลอดวัดระดับความดันที่ต่อเนื่องกันในตำแหน่งต่างๆ (ตามข้อ 2)



รูปที่ 5-2 ความนำชลศาสตร์แนวราบของทรายตัวอย่างที่ 1

7. คำนวณค่าเฉลี่ยของความเร็วการไหล(V)และความชันชลศาสตร์(S) ในหลอดวัดระดับความดันที่ต่อเนื่องกันในตำแหน่งต่างๆ (ตามข้อ 2) ในกรณีที่ความแตกต่างระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำเปลี่ยนแปลง(FA11-FA18)

8. นำค่าเฉลี่ยของความเร็วการไหล(V)และความชันชลศาสตร์(S) ในกรณีที่ความแตกต่างระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำเปลี่ยนแปลง(FA11-FA18) เพื่อหาความสัมพันธ์เส้นตรง และค่าความชันที่ได้จากความเร็วการไหล(V)และความชันชลศาสตร์(S)นี้ คือค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบของทรายตัวอย่างนี้ (K_H=98.56 ซม./นาที)

ตารางที่ 5-4 ผลการทดลองความนำชลศาสตร์ในแนวราบทรายตัวอย่างที่ 1

การทดลอง	D_{50} (มม.)	ความเร็ว(ซม/นาที)	ความชันชลศาสตร์	K_H (ซม./นาที)
FA11	1.20	2.91	0.03	97.00
FA12	1.20	4.06	0.04	101.50
FA13	1.20	6.20	0.06	103.03
FA14	1.20	8.66	0.08	108.25
FA15	1.20	9.01	0.09	100.11
FA16	1.20	9.68	0.09	107.55
FA17	1.20	10.88	0.11	98.90
FA18	1.20	12.22	0.12	101.83
เฉลี่ย		7.90	0.08	98.56

ตารางที่ 5-5 ผลการทดลองความนำชลศาสตร์ในแนวราบ

ตัวอย่างทราย	ชนิด	D_{50} (มม.)	K_H (ซม/นาที)	สัญลักษณ์
1	uniform graded	1.20	98.56	FA11-FA18
2	uniform graded	0.70	75.63	FA21-FA28
3	uniform graded	0.39	31.03	FA31-FA38
4	uniform graded	0.19	6.83	FA41-FA48
5	well graded	0.72	80.98	FA51-FA58
6	field	0.68	69.17	FA61-FA68
7	gap graded	0.29	9.43	FA71-FA78

จากผลการทดลองทราบว่าค่าความนำชลศาสตร์มีค่าสูงขึ้น เมื่อทรายตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากขึ้น ในขณะที่ความเร็วการไหลมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับความนำชลศาสตร์ในแนวราบ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความนำชลศาสตร์ในแนวราบกับการกระจายตัวของทราย (รูปที่ 5-3)

โดยความนำชลศาสตร์แนวราบเมื่อหาความสัมพันธ์กับการกระจายตัวของขนาดทรายตัวอย่างหลักจำนวน 4 ตัวอย่าง (รูปที่ 5-3) สามารถกำหนดสมการความสัมพันธ์ระหว่างความนำชลศาสตร์แนวราบกับการกระจายตัวของทรายได้ดังสมการ

$$K_H = 98.97 (D_{50})^{1.48} \qquad (5\text{-}1)$$

ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบ จากการทดลองการกระจายตัวของทรายตัวอย่าง 4 ชนิด หลัก เมื่อนำผลการคละกันของทรายตัวอย่างและทรายจากการทดลองภาคสนาม กรณีของทรายที่มีขนาดคละกันดี(well graded) (ทรายตัวอย่างที่ 5) ทรายที่มีขนาดคละกันแบบขาดช่วง (ทรายตัวอย่างที่ 7) (gap graded) และทรายจากการทดลองภาคสนาม (field) โดยทรายตัวอย่างคละกันมีความแตกต่างเทียบกับสมการที่ 5-1 ของทรายตัวอย่างเริ่มต้น (ตารางที่ 5-6) โดยผลการเปรียบเทียบสรุปในหัวข้อ 5.1.3 พร้อมกับอัตราการซึม

ตารางที่ 5-6 อัตราส่วนความแตกต่างความนำชลศาสตร์ในแนวราบ

ทรายตัวอย่าง	ชนิด	D_{50} มม.	K_H ซม/นาที	$K_{H\ uniform}$ ซม/นาที	$K_H/K_{H\ uniform}$
5	well graded	0.72	80.98	60.86	1.33
6	field	0.68	69.17	55.92	1.23
7	gap graded	0.29	15.84	15.84	0.59

5.1.3 <u>การวิเคราะห์อัตราการซึม</u> K_z

นอกจากค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบที่เป็นส่วนสำคัญ ในการกำหนดคุณสมบัติต่างๆของทรายแล้ว อัตราการซึมของน้ำผ่านตัวกลางสามารถใช้กำหนดคุณสมบัติของทรายเช่นกัน ซึ่งในการทดลองอัตราการซึมของแบบจำลองทางกายภาพนี้ ได้กำหนดลักษณะของการทดลองโดยใช้ทรายตัวอย่างทั้ง 7 ชนิด ดังข้อ 5.1.1

การทดลองกำหนดชุดการทดลองโดยให้ระดับน้ำที่อยู่เหนือทรายกรอง มีการเปลี่ยนแปลงและผลการทดลองค่าอัตราการซึมที่ได้ แสดงตัวอย่างการคำนวณของอัตราการซึมในทรายตัวอย่างที่ 1 โดยมีขั้นตอนดังนี้ดังนี้

1. กำหนดระดับน้ำเดิมเหนือทรายตัวอย่าง 1 ซม. (FB11)

2. คำนวณความชันชลศาสตร์(S) จากอัตราส่วนระหว่างระดับเติมน้ำสูงสุด(H_T) กับความหนาทรายตัวอย่าง(H_A) (การทดลอง FB11 S=31/30)

3. วัดระดับน้ำผ่ายฝายตัวที่ 1 และ 2

3.1 $Q_1 = 0.015H_1^{2.46}$; H_1= 6.9 Q_1 = 98.79 ลิตร/นาที

3.2 $Q_2 = 0.013H_1^{2.50}$; H_1= 7.0 Q_1 = 98.01 ลิตร/นาที

3.3 $Q_{\text{รวม}}$ = 196.8 ลิตร/นาที

4. พื้นที่หน้าตัดทรายตัวอย่าง = 18,000 ตร.ซม

5. ความเร็วการไหล(V) คือ อัตราส่วนระหว่าง ปริมาณน้ำ(Q)กับพื้นที่(A)

6. อัตราการซึม(K_Z) คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วการไหล(V=10.93)กับความชันชลศาสตร์(S=1.03) (K_Z = 10.61)

7. คำนวณค่าเฉลี่ยอัตราการซึม(5ครั้ง) จากการทดลอง FB11 (K_z=10.85)

8. คำนวณอัตราการซึมเฉลี่ยกรณีเปลี่ยนแปลงระดับเติมน้ำ (FB11-FB14)

โดยผลการทดลองอัตราการซึมของน้ำในทรายตัวอย่างที่ 1 โดยมีระดับการเติมน้ำที่ระดับ 1 , 5 ,10 และ 15 ซม ตามลำดับ แสดงดังนี้ (ตารางที่ 5-7) ในขณะที่ผลการทดลองอัตราการซึมของทรายแต่ละตัวอย่างแสดงดังนี้ (ตารางที่ 5-8)

ตารางที่ 5-7 ผลการทดลองอัตราการซึมในทรายตัวอย่างที่ 1

การทดลอง	ระดับการเติมน้ำ (H_T)	$S=H_T/H_A$	V	K_z (ซม./นาที)
FB11	31	1.03	11.05	10.90
FB12	35	1.16	12.98	11.12
FB13	40	1.33	14.81	11.12
FB14	45	1.50	16.68	11.12

ตารางที่ 5-8 ผลการทดลองอัตราการซึมในทรายตัวอย่างต่างๆ

ตัวอย่างทราย	ชนิด	D_{50} (มม.)	K_V (ซม/นาที)	สัญลักษณ์
1	uniform graded	1.20	11.10	FB11-FB14
2	uniform graded	0.70	6.71	FB21-FB24
3	uniform graded	0.39	2.82	FB31-FB34
4	uniform graded	0.19	0.83	FB41-FB44
5	well graded	0.72	7.31	FB51-FB54
6	field	0.68	6.45	FB61-FB64
7	gap graded	0.29	1.46	FB71-FB74

จากผลการทดลองที่ได้ อัตราการซึมของน้ำผ่านทรายแต่ละตัวอย่างนั้นพบว่าทรายตัวอย่างขนาดเดียวกันอัตราการซึมมีค่าสูงขึ้นเมื่อระดับของการเติมน้ำมีค่าสูง และในกรณีทรายตัวอย่างที่มีการกระจายตัวสูงอัตราการซึมมีค่าสูงกว่าทรายที่มีการกระจายตัวต่ำ

การทดลองอัตราการซึม เมื่อนำการกระจายตัวของทรายมาหาความสัมพันธ์ (รูปที่ 5.4) สามารถกำหนดสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมกับการกระจายตัวของทรายได้ดังสมการ

$$K_z = 9.81 (D_{50})^{1.44} \quad (5\text{-}2)$$

อัตราการซึมจากการทดลองการกระจายตัวของทรายตัวอย่างหลัก 4 ชนิด เมื่อนำผลการคละกันของทรายตัวอย่างและทรายจากการทดลองภาคสนาม กรณีของทรายที่มีขนาดคละกันดี(well graded) (ทรายตัวอย่างที่ 5) ทรายที่มีขนาดคละกันแบบขาดช่วง (ทรายตัวอย่างที่ 7) (gap graded) และทรายจากการทดลองภาคสนาม (field) โดยทรายตัวอย่างคละกันมีความแตกต่างเทียบกับสมการที่ 5-2 ของทรายตัวอย่างหลัก

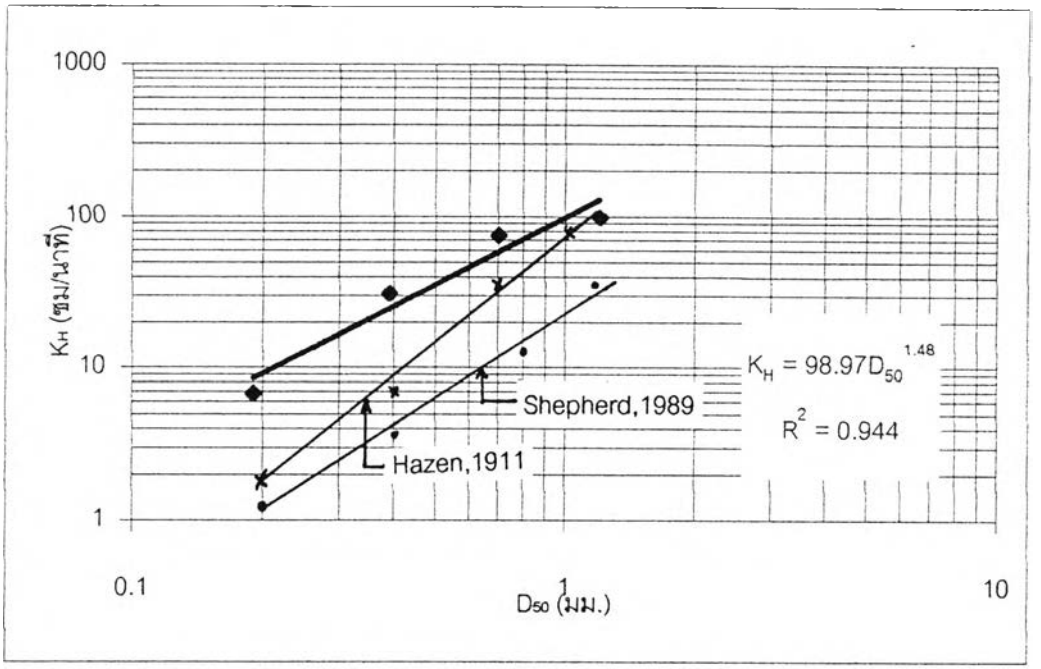
ความแตกต่างระหว่าง ค่าอัตราการซึมของทรายที่คละกันกับทรายตัวอย่างหลัก โดยผลการทดลองเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลจากการคำนวณสมการที่ 5-2 พบว่ามีค่าความแตกต่างระหว่างอัตราการซึมของทรายตัวอย่างที่คละกันกับทรายตัวอย่างหลักดังนี้ (ตารางที่ 5-9)

ตารางที่ 5-9 อัตราส่วนความแตกต่างอัตราการซึม

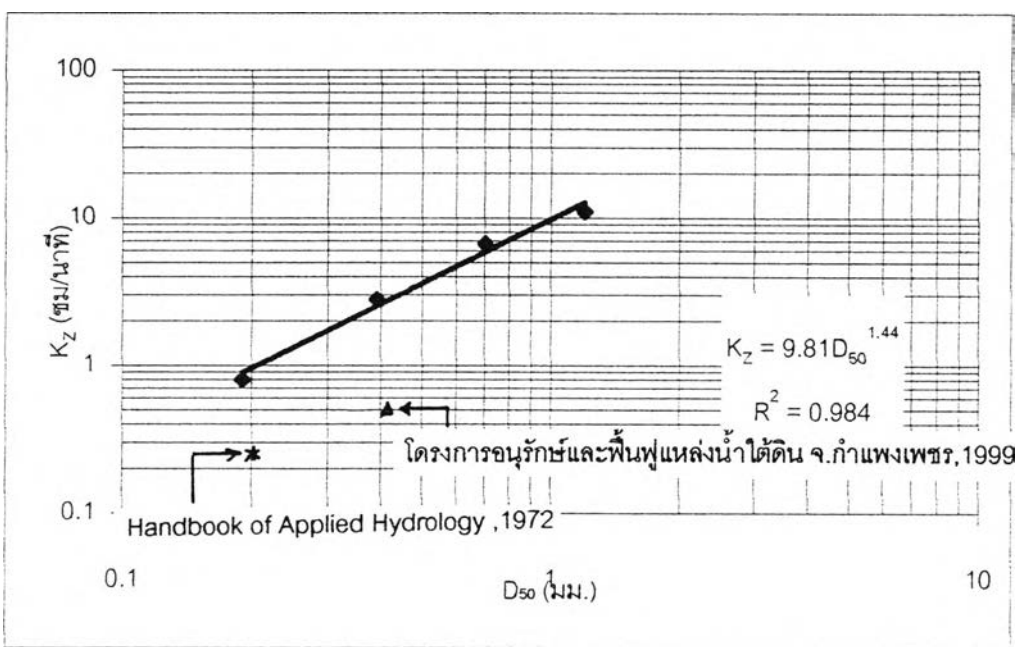
ทรายตัวอย่าง	ชนิด	D_{50} มม.	K_z ซม/นาที	$K_{z\ uniform}$ ซม/นาที	$K_z/K_{z\ uniform}$
5	well graded	0.72	7.30	6.11	1.19
6	field	0.68	6.45	5.62	1.15
7	gap graded	0.29	1.36	1.65	0.88

ความแตกต่างของความนำชลศาสตร์แนวราบ และ อัตราการซึมจากการทดลองที่มีการกระจายตัวของทรายในกรณีทรายตัวอย่างหลัก เปรียบเทียบกับทรายตัวอย่างคละกันในกรณีต่างๆ สรุปได้ดังนี้

1. ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบและอัตราการซึมของทรายคละกันแบบ well graded มีค่า 1.19-1.33 เท่า หรือเฉลี่ย 1.26 เท่าของทรายตัวอย่างหลัก



รูปที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่างความนำชลศาสตร์แนวราบ (K_H)กับการกระจายตัวของทราย(D_{50})



รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์อัตราการซึม (K_Z)กับการกระจายตัวของทราย(D_{50})

2. ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบและอัตราการซึมของทรายจากภาคสนาม มีค่า 1.15-1.23 เท่า หรือ 1.19 เท่า ของทรายตัวอย่างหลัก

3. ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบและอัตราการซึมของทรายคละกันแบบ gap graded มีค่าประมาณ 0.59-0.88 เท่า หรือ 0.74 เท่า ของทรายตัวอย่างหลัก

5.1.4 การวิเคราะห์อัตราการเติมน้ำโดยใช้สระทดลอง

ในการทดลองการเติมน้ำผ่านทรายตัวอย่างโดยใช้สระทดลองเติมน้ำนี้ สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกระจายตัวของขนาดทราย (D_{50}) กับอัตราการเติมน้ำโดยรวม (Q_r) โดยมีความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5-5 ซึ่งเห็นได้ว่าอัตราการเติมน้ำมีค่ามากขึ้นเมื่อขนาดทรายใหญ่ขึ้น

นอกจากนั้น ผลการทดลองเติมน้ำสามารถหาความสัมพันธ์ของค่าอัตราการเติมน้ำของสระเติมน้ำ(K_R) ซึ่งได้จากการทดลองเติมน้ำโดยใช้สระทดลองในแบบจำลอง และสามารถหาความสัมพันธ์ของอัตราการเติมน้ำ(K_R) กับการกระจายตัวของทรายได้ (รูปที่ 5-6) โดยลักษณะค่าอัตราการเติมน้ำโดยสระเติมน้ำมีลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะเดียวกับ การทดลองค่าอัตราการซึม โดยการทดลองค่าอัตราการเติมน้ำได้กำหนดชุดการทดลองคล้ายกับการทดลองค่าอัตราการซึม โดยกำหนดระดับการเติมน้ำเหนือทรายตัวอย่าง นอกจากนั้นการทดลองเติมน้ำโดยสระยังกำหนดเปลี่ยนระดับน้ำใต้ดินเริ่มต้น (0 ซม.-25 ซม) ซึ่งสามารถเห็นอิทธิพลของน้ำใต้ดินได้ ลักษณะของน้ำใต้ดินเริ่มต้นคือไม่มีค่าระดับน้ำใต้ดินนั้น เป็นลักษณะเดียวกับการทดลองค่าอัตราการซึม

ผลการทดลองการเติมน้ำ โดยสระเติมน้ำที่ระดับเหนือทรายตัวอย่างแต่ละชนิดสามารถสรุปอัตราการเติมน้ำโดยรวมผ่านสระทดลองที่ระดับน้ำใต้ดินต่างๆกัน (ภาคผนวก ค.) ในขณะที่อัตราการเติมน้ำโดยรวมที่กล่าวมานี้ สามารถวัดได้จากถังวัดปริมาณน้ำที่ติดตั้ง ฝายวัดน้ำทั้ง 2 ด้านของแบบจำลอง

จากผลการทดลองพบว่าค่าอัตราการเติมน้ำของสระทดลอง ในกรณีของการเติมน้ำเหนือทรายกรองและระดับน้ำใต้ดินเริ่มต้นมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งคล้ายกับการทดลองอัตราการซึม โดยค่าอัตราการเติมน้ำโดยสระที่การกระจายตัวของทรายต่างชนิด มีค่าใกล้เคียงกับค่าอัตราการ

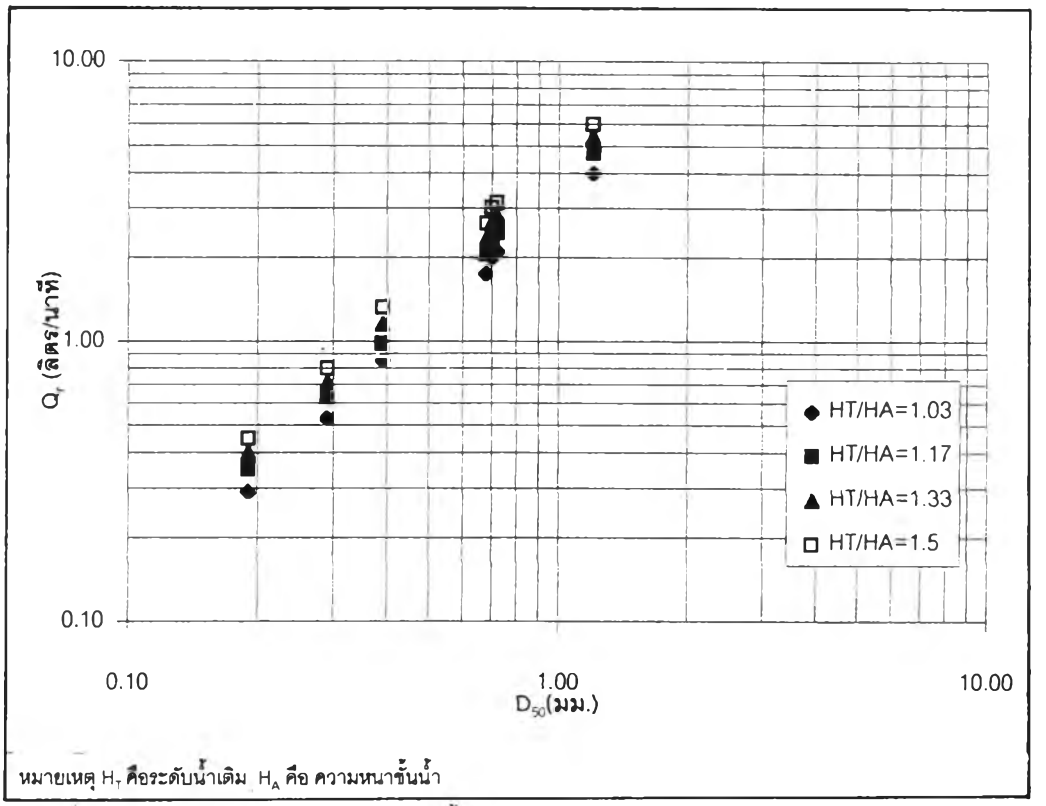
ซึมเมื่อเทียบกับการกระจายตัวของทราย (รูปที่ 5-6) และจากรูปที่ 5-6 นั้น พบว่าอัตราการเติมน้ำที่ระดับน้ำใต้ดินมีค่าต่ำลักษณะการไหลของน้ำเป็นการไหลเนื่องจากอิทธิของการซึมแนวดิ่ง และเมื่อระดับน้ำใต้ดินมีค่าสูงขึ้นลักษณะการไหลในแนวดิ่งมีค่าลดลง

การทดลองเติมน้ำโดยสระทดลองนี้นอกจากหาค่าอัตราการเติมน้ำได้แล้ว ยังสามารถตรวจสอบระดับน้ำยกตัวสูงสุด ซึ่งอยู่ในแนวของตำแหน่งเติมน้ำ โดยผลการทดลองเติมน้ำโดยสระเติมน้ำ พบว่าเมื่อปริมาณการเติมน้ำมีค่าสูง ระดับการยกตัวเหนือระดับน้ำใต้ดินเดิม (H_d) มีค่าสูง ระดับยกตัวน้อยลงเมื่อขนาดทรายใหญ่ขึ้นและระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น อัตราการเติมน้ำโดยรวมมีค่าสูงขึ้น ระดับของน้ำในแต่ละจุดของหลอดวัดระดับน้ำก็ยกตัวสูงขึ้นเช่นกัน และกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินมีระดับสูง อัตราการเติมน้ำโดยรวมของพื้นที่มีค่าลดลง ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำโดยรวมกับระยะยกตัวในทรายแต่ละชนิดสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 5-7 โดยความแตกต่างของผลการทดลองของทรายคละกันในทรายตัวอย่างที่ 5 6 และ 7 เทียบกับเส้นความสัมพันธ์ของทรายตัวอย่างหลัก ดังสมการในรูปที่ 5-7 แสดงผลดังตารางที่ 5-10

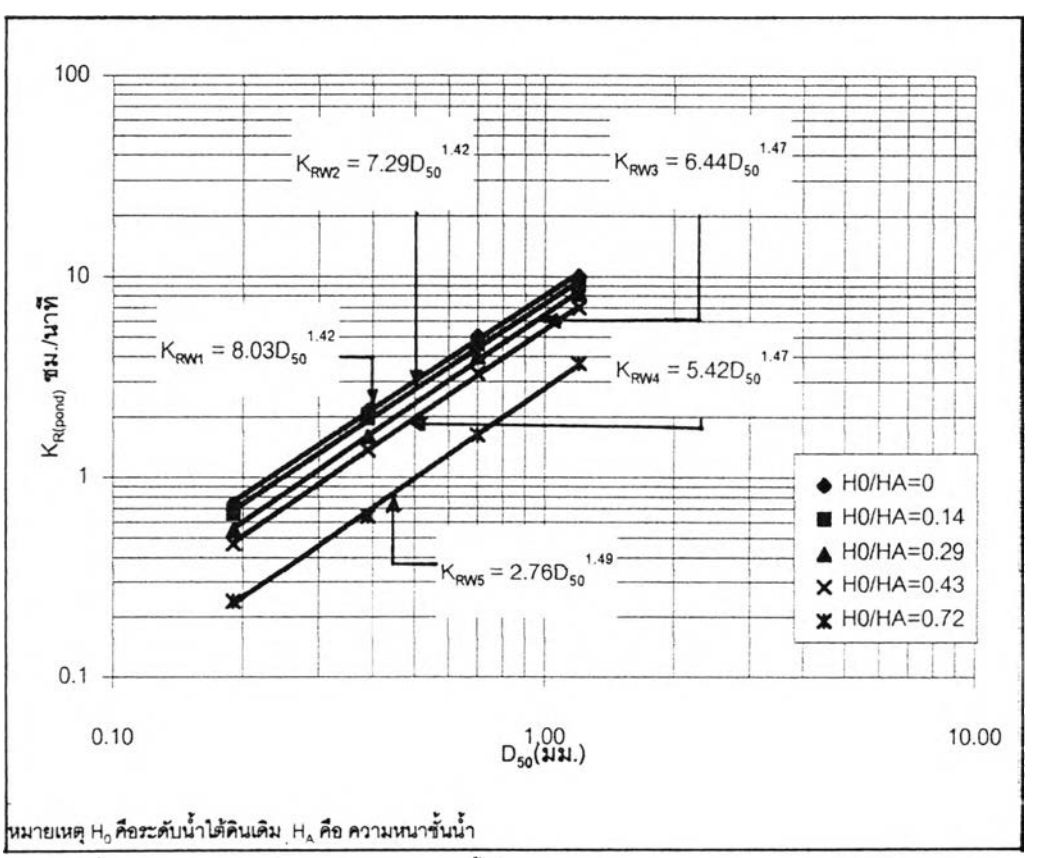
ตารางที่ 5-10 อัตราส่วนระยะยกตัวโดยสระ

ทรายตัวอย่าง	ชนิด	D_{50} มม.	H_d/H_A ซม/นาที	$(H_d/H_A)_{uniform}$ ซม/นาที	$(H_d/H_A)/(H_d/H_A)_{uniform}$
5	well graded	0.72	0.060	0.073	0.82
6	field	0.68	0.062	0.073	0.82
7	gap graded	0.29	0.076	0.084	0.90

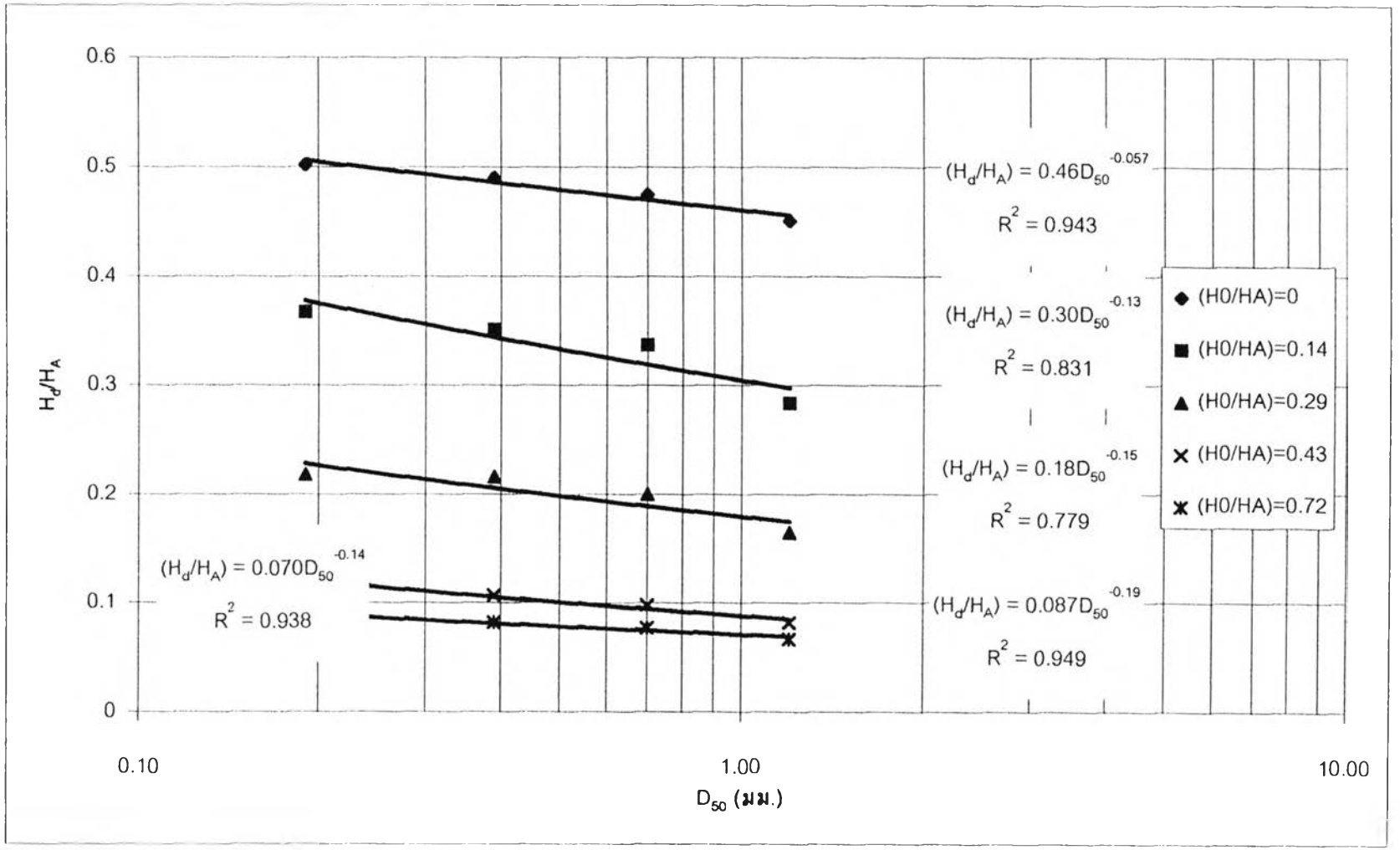
ระยะทางที่น้ำสามารถเคลื่อนที่ได้หลังจากเติมน้ำในการทดลอง กรณีเติมน้ำด้วยสระ เนื่องจากความกว้างของแบบจำลองมีระยะจำกัดจึงไม่ทราบถึงระยะทางที่แท้จริง ดังนั้นระยะทางที่ได้ในการทดลองจึงเป็นการคำนวณโดยใช้ค่าความชันชลศาสตร์ เพื่อประมาณระยะทางที่เกิดขึ้น พบว่าระยะทางที่น้ำเคลื่อนที่เป็นสัดส่วนส่วนกับความกว้างสระและน้อยลงเมื่อทรายมีขนาดใหญ่ขึ้นและน้อยลงเมื่อระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5-8 โดยมีอัตราส่วนระยะทางที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่หลังการเติมน้ำในทรายที่มีขนาดคละกัน เทียบกับระยะทางจากเส้นความสัมพันธ์ในรูปที่ 5-8 ดังตารางที่ 5-11



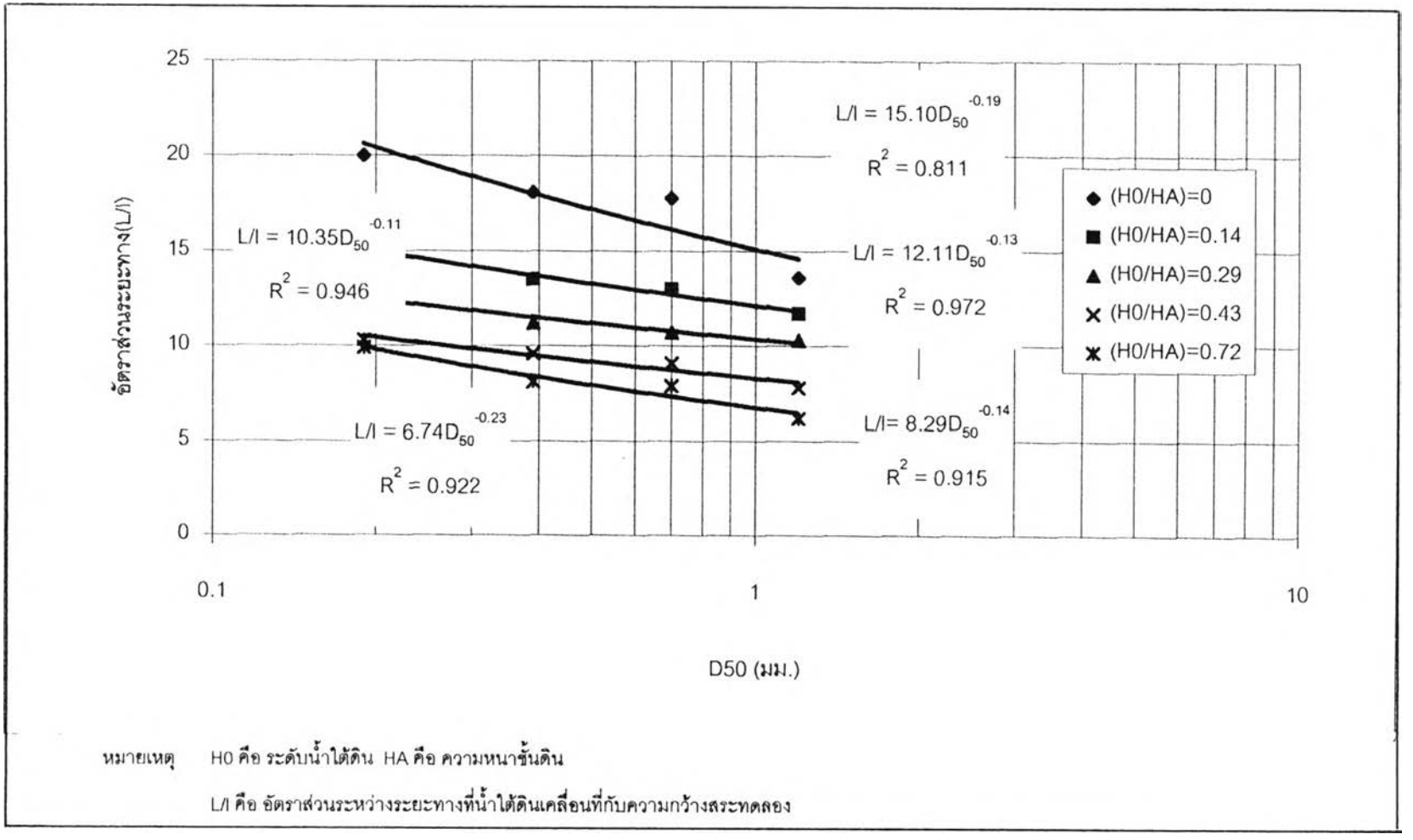
รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำโดยรวม(Q_T)โดยสระกับการกระจายตัวของขนาดทราย (D_{50})



รูปที่ 5-6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำโดยสระ(K_R)กับการกระจายตัวของขนาดทราย (D_{50})



รูปที่ 5-7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการยกตัว(H_d/H_A)กับการกระจายตัวของทราย(D_{50}) กรณีสระทดลอง



หมายเหตุ H0 คือ ระดับน้ำใต้ดิน HA คือ ความหนาชั้นดิน

L/I คือ อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่กับความกว้างสระทดลอง

รูปที่ 5-8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่กับการกระจายตัวของทราย กรณีสระ

ตารางที่ 5-11 อัตราส่วนระยะทางน้ำเคลื่อนที่โดยสระ

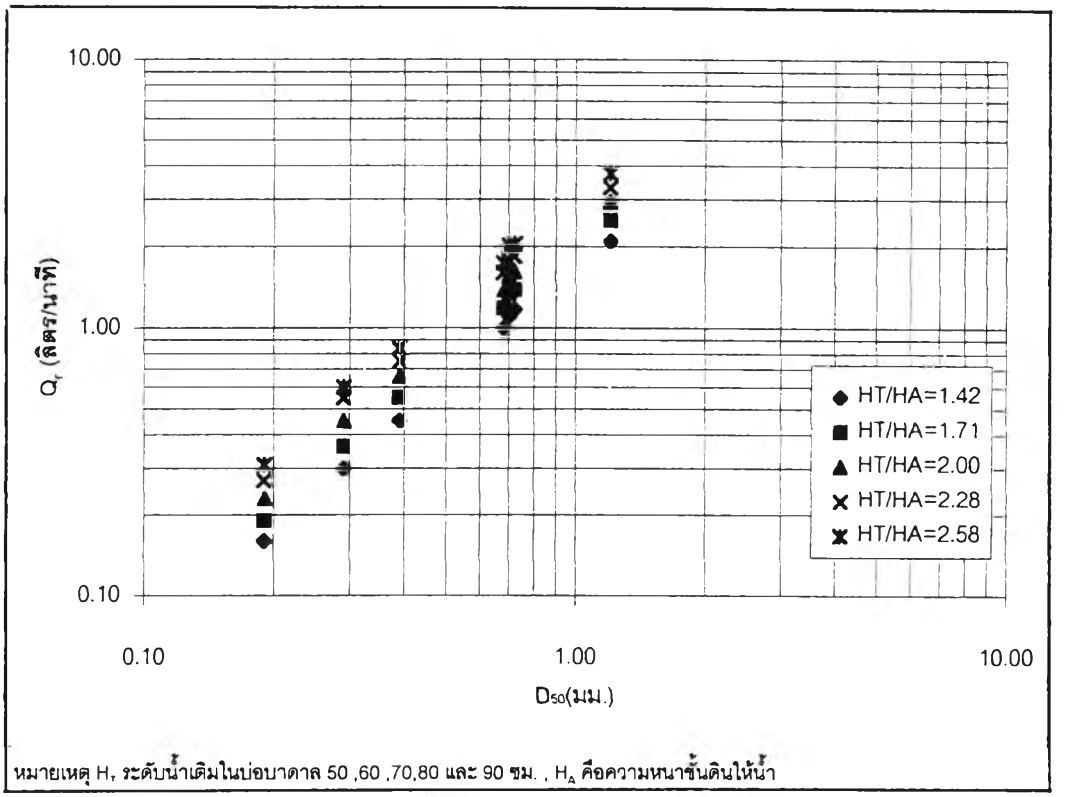
ทรายตัวอย่าง	ชนิด	D_{50} มม.	L/I ซม/นาที	$L/I_{uniform}$ ซม/นาที	$(L/I)/(L/I)_{uniform}$
5	well graded	0.72	10.2	7.27	1.40
6	field	0.68	10.4	7.37	1.41
7	gap graded	0.29	13.2	8.98	1.46

5.1.5 การวิเคราะห์อัตราการเติมน้ำโดยใช้บ่อบาดาลทดลอง

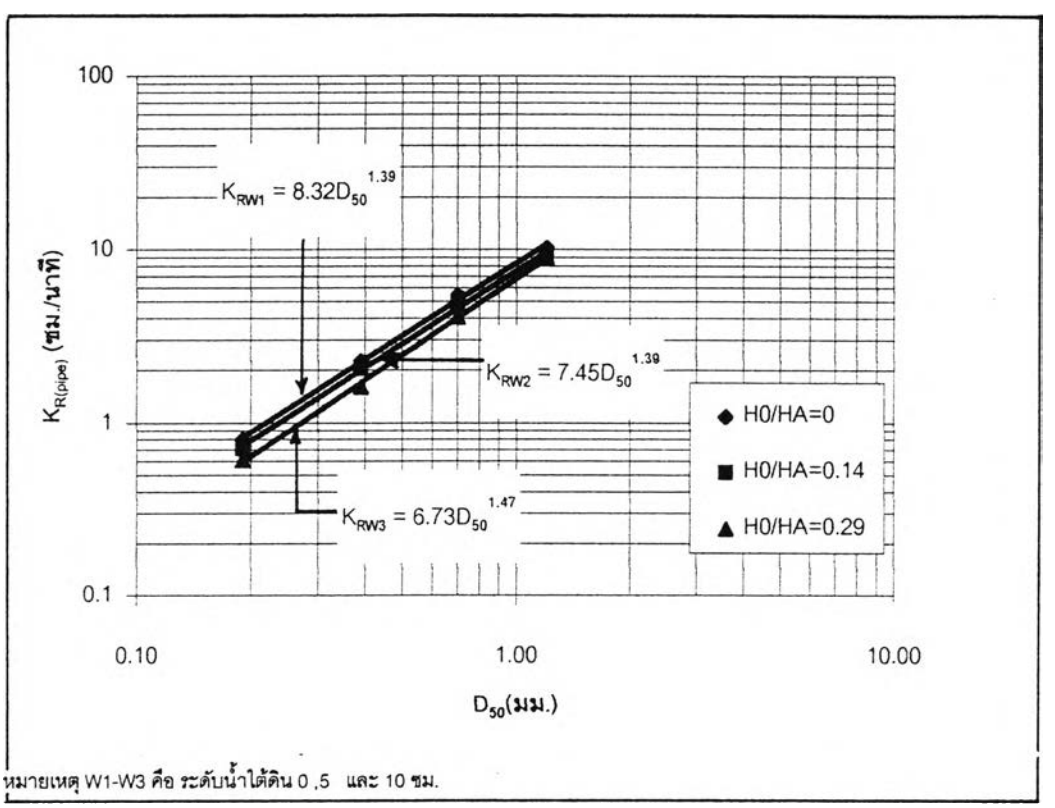
ผลการทดลองเติมน้ำโดยบ่อบาดาล ในห้องปฏิบัติการนี้ได้เติมน้ำผ่านทรายตัวอย่างโดยใช้บ่อทดลองเติมน้ำนี้ สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกระจายตัวของขนาดทราย (D_{50}) กับอัตราการเติมน้ำโดยรวม (Q_r) โดยมีความสัมพันธ์(รูปที่ 5-9)

นอกจากนั้น ผลของการเติมน้ำสามารถหาความสัมพันธ์ของค่าอัตราการเติมน้ำโดยบ่อบาดาลเติมน้ำ (K_R) ซึ่งได้จากการทดลองเติมน้ำโดยบ่อบาดาลทดลอง โดยลักษณะค่าอัตราการเติมน้ำโดยบ่อบาดาลเติมน้ำ มีลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูลเทียบกับค่าการกระจายตัวของขนาดทราย (รูปที่ 5-10) โดยการทดลองอัตราการเติมน้ำได้กำหนดชุดการทดลองโดยกำหนดระดับการเติมน้ำในบ่อบาดาลเหนือทรายตัวอย่าง นอกจากนั้นการทดลองเติมน้ำโดยบ่อบาดาลได้กำหนดระดับน้ำใต้ดินเริ่มต้นเป็นศูนย์ ระดับน้ำใต้ดินที่ระดับ 5 ซม และ 10 ซม โดยมีอัตราการเติมน้ำในการทดลองแต่ละชุด (ภาคผนวก ค.)

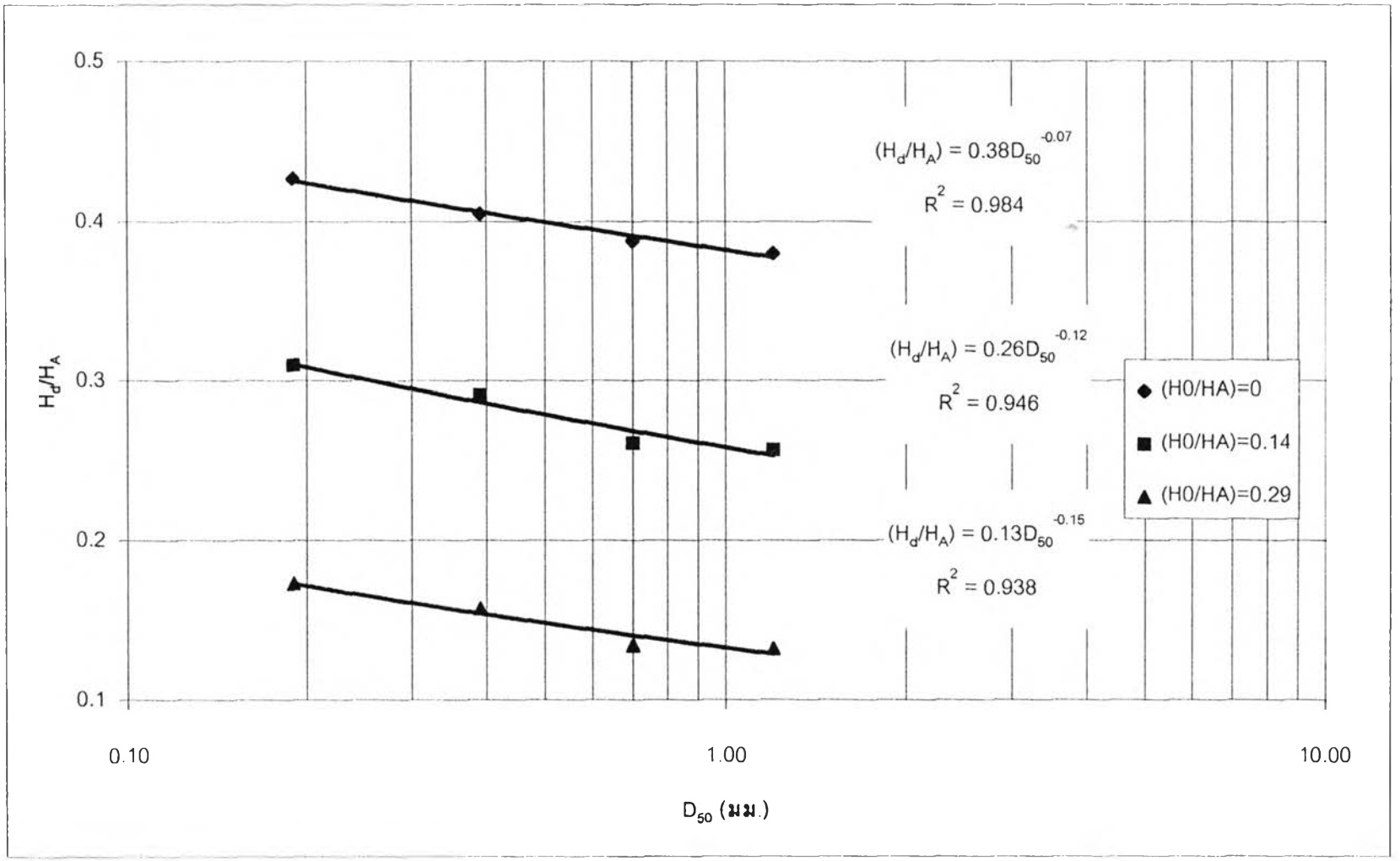
จากผลการทดลองพบว่า ระดับน้ำยกตัวเหนือระดับน้ำใต้ดินเดิม(H_d) รอบบ่อบาดาลเติมน้ำมีค่าสูงเมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิมต่ำ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการยกตัวของระดับน้ำหลังจากเติมน้ำโดยบ่อบาดาลที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดิน ตามขนาดการกระจายตัวของทรายต่างๆ (รูปที่ 5-11) โดยความแตกต่างของผลการทดลองของทรายคละกันในทรายตัวอย่างที่ 5 6 และ 7 เทียบกับเส้นความสัมพันธ์ของทรายตัวอย่างหลัก ดังสมการในรูปที่ 5-11 แสดงผลดังตารางที่ 5-12



รูปที่ 5-9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำโดยรวม(Q_r)โดยบ่อบาดาลกับการกระจายตัวของขนาดทราย (D_{50})



รูปที่ 5-10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำโดยบ่อบาดาล(K_R)กับการกระจายตัวของขนาดทราย (D_{50})



รูปที่ 5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการยกตัว(H_d/H_A)กับการกระจายตัวของทราย(D_{50}) กรณีบ่อบาดาลทดลอง

ตารางที่ 5-12 อัตราส่วนความแตกต่างระยะยกตัวโดยบ่อ

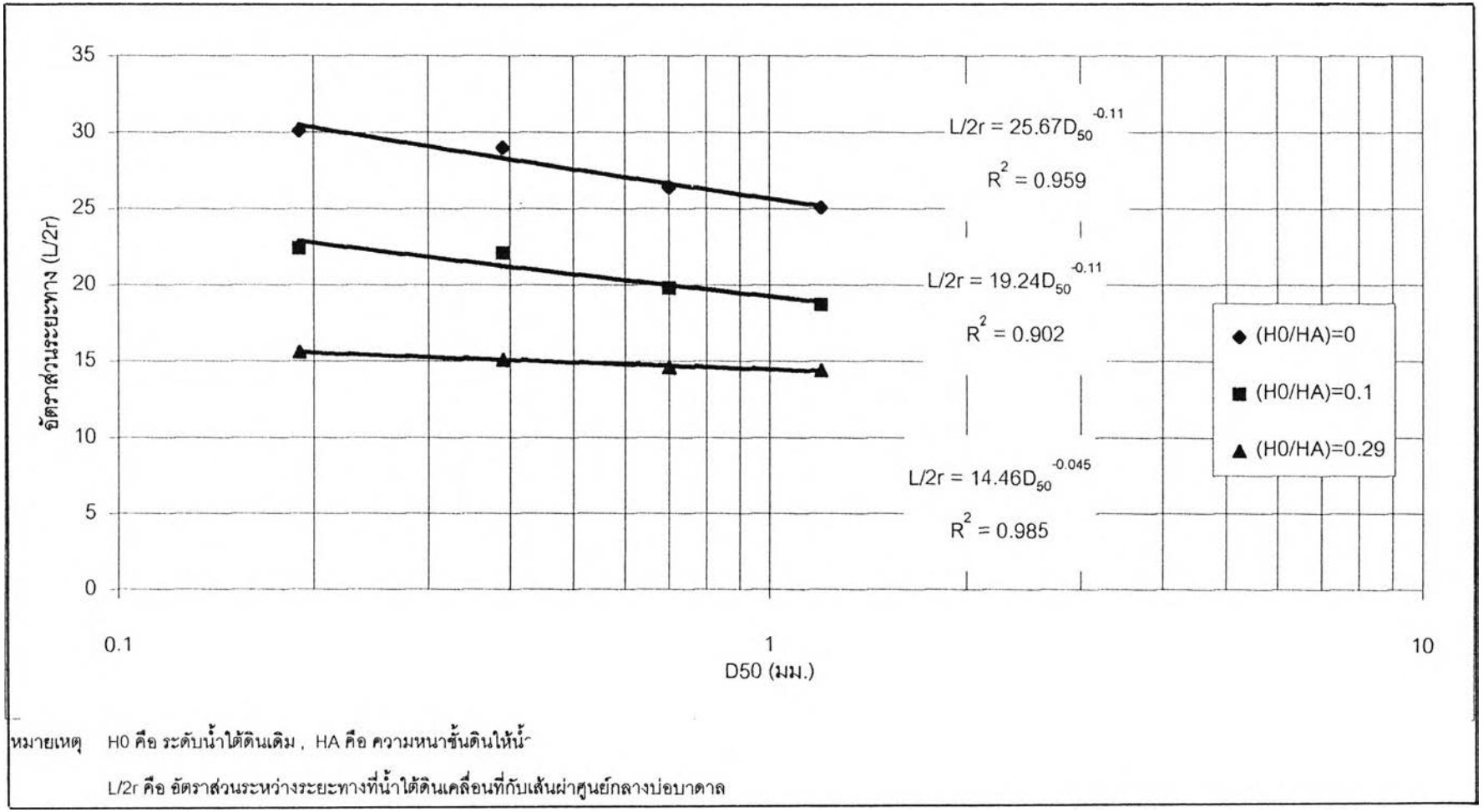
ทรายตัวอย่าง	ชนิด	D_{50} มม.	H_d/H_A ซม/นาที	$(H_d/H_A)_{uniform}$ ซม/นาที	$(H_d/H_A)/(H_d/H_A)_{uniform}$
5	well graded	0.72	0.30	0.39	0.76
6	field	0.68	0.30	0.38	0.78
7	gap graded	0.29	0.35	0.41	0.85

ผลการทดลองเติมน้ำโดยบ่อบาดาล สามารถตรวจสอบระยะทางที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ (L) หลังจากเติมน้ำได้สรุประยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่ เทียบกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบ่อบาดาล (2r) ในกรณีทรายตัวอย่างมีขนาดการกระจายตัวต่างกัน ระดับน้ำเติมมีระดับต่างกันและระดับน้ำใต้ดินมีระดับแตกต่างกัน แสดงดังนี้ (รูปที่ 5-12) โดยมีอัตราส่วนระยะทางที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ หลังการเติมน้ำในทรายที่มีขนาดคละกัน เทียบกับระยะทางจากเส้นความสัมพันธ์ในรูปที่ 5-12 ดังตารางที่ 5-13

ตารางที่ 5-13 อัตราส่วนระยะทางน้ำเคลื่อนที่โดยบ่อ

ทรายตัวอย่าง	ชนิด	D_{50} มม.	L/2r ซม/นาที	$L/2r_{uniform}$ ซม/นาที	$(L/2r)/(L/2r)_{uniform}$
5	well graded	0.72	30.00	25.76	1.16
6	field	0.68	30.12	25.78	1.16
7	gap graded	0.29	32.27	26.07	1.23

ผลการทดลองเติมน้ำโดยบ่อบาดาล ให้ผลไปทำนองเดียวกับผลการทดลองเติมน้ำโดยสระ แต่อิทธิพลของน้ำใต้ดินมีทำให้การเติมน้ำมีค่าน้อยลง เนื่องจากเป็นการเติมลงชั้นน้ำใต้ดินอยู่แล้ว



รูปที่ 5-12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่กับการกระจายตัวของทราย กรณีบ่อบาดาล

ความแตกต่างของอัตราส่วนระยะยกตัว และอัตราส่วนระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่ ที่มีการกระจายตัวของทรายในกรณีทรายตัวอย่างหลัก เปรียบเทียบกับทรายตัวอย่างคละกันในกรณีต่างๆ สรุปได้ดังนี้

1. ค่าอัตราส่วนระยะยกตัวโดยสระทดลองและบ่อบาดาลทดลอง ของทรายคละกันแบบ well graded มีค่า 0.76-0.82 เท่า หรือเฉลี่ย 0.79 เท่า ของทรายตัวอย่างหลัก

2. ค่าอัตราส่วนระยะยกตัวโดยสระทดลองและบ่อบาดาลทดลอง ของทรายจากภาคสนาม มีค่า 0.78-0.82 เท่า หรือเฉลี่ย 0.80 เท่า ของทรายตัวอย่างหลัก

3. ค่าอัตราส่วนระยะยกตัวโดยสระทดลองและบ่อบาดาลทดลอง ของทรายคละกันแบบ gap graded มีค่า 0.85-0.90 เท่า หรือเฉลี่ย 0.88 เท่า ของทรายตัวอย่างหลัก

4. ค่าอัตราส่วนระยะทางน้ำเคลื่อนที่ โดยสระทดลองและบ่อบาดาลทดลอง ของทรายคละกันแบบ well graded มีค่า 1.16 - 1.40 เท่า หรือเฉลี่ย 1.28 เท่า ของทรายตัวอย่างหลัก

5. ค่าอัตราส่วนระยะทางน้ำเคลื่อนที่ โดยสระทดลองและบ่อบาดาลทดลอง ของทรายจากภาคสนาม มีค่า 1.16 - 1.41 เท่า หรือเฉลี่ย 1.28 เท่า ของทรายตัวอย่างหลัก

6. ค่าอัตราส่วนระยะทางน้ำเคลื่อนที่ โดยสระทดลองและบ่อบาดาลทดลอง ของทรายคละกันแบบ gap graded มีค่า 1.23 - 1.46 เท่า หรือเฉลี่ย 1.35 เท่า ของทรายตัวอย่างหลัก

5.2 ผลการทดลองภาคสนาม

การตรวจสอบระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ทดลองพบว่า มีความสอดคล้องกับระดับน้ำใต้ดินของจังหวัดซึ่งมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก และการทดลองการเติมน้ำในพื้นที่ทดลองพบว่าลักษณะการยกตัวของระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นบริเวณตำแหน่งเติมน้ำ (ระดับการยกตัวของน้ำสูงจากตำแหน่งสระเติมน้ำหรือบ่อบาดาลเติมน้ำ) เมื่อระยะทางการไหลมีค่าสูงขึ้น ระดับการยกตัวของน้ำใต้ดินมีค่าลดลง แต่เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินก่อนเติมน้ำมีลักษณะเอียงตัวจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ซึ่งลักษณะการเอียงตัวของน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ทดลองนั้น มีทิศทางเดียวกับการเอียงตัวของระดับน้ำใต้ดินเดิมเช่นกัน

การทดลองเติมน้ำโดยสระทดลอง มีลักษณะการยกตัวของระดับน้ำกับระยะทางที่น้ำใต้ดินสามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อมีปริมาณน้ำเติมต่างๆกัน เนื่องจากลักษณะการเอียงตัวของน้ำใต้ดินเดิม ทำให้ลักษณะการลดตัวของน้ำใต้ดินจากตำแหน่งเติมน้ำ มีลักษณะการไหลไปตามแนวระดับน้ำใต้ดินที่มีค่าต่ำ ดังนั้นจึงปรับระดับน้ำใต้ดินที่วัดได้ ตามวิธีการดังข้อ 4.6.1 โดยผลการปรับค่าระดับน้ำใต้ดินที่วัดได้ในการทดลองเติมน้ำแบบสระจำนวน 6 ครั้ง โดยมีลักษณะการเอียงตัวของน้ำใต้ดินหลังการปรับค่าระดับน้ำใต้ดินที่วัดได้ (รูปที่ 5-13 ถึง รูปที่ 5-16)

การทดลองเติมน้ำโดยบ่อบาดาล จำนวน 2 ครั้ง โดยลักษณะการเอียงตัวของน้ำใต้ดินหลังการปรับค่าระดับน้ำใต้ดินที่วัดได้ (รูปที่ 5-17 ถึง รูปที่ 5-18)

ผลการทดลองเติมน้ำในพื้นที่ทดลอง เพื่อหาค่าความนำชลศาสตร์ของการทดลองเติมน้ำใต้ดิน ระยะยกตัวของน้ำใต้ดินเหนือระดับน้ำใต้ดินเดิม และระยะทางที่น้ำเคลื่อนที่ในการทดลองภาคสนาม ในกรณีของการเติมน้ำโดยสระทดลอง และการเติมน้ำโดยบ่อบาดาลทดลอง โดยสรุปผลการทดลองดังตารางที่ 5-14 และตารางที่ 5-15

ตารางที่ 5-14 ระยะยกตัวและระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่หลังการเติมน้ำโดยสระทดลอง

การทดลอง	อัตราการลด ม./ชม	ปริมาณเติมน้ำ ลบ.ม/ชม	ระยะยกตัว(H_d) ม.	ระยะทาง(L) ม.	อัตราส่วนระยะยก (H_d/H_A)	อัตราส่วนระยะทาง L/l	K_H ชม/นาที	K_Z ชม/นาที
K1	0.15	172.50	2.28	785	0.13	7.85	155.35	0.25
K2	0.03	34.50	1.37	718	0.08	7.18	55.53	0.05
K3.1	0.31	356.50	2.03	730	0.11	7.30	275.20	0.52
K3.2	0.30	345.00	2.00	730	0.11	7.30	274.73	0.50
K3.3	0.49	563.50	2.30	757	0.13	7.57	380.63	0.82
K3.4	0.24	276.00	2.10	730	0.12	7.30	181.57	0.40
เฉลี่ย	0.30	342.70	2.14	746.40	0.12	7.46	253.50	0.50

หมายเหตุ 1. l = ความกว้างสระทดลอง 10 เมตร

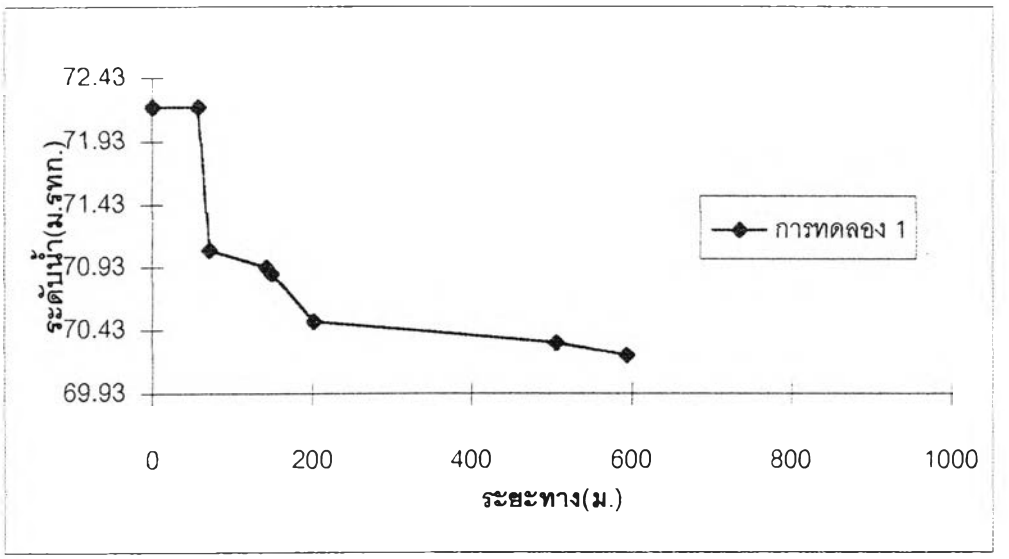
2. H_d = ระยะยกตัวจากระดับน้ำใต้ดินเดิม H_A = ความหนาชั้นดินให้น้ำ 18 เมตร

ตารางที่ 5-15 ระยะยกตัวและระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่หลังการเติมน้ำโดยบ่อบาดาลทดลอง

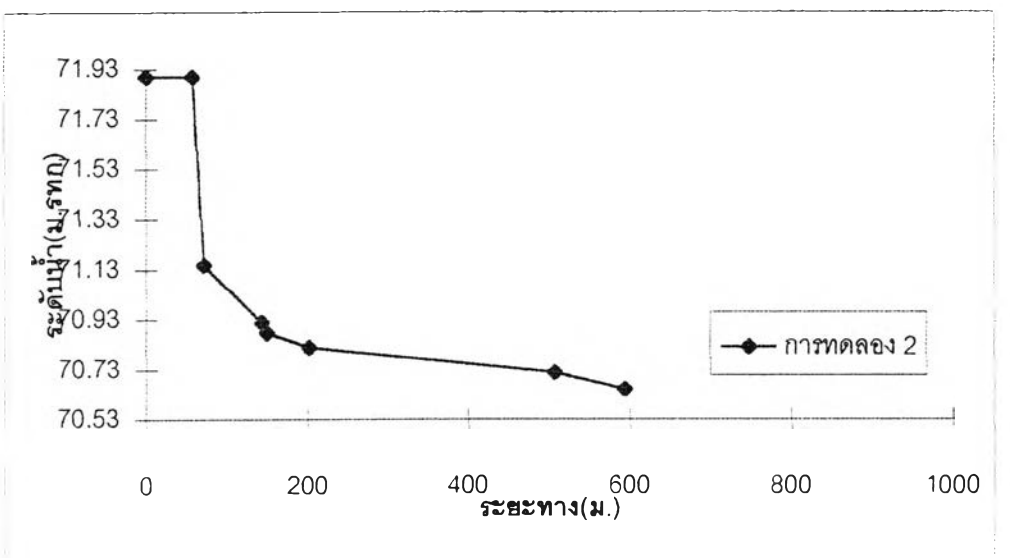
การทดลอง	อัตราการลด ม./ชม	ปริมาณเติมน้ำ ลบ.ม/ชม	ระยะยกตัว ม.	ระยะทาง(L) ม.	อัตราส่วนระยะยก (H_d/H_A)	อัตราส่วนระยะทาง L/2r	K_H ชม/นาที
K4.1	1.45	4.06	1.15	604	0.06	4027	733.32
K4.2	1.38	3.86	1.42	471	0.08	3140	684.10
เฉลี่ย	1.42	3.96	1.29	537.50	0.07	3583.50	708.71

หมายเหตุ 1. 2r = เส้นผ่าศูนย์กลางบ่อบาดาล 15 ซม.

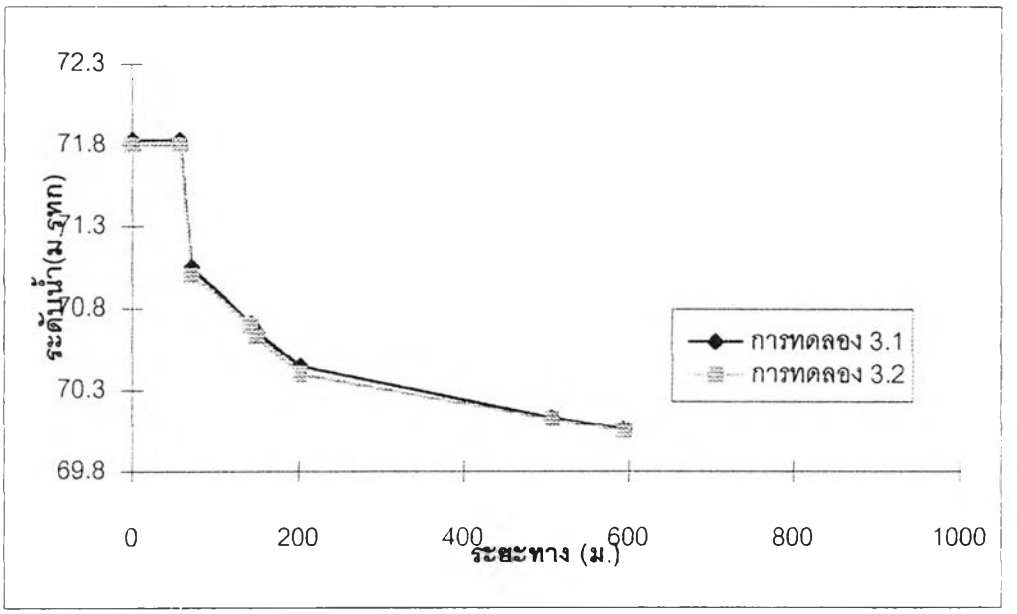
2. H_d = ระยะยกตัวจากระดับน้ำใต้ดินเดิม H_A = ความหนาชั้นดินให้น้ำ 18 เมตร



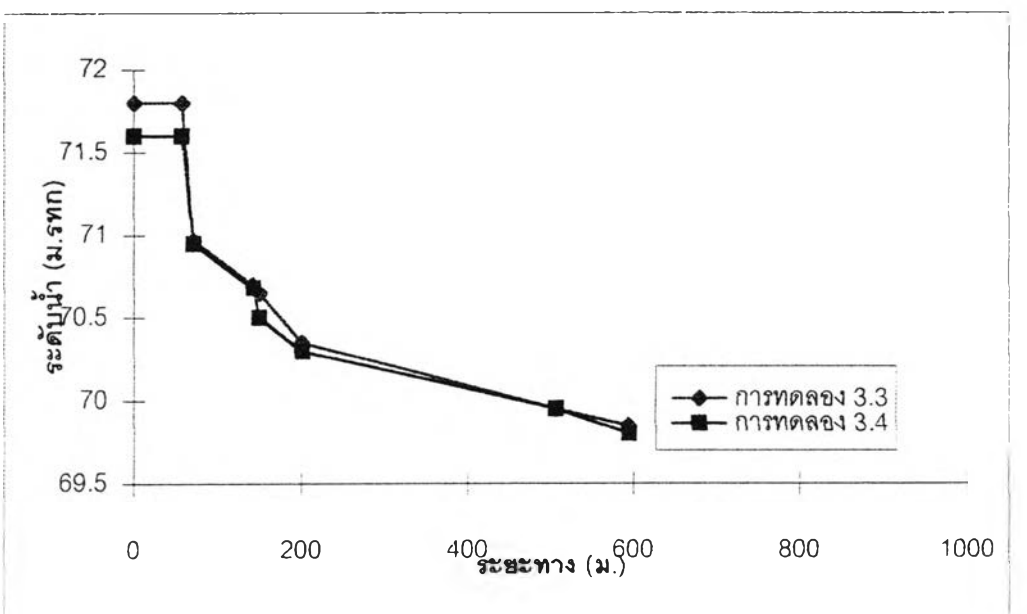
รูปที่ 5-13 การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ การทดลองที่ 1



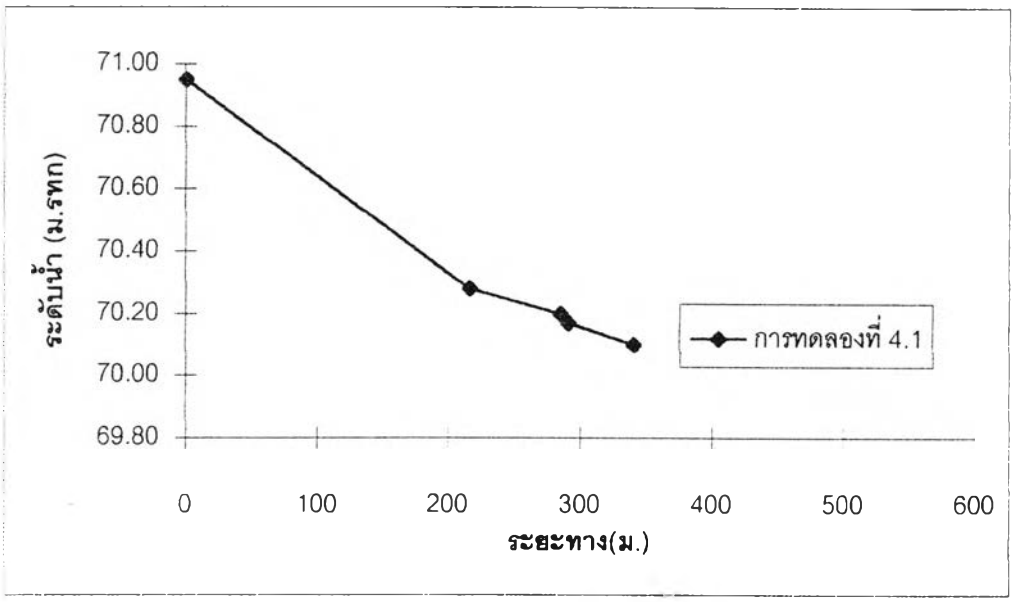
รูปที่ 5-14 การปรับค่าน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ การทดลองที่ 2



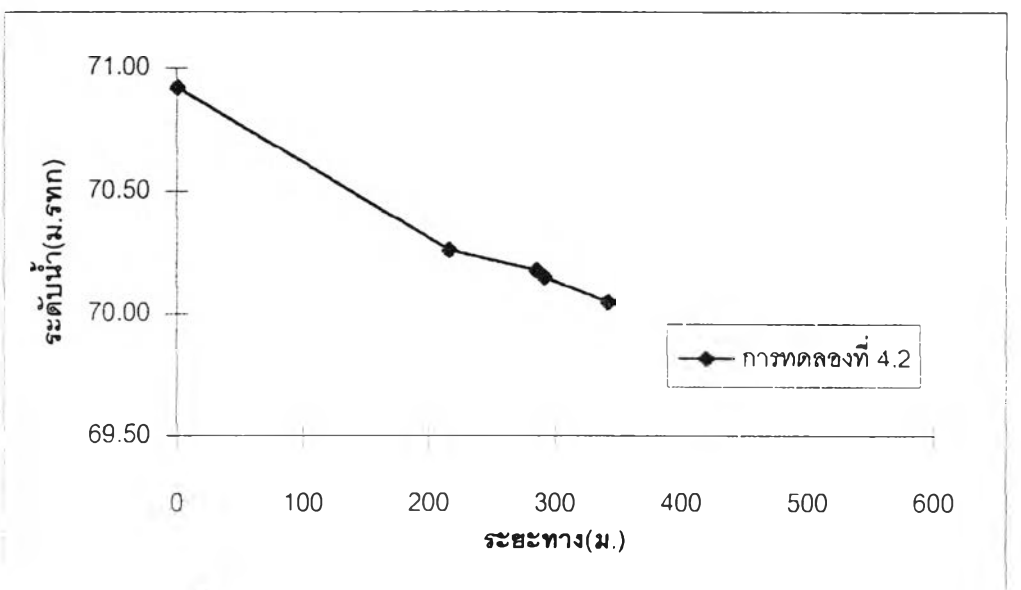
รูปที่ 5-15 การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ การทดลองที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 5-16 การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ การทดลองที่ 3.3 และ 3.4



รูปที่ 5-17 การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ การทดลองที่ 4.1



รูปที่ 5-18 การปรับค่าระดับน้ำยกตัวกับระยะทางน้ำเคลื่อนที่ การทดลองที่ 4.2

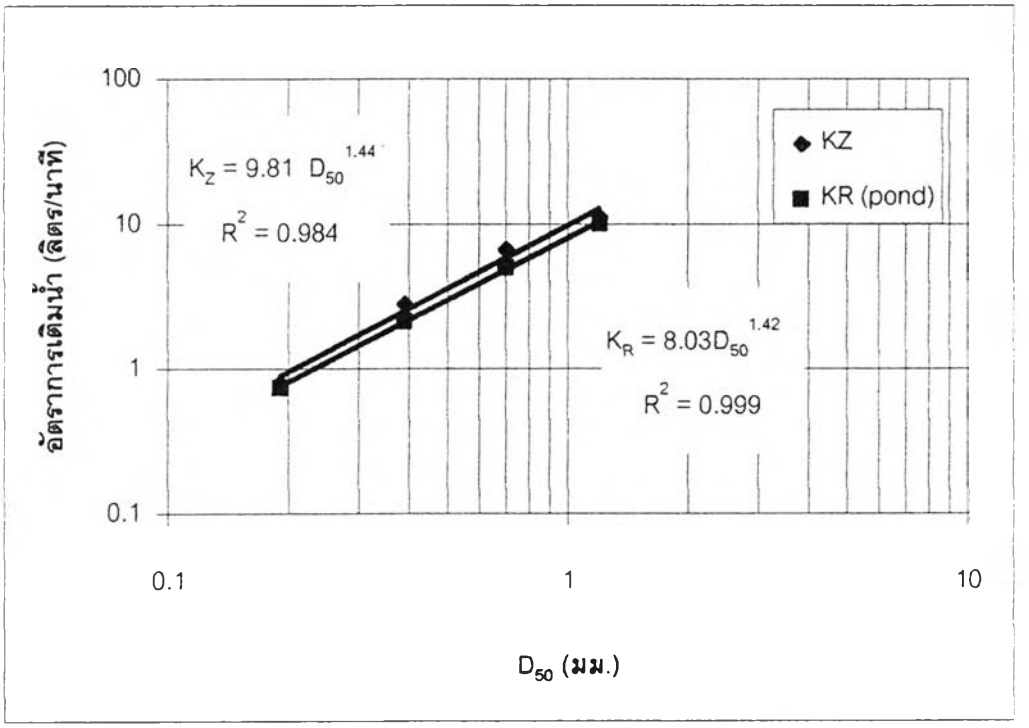
5.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบ

5.3.1 จากผลการทดลองอัตราการซึม(K_Z) และผลการทดลองเติมน้ำโดยสระทดลอง(K_R) เมื่อนำค่าความชันชลศาสตร์มาพิจารณาในลักษณะเดียวกับการทดลองอัตราการซึมดังสมการที่ 2-8 ในกรณีที่ไม่มีระดับน้ำใต้ดินซึ่งเป็นมีลักษณะคล้ายกับการทดลองอัตราการซึม โดยผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการซึม กับ อัตราการเติมน้ำผ่านสระทดลอง ในทรายตัวอย่างต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกันโดยค่าอัตราการซึมมีค่าประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ของความนำชลศาสตร์ในแนวราบ สรุปได้ดังรูปที่ 5-19 ในขณะที่ ผลการทดลองอัตราการซึมเมื่อเทียบกับค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบในทรายตัวอย่างต่างๆ แสดงดังรูปที่ 5-20

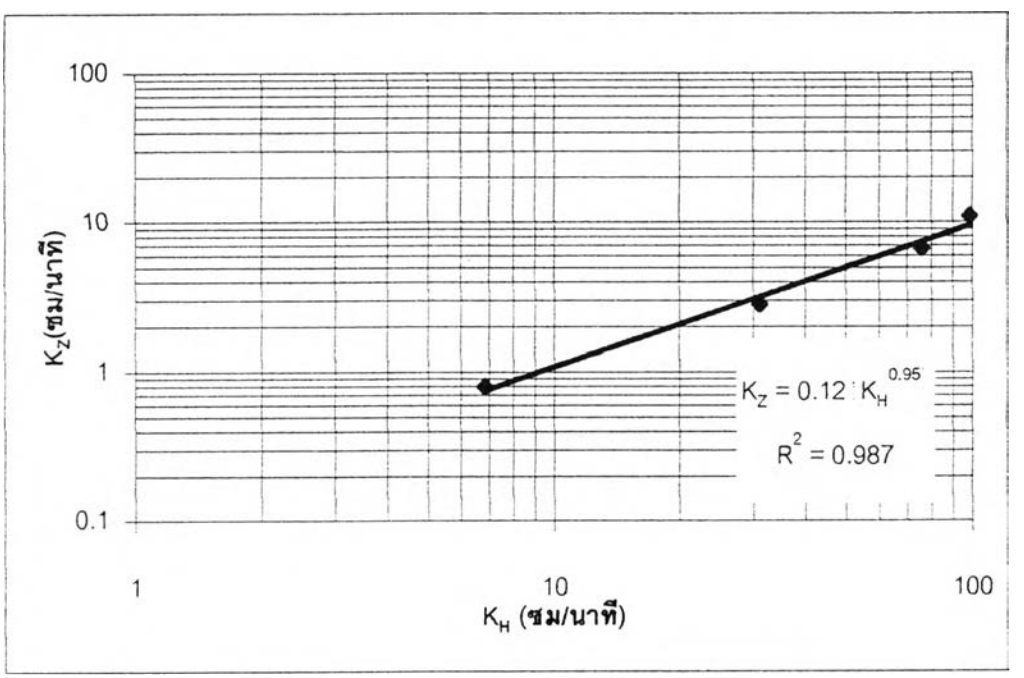
5.3.2 จากผลการทดลองเติมน้ำ โดยสระทดลองและบ่อบาดาลทดลองในห้องปฏิบัติการนั้นพบว่า ระดับการไหลของน้ำใต้ดินในกรณีที่มีระดับน้ำใต้ดินเดิมต่ำ การไหลของน้ำใต้ดินได้รับอิทธิพลจากอัตราการซึมของน้ำผ่านตัวกลางทราย และเมื่อระดับน้ำใต้ดินมีระดับสูงขึ้น ความนำชลศาสตร์เริ่มมีอิทธิพลต่อระดับการไหล โดยตำแหน่งของระดับน้ำใต้ดินเดิม(H_I)เมื่อเทียบกับความหนาของชั้นดินให้น้ำ(H_A) ที่ทำให้ความนำชลศาสตร์มีอิทธิพลต่อระดับการไหลของน้ำใต้ดินในทรายตัวอย่าง มีค่าประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 5-21)

ผลการตรวจสอบระดับการไหลของน้ำใต้ดินที่ลดลง กับระยะทางห่างจากตำแหน่งเติมน้ำโดยใช้สมการวิเคราะห์ระดับน้ำใต้ดิน (Todd,1980) ระดับการไหลของน้ำใต้ดินที่เปลี่ยนแปลงหลังจากเติมน้ำผ่านทรายตัวอย่างที่ 1 (รูปที่ 5-22 ถึง รูปที่ 5-26)

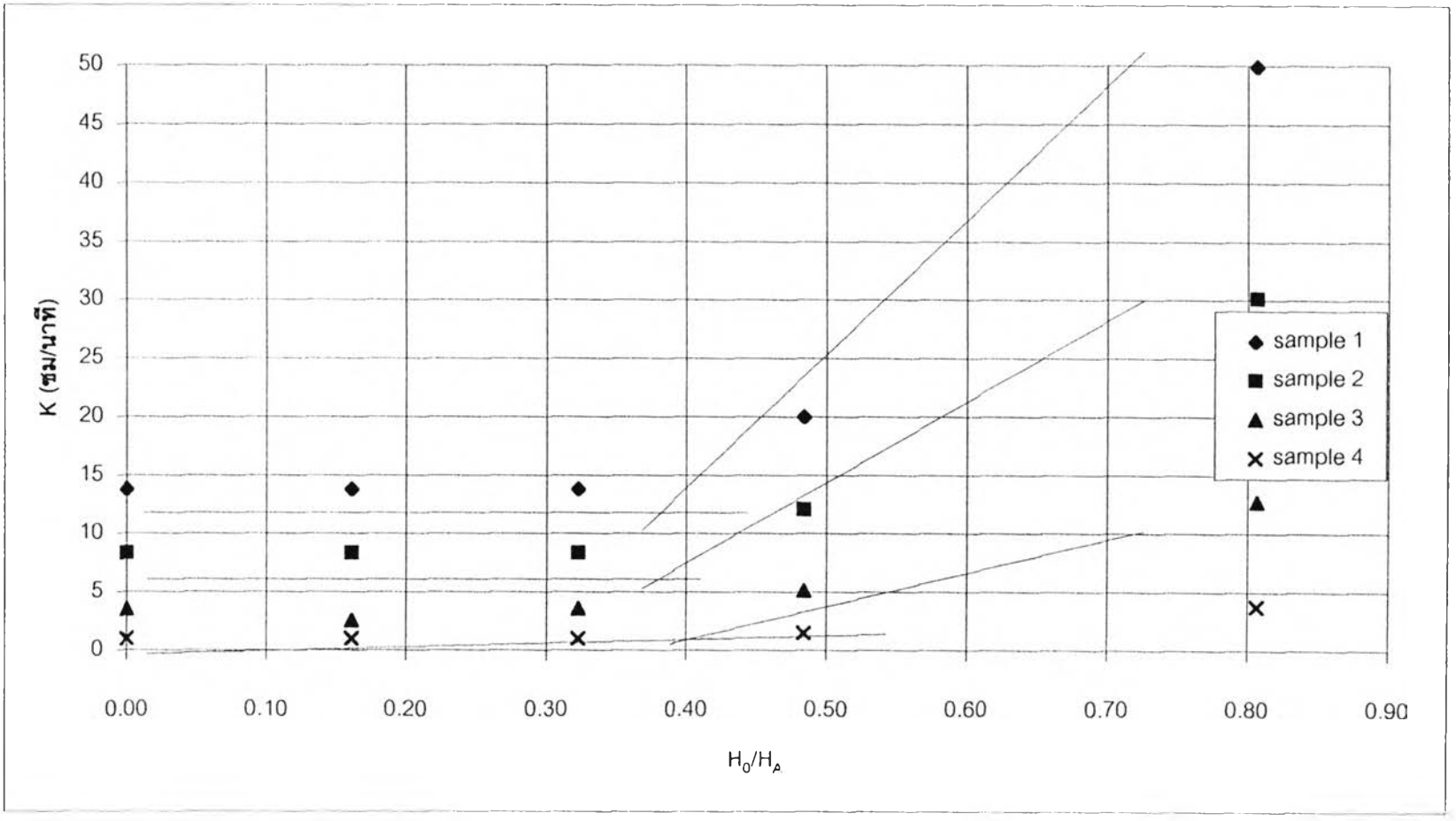
5.3.3 การทดลองภาคสนาม โดยพื้นที่ทดลองมีลักษณะพื้นที่มีระดับน้ำใต้ดินเดิมสูง ดังนั้นในการพิจารณาเติมน้ำใช้ค่าความนำชลศาสตร์แนวราบมาพิจารณา จากผลการทดลองภาคสนามค่าความนำชลศาสตร์มีค่าเฉลี่ยมีค่า 220.50 ซม/นาที โดยทรายพื้นที่ทดลองภาคสนามมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยที่ความลึก 12 เมตร เท่ากับ 0.30 มม (ตารางที่ ง-1) แต่เมื่อพิจารณาความลึกของการไหลในพื้นที่ทดลองภาคสนามนั้น การไหลของน้ำใต้ดินไหลที่ความลึกไม่เกิน 5 เมตร จากผิวดินและค่าการกระจายตัวของทรายในระดับ 5 เมตร จากผิวดิน ประมาณ 0.42 มม และนำผลการกระจายตัวของทรายในภาคสนามนำไปเปรียบเทียบกับสมการที่ 5-1 เพื่อเทียบกับความนำชลศาสตร์จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยผลที่ได้จากการเปรียบเทียบในสมการที่ 5-1 มีค่าความนำชลศาสตร์ 27.4 ซม/นาที ซึ่งเป็นความนำชลศาสตร์จริง 274 ซม/นาที ตาม



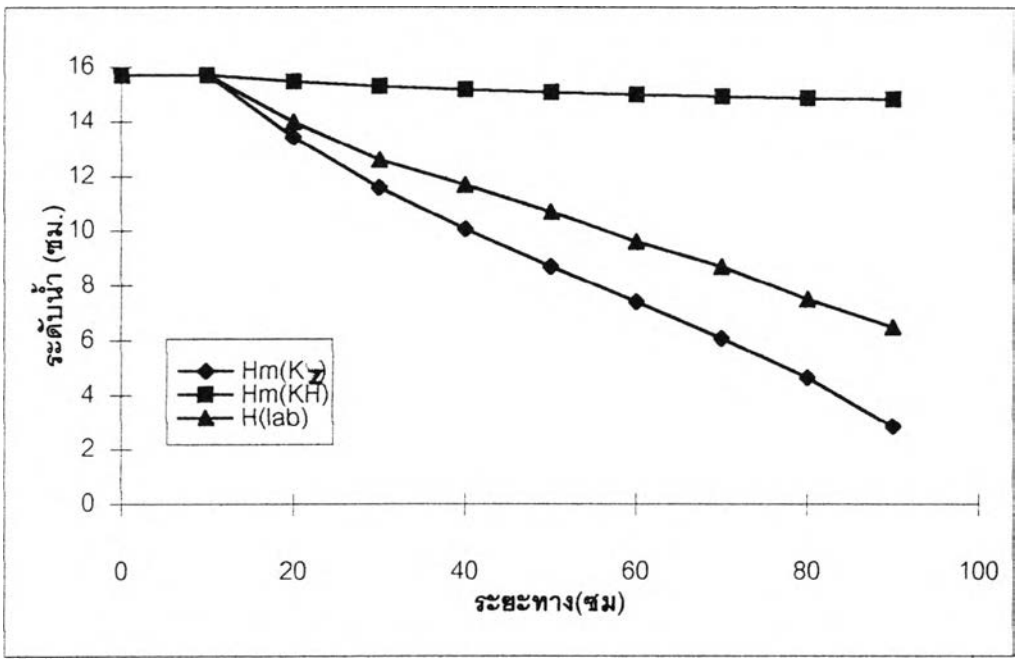
รูปที่ 5-19 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึม (K_Z)กับอัตราการเติมน้ำ(K_R)



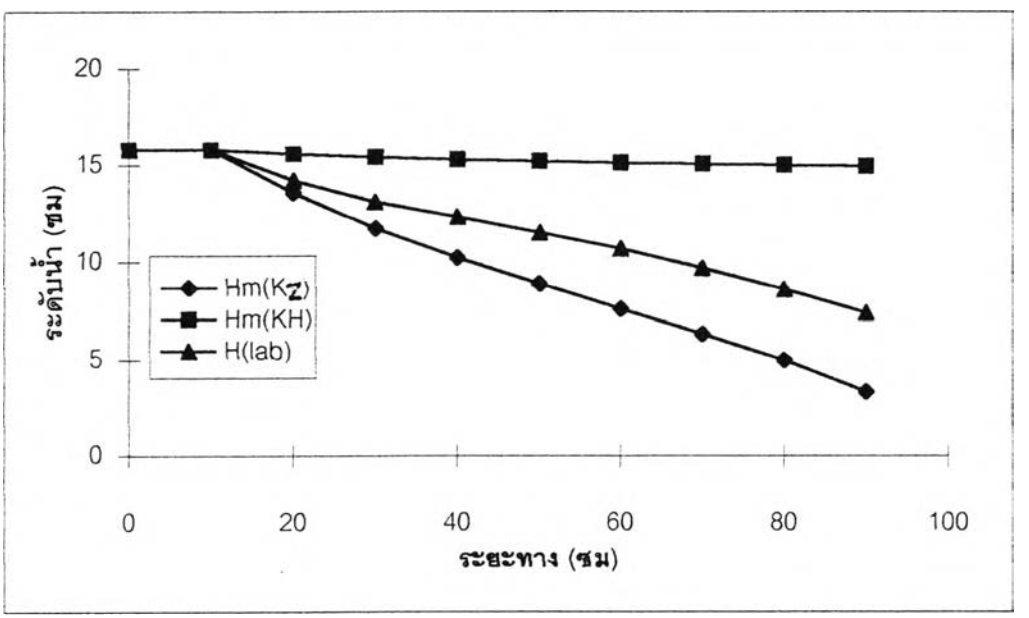
รูปที่ 5-20 ความสัมพันธ์ระหว่างความนำชลศาสตร์ในแนวราบกับอัตราการซึม



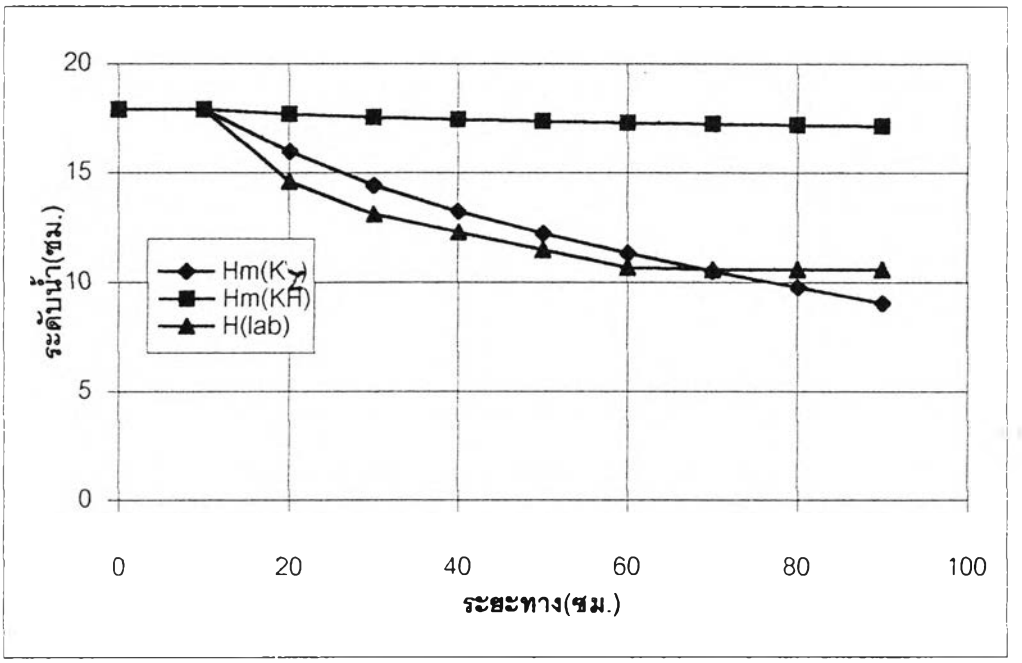
รูปที่ 5-21 ตำแหน่งเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหล



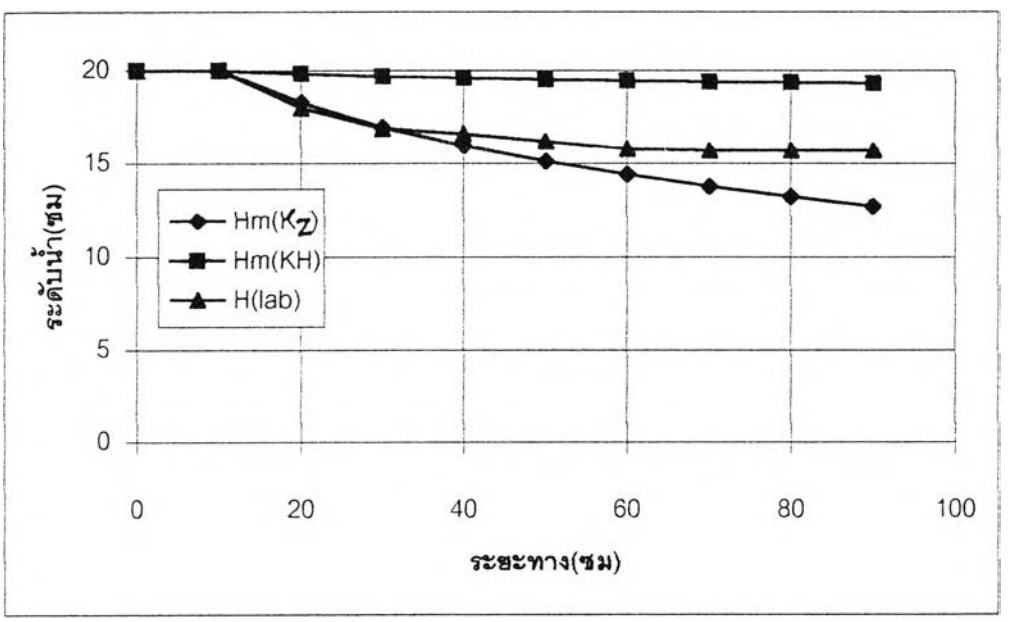
รูปที่ 5-22 ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน เมื่อไม่มีระดับน้ำใต้ดินเดิม



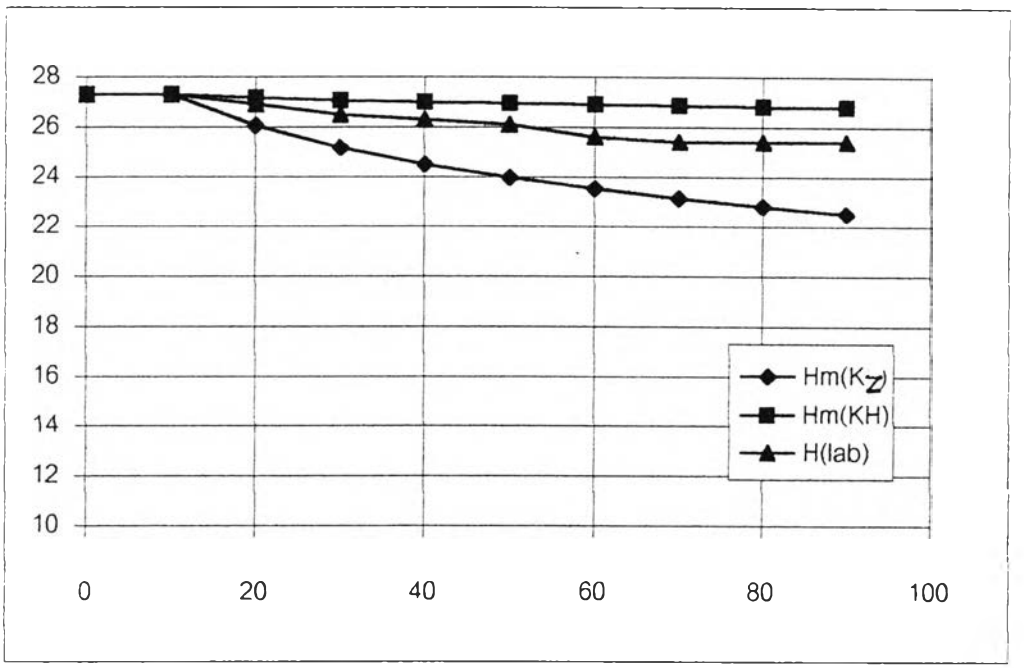
รูปที่ 5-23 ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน เมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิม 5 ซม.



รูปที่ 5-24 ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน เมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิม 10 ซม.



รูปที่ 5-25 ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน เมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิม 15 ซม.



รูปที่ 5-26 ระดับการไหลของน้ำใต้ดิน เมื่อระดับน้ำใต้ดินเดิม 25 ซม.

สมการความคล้ายคลึงทางชลศาสตร์ ($K_{HP}=10K_{HM}$) หรือมากกว่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบจากการทดลองภาคสนาม 7 เปอร์เซ็นต์ และผลการทดลองภาคสนามเมื่อนำการกระจายตัวของทราย 0.42 มม. มาพิจารณาค่าอัตราการซึม ระยะยกตัวของน้ำใต้ดิน ระยะทางที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ โดยนำผลภาคสนามเปรียบเทียบกับสมการที่ได้จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 5-16)

ตารางที่ 5- 16 ผลการเปรียบเทียบการทดลองเติมน้ำ

พารามิเตอร์	ห้องปฏิบัติการ	ภาคสนาม	ความแตกต่าง (lab/field)	หมายเหตุ
ความนำชลศาสตร์ในแนวราบ (K_H)	27.41 ซม./นาที	253 ซม./นาที	1.07	$K_P=10K_M$
อัตราการซึม (K_Z)	2.81 ซม./นาที	0.71 ซม./นาที	3.95	
อัตราการเติมน้ำโดยสระ (K_R)	1.79 ซม./นาที	0.57 ซม./นาที	3.14	-
อัตราการเติมน้ำโดยบ่อ (K_R)	2.58 ซม./นาที	1.41 ซม./นาที	1.82	-
อัตราส่วนระยะยกตัวสูงสุด (H_d/H_A)	0.10	0.13	0.77	-
อัตราส่วนระยะทางน้ำใต้ดินเคลื่อนที่(L/l)	8.24	7.41	1.11	-

5.4 สรุปผล

ผลการทดลองโดยรวมสามารถสรุปผลดังนี้

5.4.1 ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบจากการทดลองมีค่าสูงมากขึ้นตามขนาดของทราย (ดังสมการ 5-1) ค่าความนำชลศาสตร์ของทรายที่มีการคละกันแบบ well grade มีค่าเป็น 1.3 เท่า ของทรายชนิด uniform grade ซึ่งเป็นทรายตัวอย่างหลัก และค่าความนำชลศาสตร์ของทรายที่มีการคละกันแบบ gap grade มีค่าเป็น 0.6 เท่า ของทรายชนิด uniform grade ซึ่งเป็นทรายตัวอย่างหลัก

5.4.2 อัตราการซึมจากการทดลอง มีค่ามากขึ้นตามขนาดของทรายดังสมการที่ 5-2 ค่าอัตราการซึมของทรายที่มีการคละกันแบบ well grade มีค่าเป็น 1.2 เท่า ของทรายชนิด uniform grade ซึ่งเป็นทรายตัวอย่างหลัก และค่าความนำชลศาสตร์ของทรายที่มีการคละกันแบบ gap grade มีค่าเป็น 0.9 เท่า ของทรายชนิด uniform grade ซึ่งเป็นทรายตัวอย่างหลัก

5.4.3 อัตราการเติมน้ำในสระทดลองมีขนาดมากขึ้นตามขนาดทราย โดยมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการซึมกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินมีค่าเป็นศูนย์ แต่เมื่อระดับน้ำใต้ดินมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลต่ออัตราการซึมให้ลดลงมา (รูปที่ 5-6) ระยะยกตัวของน้ำใต้ดินมีขนาดลดลงเมื่อขนาดของทรายมีค่ามากขึ้นและระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น ในขณะที่ระยะทางของการยกตัวของน้ำใต้ดินก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับระยะยกตัว

5.4.4 อัตราการเติมน้ำในบ่อบาดาลมีขนาดมากขึ้นตามขนาดทราย โดยให้ค่าใกล้เคียงกับการเติมน้ำโดยสระ แต่อิทธิพลของน้ำใต้ดินส่งผลน้อยกว่า เนื่องจากการเติมน้ำผ่านบ่อบาดาลเป็นการเติมผ่านชั้นน้ำใต้ดินโดยตรงอยู่แล้ว ระยะยกตัวมีค่าน้อยกว่าการเติมน้ำโดยสระอันเนื่องมาจาก head loss ของบ่อบาดาล ระยะอิทธิพลของการเติมน้ำให้ค่าใกล้เคียงกับการเติมน้ำด้วยสระ แต่เมื่อเทียบกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อทำให้ค่าอัตราสูงขึ้น

5.4.5 ผลการทดลองภาคสนามแบบสระ มีปริมาณการเติมน้ำแบบสระเฉลี่ย 345 ลบ.ม/ชม. ระยะยกตัวเฉลี่ย 2.14 เมตร ระยะทาง 750 เมตร.

5.4.6 ผลการทดลองภาคสนามแบบบ่อบาดาล มีปริมาณการเติมน้ำแบบบ่อบาดาลเฉลี่ย 4 ลบ.ม/ชม. ระยะยกตัวเฉลี่ย 1.29 เมตร ระยะทาง 540 เมตร.

5.4.7 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าระดับน้ำใต้ดิน(H_b/H_A) ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ส่งผลต่ออัตราการไหลจากอิทธิพลการซึมในแนวดิ่งเป็นการไหลตามแนวราบ

ความนำชลศาสตร์ในแนวราบ จากผลการทดลองเมื่อนำค่าการกระจายตัวทรายจากภาคสนามพิจารณาในสมการที่ 5-1 นั้น ซึ่งมีค่า 1.07 เท่า ของความนำชลศาสตร์ในแนวราบจากภาคสนาม

ส่วนค่าอัตราการซึมจากภาคสนามวัดโดยใช้ อุปกรณ์วัดอัตราการซึมแบบวงแหวน เนื่องจากขณะทดลองในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2541 นั้น ระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ทดลองมีระดับสูง จึงทำให้อัตราการซึมในภาคสนามมีค่าน้อยเช่นเดียวกับค่าอัตราการเติมน้ำในกรณีการเติมน้ำโดยสระเติมน้ำและการเติมน้ำโดยบ่อบาดาล เนื่องจากลักษณะพื้นที่ทดลองมีระดับน้ำใต้ดินสูง (ระดับน้ำใต้ดินอยู่บริเวณก้นสระทดลอง) ดังนั้นการหาค่าอัตราการซึมและค่าอัตราการเติมน้ำจากภาคสนาม จึงมีค่าต่ำกว่าค่าอัตราการซึม และอัตราการเติมน้ำจากการทดลอง

5.5 แนวทางการออกแบบ

การศึกษาในครั้งนี้ได้หาค่าความนำชลศาสตร์ในกรณีต่างๆ และผลจากการเติมน้ำสามารถหาระยะทางการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน และระยะยกตัวที่เกิดขึ้นในการทดลอง โดยกำหนดการกระจายตัวของทราย(D_{50})เริ่มต้นจากการเจาะสำรวจชั้นดินในภาคสนาม จากผลการศึกษานี้ได้กำหนดแนวทางในการออกแบบระบบเติมน้ำในภาคสนามดังนี้

5.5.1 การออกแบบระบบเติมน้ำโดยใช้สระทดลอง

5.5.1.1 กำหนดอัตราการเติมน้ำที่ต้องการ (Q)

5.5.1.2 สมมุติระดับความลึกจากก้นสระถึงชั้นดินทึบน้ำ (H_w) โดยระดับ (H_w) ต้องมีค่าสูงกว่า ระดับน้ำใต้ดินเดิม(H_0)

5.5.1.3 สมมุติระดับน้ำในสระทดลอง (H_T)

5.5.1.4 คำนวณค่าอัตราการโดยสระเติมน้ำ (K_R) ที่การกระจายตัวของทรายที่สำรวจมา (รูปที่ 5-6)

5.5.1.5 สมมุติพื้นที่เติมน้ำ (A)

5.5.1.6 คำนวณอัตราการเติมน้ำโดยรวม (Q_r) จาก $Q_r = K_R * A$

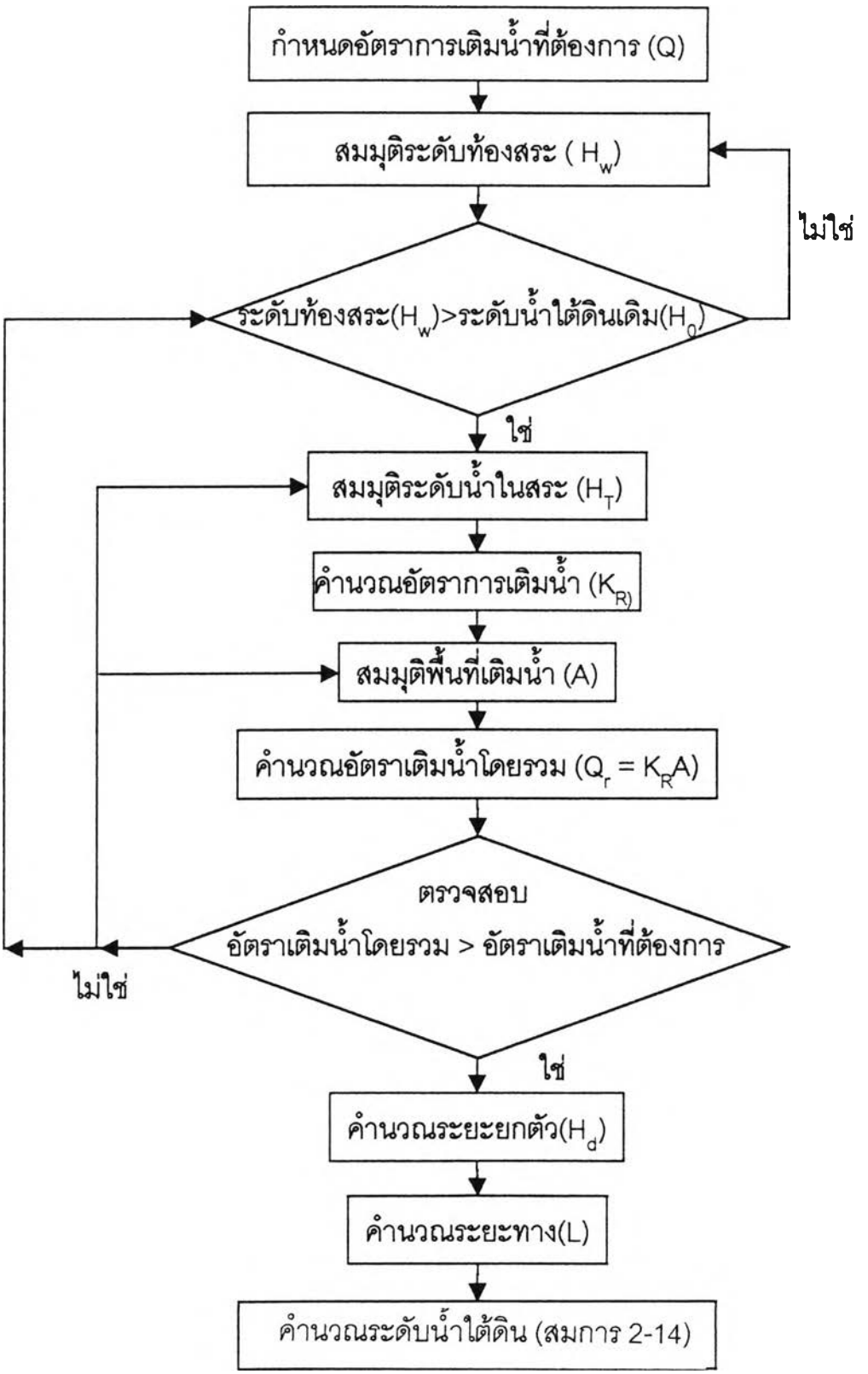
5.5.1.7 ตรวจสอบอัตราการเติมน้ำโดยรวม (Q_r) โดย $Q_r \geq Q$ ในกรณี $Q_r < Q$ ต้องพิจารณากลับเพื่อกำหนด ค่าระดับน้ำเติม(H_p) หรือ พื้นที่เติมน้ำ(A)

5.5.1.8 คำนวนระยะยกตัว (รูปที่ 5-7)

5.5.1.9 คำนวณนะยะทาง (L) (รูปที่ 5-8)

5.5.1.10 คำนวณระดับน้ำใต้ดิน(สมการที่ 2-14)

การออกแบบระบบเติมน้ำโดยสระมีแนวทางการเติมน้ำ(รูปที่ 5-27) ดังนี้



รูปที่ 5-27 **แนวทางการออกแบบระบบเติมน้ำโดยสระ**

5.5.2 การออกแบบระบบเติมน้ำโดยใช้บ่อบาดาลทดลอง

5.5.2.1 กำหนดอัตราการเติมน้ำที่ต้องการ (Q)

5.5.2.2 สมมุติขนาดบ่อบาดาลทดลอง

5.5.2.3 สมมุติความสูงช่องเปิดบ่อบาดาล (H_s)

5.5.2.4 คำนวณค่าอัตราการเติมน้ำ (K_R) ที่การกระจายตัวของทราย (รูปที่ 5-10)

5.5.2.5 คำนวณอัตราการเติมน้ำโดยรวม (Q_r)

จาก $Q_r = (2*\pi*r* H_s)*s*K_R$

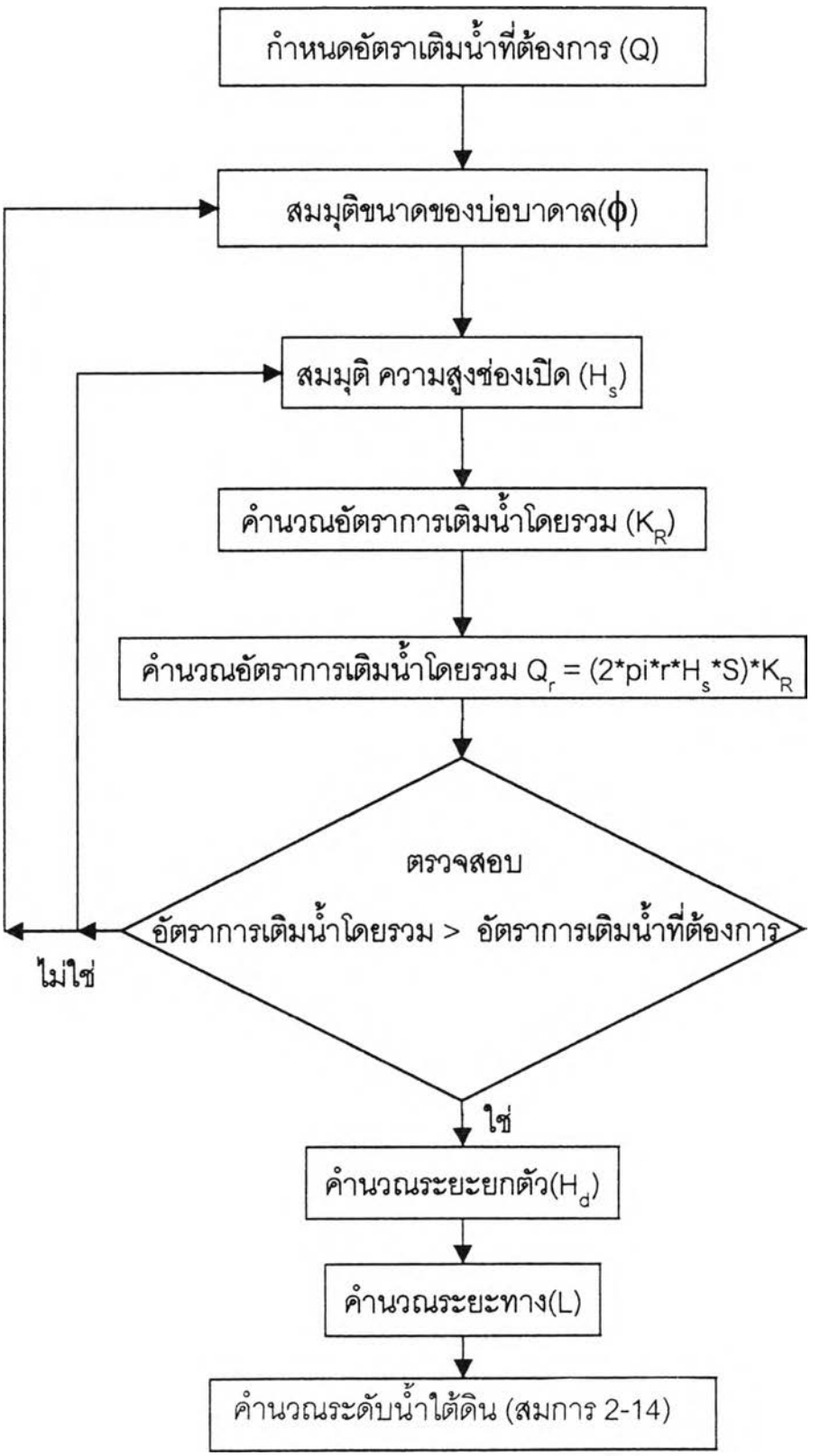
5.5.2.6 ตรวจสอบอัตราการเติมน้ำโดยรวม (Q_r) โดย $Q_r \geq Q$ ในกรณี $Q_r < Q$ ต้องพิจารณากลับเพื่อกำหนด ความสูงช่องเปิด(H_s) หรือ ขนาดบ่อบาดาลใหม่

5.2.2.7 คำนวณระยะยกตัว (H_d) (รูปที่ 5-11)

5.2.2.8 คำนวณระยะทาง (L) (รูปที่ 5-12)

5.5.2.9 คำนวณระดับน้ำใต้ดิน(สมการที่ 2-14)

การออกแบบระบบเติมน้ำโดยบ่อบาดาลมีแนวทางการเติมน้ำ(รูปที่ 5-28) ดังนี้



รูปที่ 5 - 28 **แนวทางการออกแบบระบบเติมน้ำโดยบ่อบาดาล**