สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบการเติมน้ำกับการยกตัวของระดับน้ำใต้ดิน และการบรรเทาอุทกภัย จ. พิจิตร

The Impact of Recharge System on Groundwater Level and Mitigation of Flood Hazard; A Case Study in Pichit Province

RCH
TD
AOA
ร 228

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 80126
วัน,เดือน,ปี 24 เม.ย. 2551

สนับสนุนโดยเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2547

b 11730638
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบการเติมน้ำกับการยกตัวของระดับน้ำใต้ดินและการบรรเทาอุทกภัย จ. พิจิตร

The Impact of Recharge System on Groundwater Level and Mitigation of Flood Hazard; A Case Study in Pichit Province

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ผศ. ดร.สกุล ห่อวโนทยาน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผศ. ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์	กรมชลประทาน
3. ผศ. สมบัติ ชื่นชูกลิ่น	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
4. นายประดิษฐ์ สิทธิยศ	กรมชลประทาน
5.นายศักดิ์ชัย กุลสุวรรณ์	กรมชลประทาน
6. ดร. อุมา สีบุญเรือง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่ปรึกษา	สังกัด
1. Prof.Dr. Tsutomu ICHIKAWA	Civil Engineering Department Kyushu Tokai University
2. Prof. Dr. Syojiro ARAMAKI	Civil Engineering Department Kyushu Tokai University

สนับสนุนโดยเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาหาประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดินโดยใช้น้ำหลาก จังหวัดพิจิตร อันประกอบไปด้วยการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดิน การทดสอบ Infiltrometer และการทดสอบ Basin Test สำหรับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นดิน ในบริเวณที่จะทำการก่อสร้างบ่อเติมน้ำนั้น เพื่อเป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของบริเวณที่จะทำการก่อสร้างบ่อเติมน้ำ ส่วนการศึกษาจากการทดสอบระบบเติมน้ำ โดยใช้เครื่องมือ Infiltrometer ในการทดสอบหาค่าอัตราการซึม (Infiltration rate) ของน้ำสะอาดและน้ำหลาก ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดสอบทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่ลดลงจากการใช้น้ำหลากแทนน้ำสะอาดเนื่องจากการอุดตันด้วยตะกอนที่มีอยู่ในน้ำหลากในระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดิน และจากผลการทดสอบบ่อเติมน้ำโดยใช้น้ำสะอาด เมื่อมาทำการวิเคราะห์ร่วมกับประสิทธิภาพที่หาได้จากการทดลอง Infiltrometer Test ทำให้สามารถทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริง ของระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดินโดยใช้น้ำหลาก ซึ่งแสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินกับเวลา

ABSTRACT

This special project aims to study the efficiency of an artificial recharge system using flood water via the spreading basin method at the Phichit Province. The project includes the study of the fundamental physical soil properties, infiltrometer tests using pure and flood waters, and the actual spreading basin artificial recharge test using pure water. The study of the physical properties of soil layer at the target area is to investigate and reconfirm the suitability of the area for locating a spreading basin. Infiltration rates using pure and flood waters on soil layers are examined through the infiltrometer tests. The study reveals the decreasing of the efficiency of the surface spreading recharge system when using flood water instead of pure water due to the clogging from the sediments in the flood water itself. The results from the actual basin test using pure water in addition to the efficiency infiltrometer test yield the true efficiency of the surface spreading basin when applying flood water, illustrating in term of the volume of recharged flood water and time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
1	**บทนำ**	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
	1.4. ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.5. วิธีการศึกษา	2
	1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	4
3	**พื้นที่ศึกษา**	
	3.1. กล่าวนำ	6
	3.2. สภาพภูมิประเทศ	6
	3.3. ลักษณะภูมิอากาศ	7
	3.3.1. ปริมาณน้ำฝน	7
	3.3.2. อุณหภูมิ	8
	3.3.3. ความชื้นสัมพัทธ์	8
	3.3.4. สมดุลของน้ำเพื่อการเกษตร	9
	3.4. ลักษณะทางธรณีวิทยา	9
	3.4.1. หน่วยหินและอายุ	9
	3.4.1.1. แหล่งสะสมตัวยุคควอเทอร์นารี	9
	3.4.1.2. หินภูเขาไฟยุคเพอร์โม-ไทรแอสซิก	10
	3.4.1.3. หินภูเขาไฟจูลาสสิค-ไทรแอสซิก	10
	3.4.2. สภาพธรณีสัณฐานวิทยา	10
	3.4.2.1. ที่ราบน้ำท่วมถึง	10
	3.4.2.2. ตะพักแม่น้ำกึ่งปัจจุบันและตะกอนรูปพัดต่อเนื่อง	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.3. ตะพักแม่น้ำเก่า 11
3.4.2.4. พื้นผิวที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน 11
3.4.2.5. ภูเขา 11
3.5. สภาพอุทกธรณีวิทยา 11
3.6. การพัฒนาแหล่งน้ำ 12
3.6.1. โครงการชลประทานพิจิตร 12
3.6.2. โครงการพัฒนาเกษตรชลประทานพิษณุโลก (ในเขตจังหวัดพิจิตร) 13
3.6.3. โครงการชลประทานขนาดเล็ก จังหวัดพิจิตร 14

4 หลักการและทฤษฎี

4.1. กล่าวนำ 15
4.2. เทคนิคในการอนุรักษ์น้ำใต้ดิน 15
4.2.1. เทคนิคสำหรับการกำหนดปริมาณน้ำใต้ดิน ที่จะนำไปใช้ให้เหมาะสม 15
4.2.2. การเติมน้ำใต้ดิน 15
4.3. รูปแบบวิธีการเติมน้ำใต้ดินแบบต่างๆ 16
4.3.1. แบบซึมผ่านผิวดิน (Surface Infiltration) 16
4.3.2. แบบซึมสู่ชั้นอุ้มน้ำ(Vadose Zone Infiltration) 16
4.3.3. แบบบ่อบาดาล (Wells) 17
4.3.4. แบบผสม (Combination System) 17
4.4. การตกตะกอนของดิน (Soil Clogging) 17
4.5. ผลกระทบของการเติมน้ำใต้ดินกับระดับน้ำใต้ดิน (Effects of Artificial Recharge on Groundwater Levels) 19
4.6. ผลกระทบจากระดับน้ำใต้ดินกับอัตราการดูดซึม (Effects of Groundwater Levels on Infiltration Rates) 20
4.7. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 20
4.7.1. กฎของ Darcy 20
4.7.2. ความซึมได้ของน้ำใต้ดิน 21

5 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

5.1. กล่าวนำ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน 25
5.2.1. วัตถุประสงค์ 26
5.2.2. ทฤษฎี 26
5.2.3. วิธีการทดลอง 27
5.2.4. เครื่องมือ 28
5.2.5. ขั้นตอนปฏิบัติ 29
5.2.6. การคำนวณและรายงานผล 31
5.2.7. สรุปผลการทดลอง 31
5.3. การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดิน แบบความดันคงที่ 31
5.3.1. อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง 31
5.3.2. วิธีการทดลอง 32
5.3.3. สรุปผลการทดลอง 32
5.4. การทดลองหาขนาดของเม็ดดิน 33
5.4.1. วัตถุประสงค์ 33
5.4.2. ตัวอย่างดิน 33
5.4.3. ทฤษฎี 33
5.4.4. การร่อนตะแกรง 34
5.4.5. การแยกการวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์ 35
5.4.6. ขนาดและลักษณะตะแกรง 36
5.4.7. วิธีการเลือกขนาดช่องลอดตะแกรง 36
5.4.8. การจำแนกชนิดของดินจากผลการทดสอบขนาดเม็ดดิน 37
5.4.9. การกระจายของเม็ดดิน 37
5.4.10. การทดสอบหาขนาดของเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน 40
5.4.11. การทดสอบหาขนาดของเม็ดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์ 42
5.4.12. สรุปผลการทดลอง 48
5.5. สรุปลักษณะชั้นดิน 48

6 การทดสอบในสนาม

6.1 กล่าวนำ 49
6.2. การหารูปร่างของบ่อเติมน้ำ 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.1. ค่าพิกัดของตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อเติมน้ำ 49
6.2.2. ลักษณะและขนาดของบ่อเติมน้ำ 51
6.3. การทดสอบอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำในสนาม 51
6.4. การทดสอบบ่อเติมน้ำ 54
6.4.1. ขั้นตอนการทดสอบ Basin test 54

7 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
7.1. กล่าวนำ 57
7.2. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง Infiltrometer Test 57
7.3. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง Basin Test 63

8 สรุปและข้อเสนอแนะ 73

หนังสืออ้างอิง 75
บรรณานุกรม 76
ภาคผนวก
- ภาคผนวก ก ตารางบันทึกผลการทดลองในห้องทดลอง ผก1
- ภาคผนวก ข ตารางบันทึกผลการทดสอบ Infiltrometer และตารางบันทึกผลการทดสอบ Basin Test และตารางบันทึกผลการหาค่าพิกัดบ่อ ผข1
- ภาคผนวก ค ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การทดลอง Basin test ผค1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.1.	แสดงค่าความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ	24
4.2.	แสดงสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดิน(K)	24
5.1.	แสดงขนาดตะแกรง	38
5.2.	แสดงขนาดของตะแกรงสำหรับคัดวัสดุผสมคอนกรีต	39
5.3.	แสดงน้ำหนักตัวอย่างดินสำหรับการทดสอบตะแกรงร่อน	40
5.4.	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Coefficient of Uniformity) และ สัมประสิทธิ์ความโค้ง (Coefficient of Curvature)	47
5.5.	แสดงค่า Hydraulic Conductivity ของดินก่อนและหลังการทดลอง Infiltrometer	47
6.1.	แสดงค่าพิกัดของตำแหน่งของบ่อเติมน้ำ	49
7.1.	แสดงค่า AC และ ค่า a_1 จากการคำนวณโดยใช้ โปรแกรม solver	59
7.2.	แสดงค่า K_2 และ a_2 จากการคำนวณโดยใช้ โปรแกรม solver	61
ผ.ก.1	แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 1	ผก2
ผ.ก.2	แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 2	ผก2
ผ.ก.3	แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 7	ผก3
ผ.ก.4	แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 8	ผก3
ผ.ก.5	แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 10	ผก4
ผ.ก.6	แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 11	ผก4
ผ.ก.7	แสดงผลการทดลองหาค่า Specific Gravity ของดินชั้นบนและชั้นล่าง	ผก5
ผ.ก.8	แสดงผลการทดลองหาค่า Specific Gravity ของดินก้นหลุมบ่อ 1 หลังการทดสอบ Infiltrometer	ผก6
ผ.ก.9	แสดงผลการทดลองหาค่า Specific Gravity ของดินก้นหลุมบ่อ 2 หลังการทดสอบ Infiltrometer	ผก7
ผ.ก.10	แสดงผลการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis)	ผก8
ผ.ก.11	แสดงผลการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) ของดินก้นบ่อ หลังการทดลอง Infiltrometer บ่อที่ 1	ผก9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ผ.ก.12	แสดงผลการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) ของดินก้นบ่อ หลังการทดลอง Infiltrometer บ่อที่ 2	ผก10
ผ.ก.13	แสดงการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.469)	ผก11
ผ.ก.14	แสดงการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.470)	ผก12
ผ.ก.15	แสดงการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.64574)	ผก13
ผ.ก.16	แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่ระดับความลึก 0-1 เมตร	ผก14
ผ.ก.17	แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่ระดับความลึก 1-2 เมตร	ผก16
ผ.ก.18	แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 1 ด้วยน้ำสะอาด	ผก18
ผ.ก.19	แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 1 ด้วยน้ำหลาก	ผก20
ผ.ก.20	แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 2 ด้วยน้ำสะอาด	ผก22
ผ.ก.21	แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 2 ด้วยน้ำหลาก	ผก24
ผ.ก.22	แสดงผลการทดสอบ Permeability ของดินชั้นบน	ผก32
ผ.ก.23	แสดงผลการทดสอบ Permeability ของดินชั้นล่าง	ผก33
ผ.ข.1	แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด	ผข2
ผ.ข.2	แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก	ผข16
ผ.ข.3	แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด	ผข25
ผ.ข.4	แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก	ผข35
ผ.ข.5	แสดงผลการทดลอง Basin test	ผข45
ผ.ข.6	ตารางการหาค่าพิกัดบ่อ	
ผ.ค.1	แสดงผลตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราการซึมและระดับน้ำ โดยใช้ประสิทธิภาพที่ได้จาก Infiltrometer Test และ $H_0 = 3$ m.	ผค2
ผ.ค.2	แสดงการคำนวณหาปริมาตรน้ำที่ถูกเติมสำหรับพื้นที่ 1 m^2	ผค6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
3.1.	แผนภูมิแสดงปริมาณน้ำฝนต่อวัน ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2546	7
3.2.	แผนภูมิแสดงระดับน้ำท่วม ระหว่าง เดือน กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2545	8
4.1.	แสดงหน้าตัดแสดง infiltration basin กับชั้นตะกอน สำหรับการไหลไม่อิ่มตัวสู่ชั้นน้ำ	18
4.2.	แสดงหน้าตัดทางดินและสัญลักษณ์สำหรับระบบการซึมกับการขังของน้ำใต้ดิน	19
4.3.	แสดงรูปแปลนและหน้าตัดของการซึม และระบบการเติมน้ำ	20
5.1.	แสดงการต้มน้ำผสมดินให้เดือดบนเตาแผ่นร้อน (Hot Plate) เพื่อไล่อากาศ	30
5.2.	แสดงเครื่องมือในการหาหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดิน แบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head)	32
5.3.	แสดงลักษณะตะแกรงร่อน (Sieve)	41
5.4.	แสดงกระบอกน้ำโคลนและไฮโดรมิเตอร์ที่จุ่มอยู่ในกระบอกน้ำ	45
6.1.	แสดงลักษณะ 3 มิติของบ่อเติมน้ำ	50
6.2.	แสดงรูปแปลนบ่อเติมน้ำ พร้อมตำแหน่งพิกัดของบ่อและบ่อสังเกตการณ์	50
6.3.	แสดงภาพถ่ายขณะก่อสร้างบ่อเติมน้ำ	51
6.4.	แสดงภาพการวาง Double ring infiltrometer	52
6.5.	แสดงภาพการเติมน้ำของ Double ring infiltrometer โดยใช้น้ำหลาก	53
6.6.	แสดงภาพก้นหลุมหลังจากการทดลองโดยใช้น้ำสะอาด	53
6.7.	แสดงภาพก้นหลุมหลังจากการทดลองโดยใช้น้ำหลาก	54
6.8.	แสดงภาพบ่อเติมน้ำที่ทำการขุดลอกแล้ว	55
6.9.	แสดงภาพวิธีการปล่อยน้ำ	55
6.10.	แสดงภาพการทดลองขณะเติมน้ำ	56
6.11.	แสดงภาพการวัดระดับน้ำใต้ดิน	56
7.1.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม และ ระดับน้ำ ของการทดลอง Infiltrometer โดยใช้น้ำสะอาด	58
7.2.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม และ ระดับน้ำ ของการทดลอง Infiltrometer โดยใช้น้ำหลาก	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
7.3.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ เวลา ของการทดลอง Infiltrometer โดยใช้น้ำสะอาด	60
7.4.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ เวลา ของการทดลอง Infiltrometer โดยใช้น้ำหลาก	60
7.5.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า AC กับ เวลา ของการทดลอง Infiltrometer	62
7.6.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพ กับ เวลา	62
7.7.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการดูดซึม กับระดับน้ำ ในบ่อของการทดลอง Basin Test โดยใช้น้ำสะอาด	64
7.8.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ ระดับน้ำของน้ำสะอาด ที่ได้จากการทดลอง และของน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณสำหรับระดับน้ำ เริ่มต้น 3.00 ม	65
7.9.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ เวลาของน้ำสะอาด ที่ได้จากการทดลอง และของน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณสำหรับระดับน้ำ เริ่มต้น 3.00 ม.	65
7.10.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ กับ เวลาของน้ำสะอาดที่ได้จาก การทดลอง และ น้ำหลากที่ได้จากการคำนวณ สำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม.	66
7.11.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ ระดับน้ำของน้ำหลาก สำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม. และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ระดับน้ำเพิ่มขึ้น เป็น 2.00 ม.	66
7.12.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ เวลาของน้ำหลาก สำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม. และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ระดับน้ำเพิ่มขึ้น เป็น 2.00 ม.	67
7.13.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ กับ เวลาของน้ำหลากสำหรับ ระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม.และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ระดับน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 2.00 ม.	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
7.14.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำที่ถูกเติมลงสู่ใต้ดินกับเวลา สำหรับพื้นที่ก้นบ่อ 1 m^2	68
7.15.	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำที่ถูกเติมลงสู่ใต้ดินกับเวลา สำหรับพื้นที่ก้นบ่อ 9 m^2	68
7.16.	แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ Infiltrometer Test	69
7.17.	แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ Basin Test	71
ผ.ก.1	แสดงกราฟการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.469)	ผก11
ผ.ก.2	แสดงกราฟการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.470)	ผก12
ผ.ก.3	แสดงกราฟการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.64574)	ผก13
ผ.ก.4	แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินชั้นบน	ผก26
ผ.ก.5	แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินชั้นล่าง	ผก27
ผ.ก.6	แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินก้นบ่อหลังการทดลอง Infiltrometer ด้วยน้ำสะอาด บ่อที่ 1	ผก28
ผ.ก.7	แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินก้นบ่อหลังการทดลอง Infiltrometer ด้วยน้ำหลาก บ่อที่ 1	ผก29
ผ.ก.8	แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินก้นบ่อหลังการทดลอง Infiltrometerด้วยน้ำหลาก บ่อที่ 1	ผก30
ผ.ก.9	แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินก้นบ่อหลังการทดลอง Infiltrometer ด้วยน้ำหลาก บ่อที่ 2	ผก31
ผ.ข.1	แสดงตำแหน่งของการหาพิกัดบ่อ	ผข47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

น้ำจัดได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากสิ่งหนึ่งในการอุปโภคและบริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่ประกอบอาชีพทางเกษตรกรรมเป็นส่วนมาก ดังนั้นความต้องการน้ำทางด้านต่าง ๆ จึงมีจำนวนมากทั้งในรูปของน้ำผิวดินและใต้ดิน แต่ในหลายจังหวัดยังคงประสบปัญหาทางด้านน้ำอยู่ หลายฝ่ายจึงพยายามหาวิธีทางแก้ปัญหาทางด้านน้ำให้ลดน้อยลงด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้น้ำมีปริมาณเพียงพอต่อการใช้งานทั้งในด้านอุปโภคและบริโภค

1.2. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

พื้นที่เกษตรกรรมในประเทศไทยส่วนมากจัดอยู่ในพื้นที่ลุ่มจึงง่ายต่อการเกิดอุทกภัย ในช่วงฤดูฝนพื้นที่ศึกษาในจังหวัดพิจิตรก็เช่นเดียวกัน มักประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำทุกปีเช่นกันเนื่องจากปริมาณฝนที่ตกในฤดูฝนและไม่สามารถระบายลงสู่แม่น้ำยมได้เนื่องจากระดับน้ำในแม่น้ำยมเองก็มีระดับสูง ขณะเดียวกันเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทานแทบทุกครัวเรือนก็ใช้น้ำจากบ่อบาดาลเพื่อเพาะปลูกในฤดูแล้งและเสริมในฤดูฝน ในทศวรรษที่ผ่านมาบ่อบาดาลได้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากมาย เนื่องจากความต้องการน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ในการอุปโภค-บริโภคและเกษตรกรรมได้เพิ่มจำนวนขึ้น เป็นผลให้ระดับน้ำใต้ดินลดลงเนื่องจากการสูบไปใช้และเพราะขาดระบบฟื้นฟูน้ำใต้ดิน ดังนั้นระดับน้ำใต้ดินจึงลดลงอย่างต่อเนื่องและไม่คืนตัว (Recovery) ชาวบ้านต้องทำการขุดบ่อบาดาลให้ลึกเพิ่มขึ้นจึงสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้ ทำให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมหากไม่ได้รับการแก้ไขปัญหา

แนวความคิดที่จะนำน้ำฝนส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์และน้ำหลากในช่วงฤดูฝนมาเก็บกักไว้ในชั้นใต้ดิน เพื่อใช้สำหรับในช่วงเวลาขาดแคลนน้ำ เป็นวิธีหนึ่งของการพัฒนาแหล่งน้ำ เพราะปัจจุบันประเทศไทยมีความสามารถในการเก็บกักน้ำจากปริมาณฝนที่ตกมาไม่เกิน 20% ที่เหลือจะไหลทิ้งลงสู่น้ำทะเล (กรมโยธาธิการ,2541) การเก็บกักน้ำในชั้นใต้ดินนี้นอกจากจะเป็นการฟื้นฟู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพน้ำใต้ดินแล้วยังสามารถลดปริมาณน้ำที่ท่วมขังในพื้นที่ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ และปัญหาทางด้านสาธารณสุขได้อีกด้วย จึงเป็นการพัฒนาลุ่มน้ำในภาพรวมทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

ดังนั้นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำเพื่อการบรรเทาอุทกภัย โดยอาศัยน้ำหลาก (flood water)ในครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาในอีกรูปแบบหนึ่งของระบบการเติมน้ำใต้ดิน

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.) ออกแบบและก่อสร้างระบบการเติมน้ำแบบรองรับน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษา
2.) ศึกษาผลกระทบของระบบการเติมน้ำกับระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นและการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ศึกษาอย่างเป็นระบบ
3.) เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของการใช้ระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดินโดยใช้น้ำหลาก (flood water) ลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินเพื่อการบรรเทาอุทกภัย จ. พิจิตร

1.4. ขอบเขตของการศึกษา

1.) ออกแบบและก่อสร้างระบบการเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดินโดยใช้น้ำหลาก (flood water) สำหรับพื้นที่ ต.ไผ่ท่าโพธิ์ อ.โพธิ์ประทับช้าง จ. พิจิตร
2.) เก็บและทดสอบคุณสมบัติของดินบริเวณที่ทำการทดสอบ
3.) วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบการเติมน้ำด้วยน้ำหลากที่ได้ทำการก่อสร้าง

1.5. วิธีการศึกษา

1.5.1. ศึกษาผลการศึกษาในอดีต เพื่อทำการศึกษาและวิเคราะห์หาสถานที่ที่เหมาะสมต่อการก่อสร้างระบบการเติมน้ำโดยอาศัยน้ำหลาก
1.5.2. ขั้นตอนและวิธีการในการเก็บข้อมูล
1.5.2.1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดินจากห้องทดลอง เช่น การซึมผ่านของน้ำในดิน ความพรุนของดิน การหาขนาดคละของเม็ดดิน
1.5.2.2. ศึกษาคุณสมบัติของดินจากสนาม
1.5.2.2.1. Infiltrometer Test
- ทดสอบโดยใช้น้ำสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทดสอบโดยใช้น้ำหลาก

1.5.2.2.2. ระบบเติมน้ำที่ทำการก่อสร้าง

1.5.2.3. รวบรวมข้อมูลน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ไว้จำนวน10 บ่อ

1.5.3. ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.5.3.1. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากห้องทดลอง

1.5.3.2. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการซึมได้จากเครื่องมือ Infiltrometer

1.5.3.3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพที่ได้จริงของระบบเติมน้ำที่ทำการก่อสร้าง

1.5.3.4.1 ใช้ข้อมูลระดับน้ำในระบบการเติมน้ำ เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำเมื่อใช้น้ำสะอาด

1.5.3.4.2. ใช้ข้อมูลประสิทธิภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการซึมได้จากเครื่องมือ Infiltrometer และประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำเมื่อใช้น้ำสะอาด เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบการเติมน้ำ

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบเติมน้ำอย่างง่าย ซึ่งสามารถก่อสร้างได้ไม่ยุ่งยาก
2. สามารถเพิ่มปริมาณน้ำใต้ดินและบรรเทาปริมาณน้ำที่ท่วมขังได้
3. ลดค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำบาดาลจากระดับที่ลึก
4. ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบการเติมน้ำเมื่อใช้น้ำหลาก
5. เป็นทางเลือกสำหรับการพัฒนาแหล่งน้ำแบบยั่งยืน สำหรับพื้นที่ที่มีปัญหาทั้งด้านแหล่งน้ำ ผิวดิน และน้ำใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

การเพิ่มศักยภาพของน้ำใต้ดินโดยตรงมีหลายวิธีที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การแพร่กระจายในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ หรือร่องน้ำ สำหรับการเติมน้ำบริเวณใกล้ผิวดิน การเติมน้ำผ่านหลุม เหมาะกับพื้นที่ที่มีชั้นทึบน้ำกั้นบริเวณใกล้ผิวดินซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัด และอีกวิธีคือการอัดน้ำโดยตรงลงชั้นดินอิ่มตัวหรือชั้นอุ้มน้ำ สำหรับพื้นที่ที่มีชั้นกั้นในระดับลึก ระบบเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำบาดาลนั้นอาจเป็นระบบที่นำน้ำฝนมาใช้โดยตรงหรือน้ำหลากซึ่งเป็นน้ำจากน้ำท่วม ทั้งระบบนั้นมีความแตกต่างทั้งทางด้านหลักการและการก่อสร้าง

บริษัท ปัญญาคอนซัลแตนท์ จำกัด ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นถึงความเหมาะสมของโครงการเพิ่มศักยภาพน้ำใต้ดินด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น วิธีการเติมน้ำผ่านบ่อบาดาล (Well recharge) และการปล่อยให้น้ำซึมผ่านผิวดิน (Surface infiltration) ในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย โดยสรุปคือถ้าปริมาณความต้องการของน้ำมากขึ้นกว่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันต้องทำการเติมน้ำบาดาลโดยวิธีการเติมผ่านบ่อบาดาล เนื่องจากผิวดินเป็นดินเหนียวหนาไม่เหมาะกับการปล่อยน้ำซึมผ่านผิวดิน (ปัญญาคอนซัล-แตนต์, 2540)

สำหรับระบบการเติมน้ำลงสู่แหล่งน้ำบาดาลด้วยน้ำฝนในจังหวัดพิจิตรนั้น ได้มีโครงการที่ได้ดำเนินการแล้วโดย ภัทราภรณ์ และ ICHIKAWA (2544) ได้ทำการทดลองวัด seepage capacity ของชั้นดินในสนามจำนวน 17 จุด ครอบคลุมพื้นที่ 100 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่ศึกษาเขตตำบลเนินสว่าง ดงเสือเหลือง ไผ่รอบ และไผ่ท่าโพ อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร และการออกแบบระบบการเติมน้ำฝนเบื้องต้น จากการศึกษาพบว่าหากทำการก่อสร้างระบบเติมน้ำทุกหลังคาเรือนในพื้นที่ศึกษาเพื่อรับน้ำฝนจากหลังคาเติมลงสู่ใต้ดินแล้ว สำหรับพื้นที่หลังคาขนาด 60 ตารางเมตรจะสามารถเติมน้ำฝนสู่ใต้ดินผ่านทางระบบการเติมนี้ได้ประมาณ 150,000 ลบ.ม./ปี นอกจากนี้ยังได้ก่อสร้างระบบการเติมน้ำ ณ โรงเรียนบ้านเนินขวาง อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร เพื่อรับน้ำจากหลังคาอาคารเติมสู่น้ำใต้ดินผ่านทางระบบการเติม และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพายุฝนตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2544 ถึงเดือน มกราคม 2545 พบว่าระบบการเติมน้ำแบบรองรับน้ำฝนที่ได้ก่อสร้างไว้ ณ โรงเรียนบ้านเนินขวาง สามารถยกระดับน้ำใต้ดินได้ถึง 1.14 ซม. ต่อปริมาตรน้ำที่เติม 1 ลบ.ม. ผ่านระบบนี้ (สกุลและคณะ, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุมา สีบุญเรือง , สมบัติ ชื่นชูกลิ่น , ภัทราภรณ์ เมฆพฤษาวงศ์ และ Tsutomu Ichikawa (2547) ได้ทำการศึกษาหาสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการก่อสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดิน โดยในการศึกษาจะพิจารณาตัวแปร 4 ตัวแปรคือ ลักษณะธรณีวิทยา ความลึกจากผิวดินถึงระดับน้ำใต้ดิน ลักษณะน้ำท่วม และอัตราการดูดซึมของดินชั้นบน พบว่าบริเวณบ่อสังเกตการณ์ P 13 P15 และ P21 ของบริเวณอำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร ซึ่งอยู่บริเวณฝั่งซ้ายของแม่น้ำยมและทิศตะวันตกของจังหวัดพิจิตร เป็นสถานที่ที่มีความเหมาะสมกว่าบริเวณอื่นในการก่อสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดิน

ดังนั้นจึงเลือกพื้นที่ศึกษาบริเวณบ่อสังเกตการณ์ P 13 และ P 21 ของบริเวณอำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร และทำการก่อสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดินเพื่อใช้ศึกษาหาประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดิน โดยใช้น้ำหลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
พื้นที่ศึกษา

3.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงพื้นที่ที่ศึกษาซึ่งมีหัวข้อประกอบด้วยสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ลักษณะทางธรณีวิทยา สภาพอุทกธรณีวิทยา และการพัฒนาแหล่งน้ำ

3.2. สภาพภูมิประเทศ

จังหวัดพิจิตรเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15° 50' ถึง 100° 45' ตะวันออก โดยมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

- ทิศเหนือมีอาณาเขตติดจังหวัดพิษณุโลก
- ทิศตะวันออกมีอาณาเขตติดกับจังหวัดเพชรบูรณ์
- ทิศใต้มีอาณาเขตติดกับจังหวัดนครสวรรค์
- ทิศตะวันตกมีอาณาเขตติดกับจังหวัดกำแพงเพชร

มีระยะห่างจากกรุงเทพฯประมาณ 347 กิโลเมตร พื้นที่ทั้งหมดประมาณ 4,531 ตารางกิโลเมตร ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพทำนา นอกนั้นเป็นอาชีพทำไร่ ปลูกผลไม้และพืชผัก

จังหวัดพิจิตรมีเนื้อที่ 2,831,883 ไร่ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดพิจิตรเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำยมและแม่น้ำน่านไหลผ่านในแนวเหนือใต้ ความยาวของแม่น้ำยมที่ไหลผ่านจังหวัดประมาณ 1 2 4 กิโลเมตร ส่วนแม่น้ำน่านมีความยาวที่ไหลผ่านจังหวัดประมาณ 9 7 กิโลเมตร

3.2.1. จังหวัดพิจิตร ประกอบด้วยพื้นที่ 3 ลักษณะ คือ

1. พื้นที่ทางตะวันออกของแม่น้ำน่าน พื้นที่ส่วนนี้จะเทลาดจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก บริเวณที่ใกล้แม่น้ำน่าน พื้นที่จะต่ำ มีน้ำท่วมเกือบทุกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พื้นที่ระหว่างแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน เป็นที่ราบน้ำท่วมถึงมีลาดเอียงเล็กน้อยจากทิศเหนือถึงทิศใต้
3. พื้นที่ทางตะวันตกของแม่น้ำยม เป็นพื้นที่ลาดเอียง จากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก พื้นที่ส่วนใหญ่ที่อยู่ใกล้แม่น้ำยมเป็นพื้นที่ต่ำ มีน้ำจากแม่น้ำยมท่วมแทบทุกปี

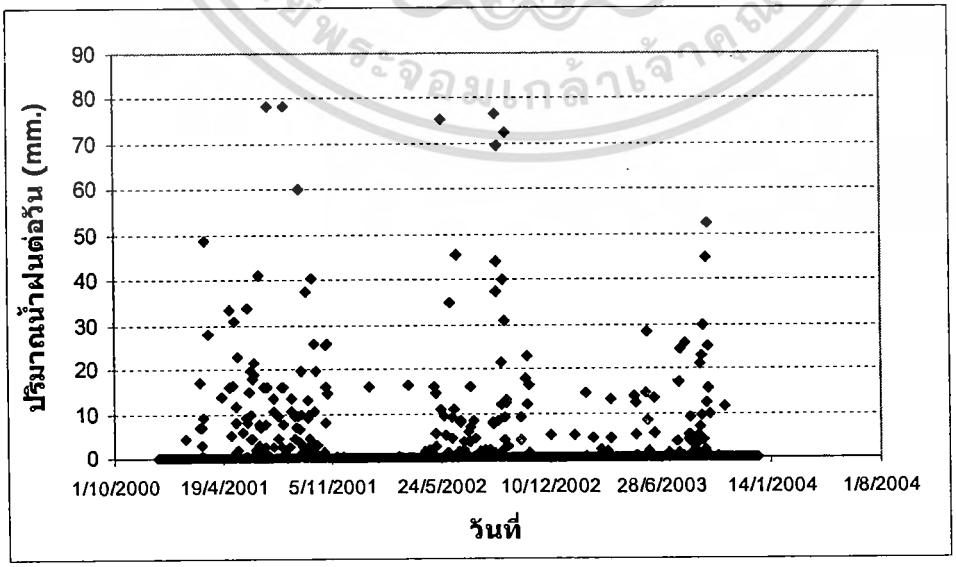
3.3. สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดพิจิตรแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดูกาล คือ

1. ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เป็นฤดูที่มีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่าน มีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งโดยทั่วไป
2. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม เป็นช่วงที่มีลมจากทิศใต้และตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมทำให้มีอากาศร้อน
3. ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นฤดูที่มีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียพัดผ่านทำให้มีฝนตกและอากาศชุ่มชื้น

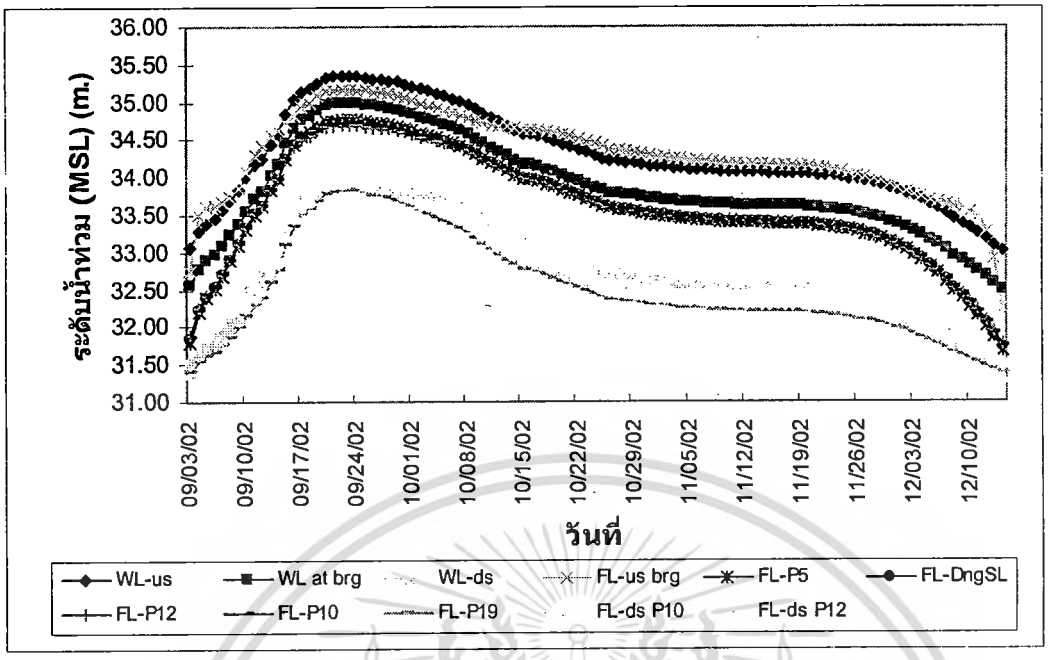
3.3.1. ปริมาณน้ำฝน

จังหวัดพิจิตรมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 1,434 มิลลิเมตร มีวันฝนตกจำนวน 80 วัน เดือนที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน มีฝนเฉลี่ย 317.3 มิลลิเมตร และฝนตกประมาณ 15 วัน ส่วนเดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุดคือเดือนธันวาคม มีฝนเฉลี่ย 3.2 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.1. แผนภูมิแสดงปริมาณน้ำฝนต่อวัน ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2. แผนภูมิแสดงระดับน้ำท่วม ระหว่าง เดือน กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2545

จากรูปที่ 3.2. แสดงให้เห็นว่าช่วงเดือนกันยายน ระดับน้ำท่วมจะมีปริมาณสูง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนที่มีปริมาณสูงในช่วงเดือนเดียวกัน

3.3.2. อุณหภูมิ

จังหวัดพิจิตรมีอากาศค่อนข้างร้อน มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี 27.4° c อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 37.4° C ในเดือนเมษายน และมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 17.7° C ในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นข่าวที่มีอากาศเย็นที่สุดในรอบปี

3.3.3. ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปีมีค่า 73.3% โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนมีนาคม 63.3% ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อน และมีค่าสูงสุดในเดือนกันยายน ซึ่งอยู่ช่วงฤดูฝนที่เกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4. สมดุลของน้ำเพื่อการเกษตร

การวิเคราะห์ค่าสมดุลของน้ำเพื่อการเกษตรของจังหวัดพิจิตร โดยการหาค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำพบว่าจังหวัดพิจิตรมีปริมาณฝนตกมากกว่าค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำตั้งแต่กลางเดือนมิถุนายนเป็นต้นไป ซึ่งปริมาณฝนที่มากกว่านี้จะถูกสะสมเอาไว้ในดินไปจนถึงประมาณต้นเดือนสิงหาคม ทำให้ดินถึงจุดอิ่มตัวเกินกว่าที่จะเก็บน้ำไว้ได้อีก ทำให้ฝนที่ตกมีค่ามากกว่าความต้องการไปจนถึงเดือนพฤศจิกายน ปริมาณฝนจะลดต่ำลงน้อยกว่าศักยภาพของการคายระเหยน้ำ ทำให้มีการนำน้ำที่สะสมไว้ในดินมาใช้ในการคายระเหยน้ำ จนถึงต้นเดือนธันวาคม น้ำที่สะสมในดินหมดไป จะเป็นช่วงที่ดินขาดแคลนน้ำไปจนถึงกลางเดือนมิถุนายน

3.4. ลักษณะทางธรณีวิทยา

3.4.1. หน่วยหินและอายุ

จังหวัดพิจิตรตั้งอยู่บนแอ่งเจ้าพระยาตอนบน พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยชั้นตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ยกเว้นทางด้านตะวันออกของจังหวัด ซึ่งหิน ภูเขาไฟยุคเปอร์โมไทรแอสซิก (Permo-Triassic) โผล่ให้เห็นในรูปของเนินเขาหรือภูเขาโดด สภาพทางธรณีวิทยาจากแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1 : 250,000 ระวางจังหวัดพิษณุโลก (NE47-15) ระวางจังหวัดพิษณุโลก (NE47-15) ระวางจังหวัดเพชรบูรณ์ (NE47-16) ระวางจังหวัดนครสวรรค์ (ND47-3) และระวางอำเภอบ้านหมี่ (ND47-4) ซึ่งจัดพิมพ์โดยกรมทรัพยากรธรณีระหว่างปี 2514-2519 ซึ่งสภาพทางธรณีวิทยาสามารถจำแนกได้ดังนี้

3.4.1.1. แหล่งสะสมตัวยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ประกอบด้วยตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวที่สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท

ตะกอนลำน้ำปัจจุบัน : Recent Alluvial Deposit (Q) : จะพบตามแนวสองฝั่งของลุ่มแม่น้ำยม แม่น้ำน่าน และตามลำน้ำสาขาแทบทุกสาย ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด โดยเฉพาะบริเวณตอนกลางของจังหวัด และเลยออกไปถึงเกือบสุด เขตจังหวัดพิจิตรด้านตะวันออก พื้นที่ซึ่งรองรับด้วยแหล่งสะสมตัวของตะกอนชนิดนี้ ซึ่งโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นพื้นที่ราบเรียบสม่ำเสมอ ตะกอนที่พบส่วนใหญ่เป็น กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินโคลนที่เกิดจากการกระทำของลำน้ำในปัจจุบันมีอายุระหว่าง 0-10,000 ปี ซึ่งอยู่ในยุคโฮโลวีน (Holovene)

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลานตะพักแม่น้ำ และตะกอนรูปพัด : Alluyial Terrace and Alluyial Fan (Q1) : เป็น แหล่งสะสมของตะกอนตะพักแม่น้ำตะกอนรูปพัด (Alluyial Fan) ลานหินตีนผา (Tulus) และแหล่งเศษหินตีนผา (Colluvial) มักจะพบอยู่ตรงกลางลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่านพบกระจัดกระจายอยู่ทางด้านตะวันตกและตะวันออกของจังหวัด สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่จะค่อนข้างราบเรียบถึงที่ราบลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย ความสูงของตะพักแม่น้ำระดับสูง และตะพักแม่น้ำระดับต่ำนั้นมีค่าประมาณ 10-20 เมตร ตะกอนส่วนใหญ่ประกอบด้วย กรวด ทรายแป้ง ดินเหนียว และบางส่วนมีศิลาแลง ซึ่งมีอายุประมาณ 0.01-1.67 ล้านปีอยู่ในช่วงอนุยุคไพลสโตซิน (Pleistocene)

3.4.1.2. หินภูเขาไฟยุคเพอร์โม-ไทรแอสซิก : Permo-Triassic (PTRV) ประกอบด้วยหินทัฟฟ์ (Tuff) หินแอกดกลมอเรต (Agglomerate) หินไรโอไลต์ (Rhyolite) และหินแอนดีไซต์ (Andersite) ปรากฏให้เห็นเป็นลักษณะเนินเขาโดด (Monodnock) ซึ่งพบอยู่ทั่วไปทางด้านทิศตะวันออกติดต่อเขตจังหวัดเพชรบูรณ์

3.4.1.3. หินภูเขาไฟจูลาสสิค-ไทรแอสซิก : Lower Jurassic-Upper Triassic (TRJ) ประกอบด้วยหินไรโอไลต์ (Rhyolite) หินแอนดีไซต์ (Andesite) หินทัฟฟ์ (Tuff) โดยมีหินแอกโกลมอเรต (Agglomerate) และหินไดโอไรท์อยู่เป็นบางแห่ง ส่วนใหญ่หินชุดนี้จะพบอยู่ตามเนินเขาโดด (Monodnock) เกิดอยู่ในมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoie)

3.4.2. สภาพธรณีสัณฐานวิทยา

จังหวัดพิจิตรสามารถแบ่งสภาพธรณีสัณฐานวิทยาออกเป็น 5 ประเภทของภูมิทัศน์ (Landform)

3.4.2.1. ที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain) เ ป็นที่ราบที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่ถูกพัดพาโดยแม่น้ำในฤดูน้ำหลากและพัดพาเอาตะกอนมาทับถมทุกปี ซึ่งประกอบด้วย สันดินร่วนลำน้ำ (Natural Levee) และที่ราบลุ่มลำน้ำ (Bank Swamp) สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบเรียบ ความลาดชันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ที่ราบน้ำท่วมถึงนี้พบอยู่บริเวณสองฝั่งของแม่น้ำน่าน และแม่น้ำยม

3.4.2.2 ตะพักแม่น้ำกึ่งปัจจุบันและตะกอนรูปพัดต่อเนื่อง (Semi-recent Terrace and coalescing alluvial fans) เกิดจากกระแสน้ำที่ไหลมาจากภูเขาจะพัดพาเอาตะกอนต่าง ๆ มาด้วยเมื่อกระแสน้ำไหลผ่านพ้นหุบเขาหรือเชิงเขาซึ่งจะเป็นที่ราบ ทำให้กำลังของน้ำลดลง ทางน้ำก็กระจายไป

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกอนที่ถูกพัดพามาก็ตกตะกอนขึ้น มีลักษณะคล้ายรูปพัด พื้นที่เหล่านี้จะพบทางตะวันตกของจังหวัด ซึ่งเกิดจากตะกอนที่พักมาจากตะกอนรูปพัดกำแพงเพชร และด้านตะวันออกของจังหวัด ซึ่งเกิดจากตะกอนที่พักมาจากจังหวัดเพชรบูรณ์ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบเป็นลูกคลื่นเล็กน้อย โดยเป็นที่ราบสลับกับที่ลุ่ม โดยชั้นบนบางแห่งจะมีตะกอนลำน้ำกึ่งปัจจุบันปิดทับอยู่ทางตอนบน ความลาดชันส่วนใหญ่ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์

3.4.2.3. ตะพักแม่น้ำเก่า (Old Alluvial Terrace) เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำเก่า พื้นที่มีอายุมากกว่าที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood Plain) และตะพักแม่น้ำกึ่งปัจจุบันและตะกอนรูปพัดต่อเนื่อง (Semirecent Terrace and coalescing alluvial fans) พื้นที่ส่วนใหญ่ค่อนข้างเรียบ ความลาดชันน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์

3.4.2.4. พื้นผิวที่เหลือค้างจากการกัดกร่อน (Dissected Erosional Surfaces) ลักษณะภูมิทัศน์ (Landform) ชนิดนี้ไม่ได้เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำแต่เป็นพื้นที่เหลือค้างจากที่ถูกการ กัดกร่อน (Erosion) ส่วนใหญ่แล้วเนื่องจากกระบวนการปรับระดับพื้นที่โดยอิทธิพลของน้ำ สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นมีความลาดชัน 2-8 เปอร์เซ็นต์

3.4.2.5. ภูเขา (Mountain and hill) มีลักษณะเป็นโครงสร้างของภูเขาโดดของหินแอนดีไซต์และไรโอไลต์ เป็นส่วนใหญ่ สภาพพื้นที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์

3.5. สภาพอุทกธรณีวิทยา

จากการศึกษาสภาพอุทกธรณีวิทยาระวางภาคเหนือของกองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี มาตราส่วน 1 : 500,000 ฉบับปรับปรุงแก้ไขในปี พ.ศ.2521 ชั้นหินในท้องที่จังหวัดพิจิตรนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับคือ ระดับตื้นและระดับลึก การศึกษาลักษณะอุทกวิทยาและธรณีวิทยาของจังหวัดพิจิตรแบ่งได้ 4 เขตตามลักษณะธรณีสัณฐานวิทยา

เขตที่ 1 (Qcp) แหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง บริเวณ 2 ฝั่งแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน แม่น้ำพิจิตร และแทรกเป็นบริเวณตามที่ราบฝั่งตะวันตก ซึ่งพัดพาตะกอนของน้ำจากแม่น้ำยมและน่าน ตะกอนดังกล่าวเป็นพวกกรวดทรายและดินเหนียว ซึ่งมีความพรุนสูงสามารถสูบมาใช้ได้ในอัตรา 45-113 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขตที่ 2 (Qcr) แหล่งน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ราบถึงค่อนข้างราบเรียบทางด้านตะวันออก เป็นแนวยาวตั้งแต่เหนือจรดใต้และทางตะวันตกบางส่วน ประกอบด้วยชั้นดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ อาจจะมีทรายและกรวดแทรกสลับกัน สามารถสูบมาใช้ได้ในอัตรา 12 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

เขตที่ 3 (Vc) แหล่งน้ำใต้ดินบริเวณที่เป็นหินภูเขาไฟ ประกอบด้วยหินไรโอไลต์ และแอนดีไซต์ หินกรวดภูเขาไฟ กระจายอยู่ทั่วไปทางด้านตะวันออกของจังหวัด สามารถสูบมาใช้ได้ในอัตรา 2-4 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง หรืออาจไม่พบเลย

เขตที่ 4 (PCms) แหล่งน้ำใต้ดินบริเวณทางด้านตะวันออกเขตติดต่อจังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วย หินดินดาน หินทราย และฟิลไลต์ สามารถสูบมาใช้ได้ในอัตรา 5-12 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง หรืออาจไม่พบเลย

3.6. การพัฒนาแหล่งน้ำ

สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดพิจิตรเป็นที่ราบลุ่ม มีลักษณะภูมิประเทศคล้ายแอ่ง โดยตอนกลางของจังหวัดมีแม่น้ำน่านและแม่น้ำยมไหลผ่านในแนวเหนือใต้ ขนานกันไป ด้านตะวันออกและด้านตะวันตกเป็นที่สูงลาดเทลงสู่ที่ราบตอนกลาง จึงทำให้น้ำท่วมในบางบริเวณในฤดูฝน และมีสภาพความแห้งแล้งเกิดขึ้นในบริเวณที่สูงของจังหวัดในพื้นที่จังหวัดพอสรุปสภาพโครงการชลประทานหลักของจังหวัดพิจิตรดังนี้

3.6.1. โครงการชลประทานพิจิตร

โครงการที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยเหลือการเพาะปลูกในพื้นที่ฝั่งซ้ายของแม่น้ำน่าน โดยการก่อสร้างอาคารบังคับน้ำปิดกั้นปลายคลองธรรมชาติ เพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ในฤดูทำนา และระบายน้ำออกหลังทำนา และยังช่วยป้องกันอุทกภัยอีกด้วย

3.6.1.1. ที่ตั้ง

เลขที่ 129 หมู่ที่ 4 ตำบลท่าหลวง อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร สังกัดสำนักงานชลประทานที่ 3 พื้นที่ชลประทานประมาณ 123,000 ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1.2. ลักษณะโครงการ

โครงการชลประทานพิจิตร จัดสรรน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกในเขตอาคารชลประทานขนาดกลาง จำนวน 12 แห่ง พื้นที่ชลประทานประมาณ 123,000 ไร่ แบ่งความรับผิดชอบออกเป็นงานส่งน้ำและบำรุงรักษา 2 งานคือ

- งานส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 (ตอนบน) พื้นที่ชลประทานประมาณ 43,500 ไร่
- งานส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 (ตอนล่าง) พื้นที่ชลประทานประมาณ 79,500 ไร่

3.6.1.3. ประวัติความเป็นมาโครงการชลประทานพิจิตร

จากสภาพที่ราบลุ่มบริเวณ 2 ฝั่งแม่น้ำน่าน จากจังหวัดพิษณุโลก ไปจนถึงจังหวัดนครสวรรค์ เดิมน้ำในแม่น้ำน่านในฤดูน้ำหลากจะไหลล้นทั้งสองข้างตลิ่งไหลบ่าเข้าคลองธรรมชาติเข้าไปท่วมพื้นที่นาในที่ราบลุ่มเกือบเป็นประจำทุกปี การทำนามักจะได้รับความเสียหายอยู่เสมอ และหากปีใดฝนล่าการทำนาจะล่าไปด้วยในตอนปลายฤดูน้ำในแม่น้ำน่านจะลดลงอย่างรวดเร็ว ต้นข้าวที่กำลังตั้งท้องก็จะขนาดน้ำหล่อเลี้ยงทำให้ผลผลิตไม่ได้ผลเท่าที่ควร เกษตรกรจึงร้องเรียนขอให้เปิดโครงการชลประทาน ในจังหวัดพิจิตรขึ้นเพื่อบรรเทาความเดือนร้อนในเรื่องดังกล่าว

3.6.2. โครงการพัฒนาเกษตรชลประทานพิษณุโลก (ในเขตจังหวัดพิจิตร)

ทุ่งราบสองฝั่งแม่น้ำน่านมีความยาวตามลำน้ำประมาณ 270 กิโลเมตร กว้างประมาณ 20-30 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 3 ล้านไร่ ซึ่งนับได้ว่าเป็นทุ่งราบผืนใหญ่ที่สุดสำคัญอีกแห่งหนึ่ง แต่สิ่งที่สำคัญคือแม่น้ำน่าน ที่บริเวณจังหวัดพิษณุโลกลงไป ตัวแม่น้ำน่านมีความจุเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของประมาณความจุที่จังหวัดอุตรดิตถ์ ดังนั้นหลังจากที่กรมชลประทานได้ดำเนินการพัฒนาแหล่งน้ำเจ้าพระยาตอนล่างโดยให้พื้นที่ราบทุ่งเจ้าพระยา ตั้งแต่จังหวัดนครสวรรค์ลงไปจนถึงชายฝั่งทะเลได้เป็นอู่ข้าว-อู่น้ำ ของประเทศ และเพื่อให้โครงการเจ้าพระยานี้สมบูรณ์ กรมชลประทานจึงได้วางแผนพัฒนาแควทั้งสี่ของแม่น้ำเจ้าพระยา คือ ปิง วัง ยม และน่าน ที่กรมชลประทานเร่งรัดให้ดำเนินการอยู่แล้วในขณะนี้คือ โครงการพัฒนาลุ่มน้ำน่าน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ

- ระยะที่ 1 ก่อสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำสิริกิตติ์
- ระยะที่ 2 ก่อสร้างโครงการพัฒนาเกษตรชลประทานพิษณุโลก
- ระยะที่ 3 ก่อสร้างโครงการชลประทานอุตรดิตถ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3. โครงการชลประทานขนาดเล็ก จังหวัดพิจิตร

3.6.3.1. ความเป็นมาโดยสังเขป

เนื่องจากยังมีพื้นที่เพาะปลูกในจังหวัดพิจิตรอีกมากที่ยังขาดแคลนน้ำในการทำนา ซึ่งโครงการชลประทานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ไม่สามารถไปช่วยทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำต่ำสูงในสังคมในชนบทซึ่งทางรัฐบาลยังไม่ได้ยื่นมือเข้ามาช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการช่วยเหลือในด้านจัดหาน้ำสำหรับอุปโภค-บริโภค และการเพาะปลูกดังนั้นการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กในท้องถิ่นชนบท ซึ่งมีแหล่งน้ำธรรมชาติที่จะดำเนินการพัฒนาได้ จึงเป็นงานที่สำคัญและเร่งด่วน ซึ่งถือว่าเป็นนโยบายที่สำคัญของรัฐบาลเพื่อเป็นการสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของเกษตรกรและประชาชนในชนบทเหล่านั้นจะได้มีน้ำใช้เพียงพอกับความต้องการในการยังชีพ

3.6.3.2. วัตถุประสงค์

ในการดำเนินการก่อสร้างโครงการชลประทานขนาดเล็กนั้นเพื่อเป็นการสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของเกษตรกรและประชาชนในชนบทให้มีน้ำใช้ในการอุปโภค-บริโภค และการเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง

3.6.3.3. ลักษณะโครงการ

เป็นโครงการประเภทกักเก็บน้ำและส่งน้ำ ตลอดจนการระบายน้ำ

3.6.3.4. ประโยชน์

1. อำนวยประโยชน์ให้แก่พื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น ประมาณ 369,200 ไร่
2. ให้เกษตรมีน้ำไว้ใช้ในการอุปโภค-บริโภค และทำการเกษตรโดยเฉพาะฤดูแล้ง
3. ช่วยบรรเทาอุทกภัย
4. ช่วยเสริมความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจและความมั่นคงของชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
หลักการและทฤษฎี

4.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎี ซึ่งมีหัวข้อประกอบด้วยเทคนิคในการอนุรักษ์น้ำใต้ดิน วิธีการเติมน้ำใต้ดิน รูปแบบวิธีการเติมน้ำใต้ดินแบบต่าง ๆ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.2. เทคนิคในการอนุรักษ์น้ำใต้ดิน

4.2.1. เทคนิคสำหรับการกำหนดปริมาณน้ำใต้ดินที่จะนำไปใช้ให้เหมาะสม

ในการอนุรักษ์น้ำใต้ดินหรือการรักษาน้ำใต้ดินให้มีใช้อยู่ตลอดไปนั้น จำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำใต้ดินที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์นี้มีวิธีการดังนี้

1. ให้คำนวณหาสมดุลของน้ำ (Water Balance) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดิน แล้วใช้ผลของการคำนวณนี้ไปพิจารณากำหนดปริมาณที่เหมาะสมของน้ำใต้ดินที่จะนำไปใช้ให้พอเหมาะพอดีกับปริมาณน้ำใต้ดินที่มีหมุนเวียนอยู่ และสามารถคาดคะเนอิทธิพลจากการนำน้ำใต้ดินไปใช้มากเกินไปได้

2. ให้จัดทำระบบการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินขึ้นในบริเวณที่มีการใช้น้ำใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ แล้วใช้ผลการตรวจวัดระดับน้ำที่ทำการวัดไว้ต่อเนื่องกันไปนี้พิจารณากำหนดปริมาณที่เหมาะสมของน้ำใต้ดินที่จะนำไปใช้ประโยชน์ และในกรณีที่แนวโน้มของการลดระดับน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับอัตราการใช้ปริมาณน้ำใต้ดิน จำเป็นต้องคาดคะเนการลดระดับน้ำใต้ดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และพยากรณ์การเหือดแห้งของแหล่งน้ำใต้ดิน

4.2.2. การเติมน้ำใต้ดิน (Recharge)

ในการอนุรักษ์น้ำใต้ดิน ให้คงมีใช้อยู่ตลอดไปนั้น นอกจากการนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ในปริมาณที่เหมาะสมแล้ว ยังมีความจำเป็นต้องเติมน้ำลงไปเพิ่มให้กับแหล่งน้ำใต้ดินที่นอกเหนือไปจากการเติมน้ำโดยธรรมชาติ ซึ่งวิธีการเติมน้ำใต้ดินเทียม ที่ได้ก่อสร้างขึ้น (artificial recharge) มีหลายวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น วิธีการแผ่กระจายน้ำ (Water spreading method) วิธีเติมน้ำใต้ดิน โดยการซึมผ่านผิวดิน (Surface Infiltration method) เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้การดำเนินงานครั้งนี้

4.3. รูปแบบวิธีการเติมน้ำใต้ดินแบบต่าง ๆ (Artificial Recharge Systems)

4.3.1.แบบซึมผ่านผิวดิน (Surface Infiltration)

ระบบ Surface infiltration สำหรับการเติมน้ำแบ่งเป็น ระบบ in-channel และ ระบบ off-channel

ระบบ in-channel เช่น เขื่อนและลำน้ำที่มีน้ำตลอดเวลา ดังนั้น การเพิ่มของพื้นที่เปียกของน้ำ หรือที่ราบลุ่มก็จะเพิ่มอัตราการซึมของน้ำ และน้ำเคลื่อนที่ลงสู่ระดับน้ำใต้ดิน

ระบบ off-channel ประกอบด้วย Infiltration basin ที่สร้างขึ้นโดยเฉพาะ ทะเลสาบ หลุมกรวด สนามทดน้ำท่วม ท่อที่มีรูพรุน หรืออุปกรณ์อย่างอื่นที่น้ำสามารถซึมลงในดิน และเคลื่อนที่ลงสู่น้ำใต้ดินข้างล่างได้อย่างสะดวก

แหล่งน้ำสำหรับ ระบบ in-channel และ ระบบ off-channel จะต้องมีคุณภาพเพียงพอที่จะป้องกันการเกิดตะกอนที่มากเกินไปของผิวหน้าการซึม โดยเกิดจากการตกตะกอน และการสะสมของสารแขวนลอย(ตะกอน แอลจี สลัดน์) โดยอยู่ในรูปของ biofilm และ biomass ในดิน หรืออาจเกิดจากการตกตะกอนของ แคลเซียมคาร์บอเนตในดิน ในระบบ Surface infiltration โดยปกติต้องการผิวดินที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ และมีอัตราการซึมที่สูง

4.3.2. แบบซึมผ่านสู่ชั้นน้ำไม่อิ่มตัว (Vadose Zone Infiltration)

Vadose zone infiltration นี้จะใช้ในที่ซึ่งชั้นดินมีความสามารถซึมเพียงพอ และในพื้นที่ที่ใช้ระบบ Surface infiltration ได้ยาก การเติมน้ำในดินสามารถเติมด้วยระบบการซึมผ่านสู่ชั้นน้ำไม่อิ่มตัวในแนวดิ่ง ตัวอย่างเช่น คูน้ำ หรือ บ่อ ใน vadose zone การเติมน้ำผ่าน คูน้ำจะขุดด้วยรถขุดดินให้มีความกว้าง 1 m และ ลึก 5 m และจะถมด้วยทรายหยาบ หรือกรวดละเอียด ปกติน้ำจะผ่านโดยใช้แนวท่อที่เจาะรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ประโยชน์หลักของการเติมน้ำแบบใช้คูน้ำหรือ บ่อ ใน vadose zone คือจะมีราคาไม่แพง ส่วนข้อเสียคือในตอนท้ายจะเกิดตะกอนที่ผิวหน้าการซึมเนื่องจากการสะสมของสารแขวนลอย ใน vadose zone ไม่สามารถล้างกลับชั้นตะกอนเพื่อปรับปรุงอัตราการซึมได้

4.3.3. แบบบ่อบาดาล (Wells)

การเติมน้ำโดยตรงหรือ การอัดน้ำจะใช้ในพื้นที่ที่ผิวดินเป็นดินเหนียวหลาย ๆ ชั้น นิยมใช้กับพื้นที่ที่ไม่เหมาะจะใช้ระบบ Surface infiltration และ vadose zone และชั้นให้น้ำอยู่ในระดับลึก

4.3.4. แบบผสม (Combination System)

ระบบ Surface infiltration ควรจะนำมาใช้มากที่สุดถ้าเป็นไปได้ เพราะวิธีนี้จะมีโอกาสมากที่สุดในการควบคุมตะกอนและ รักษาชั้นให้น้ำ การซึมได้ของน้ำในดินจะเกิดขึ้นที่ผิวดินหรือภายในช่องว่างของดินโดยน้ำสามารถเคลื่อนที่ได้โดยตรงในดินหยาบ อย่างไรก็ตามในชั้นที่ลึกลงไปเนื้อดินที่มีลักษณะละเอียดจะจำกัดการเคลื่อนที่ลงของน้ำสู่ชั้นให้น้ำที่จะทำให้น้ำใต้ดินมีระดับสูงขึ้น Surface infiltration สามารถใช้ได้ถ้าระบบการซึมในแนวดิ่งถูกสร้างผ่านชั้น restricting layer

สำหรับวิธีการเติมน้ำแบบผสม(Combination System) จะประกอบด้วยวิธีแบบซึมผ่านผิวดินกับแบบซึมผ่านสู่ชั้นน้ำไม่อิ่มตัว หรือแบบซึมผ่านผิวดินกับแบบบ่อบาดาล ในส่วนบนของระบบมีหน้าที่คือ ระบายน้ำผิวดินที่ขังอยู่ ขณะที่ส่วนล่างของระบบมีหน้าที่คือ เติมน้ำในชั้นให้น้ำ ข้อดีของระบบ คือ น้ำที่ถูกกรองก่อนโดยผิวดินและชั้นน้ำใต้ดินจะทำให้มีปริมาณตะกอนลดลง

4.4. การตกตะกอนของดิน (Soil Clogging)

ปัญหาหลักในระบบ การซึมสำหรับการเติมน้ำใต้ดินคือ ตะกอนที่ผิวหน้าการซึม(ก้นอ่าง, กำแพงของคูน้ำ) และมีผลทำให้อัตราการซึมลดลง ตะกอนเกิดจากสาเหตุโดย ทางกายภาพ ทางชีวภาพ ทางกระบวนการทางเคมี(Baveye et al. 1998)

กระบวนการทางกายภาพคือ การสะสมของสารแขวนลอย อนินทรีย์ และอินทรีย์ ในการเติมน้ำ เช่น บางส่วนของ clay และ silt เซลล์ของแอลจี จุลินทรีย์ และ ตะกอนสลัดน์ กระบวนการทางกายภาพแบบอื่น ได้แก่ การเคลื่อนที่ลงของอนุภาคที่ละเอียดในดิน และเกิดการสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
80126

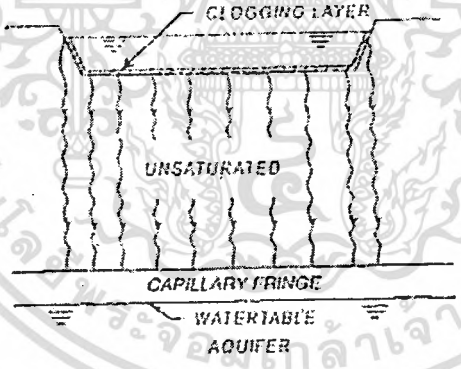
ของอนุภาคที่ละเอียดอยู่ใต้ผิวชั้นตะกอน ช่วงความลึกของชั้นนี้อาจมีตั้งแต่ไม่กี่ mm. ถึง cm. และอาจมากกว่านั้น

กระบวนการทางชีวภาพประกอบด้วย

1. การเจริญเติบโตของแอลจี และตะกอนแบคทีเรียในน้ำบนผิวหน้าการซึม
2. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดินที่อยู่ในรูป biofilm และ biomass ซึ่งจะอุดช่องว่างรวมทั้งลดขนาดช่องว่างลง

กระบวนการทางเคมีประกอบด้วย การตกตะกอนของ แคลเซียมคาร์บอเนต, ยิปซัม, ฟอสเฟต ในดิน

เพราะว่าในชั้นตะกอนการซึมผ่านของน้ำจะน้อยกว่าดินธรรมชาติ ซึ่งชั้นตะกอนนี้จะลดอัตราการซึม และกลายมาเป็นปัจจัยควบคุมในกระบวนการซึมผ่าน เมื่ออัตราการซึมในระบบผิวหน้าลดลงจนกระทั่งน้อยกว่า hydraulic conductivity ของดิน ใต้ชั้นตะกอนดินนี้จะกลายมาเป็นไม่อิ่มตัว ดังรูปที่ 4.1.



รูปที่ 4.1.แสดงหน้าตัดแสดง infiltration basin กับชั้นตะกอน
สำหรับการไหลไม่อิ่มตัวสู่ชั้นน้ำ (Sophoeleous, 2002)

ตะกอนจะถูกควบคุมโดยการลดตัวแปรที่เป็นสาเหตุของของการเกิดตะกอน ในการเจริญเติบโตของแอลจี และตะกอนชีวภาพแบบอื่นในอ่างเก็บน้ำจะถูกลดลงโดยการเคลื่อนย้าย nutrients(ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) และ organic carbon จากน้ำ การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพที่บริเวณใกล้กำแพงของคูน้ำหรือบ่อ

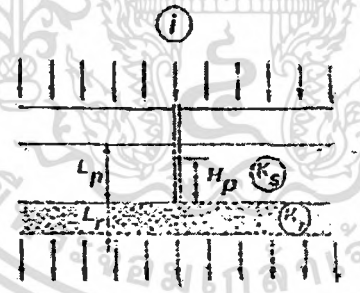
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระบบ Surface infiltration , ตะกอนจะถูกควบคุมโดยให้ อ่างเก็บน้ำแห้งเป็นระยะๆ ด้วยเหตุนี้จะทำให้ชั้นตะกอนแห้ง และแตกเป็นส่วนๆ กระบวนการนี้เพียงพอที่จะซ่อมแซมอัตราการซึมให้ได้ค่าที่พอใจ และถ้าตะกอนเริ่มกลับมาสะสม จะต้องเคลื่อนย้ายตะกอนเป็นระยะๆ ที่ขั้นจบของระยะเวลาแห้ง การเคลื่อนย้ายตะกอนจะใช้เครื่องขูดแบบจักรกล ขูดออก

น้ำที่สำหรับการเติมถ้าสะอาดเป็นพิเศษ และไม่มี nutrient และ organic carbon, อุณหภูมิต่ำ และดินมีลักษณะหยาบ กระบวนการซึมจะสามารถพิจารณาได้โดยปราศจากการเพิ่มของชั้นตะกอน

4.5. ผลกระทบของการเติมน้ำใต้ดินกับระดับน้ำใต้ดิน (Effects of Artificial Recharge on Groundwater Levels)

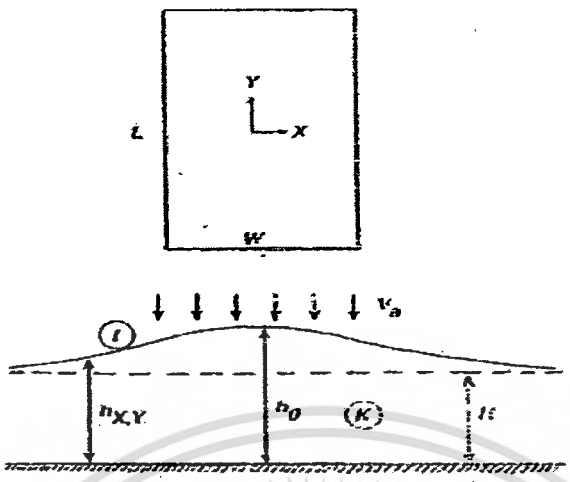
การเพิ่มระดับน้ำใต้ดินใต้ระบบการซึมสามารถเกิดได้ใน 2 ทิศทาง ได้แก่ perched mounding และ aquifer mounding ถ้าชั้นอยู่ใน vadose zone ที่ hydraulic conductivity น้อยกว่าอัตราการซึมจากการเติมน้ำ น้ำจะสะสมเหนือ perching layer ของน้ำใต้ดิน โดยที่การขังจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมี head เพียงพอบน perching layer เพื่อไหลผ่านชั้นนี้ที่อัตราเดิมที่มาจากข้างบน สำหรับพื้นที่การเติมน้ำขนาดใหญ่ กระบวนการนี้สามารถพิจารณาในระบบการไหลใน 1 มิติ ดังรูป 4.2.



รูปที่ 4.2. แสดงหน้าตัดทางดินและสัญลักษณ์สำหรับระบบการซึม
กับการขังของน้ำใต้ดิน(Sophoeleous, 2002)

การเกิด aquifer mounding นั้นจะเกิดในกรณีที่ไม่มีชั้นทึบน้ำกั้นระหว่างชั้นอุ้มน้ำและบริเวณที่เติมน้ำ โดยลักษณะการเกิด mounding ประเภทนี้แสดงในรูปที่ 4.3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3. แสดงรูปแปลนและหน้าตัดของการซึม และระบบการเติมน้ำ (Sophoeleous, 2002)

4.6. ผลกระทบจากระดับน้ำใต้ดินกับอัตราการดูดซึม (Effects of Groundwater Levels on Infiltration Rates)

บ่อยครั้งที่ก้นของอ่างเก็บน้ำจะถูกปกคลุมด้วยชั้นตะกอน ซึ่งควบคุมและลดอัตราการซึม ดังนั้นชั้นดินใต้อ่างเก็บน้ำจะกลายเป็นไม่อิ่มตัว พื้นที่ไม่อิ่มตัวจะหยุดความต่อเนื่องทางชลศาสตร์ระหว่าง อ่างเก็บน้ำ และชั้นให้น้ำ ดังนั้นอัตราการซึมจะเป็นอิสระจากความลึกน้ำใต้ดินที่ water table มีความลึกเพียงพอซึ่งส่วนบนของ capillary fringe เหนือ water table ซึ่งอยู่ใต้อ่างเก็บน้ำ capillary fringeนี้ทั่วไปหนาประมาณ 30 cm สำหรับ ทรายธรรมดา หนามากกว่านั้นสำหรับทรายละเอียด และน้อยกว่าสำหรับทรายหยาบ ด้วยเหตุนี้จึงสรุปได้ว่าถ้า water tableอยู่ลึกมากกว่าประมาณ 1 เมตรใต้อ่างเก็บน้ำ ระดับน้ำใต้ดินจะไม่มีผลกระทบในการเปลี่ยนแปลงอัตราการซึม ถ้าระดับ water table เพิ่มขึ้นอัตราการซึมจะเริ่มลดลงเมื่อระดับ capillary fringe มาถึงระดับก้นอ่างเก็บน้ำ และจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งกลายมาเป็นศูนย์เมื่อระดับ water table มาอยู่ที่ระดับเดียวกับผิวน้ำในบ่อ

4.7. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.7.1. กฎของ Darcy

จากสมการของ Darcy ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและการสูญเสียพลังงาน (head loss) h_L ดังนี้

$$v = \left(\frac{Kh_L}{L}\right) \tag{4.1.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตราบใดที่การไหลไม่เป็นแบบ turbulent ความเร็ว v และการไหลผ่านดินแบบอิ่มตัวจะเป็นสัดส่วนกับความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity , K) ความลาดเทของเส้น Piezometric headline $\left(\frac{h_L}{L}\right)$, soil permeability (k), มีหน่วยมีเป็นความยาวต่อหน่วยเวลา $\left(\frac{L}{t}\right)$, ค่า Hydraulic Conductivity ของดินขึ้นอยู่กับดินและคุณสมบัติของของเหลว, คุณสมบัติของดินที่มีผลกับค่า K คือ ขนาดรูปร่างของอนุภาคดินและช่องว่าง ส่วนคุณสมบัติของของเหลวที่มีผลต่อค่า K ได้แก่น้ำหนักเฉพาะ (γ)และความหนืด (μ)

หากพิจารณาคุณสมบัติของดินเพียงอย่างเดียว ไม่พิจารณาคุณสมบัติของของเหลว Permeability จะเรียกค่านี้ว่า Intrinsic Permeability, K ซึ่งหาได้จากสมการ

$$K' = \mu \frac{K}{\gamma} \tag{4.2.}$$

K' มีหน่วยแตกต่างจากค่า K คือมีหน่วยเป็นพื้นที่ (L^2) ในการศึกษาการไหลของน้ำใต้ดินในการชลประทานและบรรยาย ผลกระทบของ γ และ μ น้อยมาก จึงไม่สำคัญ จึงทำให้ K' มีค่าประมาณเท่ากับค่า K

ค่า v ในสมการ $Q = Av$ เมื่อ Q คือปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา และ v คือความเร็วการไหลที่ตั้งฉากกับพื้นที่ A ดังนั้นจึงได้ว่า

$$Q = AK\frac{h_L}{L} \tag{4.3.}$$

4.7.2. ความซึมได้ของน้ำในดิน (Permeability)

ช่องว่างในดินไม่ได้เป็นโพรงแยกอยู่โดด ๆ ไว้เก็บกักน้ำเหมือนอ่างเก็บน้ำแต่เป็นช่องเล็ก ๆ คดเคี้ยวไปมาต่อเนื่องถึงกันระหว่างเม็ดดิน ซึ่งน้ำจะไหลผ่านได้ ดังนั้นเมื่อน้ำมีความดันหรือระดับต่างกันระหว่าง 2 จุดในดิน ก็จะมีการไหลของน้ำผ่านช่องว่างเหล่านี้ ความสามารถที่น้ำไหลซึมผ่านดินได้ (k) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงว่าน้ำจะไหลซึมผ่านไปได้เร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน เช่น ดินพวกกรวด หรือทรายจะยอมให้น้ำไหลซึมผ่านไปได้เร็ว ค่า k จะสูงเรียกว่า ดินที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย (Pervious soil) ส่วนดินพวกตะกอนทราย หรือดินเหนียว จะยอมให้ไหลซึมผ่านไปได้ช้า ค่า k จะต่ำ เรียกว่า ดินที่น้ำสามารถไหลซึมผ่านได้ยาก (Impervious soil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่ดินยอมให้น้ำไหลซึมผ่านได้นี้ มีความสำคัญต่องานโยธาที่เกี่ยวข้องกับการรั่วซึมของน้ำในเขื่อน การระบายน้ำจากพื้นดิน และการลดระดับน้ำใต้ดินเป็นอย่างมาก

การไหลซึมของน้ำผ่านดิน จะเป็นแบบการไหลช้า ๆ ผ่านไปตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ในขณะเดียวกันแรงดันหรือระดับของน้ำก็จะสูญเสียไปเพราะแรงเสียดทานของผิวช่องเม็ดดิน ความเร็วของการไหลของน้ำในดิน สามารถเขียนเป็นสูตรตามกฎของดาร์ซี่ (Darcy) ได้ดังนี้

$$v = ki \tag{4.4.}$$

ซึ่ง v = ความเร็วของการไหลซึม

และ k = สัมประสิทธิ์ของความซึมได้ (Coefficient of permeability)

i = ความชันทางชลศาสตร์ $= \frac{\Delta h}{\Delta L}$

Δh = ความต่างของระดับน้ำในช่วงความยาวของการไหลซึม ΔL

ΔL = ช่วงความยาวของการไหลซึม

ปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านดิน สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$q = Av$$

$$\frac{V}{t} = Aki$$

$$V = Akit \tag{4.5.}$$

ซึ่ง q = ปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านดินในช่วงเวลา

และ V = ปริมาณน้ำที่ไหลซึมผ่านดิน

t = ช่วงเวลา (ที่ปริมาณน้ำ V ไหลซึมผ่าน)

A = พื้นที่หน้าตัดซึ่งน้ำไหลซึมผ่าน

ค่าความซึมได้ของน้ำในดิน (k) จะขึ้นอยู่กับอิทธิพลดังต่อไปนี้

1. ขนาดของเม็ดดิน ค่าความซึมได้ของน้ำในดิน จะเป็นปฏิภาคกับกำลังสองของขนาดประสิทธิผลของเม็ดดิน $(D_{10})^2$ ในกรณีที่เป็นกรวดหรือทราย สามารถใช้สมการของฮาเซ่น (Hazen) หาความสัมพันธ์ของความซึมได้ของน้ำในดินกับขนาดเม็ดดินได้ดังนี้

$$k = (D_{10})^2/100 \text{ มม./วินาที}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง D_{10} = ขนาดเม็ดดินที่มีส่วนที่เล็กกว่าขนาดนี้เป็นจำนวน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

= ขนาดประสิทธิผล

2. คุณสมบัติของของเหลวในช่องว่าง ของเหลวในช่องว่างที่เกี่ยวข้องในงานทางวิศวกรรมโยธาก็คือ น้ำ คุณสมบัติของน้ำที่สำคัญที่จะเปลี่ยนแปลงก็คือความหนืด (Viscosity) ความหนืดของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความหนืดจะลดลง ทำให้น้ำไหลซึมได้ของน้ำในดินคือที่ 20 องศาเซลเซียล

ค่าความซึมได้ของน้ำในดินที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ 20°C หาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$k_{20^\circ c} = k_T \frac{\mu T}{\mu_{20^\circ c}} \qquad (4.6.)$$

ซึ่ง $k_{20^\circ C}$ = สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดินที่อุณหภูมิ 20°C

และ k_T = สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดินที่อุณหภูมิ T°C

μ_T = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ T°C

$\mu_{20^\circ C}$ = ความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ T°C

ตารางที่ 4.1. แสดงค่าความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17.94	17.32	16.74	16.19	15.68	15.09	14.73	14.29	13.87	13.48
10	13.1	12.74	12.36	12.06	11.75	11.15	11.16	10.88	10.6	10.34
20	10.09	9.84	9.61	9.38	9.16	8.95	8.75	8.55	8.36	8.18
30	8	7.83	7.67	7.51	7.36	7.31	7.06	6.92	6.79	6.66
40	6.54	6.42	6.3	6.28	6.08	5.97	5.87	5.77	5.68	5.58
50	5.29	5.4	5.32	5.24	5.15	5.07	4.99	4.92	4.84	4.77
60	4.7	4.63	4.56	4.5	4.43	4.37	4.31	4.24	4.19	4.13
70	4.07	4.02	3.96	3.91	3.86	3.81	3.76	3.71	3.66	3.62
80	3.57	3.53	3.48	3.44	3.4	3.36	3.32	3.28	3.24	3.2
90	3.17	3.13	3.1	3.06	3.03	2.99	2.96	2.93	2.9	2.87
100	2.84	2.82	3.79	2.76	2.73	2.7	2.67	2.64	2.62	2.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อัตราส่วนช่องว่างของดิน ดินที่อัตราส่วนช่องว่างมาก น้ำย่อมไหลสะดวกกว่าดินที่มีอัตราส่วนช่องว่างน้อย เช่น ทรายหลวม น้ำย่อยไหลได้สะดวกและเร็วกว่าในทรายอัดแน่น
4. รูปร่างและการจัดเรียงตัวของช่องว่าง ช่องว่างของดินที่มีรูปร่างและการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบเป็นแถวเป็นแนวในทิศทางการไหลของน้ำ น้ำย่อมไหลได้สะดวกและเร็วกว่าในช่องว่างของดินที่มีรูปร่างและการจัดเรียงตัวแบบระเกะระกะสลับซับซ้อนและคดเคี้ยวไปมา
5. ระดับความอิ่มตัว ในดินที่ไม่อิ่มตัว ช่องว่างจะมีฟองอากาศอยู่ด้วย ซึ่งจะคอยกั้นการไหลของน้ำทำให้ซึมผ่านไม่สะดวก ดังนั้น ถ้าระดับความอิ่มตัวของดินเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้ค่าความซึมได้ของน้ำในดินเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.2. แสดงสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดิน(k)

ชนิดของดิน	ค่าความซึมได้ของน้ำในดิน (มม/วินาที)	คุณสมบัติของการระบายน้ำ
กรวด	มีค่ามากกว่า 10	ดี
ทราย	มีค่า $10\text{-}10^{-2}$	ดี
ทรายละเอียด ตะกอนทรายหยาบ	มีค่า $10^{-2}\text{-}10^{-4}$	ปานกลาง
ตะกอนทราย	มีค่า $10^{-4} - 10^{-6}$	เลว
ดินเหนียว	มีค่าน้อยกว่า 10^{-6}	น้ำซึมผ่านได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

5.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบในห้องปฏิบัติการซึ่งมีหัวข้อประกอบด้วยการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil Solid) การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดินแบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head) การทดลองหาขนาดของเม็ดดิน (Grain Size Analysis) ด้วยตะแกรงร่อน (Sieve Analysis) และวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis)

5.2. การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil Silid)

จากการที่ได้ศึกษาโครงสร้างและส่วนประกอบของดินตามธรรมชาติ ส่วนประกอบของดินที่เรียกว่า เนื้อดิน (Solid) ได้จากเม็ดดินที่มีแร่เป็นองค์ประกอบ ขนาดต่าง ๆ มารวมตัวเข้าด้วยกันด้วยเหตุและผลดังกล่าว ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินของมวลดินใดก็ตามถือว่าเป็นค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของมวลดินมีความสำคัญต่อการหาคุณสมบัติอย่างอื่น ๆ ของดิน ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินนั้นหาได้จากการนำค่าน้ำหนักของเม็ดดินแห้งมาเปรียบเทียบของน้ำที่อุณหภูมิ $4^{\circ}C$ และมีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของเม็ดดินแห้ง กล่าวคือ :

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \qquad (5.1.)$$

ซึ่ง W_s = น้ำหนักของเม็ดดินแห้ง

และ V_s = ปริมาตรของเม็ดดินแห้ง

γ_s = หน่วยน้ำหนักของเม็ดดินแห้ง ณ อุณหภูมิใด ๆ

γ_w = หน่วยน้ำหนักของน้ำกลั่นบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ $4^{\circ}C$

$V_s\gamma_w$ = น้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของเม็ดดินแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินตาม ASTM D854 โดยหาปริมาตรของเนื้อดินจากการแทนที่ด้วยน้ำ ดังนั้นปริมาตรของเนื้อดินที่ได้จะไม่ใช่เฉพาะค่าปริมาตรของเนื้อดินอย่างเดียวแต่จะรวมถึงโพรงทึบน้ำอีกด้วย (Impervious Void) ซึ่งน้ำไม่สามารถสอดแทรกเข้าไป ค่าความถ่วงจำเพาะที่หาได้จึงเรียกว่า ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity)

ส่วนความถ่วงจำเพาะที่หาจากปริมาตรเฉพาะของเนื้อดินเรียกว่า ค่าความถ่วงจำเพาะสมบูรณ์ (Absolute Specific Gravity) ปรกติค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะสมบูรณ์ แต่ค่าความแตกต่างจากค่าความถ่วงจำเพาะของแร่ที่เป็นองค์ประกอบไม่มาก ค่าความถ่วงจำเพาะของมวลดินโดยทั่วไปประมาณ 2.60-2.80

5.2.1. วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

5.2.2. ทฤษฎี

ส่วนประกอบของดิน และความสำคัญของค่าความถ่วงจำเพาะของดิน ดินมีส่วนประกอบของอากาศ น้ำ และเม็ดดิน (Soil Solid) เม็ดดินที่เป็นส่วนประกอบในดินจะประกอบด้วยแร่ธาตุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดเดียวกัน จะมีค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินแตกต่างกันไป ในขณะที่ความถ่วงจำเพาะของน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกันและเปลี่ยนแปลงตามค่าอุณหภูมิ ซึ่งสามารถหาค่าได้จากตารางมาตรฐาน ส่วนความหนาแน่นของอากาศในทางปฏิบัติจะถือว่ามีค่าน้อยมากและไม่นำมาคิด จะเห็นได้ว่าค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินจึงมีความสำคัญในการคำนวณค่าต่าง ๆ ในสถานะความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของดิน (Phase Relationship) เช่น ค่าความพรุน (Porosity) อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ในดินความอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation) ความหนาแน่น (Density) และการนำค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินไปคำนวณในสูตรการตกตะกอนของเม็ดดินในการวิเคราะห์ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis)

ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน , G_s = น้ำหนักเม็ดดิน / น้ำหนักของน้ำ
ที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิ 4°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีคำจำกัดความของเทอมอื่นๆ ที่อาจจะเข้าใจผิดพลาดหรือสับสนกันได้ คือ ความหนาแน่นของมวล (Mass Density) และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร (Unit Weight) ค่าทั้ง 2 นี้เป็นค่าที่คิดปริมาตรของทั้งหมด (รวมทั้งน้ำ และอากาศที่เป็นส่วนประกอบของดิน)

หนาแน่นของมวล , ρ = มวลของดิน / ปริมาตร ตัน/ม ^{3}

น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร , γ = น้ำหนักดิน / ปริมาตร กิโลนิวตัน /ม ^{3}

จากคำจำกัดความข้างบน จะเห็นได้ว่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน จะมีค่าสูงกว่าความหนาแน่นของมวล และค่าน้ำหนักของดินต่อหน่วยปริมาตร เนื่องจากเป็นส่วนผสมทั้งน้ำและอากาศ ในมวลดิน

ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินละเอียด (ดินเหนียว) จะมีค่าประมาณ 2.68-2.72 และมีค่าสูงกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของทราย (มีค่าประมาณ 2.65) เนื่องจากดินเหนียวมีส่วนประกอบของแร่ธาตุหลายชนิดซึ่งหนักกว่าควอทซ์ (Quartz) ซึ่งจะเป็นส่วนประกอบหลักของทรายทั่วไป ค่าความถ่วงจำเพาะของดินจึงมีประโยชน์ในการจำแนกชนิดของดินว่าเม็ดดินประกอบด้วยแร่ธาตุอะไรเป็นหลัก

จากความจำกัดความของค่าความถ่วงจำเพาะของดิน กำหนดที่ค่าอุณหภูมิมาตรฐานของน้ำที่ 4 องศาเซลเซียส แต่การทดลองจริง ๆ ทำในอุณหภูมิห้องซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส จึงต้องปรับค่าด้วยค่าองค์ประกอบ แก้ความแตกต่างของอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำในอุณหภูมิห้องจะแตกต่างจากค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่ 4 องศาเซลเซียส เพียงค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 3 เท่านั้น ซึ่งจะมีผลในการคำนวณน้อยมาก ถ้าต้องการจะปรับแก้ก็สามารถเปิดค่าได้จากตาราง

ในการทดลองค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน จะต้องทำการหาปริมาตรของเม็ดดินที่ทดลองด้วยวิธีการแทนที่น้ำ ตามหลักการของอาร์คีมีดิส ซึ่งมีค่ากฎข้อหนึ่งว่า เมื่อมวลสารจมลงในน้ำ ปริมาตรน้ำที่ล้นออกมา จะมีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของมวลสารนั้น

5.2.3. วิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง จะประกอบด้วยวิธีการหาน้ำหนักของเม็ดดินที่ทดลองด้วยการอบแห้ง ส่วนปริมาตรของเม็ดดินที่ทดลองจะหาด้วยวิธีแทนที่น้ำตามหลักของอาร์คีมิส ซึ่งจะใช้วิธีการหาได้ 2 วิธี คือ

5.2.3.1. ใช้ปิกโนมิเตอร์ (Pyncnometer) เป็นขวดแก้ววัดปริมาตรที่มีฝาปิดชนิดพิเศษ เมื่อปิดฝาน้ำจะล้นจะทำให้ได้ปริมาตรของของเหลวที่วัดได้แน่นอน

ข้อดี - การหาปริมาตร กระทำได้ง่าย

ข้อเสีย - ขวดแก้วลักษณะนี้ มีขนาดความจุเล็ก ไม่เกิน 100 ซม^3 ไม่เหมาะในการนำมาทดลองตัวอย่างดินหรือแบบฝาปิดกรวยทองเหลือง หาค่าความถ่วงจำเพาะได้ไม่ละเอียด

5.2.3.2. ใช้ขวดแก้วฟลาซ (Volumetric Flask) ขนาด 500 ซม^3

ข้อดี - เป็นการทดลองที่แสดงขั้นตอนตามทฤษฎี ทำให้เกิดความเข้าใจ มีขนาดใหญ่ เหมาะสมกับการทดสอบดินเป็นขวดแก้วที่มีใช้กันทั่วไปหาซื้อง่าย

ข้อเสีย - การทดสอบต้องใช้เวลา และผู้ทดสอบจะต้องมีความชำนาญจึงจะได้ผลการทดสอบที่ถูกต้อง

หมายเหตุ

1.ปริมาตรของขวดจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เนื่องจากขวดแก้วขยาย-หดตัวและน้ำในขวดแก้วขยาย-หดตัว จึงต้องทำการสอบเทียบหาน้ำหนักน้ำในขวดแก้วที่ขีดปริมาตร 500 ซม^3 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน จากอุณหภูมิห้องถึงประมาณ 40 องศาเซลเซียส

2. ฟองอากาศในน้ำจะมีผลต่อการวัดปริมาตรของน้ำในขวดแก้ว จึงต้องทำการไล่อากาศ (De-Air) ด้วยวิธีดูดอากาศ หรือวิธีง่าย ๆ ใช้การต้มให้เดือดประมาณ 10 นาที

3. น้ำหนักดินแห้ง , W_s เป็นน้ำหนักดินที่อบแห้ง ควรหาหลังการทดลอง ถ้าการไว้ก่อนเริ่มการทดลองต้องระมัดระวังไม่ให้ตกหล่นขณะทำการทดลอง

4. ปรับค่าความถ่วงจำเพาะตามอุณหภูมิที่ทำการทดลองด้วยการคูณด้วยองค์ประกอบแก้, G_r

5.2.4. เครื่องมือ

5.2.4.1. เครื่องมือเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ขวดแก้วฟลาซก้นแบนขนาดความจุ 500 ซม^3
2. เตาบุนเส็นหรือเตาแผ่นร้อน (Hot Plate)
3. สามขา (Tripod) และแผ่นตะแกรงแอสเบสโตส (Asbestos Gauze)
4. ปรอท 0-100°C
5. หลอดแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มม. ยา ว 30 ซม. แท่งแก้วคนกร วย ขนาดปาก ประมาณ 10 ซม. แบบรูกว้าง

5.2.4.2. เครื่องมือทั่วไป

1. ตู้อบ
2. ภาชนะ-ขันอลูมิเนียม
3. อ่างแก้วดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งอ่านละเอียด 0.01-0.1 กรัม
5. น้ำกลั่น

5.2.5. ขั้นตอนปฏิบัติ

5.2.5.1 สอบเทียบ (Calibrate) ขวดฟลาซ ก่อนหรือหลังการทดลอง

1. วัตถุประสงค์

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำในขวดฟลาซที่ขีดปริมาตร 500 ซม^3 และน้ำหนักขวดที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน สำหรับอ่านค่า W_2 ที่อุณหภูมิทดลอง

2. วิธีการทดลอง

2.1. ทำความสะอาดขวดแก้วฟลาซที่จะใช้ทำการทดลอง
2.2. เติมน้ำกลั่นในขวดประมาณ $\frac{3}{4}$ ของคอขวด เพื่อไม่ให้น้ำเดือดล้นขวดแก้วจะ แตก
2.3. ไล่อากาศในน้ำ ด้วยการต้มน้ำให้เดือดบนเตาบุนเส็น หรือเตาแผ่นร้อนประมาณ 10 นาที นำขวดแก้วลงจากเตา เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่อากาศเตรียมไว้แล้วลงในขวดแก้วฟลาซให้เต็มด้วยวิธีกาลักน้ำ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุ่มปลายสายยางลงใต้ผิวน้ำเพื่อไม่ให้อากาศเข้าไปผสมในน้ำอีก ปล่อยให้เย็นถ้าต้องการให้เย็นเร็ว อาจใช้วิธีใส่ในอ่างน้ำแข่ จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึงประมาณ 40°C ตรวจสอบว่าอุณหภูมิของขวดในขวดแก้วเท่ากันทุกระดับ ถ้าไม่เท่ากัน คลึงขวดเอียงไปมา หรือใช้หลอดแก้วคน

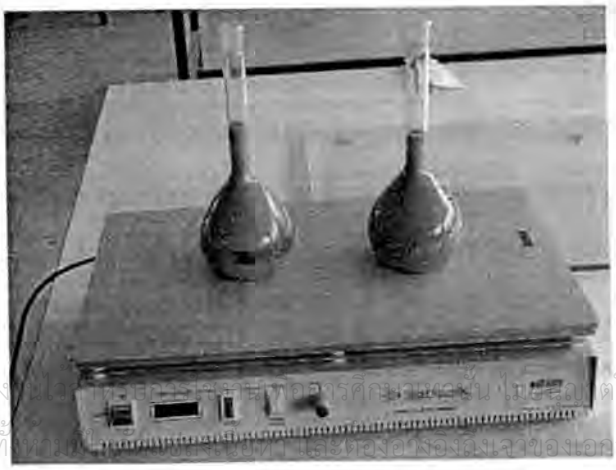
2.4. แต่งขอบน้ำให้อยู่ที่ขีดบอกปริมาตร 500 ซม^3 สังเกตบอบล่างของโค้งผิวน้ำ เช็ดขวดภายนอกและภายในเหนือผิวน้ำให้แห้ง

2.5. นำขวดแก้วที่มีน้ำอยู่ ขึ้นชั่งแล้ววัดอุณหภูมิน้ำ แล้วตรวจสอบดูว่าอุณหภูมิของน้ำเท่ากันทุกระดับ

2.6. ทำการทดลองในข้อ 4- 5) อีก 3-4 ครั้ง ในช่วงอุณหภูมิ 40°C จนถึงอุณหภูมิห้อง ถ้าต้องการให้อุณหภูมิลดต่ำกว่าอุณหภูมิของห้อง ใช้น้ำแข็งผสมในอ่างแช่น้ำ

5.2.5.2. การทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

1. เตรียมดินที่ต้องการทดสอบประมาณ 50 กรัม ถ้าเป็นดินเหนียว คลุกเคล้าให้เข้ากันดีในขณะที่เติมน้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งดินเหลวและเข้ากันดี เติมน้ำลงไปอีกให้ดินเหลาพอที่จะเทลงขวด ถ่ายดินลงขวดให้หมด ใช้น้ำช่วยล้าง
2. เติมน้ำในขวดแก้วให้ถึง $\frac{3}{4}$ ของคอขวด ไล่อากาศเช่นเดียวกับวิธีการสอบเทียบในข้อ 3) นำขวดแก้วลงมาจากเตา เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่อากาศเช่นเดียวกับวิธีสอบเทียบขวดแก้วในข้อ 3) นำขวดแก้วลงมาจากเตา เติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่อากาศเตรียมไว้แล้วลงในขวดแก้ว
3. ลดอุณหภูมิของน้ำในขวดด้วยวิธีใส่ในอ่างน้ำแช่ หรือปล่อยขวดทิ้งไว้ค้างคืนให้น้ำเย็นลงในอุณหภูมิห้อง น้ำที่เติมไว้เต็มขวดจะลดลง
4. แต่งระดับน้ำในขวดที่ขีดปริมาตร 500 $\frac{1}{4}$ อ่านขีดล่างหรือขีดบน และเช็คขวดให้แห้งนำขึ้นชั่ง และวัดอุณหภูมิน้ำ ตรวจสอบว่าอุณหภูมิน้ำในขวดเท่ากันทุกระดับ อุณหภูมิที่ทดลองจะต้องอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ได้สอบเทียบไว้ อาจจะอ่านอุณหภูมิ 1-2 ค่า
5. เมื่อเสร็จแล้ว เขย่าขวด เทตัวอย่างออกใส่ขัน นำเข้าตู้อบ หลังจากอบแห้งแล้ว ชั่งน้ำหนักดินแห้ง W_s แล้วบันทึกค่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1. แสดงการต้มน้ำผสมดินให้เดือดบนเตาแผ่นร้อน (Hot Plate) เพื่อไล่อากาศ

5.2.6. การคำนวณและรายงานผล

5.2.6.1. การสอบเทียบขวด

1. จากค่าน้ำหนักขวดแก้ว + น้ำ และอุณหภูมิที่อ่านได้ นำมาเขียนจุดในกราฟ ให้ค่าน้ำหนักขวดแก้ว + น้ำ เป็นกรัม อยู่ในแกนตั้ง และค่าอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส อยู่ในแกนนอน
2. ลากเส้นเฉลี่ยผ่านจุดทั้งหมด

5.2.6.2. ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

$$GS = \frac{W_s}{(W_2 - W_s) - W_1} G_T \qquad (5.2)$$

ซึ่ง W_s = น้ำหนักตัวอย่างดินที่ทดลองอบแห้ง

และ W_2 = น้ำหนักขวดแก้ว + น้ำที่อุณหภูมิทดสอบ

W_1 = น้ำหนักขวดแก้ว + น้ำ + ดิน ที่ทำการทดสอบ

G_T = องค์ประกอบแก้ปรับค่าอุณหภูมิจาก 4°C

5.2.7. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองดังแสดงในภาคผนวก ก ดินชั้นบนจะมีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.59 ส่วนดินชั้นล่าง จะมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.69

5.3. การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดินแบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head)

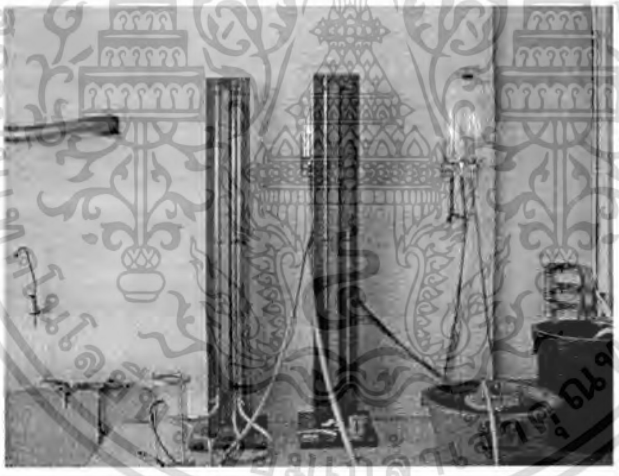
5.3.1. อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

1. ชุดเครื่องมือ Constant Head Permeameter จำนวน 1 ชุด
2. บีกเกอร์ขนาด 500 cm^3 จำนวน 1 ใบ
3. นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2. วิธีการทดลอง

1. เตรียมชุดเครื่องมือ Constant Head Permeameter
2. นำตัวอย่างดินมาใส่ในหลอดใส่ตัวอย่างแล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดใส่ตัวอย่างเพื่อหาพื้นที่หน้าตัด โดยการใส่ตัวอย่างดินจะต้องใส่ตัวกรอง (Filter) มาเป็นตัวกรอง เพื่อให้แรงดันน้ำสม่ำเสมอไม่ดันจนเม็ดดินไหลออกมาทางด้านบนจนหมดจากนั้นนำหลอดตัวอย่างดินไปใส่ในชุดเครื่องมือ Constant Head Permeameter
3. ทำการปล่อยน้ำโดยให้ความดันคงที่ให้ไหลผ่านตัวอย่างดินที่อยู่ในหลอดใส่ตัวอย่าง
4. วัดปริมาณน้ำ (Q) ซึ่งรองรับด้วยบีกเกอร์ พร้อมกับจับเวลา (t)
5. อ่านค่าการสูญเสียความดันหรือระดับน้ำ (H)
6. เปลี่ยนตัวอย่างที่ระดับความลึกต่างๆแล้วเริ่มทำข้อ 1-5 ใหม่



รูปที่ 5.2 แสดงเครื่องมือในการหาหาค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดิน
แบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head)

5.3.3. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองดังแสดงในภาคผนวก ก จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของน้ำในดินแบบความดันน้ำคงที่ (Constant Head) ของดินชั้นบน และชั้นล่าง เท่ากับ 0.00399 cm./s. (3.45 m./day) และ 0.066388 cm./s. (57.36 m./day) ตามลำดับ จัดได้ว่าดินทั้งชั้นบนและชั้นล่างเป็นดินที่มีความสามารถในการซึมของน้ำปานกลาง (0.864 – 86.4 m./day) แต่ดินชั้นล่างนั้นจะมีความสามารถ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการซึมของน้ำดีกว่าดินชั้นบนค่อนข้างบน ซึ่งหากทำการขุดลอกดินชั้นบนออกให้ถึงบริเวณดินชั้นล่าง พื้นที่นี้จะมีความเหมาะสมสำหรับการเติมน้ำแบบซึมผ่านผิวดิน

5.4. การทดลองหาขนาดเม็ดดิน (Grain Size Analysis)

5.4.1.วัตถุประสงค์

เพื่อหาขนาดเม็ดดิน และความคละของเม็ดดิน(สำหรับดินเม็ดหยาบ)

5.4.2. ตัวอย่างดิน

- กรวด ทราย สำหรับการทดลองแบบตะแกรงร่อน
- ดินเหนียว – ดินตะกอน สำหรับการทดลองแบบไฮโดรมิเตอร์
- ทรายปนดินเหนียวหรือทรายปนตะกอน สำหรับการทดลองแบบรวม ตะแกรงร่อน และไฮโดรมิเตอร์

5.4.3. ทฤษฎี

ดิน (กรวด ทราย) เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างหรือเป็นดินเดิมรองรับรากฐานอาคาร จะมีคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น ความอัดแน่น ประวัติการถูกกดทับมาในอดีตรวมทั้งการกระจายหรือการคละของขนาดเม็ดดินเป็นต้น โดยตามธรรมชาติดินจะมีคุณสมบัติในการรับน้ำหนักได้ดีขึ้นเมื่อมีขนาดเป็ดใหญ่ขึ้น เช่น กรวด หรือหินโม่สามารถรับน้ำหนักได้ดีกว่าทราย ส่วนทรายสามารถรับน้ำหนักได้ดีกว่าดินเหนียวเป็นต้น สำหรับเม็ดหยาบเช่น ทรายและกรวดความคละกันของขนาดเม็ดดินจะมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติดินการพิจารณาและจำแนกความคละของเม็ดดินหยาบสามารถทำได้ด้วยตาเปล่าแต่เพื่อข้อมูลทางวิศวกรรมจะใช้การแยกด้วยตะแกรงร่อนขนาดต่างๆแล้วคิดเปอร์เซ็นต์แต่ละขนาดเรียกการทดสอบว่าการหาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน (Sieve Analysis)

อย่างไรก็ตามการทดสอบนี้ยังถือว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง โดยธรรมชาตาการหาขนาดเม็ดดินหยาบจะถือเอาขนาดตะแกรงที่เม็ดดินร่อนผ่านเป็นหลัก แต่ในความเป็นจริงเม็ดดินแต่ละเม็ดมีขนาดไม่กลมหรือเป็นลูกบาศก์ แต่จะเป็นเหลี่ยมแหลมตามธรรมชาติลักษณะการลอดผ่านตะแกรงแต่ละขนาดจะคลาดเคลื่อนกับขนาดของช่องตะแกรงจริงๆอยู่บ้าง ส่วนการหาขนาดเม็ดดิน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเอียดด้วยการวิเคราะห์ไฮโดรมิเตอร์เป็นการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 จะต้องทดสอบภายใต้สมมติฐานหลายข้อ เช่น สมมติว่าดินมีขนาดเม็ดกลมแต่เม็ดดินจริงมีลักษณะแบน เพื่อให้ได้ผลการคำนวณเป็นตัวเลขออกมา การนำผลการวิเคราะห์ไปใช้จึงต้องคำนึงถึงความเป็นจริงข้อนี้ไว้และไม่มีประโยชน์ที่จะพิจารณาถึงทศนิยมตำแหน่งที่สองเป็นต้น

ผลการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานปฏิบัติทางวิศวกรรมได้อย่างกว้างขวางและถือเป็นการทดสอบมาตรฐานที่ปฏิบัติกันทั่วไป

ดินบางชนิดไม่สามารถหาขนาดเม็ดดินที่แน่นอนได้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพการทดสอบและการเตรียมตัวอย่างดินเช่นดินที่อยู่ในสภาพมีเม็ดผุกร่อน เม็ดใหญ่จะแตกแยกเป็นเม็ดเล็กได้ง่ายดินพวกนี้จึงถือว่ามีผลการทดสอบไม่แน่นอน

การทดสอบเม็ดดินมี 3 วิธีตามความเหมาะสมของขนาดเม็ดดินและตามชนิดของเม็ดดิน ดังนี้

1. วิธีใช้ตะแกรงร่อน (Sieve Analysis) สำหรับดินที่มีเม็ดหยาบมีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 เป็นส่วนใหญ่
2. วิธีวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) สำหรับดินเม็ดละเอียด เช่นดินเหนียว (Clay) ดินเหนียวปนตะกอน (Silty Clay) มีขนาดเม็ดดินเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 เป็นส่วนใหญ่
3. วิธีวิเคราะห์รวมทั้งวิธีตะแกรงร่อนและวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Combined Analysis Sieve and Hydrometer Analysis) สำหรับดินที่มีเม็ดดินทั้งขนาดใหญ่และเม็ดละเอียดปนกัน เช่น ดินกรวดปนดินเหนียว (Clayer Gravel) ทรายปนดินเหนียว (Clayer Sand) ทรายปนดินตะกอน (Silty Sand) เป็นต้น

5.4.4. การร่อนตะแกรง

การร่อนตะแกรงทำได้ 2 วิธีคือ

1. ร่อนแห้ง (Dry Sieving) ทำการร่อนดินแห้งๆดินที่เหมาะกับวิธีร่อนแบบนี้ต้องเป็นดินที่มีเม็ดใหญ่และ สะอาด(มีดินเม็ดละเอียดปนอยู่น้อย หรือไม่มีเลย) ดินที่นำมาร่อนควรจะแห้งแต่ไม่จำเป็นต้องอบแห้ง ถ้าแน่ใจว่าดินแห้งพอที่เม็ดดินจะแยกจากกันเป็นอิสระ และระหว่างการทดลองน้ำหนักดินจะไม่เปลี่ยนแปลงมีผลให้ค่าในการทดลองผิดไป

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ร่อนเปียก (Wet Sieving) ทำการร่อนดินด้วยการล้างน้ำ (การทดสอบรวมแบบไฮโดรมิเตอร์และตะแกรงร่อน) ครั้งแรกทำการล้างดินผ่านตุแกรงเบอร์ 200 จนน้ำใส (แสดงดินเม็ดดินผ่านตะแกรงหมดแล้ว) ส่วนที่ค้างนำไปอบแห้ง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ แบบร่อนแห้ง ส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 นำไปอบแห้ง หรือนำไปทดสอบไฮโดรมิเตอร์ต่อไป

เหตุผลที่ต้องทำการร่อนเปียก เพื่อให้แยกดินเม็ดละเอียดออกจากดินเม็ดใหญ่ด้วยการล้าง ทำให้ได้ผลการทดสอบถูกต้องขึ้น

5.4.5. การแยกการวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์

สำหรับดินที่มีขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน (ตะแกรงเบอร์ 200) มีขนาดเล็กเกินกว่าที่จะใช้ตะแกรงโดยทั่วไป (ตะแกรงมีขนาดเล็กสุดขนาดเบอร์ 400) จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ โดยอาศัยกฎการตกตะกอนของสโตรค (Stroke's Law)

ไฮโดรมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นไฮโดรมิเตอร์ชนิดพิเศษสำหรับการทดสอบดิน โดยเฉพาะมีขนาดใหญ่กว่า และมีขนาดความยาวก้านสเกลยาวกว่าไฮโดรมิเตอร์ทั่วไป และมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดอ่านค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำโคลน (Specific Gravity of Suspension) และแบบอ่านค่าน้ำหนักเม็ดดินต่อปริมาตรน้ำโคลน (Grams per Liter of Suspension) ไฮโดรมิเตอร์ที่แนะนำให้ใช้ควรเป็นชนิดที่มีก้านสเกลอ่านค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.995-1.030 หรืออ่านค่าน้ำหนักเม็ดดินต่อปริมาตรน้ำโคลนประมาณ 0-60 กรัม/ลิตร

ไฮโดรมิเตอร์ชนิดของมาตรฐานสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ASTM) เบอร์ 151H อ่านค่าความถ่วงจำเพาะน้ำโคลน และเบอร์ 152H อ่านค่าน้ำหนักเม็ดดินต่อปริมาตรน้ำโคลน ไฮโดรมิเตอร์ทั้งสองเบอร์นี้มีขนาดเท่ากันเพียงแต่แบ่งสเกลที่ก้านอ่านค่าต่างกัน ซึ่งระยะประมาณความสัมพันธ์ค่าอ่านสเกลได้ดังนี้ :-

$$R2 = 1606(R1-1) \qquad (5.3.)$$

หรือ $R1 = R2/1606+1$

เมื่อ :- R1 = ค่าอ่านไฮโดรมิเตอร์เบอร์ 151H (ค่าความถ่วงจำเพาะ)

R2 = ค่าอ่านไฮโดรมิเตอร์เบอร์ 152H (กรัม/ลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.6. ขนาดและลักษณะของตะแกรง

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรงที่ใช้ในห้องทดสอบมีขนาด 3 นิ้ว 8 นิ้ว และ 12 นิ้ว ปกติจะใช้ 8 นิ้ว เป็นมาตรฐานส่วนขนาด 3 นิ้ว ใช้สำหรับการทดสอบที่มีปริมาณดินน้อย และขนาด 1 นิ้วใช้สำหรับการทดสอบที่มีปริมาณดินมากเป็นพิเศษ หรือใช้แยกขนาดของดินปริมาณมากจะทำให้ประหยัดเวลาส่วนลักษณะของรูตะแกรงที่ยอมรับโดยมาตรฐานอังกฤษ (BS 1377) มี 3 ชนิด คือ

1. ช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตะแกรงสาน
2. ช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส เจาะช่อง
3. ช่องรูกลม เจาะช่อง

หน่วยที่ใช้ในการคำนวณขนาดช่องตะแกรงแต่เดิมเป็นระบบอังกฤษเป็นนิ้วแต่ในปัจจุบันเริ่มหันมาใช้ระบบเมตร (เพื่อสอดคล้องกับระบบ SI) สำหรับตะแกรงที่มีขนาดเล็กกว่า ¼ นิ้ว จะเรียกเป็นเบอร์ มีขนาดจากเบอร์ 4 ถึงเบอร์ 400 ในทางปฏิบัติตะแกรงเบอร์ 200 เป็นตะแกรงที่มีขนาดเล็กสุดสำหรับร่อนดิน สำหรับดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 ควรทำการวิเคราะห์ด้วยไฮโดรมิเตอร์ (หมายเลขเบอร์ตะแกรงหมายถึงจำนวนช่องตะแกรงต่อระยะ 1 นิ้วโดยประมาณของตะแกรง)

5.4.7. วิธีการเลือกขนาดช่องลอดตะแกรง

การเลือกขนาดช่องลอดตะแกรงขึ้นอยู่กับงานที่ใช้และจุดประสงค์ของการทดสอบซึ่งสามารถจะแยกวิธีการได้ดังนี้

1. คัดวัสดุสำหรับงานก่อสร้าง ในงานนี้ขนาดของวัสดุที่ใช้จะถูกกำหนดโดยข้อกำหนดรายละเอียด (Specification) ของงานก่อสร้าง จึงควรเลือกขนาดของตะแกรงให้ตรงตามขนาดของข้อกำหนดรายละเอียดซึ่งจะทำให้สามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบได้ถูกต้อง
2. จำพวกชนิดของดินที่ใช้จำแนกชนิดของดินขนาดที่สำคัญมี 3 นิ้ว ¾ นิ้ว เบอร์ 4 เบอร์ 10 เบอร์ 40 และเบอร์ 200 ซึ่งเป็นขนาดแบ่งชนิดของ กรวด ทรายหยาบ ทรายละเอียด และดินเม็ดละเอียด จากขนาดตะแกรงหลักเหล่านี้ เพิ่มเติมขนาดตะแกรงในช่วงที่ต้องการเพื่อให้ได้ค่าไปเขียนจุด (Plot) กราฟได้จุดมากพอ (ในสเกล Log)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.8. การจำแนกชนิดของดินจากผลการทดสอบขนาดเม็ดดิน

มีมาตรฐานการจำแนกหลายมาตรฐาน มาตรฐานหลักที่นิยมใช้มี 3 มาตรฐาน คือ

1. มาตรฐานสมาคมทดสอบวัสดุอเมริกัน (ASTM D-422)
2. มาตรฐานอังกฤษ (BS 1377)
3. มาตรฐานสถาบันเอ็มไอที (MIT)

5.4.9. การกระจายของเม็ดดิน (Grain Size Distribution)

จากการวิเคราะห์นำมาหาจุด (Plot) ค่าเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรง ในแกนตั้งต่อขนาดช่องลอดตะแกรงในแกนนอนในสเกล Log ตามมาตรฐานอังกฤษนิยมจัดสเกลขนาดตะแกรงใหญ่อยู่ทางขวามือ ส่วนมาตรฐานอเมริกันจัดสเกลขนาดตะแกรงใหญ่อยู่ทางซ้ายมือ จุดที่เขียนไว้ ลากต่อด้วยเส้นโค้งเรียบ (Smooth Curve) การเขียนโค้งการกระจายของเม็ดดินนี้ ทำให้วิศวกรสามารถเห็นการกระจายของเม็ดดินได้ทันทีดีกว่าการรายงานผลในรูปของตาราง

ในด้านวิศวกรรม วัสดุเม็ดหยาบที่จะนำไปก่อสร้าง คุณสมบัติที่ดีอย่างหนึ่งคือ ต้องมีขนาดเม็ดคละกันดี (Well Graded) ความคละของเม็ดดินดูได้จากโค้งผลการทดสอบหาขนาดของเม็ดดิน (Grain Size Distribution) เมื่อเปรียบกันโค้งที่ยาวตลอดขนาดสเกล แสดงลักษณะดินที่มีขนาดเม็ดคละกันดี ในทางตรงกันข้าม ถ้าโค้งมีลักษณะเป็นตัว S (หรือ S กลับทาง) สั้น เกือบตั้งตรง ลักษณะเม็ดดินขาดช่วง (Gap Graded)

เพื่อที่จะให้หลักการพิจารณาการกระจายของเม็ดดินเป็นมาตรฐาน จึงได้กำหนดสูตรการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับการกระจายของเม็ดดิน (ใช้เฉพาะดินเม็ดหยาบ) ดังนี้คือ

1. สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Coefficient of Uniformity),

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \tag{5.4.}$$

2. สัมประสิทธิ์ความโค้ง (Coefficient of Curvature),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_z = \frac{D^2{}_{30}}{D_{10} \times D_{60}} \qquad (5.5.)$$

ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์จากลักษณะของโค้ง เมื่อ D10, D30 และ D60 เป็นขนาดเม็ดดินที่เปอร์เซ็นต์ลอดผ่านตะแกรงที่ 10, 30 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์ C_u เป็นการประเมินการกระจากเม็ดดินที่เปอร์เซ็นต์ลอดผ่านตะแกรงผ่าน 2 จุด คือที่ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 60 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับโค้งของดินชนิดของช่วง (Gap Graded) อาจจะไม่สามารถแยกความแตกต่างจากการคำนวณได้ จึงได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ C_z เพิ่มขึ้นมา

จากผลการคำนวณสามารถจำแนกการกระจายของดินได้ดังนี้ :-

- กรวดมีความคละกันดี (Well Graded Gravel)

$$C_u > 4 \qquad C_z = 1-3$$

- ทรายมีความคละกัน (Well Graded Sand)

$$C_u > 6 \qquad C_z = 1-3$$

- ดินที่มีขนาดเม็ดดินสม่ำเสมอ (Poorly Graded) $C_u \cong 1$(ใกล้ 1.0)

ตารางที่ 5.1. แสดงขนาดตะแกรง (Bowles, 1978)

มาตรฐานอเมริกา (ASTM E-11)		มาตรฐานอเมริกา (ASTM E-11)	
ขนาด หรือ เบอร์	ขนาดช่องลอด (มม. หรือไมครอน)	ขนาด หรือ เบอร์	ขนาดช่องลอด (มม. หรือไมครอน)
4”	100.0	เบอร์ 16	1.18
3”	75.0	เบอร์ 18	1.00
2 ½”	63.0	เบอร์ 20	850 ไมครอน
2”	50.0	เบอร์ 25	710 ไมครอน
1 ¾”	45.0	เบอร์ 30	600 ไมครอน
1 ½”	34.5	เบอร์ 35	500 ไมครอน
1 ¼”	31.5	เบอร์ 40	425 ไมครอน
1”	25.0	เบอร์ 45	355ไมครอน
¾”	19.0	เบอร์ 50	300 ไมครอน
⅝”	16.0	เบอร์ 60	250 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

½"	12.5	เบอร์ 70	212 ไมครอน
⅜"	9.5	เบอร์ 80	180 ไมครอน

ตารางที่ 5.1. แสดงขนาดตะแกรง (ต่อ) (Bowles, 1978)

มาตรฐานอเมริกา (ASTM E-11)		มาตรฐานอเมริกา (ASTM E-11)	
ขนาด หรือ เบอร์	ขนาดช่องลอด (มม. หรือไมครอน)	ขนาด หรือ เบอร์	ขนาดช่องลอด (มม. หรือไมครอน)
5/16"	8.0	เบอร์ 100	150 ไมครอน
¼"	6.3	เบอร์ 120	125 ไมครอน
เบอร์ 4	4.75	เบอร์ 140	106 ไมครอน
เบอร์ 5	4.00	เบอร์ 170	90 ไมครอน
เบอร์ 6	3.35	เบอร์ 200	75 ไมครอน
เบอร์ 7	2.80	เบอร์ 230	63 ไมครอน
เบอร์ 8	2.36	เบอร์ 270	53 ไมครอน
เบอร์ 10	2.00	เบอร์ 325	45 ไมครอน
เบอร์ 12	1.70	เบอร์ 400	38ไมครอน
เบอร์ 14	1.40		

ตารางที่ 5.2. แสดงขนาดของตะแกรงสำหรับคัดวัสดุผสมคอนกรีต

ขนาดของลอดตะแกรง (Sieve Opening)	
มวลละเอียด (Fine Aggregate)	มวลหยาบ (Coarse Aggregate)
⅜"	4"
เบอร์ 4	3½"
เบอร์ 8	2½"
เบอร์ 16	2"
เบอร์ 30	1½"
เบอร์ 50	1"
เบอร์ 100	¾"
	½"
	⅜"
	เบอร์ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เบอร์ 8 เบอร์ 16

ตารางที่ 5.3. แสดงน้ำหนักตัวอย่างดินสำหรับการทดสอบตะแกรงร่อน

ขนาดเม็ดดินใหญ่สุด	น้ำหนักตัวอย่างดิน
ขนาดเม็ดละเอียด	
ดินผ่านตะแกรงเบอร์ 8 มากกว่า 95 %	100 กรัม
ดินผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มากกว่า 90 %	500 กรัม
ดินเม็ดหยาบ	
3/8"	1 กก.
½"	2 กก.
¾"	5 กก.
1"	10 กก.
1 ½"	15 กก.
2"	20 กก.
2 ½"	25 กก.
3"	30 กก.
3 ½"	35 กก.

5.4.10. การทดสอบหาขนาดเม็ดดินด้วยตะแกรงร่อน (Sieve Analysis)

5.4.10.1.เครื่องมือ

1. กล่องแบบตัวอย่างดิน (Sample Splitter)
2. ถาดใส่ตัวอย่างขนาด 45 ซม. × 45 ซม. หรือ 60 ซม. × 60 ซม.
3. ตะแกรงร่อน(Sieve) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม.
4. เครื่องเขย่าตะแกรง (Sieve Shaker)
5. เครื่องชั่งขนาด 2 กก. ดินละเอียด 0.1 กรัม
6. แปรงทำความสะอาดตะแกรง แปรงลวดสำหรับตะแกรงหยาบ แปรงขนสำหรับตะแกรงละเอียด
7. ภาชนะเบ็ดเตล็ด มือตักดิน (Soil Scoop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.10.2. ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. เลือกขนาดตะแกรงตามขนาดเล็กใหญ่ของดิน โดยเลือกตะแกรงที่มีขนาดใหญ่กว่าดินที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ส่วนตะแกรงอื่น ๆ เลือกตะแกรงที่มีขนาดเล็กลงไปประมาณครึ่งเท่าต่อ ๆ ไป รวมทั้งเบอร์ ½ นิ้ว เบอร์ 4 เบอร์ 10 เบอร์ 40 เบอร์ 100 เบอร์ 200 และถาดรับ – ฝากปิด
2. ทำความสะอาดตะแกรงขนาดหยาบด้วยแปรงลวด และขนาดละเอียดด้วยแปรงขนอ่อน นำตะแกรงแต่ละอันขึ้นชั่งน้ำหนัก
3. เตรียมตัวอย่างจากกอง มีขนาดเพียงพอ ตัวอย่างต้องแห้งพอประมาณที่ระหว่างการทดสอบจะไม่เปลี่ยนน้ำหนักเนื่องจากน้ำระเหยและดินไม่จับตัวกันแต่ไม่จำเป็นต้องอบแห้ง
4. เรียงตะแกรงบนเครื่องเขย่า โดยวางตะแกรงขนาดใหญ่สุดอยู่บนตามลำดับขนาดลงไปและถาดรับอยู่ล่างสุด เทตัวอย่างลงบนตะแกรงอันบน ปิดฝา สั่นตะแกรงประมาณ 5-10 นาที หลังจากนั้นแยกตะแกรงแต่ละอัน ออกมาชั่ง จะเป็นน้ำหนักตะแกรง + น้ำหนักดินที่ค้างตะแกรง

รูปที่ 5.3. แสดงลักษณะตะแกรงร่อน (Sieve)

5.4.10.3. การคำนวณและรายงานผล

1. คำนวณน้ำหนักตัวอย่างที่ค้างตะแกรงแต่ละขนาด = (น้ำหนักตะแกรง + ดิน) – น้ำหนักตะแกรง
2. รวมสะสมน้ำหนักดินที่ค้างตะแกรงแต่ละขนาด (Accumulative Retained) จนถึงถาดรับตรวจสอบน้ำหนักที่คำนวณได้กับน้ำหนักที่นำมาทดสอบควรจะหายไปไม่เกิน 2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คิดน้ำหนักสะสมที่ค้างตะแกรงแต่ละขนาดเป็นเปอร์เซ็นต์ ด้วยการหารน้ำหนักดินรวมคูณด้วย 100

4. คิดเปอร์เซ็นต์ตัวอย่างคิดที่ผ่านตะแกรง (Finer) แต่ละขนาด ด้วยการนำเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมลบออกจาก 100

5. การรายงานผลทำได้ 2 วิธี คือ รายงานผลในรูปของตาราง หรือ รายงานผลโดยการนำไป พล็อตในกราฟ แล้วลากเส้นโค้งเรียบผ่านจุดพล็อต

5.4.11. การทดสอบหาขนาดดินด้วยไฮโดรมิเตอร์

5.4.11.1. เครื่องมือเฉพาะ

1. ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) ชนิดอ่านค่าความถ่วงจำเพาะจาก 0.995 ถึง 1.030
2. เครื่องปั้นดิน (Mechanical Mixer)
3. ผงเคมี (Dispersing Agent) ใช้ Sodium Hexa-Metaphosphate
4. กระบอกไฮโดรมิเตอร์ หรือกระบอกตวง 1000 มล. 2 ใบ
5. เทอร์โมมิเตอร์
6. นาฬิกาจับเวลา
7. น้ำกลั่น

5.4.11.2. เครื่องมือทั่วไป

1. เครื่องชั่ง อ่านละเอียด 0.01 กรัม
2. ตู้อบ
3. ภาชนะใส่ตัวอย่างดิน ภาชนะผสมดินและมีดผสมดิน
4. อ่างดูดความชื้น

5.4.11.3. ขั้นตอนการปฏิบัติ เตรียมเครื่องมือ

1. เตรียมน้ำกลั่นปริมาณ 2000 มล. ไว้ในห้องเพื่อให้อุณหภูมิคงที่
2. เตรียมน้ำยา (Dispersing Agent) ใช้ผง Sodium Hexa-Metaphosphate 4% ละลายในน้ำกลั่น (ผงยา 4 กรัม ละลายน้ำ 100 มล.) ผสมให้เข้ากันดี

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฝึกการจุ่มไฮโดรมิเตอร์ และอ่านให้ชำนาญ เวลาที่ใช้จุ่มก่อนไม่ควรเกิน 15 วินาที

4. เตรียมน้ำกลั่นเปล่าในกระบอกแก้ว 1 ใบ จุ่มไฮโดรมิเตอร์แล้วอ่านค่าไว้

5.4.11.4. การทดสอบ (Calibration) ไฮโดรมิเตอร์

5.4.11.4.1. วัตถุประสงค์

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอ่านสเกลที่ก้านไฮโดรมิเตอร์ และ ระยะความยาวจากค่า อ่านถึงจุดกึ่งกลางกระเปาะไฮโดรมิเตอร์

5.4.11.4.2. ทำการสอบเทียบ 2 อย่าง

1. สอบเทียบสำหรับค่าอ่าน 0-2 นาที
2. สอบเทียบสำหรับค่าอ่านหลัง 2 นาที

5.4.11.4.3. วิธีการทดสอบ

1. จับไฮโดรมิเตอร์นอนหรือวางตั้ง วัดระยะจากจุดกึ่งกลางของกระเปาะ (จากปลายถึงคอ) ไปยังค่าอ่านสเกลไฮโดรมิเตอร์ที่ก้าน 3 ค่า (เช่น 1.000, 1.010, 1.020)
2. นำค่าที่วัดได้มาพล็อตกับค่าที่อ่าน R=1000r ระยะที่วัดเป็น Z_r ต่อจุดด้วยเส้นตรง ได้กราฟ A สำหรับค่าอ่านจาก 0-2 นาที (ไม่เอาไฮโดรมิเตอร์ออกระหว่างการอ่าน)
3. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกแก้ว
4. วัดปริมาณของกระเปาะไฮโดรมิเตอร์
   4.1. ด้วยวิธีแทนที่น้ำในกระบอกแก้ว ปริมาตรน้ำที่เปลี่ยนแปลงอ่านจากกระบอกแก้วเมื่อจุ่มไฮโดรมิเตอร์ จะเป็นปริมาตรของไฮโดรมิเตอร์
   4.2. ด้วยการชั่งไฮโดรมิเตอร์ แล้วคูณด้วยค่าอ่านต่ำสุดที่สเกลอ่านของไฮโดรมิเตอร์จะมีค่าเป็นปริมาตรของไฮโดรมิเตอร์
5. เตรียมกราฟ B สำหรับอ่านค่าจาก 2 นาทีขึ้นไปแก้ผลกระทบการจุ่ม (จุ่มไฮโดรมิเตอร์ลงอ่านทุกครั้งเสร็จแล้วเอาออก) โดยลบกราฟ A ในแกน Z_r ด้วย

$$\frac{Vh}{2Aj} \text{ คือ } \left(Z_r - \frac{Vh}{2Aj}\right) \tag{5.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง Vh = ปริมาตรของไฮโดรมิเตอร์

และ Aj = พื้นที่หน้าตัดกระบอกแก้ว

6. การวัดแก้โค้งผิวน้ำ (Meniscus Correction)

เมื่อจุ่มไฮโดรมิเตอร์ลงน้ำ ผิวน้ำที่ก้านไฮโดรมิเตอร์จะเกิดโค้งผิวน้ำ (Menisus) ในลักษณะโค้งขึ้น ในการอ่านค่าทดสอบ ในขณะที่น้ำยังขุ่นอยู่จะไม่สามารถอ่านค่าไฮโดรมิเตอร์ที่ผิวน้ำได้เห็นจึงจะทำการอ่านค่าทั้งหมดที่ผิวโค้งบนดังนั้นจึงจะต้องอ่านค่าแก้โค้งผิวน้ำก่อนหรือหลังการทดลอง

- นำไฮโดรมิเตอร์จุ่มในการกระบอกน้ำเปล่า รอจนกระทั่งไฮโดรมิเตอร์ อยู่นิ่ง
- อ่านค่าสเกลไฮโดรมิเตอร์ระดับตา อ่านค่าสเกลครั้งแรกที่ผิวน้ำ (สังเกตเมื่อระดับสายตา ในระดับผิวน้ำมีลักษณะเป็นผิวกระจก) แล้วจึงอ่านค่าสเกลครั้งที่สองที่โค้งผิวน้ำบน
- ค่าผลต่างการอ่านทั้งสองคูณ 1000 คือค่าแก้โค้งผิวน้ำ (Meniscus Correction) โดยสมมติค่าแก้โค้งผิวน้ำในน้ำเปล่ามีค่าเท่ากับค่าแก้ผิวน้ำในน้ำโคลน สำหรับไฮโดรมิเตอร์แบบอ่านค่าความถ่วงจำเพาะที่มีสเกล อ่านค่า 0.995 ถึง 1.030 จนมีค่าแก้โค้ง (Meniscus Correction)

7. การทดลอง

7.1. เตรียมกระบอกแก้ว 1 ใบ ใส่น้ำกลั่นถึงขีด 1000 มล.

7.2. ผสมน้ำโคลนให้เข้ากันให้ดีเทน้ำโคลนส่วนหนึ่งลงในกระบอกแก้วเติมน้ำประมาณ 850 มล. เขย่ากระบอกขึ้น-ลง ด้วยฝ่ามือทั้งสองจนเข้ากันดี ทดลองจุ่มไฮโดรแล้วอ่านค่า ค่าแรกที่อ่าน 15 วินาที ต้องได้ค่าประมาณ 1.025- 1.030 (ไม่เกินขีดอ่านสูงสุด) แสดงว่าน้ำ โคลนที่เทแบ่งมาทดลองข้นไป เขย่าน้ำโคลนให้เข้ากันแล้วเทน้ำโคลนออกมาส่วนหนึ่ง แล้วเติมน้ำทดลองใหม่ เมื่อได้ค่าอ่านพอเหมาะแล้ว

7.3 เทน้ำโคลนใส่กระป๋องปั่นดิน เติมน้ำยาที่เตรียมไว้ 125 มล. เดินเครื่องปั่นประมาณ 10 นาที จึงเทน้ำโคลนลงในกระบอก น้ำโคลนส่วนที่เหลือ(จากการล้างตะแกรงผ่าน)ตะแกรงเบอร์ 200 นำเข้าอบแห้ง น้ำโคลนในกระบอกทำการทดลองตามข้อ 6) ถึงข้อ 9)

7.4. ถ้าใช้ดินแห้ง(ต้องระมัดระวังในการเตรียมตัวอย่างที่เป็นตัวแทนจริงๆ) ดินประมาณ 50 กรัม ถ้าใช้ดินชื้นจะใช้ประมาณ $50\times(1+0.01W)$ เมื่อ W คือ ความชื้นในดิน (%)

7.5 ผสมดินคลุกเคล้าในถ้วย จนเข้ากันดี จึงเติมน้ำ เทใส่ในกระป๋องปั่นดิน เติมน้ำยาที่เตรียมไว้ 125 มล. ปั่นเช่นเดียวกับข้อ 7.3.

7.6. นำตัวอย่างน้ำโคลนที่ปั่นแล้วใส่กระบอกเติมน้ำจนถึงขีด 1000 มล. เขย่าให้เข้ากันดีด้วย ฝ่ามือทั้งสองข้าง

7.7. เมื่อตั้งกระบอกลงจุ่มไฮโดรมิเตอร์ทันที แล้วอ่านค่าหลังจากวางกระบอก 15 วินาที 30 วินาที 1 นาที 2 นาที หลังจากนั้นผสมน้ำโคลนใหม่ แล้วเริ่มทดลองใหม่สังเกตค่าอ่านที่ 15 วินาที 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วินาที 1 นาที ในแผ่นข้อมูลว่ามีค่าเท่ากันหรือไม่ อ่านค่าที่ 2 นาที อีกครั้ง การอ่าน อ่านขอบบนของโค้งน้ำที่ก้านไฮโดรมิเตอร์เมื่ออ่านเสร็จ (หลังค่าอ่าน 2 นาที) ยกไฮโดรมิเตอร์ออกไปจุ่มไว้ในกระบอกน้ำเปล่าที่เตรียมไว้

7.8. ทำการอ่านต่อไป เพิ่มระยะเวลาอ่านครั้งต่อไปประมาณ 2 เท่า อ่านค่าอุณหภูมิเป็นครั้งคราว อ่านค่าไฮโดรมิเตอร์ในน้ำกลั่นในกระบอกที่เตรียมไว้ในข้อ 1) ด้วยและอ่านค่าต่อไปวันละ 2 ครั้ง จนกระทั่งค่าอ่านประมาณคงที่ จึงหยุดการทดลอง สำหรับดินเหนียวที่มีขนาดเล็กดินละเอียดมากจะใช้เวลาในการอ่านประมาณ 3-5 วัน ระหว่างนั้นควรหาฝาปิดกระบอกไว้

7.9. เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง เขย่ากระบอกเทน้ำโคลนออกจากกระบอกใส่ภาชนะต้องล้างเศษดินที่ก้นกระบอกออกให้หมด นำเข้าอบแห้ง

รูปที่ 5.4. แสดงกระบอกน้ำโคลนและไฮโดรมิเตอร์ที่จุ่มอยู่ในกระบอกน้ำ

การคำนวณ

ก. สำหรับการทดลองแยก (ดินเหนียวล้วน)

เปอร์เซ็นต์ผ่าน (Percent Finer),

$$N = K_1(R - R_w) \tag{5.7.}$$

ซึ่ง $K1 = \dfrac{\rho_{wc} \times G_s \times 100}{(G_s - 1)W_s}$

และ G_s = ความถ่วงจำเพาะของดิน

W_s = น้ำหนักดินแห้ง กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R $= (r-1)\times 1000, r_w =$ ค่าอ่านไฮโดรมิเตอร์ในน้ำโคลน

R_w $= (r-1)\times 1000, r_w =$ ค่าอ่านไฮโดรมิเตอร์ในน้ำกลั่น

ρ_{wc} = ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิสอบเทียบไฮโดรมิเตอร์ กรัม/ซม.^{3}

หมายเหตุ: ในการคำนวณขั้นนี้ไม่ต้องแก้โค้งผิวน้ำ (Meniscus)

ข. สำหรับการทดลองรวม (Combined)

เปอร์เซ็นต์ผ่าน (Percent Finer),

$$N' = N \times F \qquad (5.8.)$$

ซึ่ง $F =$ สัดส่วนดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ที่ได้จากการทดสอบด้วยตะแกรงร่อน (คิดน้ำหนักดินแห้งที่เทออกตอนทดสอบไฮโดรมิเตอร์ด้วย)

a. การคำนวณขนาดของเม็ดดิน

1. แก้โค้งผิวน้ำ (Meniscus) กับค่าอ่านทุกค่า

$$R_c = R + (\text{Meniscus} \times 100)$$

R = ค่าอ่านไฮโดรมิเตอร์

2. จากค่า R_c แต่ละค่าอ่านกราฟ A (ค่าอ่าน 0-2 นาที) หรืออ่านกราฟ B (ค่าอ่าน 2 นาทีขึ้นไป) เพื่อให้ได้ค่า Z_r สำหรับค่าอ่านนั้น ๆ

3. คำนวณขนาดเม็ดดิน (เส้นผ่านศูนย์กลาง)

$$D = K2\sqrt{\frac{Z_r}{t}} \qquad \text{มม.} \qquad (5.9.)$$

ซึ่ง $K2 = 5.531\times 10^{-3}\sqrt{\dfrac{\mu}{\rho_s + \rho_w}} = 5.531\times 10^{-3}\sqrt{\dfrac{\mu}{\left(\dfrac{G_s}{G_T}-1\right)\rho_w}}$

μ = ความหนืด (Viscisity) ของน้ำ ,millipoises

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ρw = ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิทดสอบ ,กรัม/ซม.^{3}

ρ_s = ความหนาแน่นของเม็ดดิน.กรัม/ซม^3

t = เวลาที่ใช้อ่านไฮโดรมิเตอร์ค่า Z_r นั้น ๆ ,นาที

Gt = องค์ประกอบแก้อุณหภูมิ

Z_r = ระยะทางที่เม็ดดินตกตะกอนในเวลา t ซม

b.รายงานผล

นำผลที่คำนวณได้ ขนาดเม็ดดิน (D) และเปอร์เซ็นต์ผ่าน (N,N') ไปพล็อตในกราฟการกระจายของเม็ดดิน (Grain Size Distribution) หรือพล็อตเพิ่มจากผลการคำนวณตะแกรงร่อน ถ้าทำการทดสอบแบบรวม (Combined Analysis)

ตารางที่ 5.4. สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Coefficient of Uniformity)และ สัมประสิทธิ์ความโค้ง (Coefficient of Curvature) ของดินชั้นบนและชั้นล่าง

ลำดับ	ความลึก	D_{10}	D_{30}	D_{60}	C_U	C_Z
1	0 –1 m.	0.065	0.08	0.3	4.615	0.328
2	1 – 2 m.	0.37	0.62	1.2	3.24	0.866

D_{10} หมายถึง ขนาดเม็ดดิน(มม.) ที่มีส่วนเล็กกว่านี้เป็นจำนวน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

D_{30} หมายถึง ขนาดเม็ดดิน(มม.) ที่มีส่วนเล็กกว่านี้เป็นจำนวน 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

D_{60} หมายถึง ขนาดเม็ดดิน(มม.) ที่มีส่วนเล็กกว่านี้เป็นจำนวน 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 5.5. แสดงค่า Hydraulic Conductivity (K) ของดินก่อนและหลังการทดลอง Infiltrometer

ชนิดดิน	D_{10}	k(m/s)	p	μ	g	K	K (m/day)
pure บ่อ 1	0.180	0.0003240	0.9971	8.95	9.81	0.0003541	31.623
flood บ่อ 1	0.065	0.0000423	0.9971	8.95	9.81	0.0000462	4.124
pure บ่อ 2	0.090	0.0000810	0.9971	8.95	9.81	0.0000885	7.906
flood บ่อ 2	0.075	0.0000563	0.9971	8.95	9.81	0.0000615	5.490

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่า Hydraulic Conductivity (K) หาค่าจากสมการ $k = (D_{10})^2/100$ (มม./วินาที)

5.4.12. สรุปผลการทดลอง

จากกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินดังแสดงในภาคผนวก ก สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ดินชั้นบนเป็นดินที่มีขนาดคละกันดี (C_U ไม่เท่ากับ 1) จึงทำให้ความสามารถในการซึมได้ของน้ำมีค่าน้อย ซึ่งแตกต่างจากดินชั้นล่าง เป็นทรายที่มีขนาดคละกันไม่ดี (C_U น้อยกว่า 6 และ C_C ไม่เท่ากับ 1-3) ดังนั้นดินชั้นล่างจึงมีความเหมาะสมสำหรับเป็นชั้นเติมน้ำ

สำหรับการทดสอบดินหลังการทดลอง Infiltrometer ซึ่งแสดงผลในภาคผนวก ก นั้น จะพบว่า ดินหลังการทดสอบโดยใช้น้ำหลากจะมี ค่า Hydraulic Conductivity ลดลง เมื่อเทียบกับการทดสอบโดยน้ำสะอาด ทั้ง 2 บ่อทดสอบ เนื่องจากตะกอนในน้ำหลาก จึงทำให้ประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำจะลดลง

5.5. สรุปลักษณะชั้นดิน

จากการทดลองที่ต่าง ๆ ที่ได้ทดลอง สามารถสรุปลักษณะของดินในแต่ละชั้นได้ดังนี้

1. ดินชั้นบน (ความลึก 0-1 ม.)

มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีการกระจายตัวของเม็ดดินคละกันดี จึงมีค่าความสามารถยอมให้น้ำซึมผ่านได้ดีปานกลาง (k = 3.45 m./day) แต่ถือว่ามีค่าค่อนข้างน้อย

2. ดินชั้นล่าง (ความลึก 1-2 ม.)

เป็นดินที่มีลักษณะเป็น Sand มีการกระจายตัวของเม็ดดินไม่สม่ำเสมอ จึงมีความสามารถยอมให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง (k = 57.36 m./day)

ดังนั้นดินในชั้นล่างจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นชั้นเติมน้ำมากกว่าดินชั้นบน การก่อสร้างบ่อจึงต้องทำการขุดบ่อให้มีความลึกประมาณ 1 ม. เพื่อให้ก้นบ่ออยู่ในระดับดินชั้นล่าง และเนื่องจากชั้นทรายอยู่ตื้นบริเวณที่ทำการศึกษา จึงเหมาะสมสำหรับระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดสอบในสนาม

6.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและทฤษฎี ซึ่งมีหัวข้อประกอบด้วยการหารูปร่างของบ่อเติมน้ำเพื่อหาขนาดที่แท้จริงที่แตกต่างกับที่ได้ทำการออกแบบไว้ เพื่อคำนวณหาปริมาตรน้ำที่เติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน การทดสอบอัตราการซึมผ่านได้ของน้ำในสนามโดยใช้น้ำสะอาดและน้ำหลาก เพื่อหาค่าประสิทธิภาพที่จะลดลงเนื่องจากตะกอนในน้ำหลาก และการทดสอบบ่อเติมน้ำโดยใช้น้ำสะอาด

6.2. การหารูปร่างของบ่อเติมน้ำ

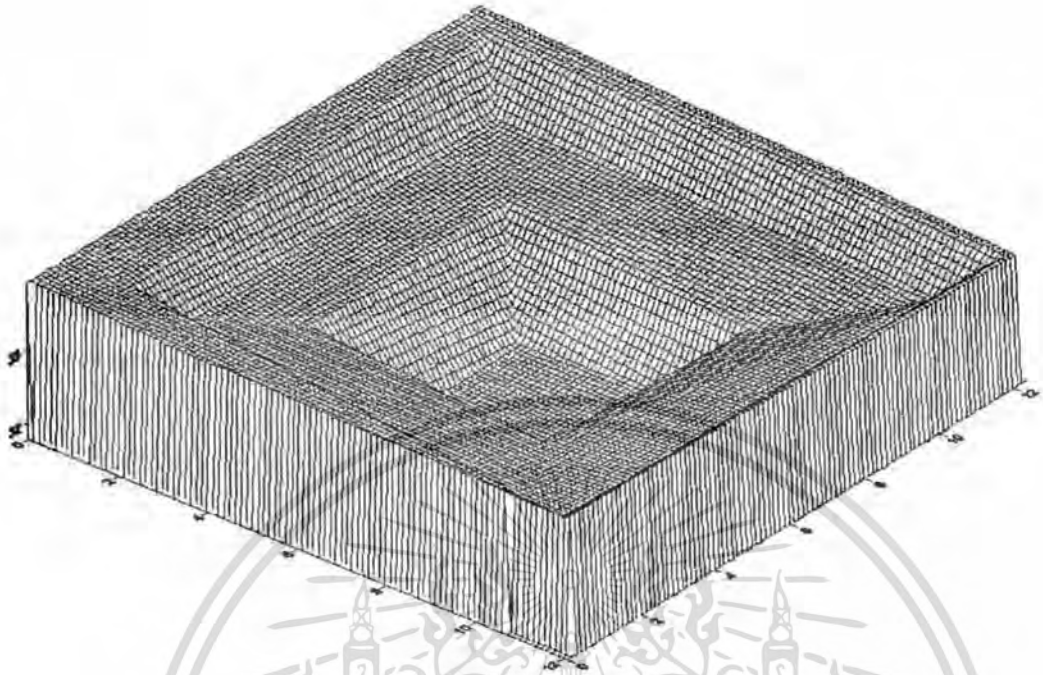
6.2.1 ค่าพิกัดของตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อเติมน้ำ

การหาค่าพิกัดของตำแหน่งต่าง ๆ ของบ่อ จะอาศัยหลักการทางด้านงานสำรวจ เช่น การทำระดับ การทำโครงข่ายสามเหลี่ยม เป็นต้น เพื่อหาค่าพิกัดในระนาบ X Y และ Z

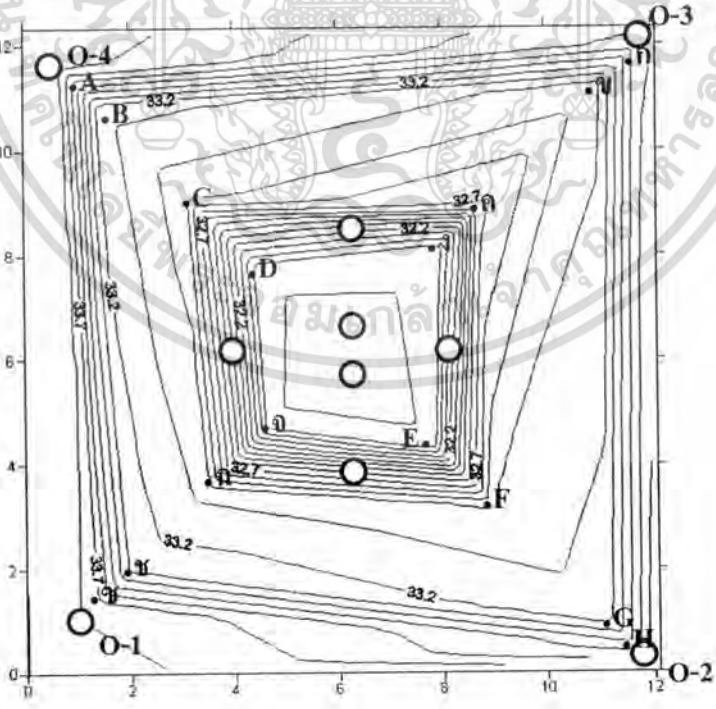
ตารางที่ 6.1. แสดงค่าพิกัดของตำแหน่งของบ่อเติมน้ำ

Station	ค่าพิกัด			Station	ค่าพิกัด		
	X	Y	Z		X	Y	Z
O - 4	0.00	0.00	33.90	O - 1	12.18	0.00	33.69
A	1.33	1.36	33.80	ซ	11.69	0.50	33.38
B	2.10	2.14	34.24	ช	10.92	1.28	33.15
C	3.50	3.57	33.12	ฉ	9.30	2.92	32.96
D	4.27	4.35	32.25	จ	8.53	3.70	32.21
E	8.41	8.56	32.07	ง	4.17	8.11	32.27
F	9.18	9.36	32.82	ค	3.33	8.96	32.97
G	11.07	11.27	32.92	ข	1.85	10.46	33.08
H	11.63	11.84	33.35	ก	0.87	11.45	33.89
O - 2	12.33	12.56	33.54	O - 3	0.38	11.95	33.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1. แสดงลักษณะ 3 มิติของบ่อเติมน้ำ



รูปที่ 6.2. แสดงรูปแปลนบ่อเติมน้ำ พร้อมตำแหน่งพิกัดของบ่อและบ่อสังเกตการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.3. แสดงภาพถ่ายขณะก่อสร้างบ่อเติมน้ำ

6.2.2. ลักษณะและขนาดของบ่อเติมน้ำ

ลักษณะของบ่อเติมน้ำจะมีลักษณะเป็นหลุมสี่เหลี่ยมลึกประมาณ 80 ซม. มีความกว้างประมาณ 5.5 เมตร และยาวประมาณ 6 เมตร ก้นบ่อซึ่งอยู่บนชั้นดินทรายมีลักษณะสี่เหลี่ยมขนาดประมาณ 4 x 4 เมตร โดยผนังบ่อมีลักษณะลาดเอียง และบริเวณรอบบ่อจะมีคันกั้นน้ำ ความสูงประมาณ 80 ซม. และมีความกว้างประมาณ 60 ซม. ซึ่งคันกั้นน้ำจะอยู่ห่างจากบ่อเติมน้ำประมาณ 2 เมตร รอบบ่อ

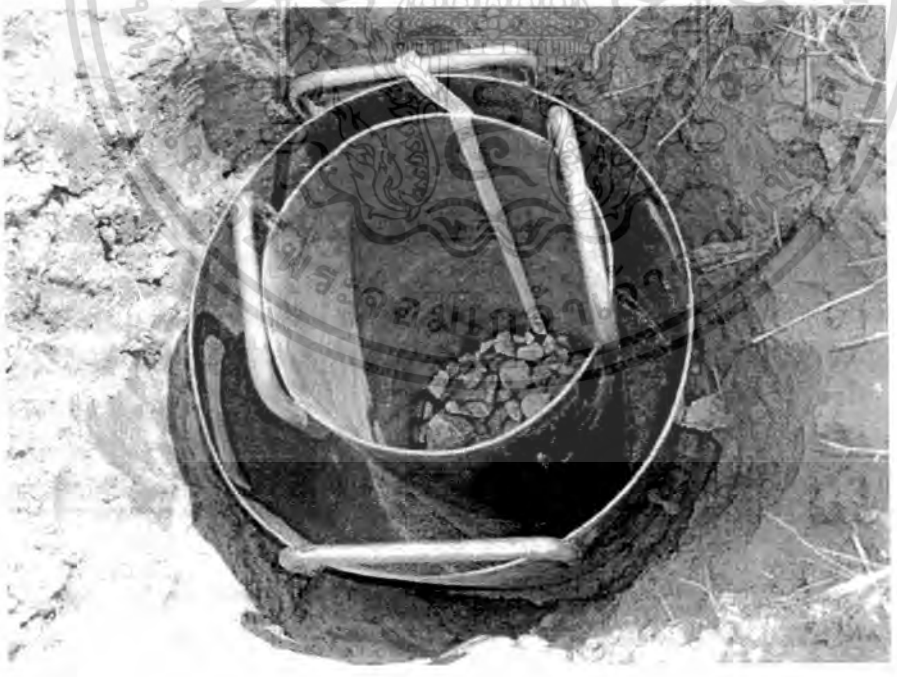
6.3. การทดสอบอัตราการดูดซึมของน้ำในสนาม

ได้ดำเนินการโดยใช้ Double ring infiltrometer ในการหาค่าความสามารถการซึมได้ของน้ำผ่านชั้นผิวดิน ซึ่ง Double ring infiltrometer จะประกอบด้วย ถังเหล็กทรงกลมกลวงจำนวน 2 วง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกันประมาณ 13 เซนติเมตร แต่มีค่าความสูงของทั้ง 2 วงเท่ากัน โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

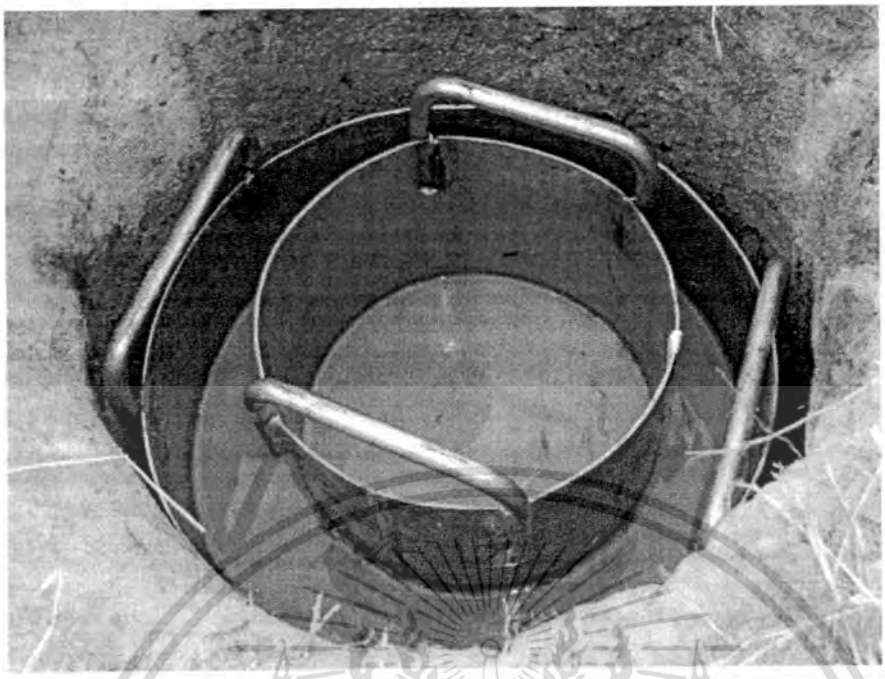
1. ทำการกำจัดวัชพืชออก และขุดเปิดหน้าดินใช้มีความลึกจากชั้นดินที่ต้องการทดสอบประมาณ 10 เซนติเมตร
2. ทำการตอก Double ring infiltrometer ให้อยู่ในแนวดิ่ง โดยวงในตอกลึกลงไปในดินประมาณ 10 เซนติเมตร และวงนอกตอกลึกลงไปประมาณ 15 เซนติเมตร เพื่อรักษาระดับน้ำไม่ให้เกิดการไหลออกทางด้านข้าง
3. ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Double ring infiltrometer ทั้งวงในและวงนอก แ ละทำการบันทึกผล
4. ทำการเติมน้ำลงในวงในและวงนอกให้มีระดับเท่ากัน
5. เริ่มการจับเวลาและบันทึกการลดลงของระดับน้ำ สำหรับการทดสอบโดยให้ระดับน้ำไม่คงที่ (Falling Head) นั้น จะไม่มีการเติมน้ำเพิ่ม ณ เวลาต่าง ๆ แต่จะเติมน้ำเมื่อระดับลดลงจะไม่สามารถอ่านค่าได้แล้ว
6. สังเกตค่าอัตราการลดลงของระดับน้ำต่อเวลา ถ้าหากค่าที่ได้มีค่าคงที่แล้ว ให้ทำการบันทึกผลและยุติการทดลอง

สำหรับผลการทดลอง Infiltrometer Test ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

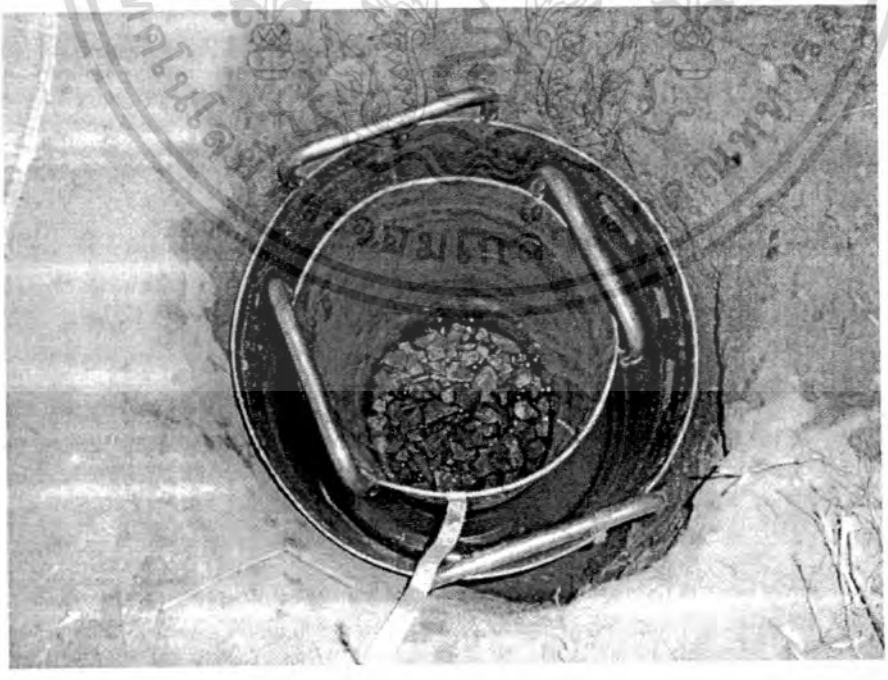


รูปที่ 6.4. แสดงภาพการวาง Double ring infiltrometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

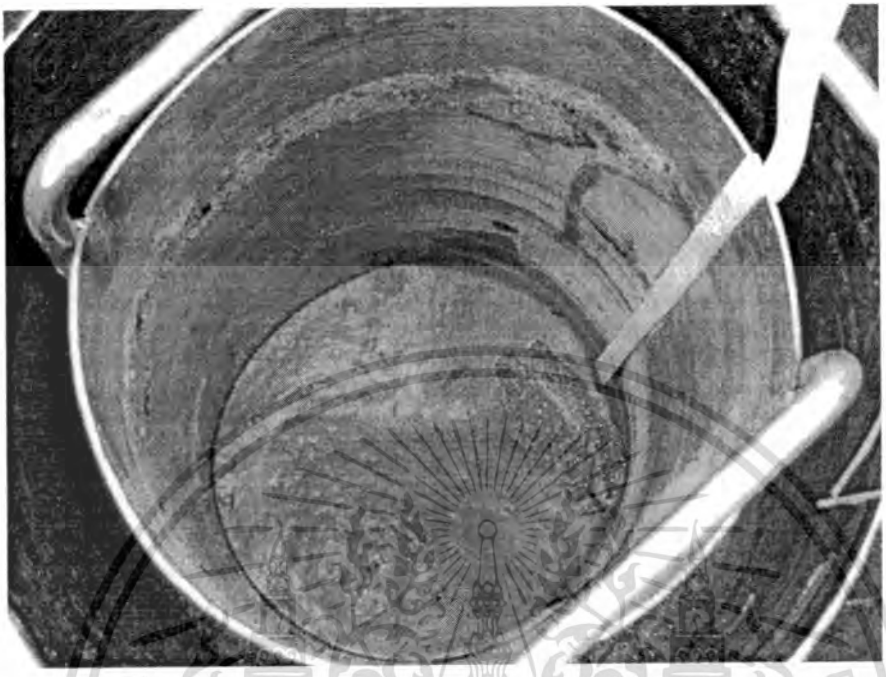


รูปที่ 6.5. แสดงภาพการเติมน้ำของ Double ring infiltrometer โดยใช้น้ำหลาก



รูปที่ 6.6. แสดงภาพก้นหลุมหลังจากการทดลองโดยใช้น้ำสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 แสดงภาพก้นหลุมหลังจากการทดลองโดยใช้น้ำหลาก

6.4. การทดสอบบ่อเติมน้ำ (Basin Test)

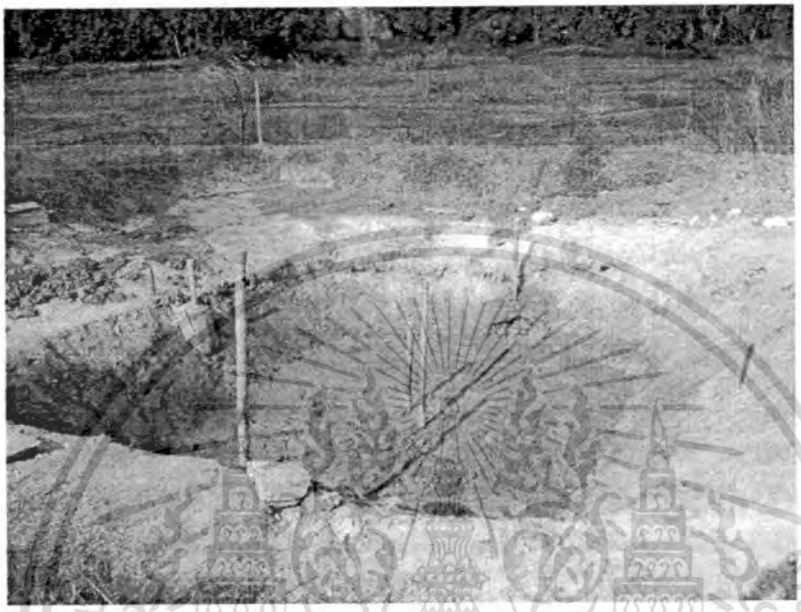
การเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น แบบเจาะบ่อบาดาล และบ่อเติมน้ำ สำหรับวิธีบ่อเติมน้ำ (Basin) เป็นวิธีที่มีปัจจัยหลายอย่างเกี่ยวข้อง จึงอาจทำให้มีประสิทธิภาพแตกต่างจากที่ออกแบบไว้ ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบการเติมน้ำด้วยบ่อเติมน้ำ (Basin test) เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของบ่อเติมน้ำในสภาพใช้งานจริง

6.4.1. ขั้นตอนการทดสอบ Basin test

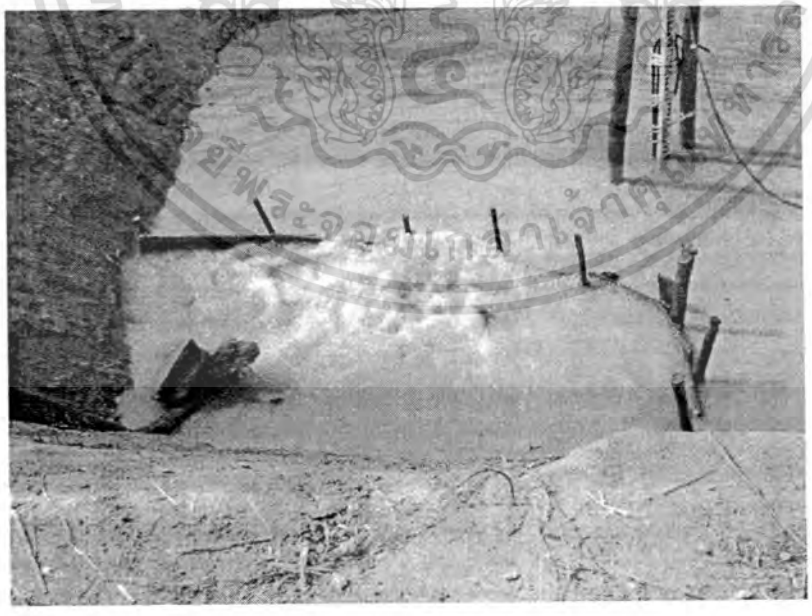
1. หากบ่อเติมน้ำ (Basin) ได้ทำการก่อสร้างไว้นานแล้ว ควรทำการลอกก้นบ่อและผนังบ่อให้อยู่ ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ
2. ทำการเติมน้ำลงสู่บ่อเติมน้ำ ควรระวังไม่ให้กระแสน้ำขณะที่ทำการเติมไปกัดเซาะหรือทำลายลักษณะ ของบ่อและก้นบ่อของบ่อเติมน้ำ
3. ทำการจับเวลาพร้อมกับวัดค่าระดับน้ำในบ่อเติมน้ำ (Surface water) และค่าระดับน้ำใต้ดิน (Ground water) ทุก ๆ ระยะเวลาตามความเหมาะสม

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อระดับน้ำในบ่อเริ่มคงที่ให้หยุดทำการทดสอบ แล้วนำค่าระดับน้ำในบ่อเติมน้ำ (Surface water) และค่าระดับน้ำใต้ดิน (Ground water) ที่ได้ทำการบันทึกมาทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง สำหรับผลการทดลอง Basin Test ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข



รูปที่ 6.8. แสดงภาพบ่อเติมน้ำที่ทำการขุดลอกแล้ว



รูปที่ 6.9. แสดงภาพวิธีการปล่อยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.10. แสดงภาพการทดลองขณะเติมน้ำ

รูปที่ 6.11. แสดงภาพการวัดระดับน้ำใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

7.1. กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองของการทดสอบด้วยเครื่องมือ infiltrometer และการทดสอบบ่อเติมน้ำ โดยการใช้โปรแกรม solver ซึ่งอยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความสำคัญจากผลการทดลอง

7.2. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง Infiltrometer Test

สำหรับการทดลอง Infiltrometer Test ในครั้งนี้เนื่องจากไม่มีเครื่องมือที่สามารถรักษาระดับน้ำให้คงที่ตลอดเวลาได้ จึงเลือกทำการทดลอง เป็นแบบ Falling Head โดยจะมีการเติมน้ำเมื่อระดับน้ำใกล้หมด ดังนั้นความสูงของระดับน้ำจะมีผลต่อค่าอัตราการดูดซึมที่ช่วงเวลาต่าง ๆ และกราฟความสัมพันธ์ต่าง ๆ ก็จะมีหลายเส้นซึ่งเป็นข้อมูลในแต่ละครั้งการเติมน้ำ

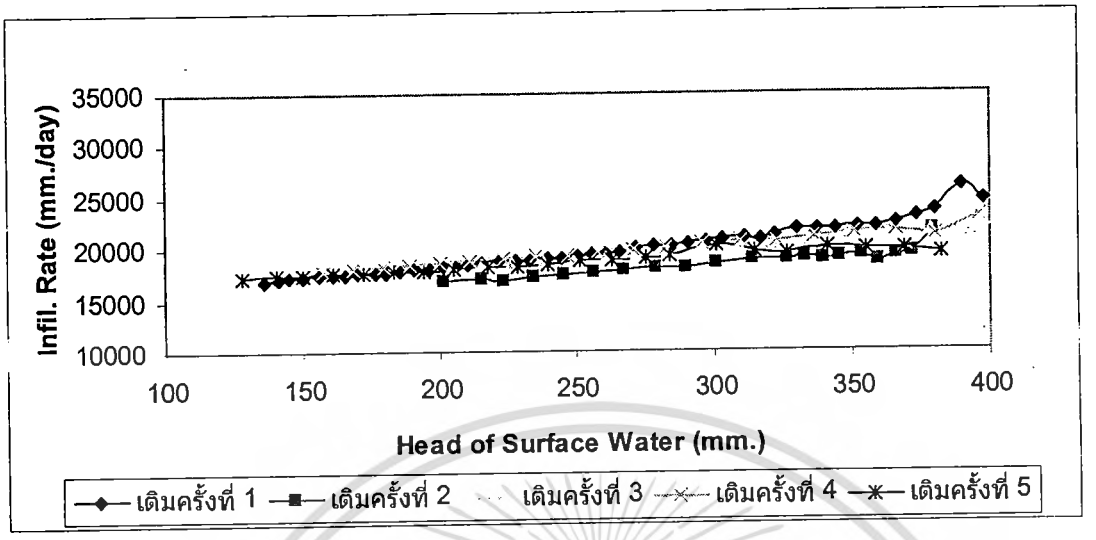
จากการทดลอง Infiltrometer Test จะได้ค่าตัวแปรที่สำคัญ คือ ระดับน้ำใน Infiltrometer (H) (m.) และเวลาการทดลอง (min.) ซึ่งสามารถหาค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) ได้ โดย

$$Infilltration\ \ rate = \frac{\sum(\Delta H)}{\sum(\Delta t)} \qquad (7.1.)$$

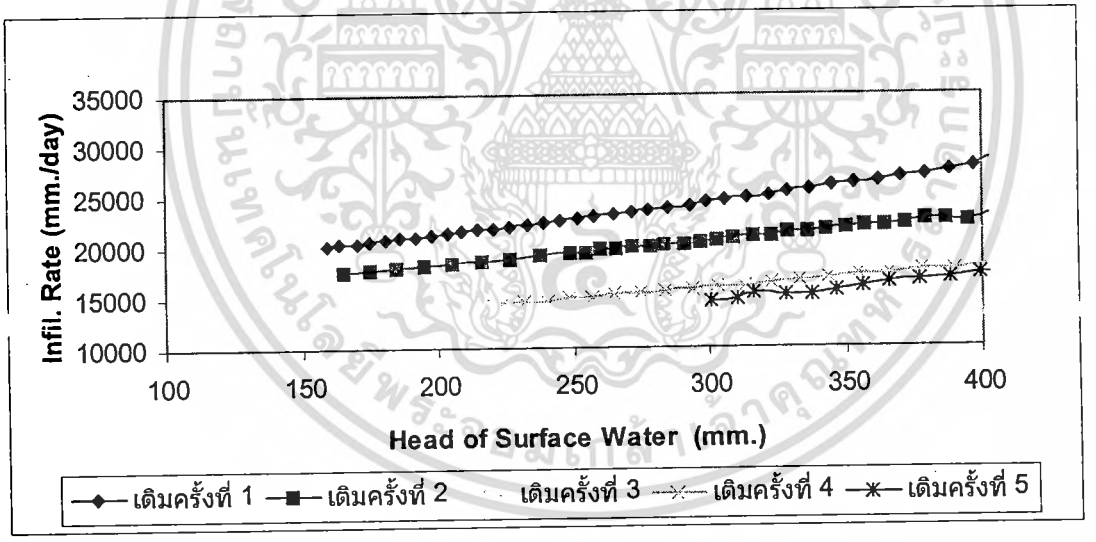
ซึ่ง *Infiltration rate* = อัตราการดูดซึม (mm./day)
และ H = ระดับความสูงของน้ำใน Infiltrometer (m.)
t = เวลาการทดลอง (min)

จากนั้นหากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) (mm./day) และ ระดับน้ำ (H) (m.) ของการทดลองทั้งน้ำสะอาด (pure) และน้ำหลาก (flood)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.1.แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม และ ระดับน้ำ ของการทดลอง Infiltrometer โดยใช้น้ำสะอาด



รูปที่ 7.2. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม และ ระดับน้ำ ของการทดลอง Infiltrometer โดยใช้น้ำหลาก

เมื่อวิเคราะห์กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) และระดับน้ำ (H) (m.) ของการทดลองโดยใช้น้ำสะอาดแล้วจะพบว่าเส้นกราฟน่าจะเป็นเส้นเดียวกันทุกครั้งของการเติมน้ำ ส่วนกราฟจากการทดลองโดยใช้น้ำหลากจะไม่เท่ากันโดยลักษณะของเส้นกราฟ จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าลดลงในแต่ละครั้งการเติม ดังนั้นจึงทำการหาความสัมพันธ์ของเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) และ ระดับน้ำ (H) (m.) ให้อยู่ในรูปของสมการ

$$Infiltration\ rate = K_1 H^{a_1} \qquad (7.2.)$$

ซึ่ง *Infiltration rate* = อัตราการดูดซึม (mm./day)

และ H = ระดับความสูงของน้ำ (m.)

a_1 = ค่าคงที่ของบ่อทดลอง

กำหนดให้ $$K_1 = \frac{Infiltration\ rate}{H^{a_1}} = AC$$

ใช้โปรแกรม solver ซึ่งอยู่ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณหาค่า AC และ a_1 โดยกำหนดให้มีความสัมพันธ์ตามที่ได้วิเคราะห์ไว้ และให้มีค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ระหว่างค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) ของการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณน้อยที่สุด

ตารางที่ 7.1. แสดงค่า AC และ ค่า a_1 จากการคำนวณโดยใช้ โปรแกรม solver

Parameters for Infil Head Curve: Inf = AC H^a

a =	0.322779	cumu error
flood 1 AC =	3293.923	2.318E+04
flood 2 AC =	3293.923	1.243E+03
flood 3 AC =	2947.838	1.782E+03
flood 4 AC =	2538.289	8.538E+02
flood 5 AC =	2404.914	1.384E+03
pure AC =	3293.923	1.344E+04
	Total error	4.188E+04

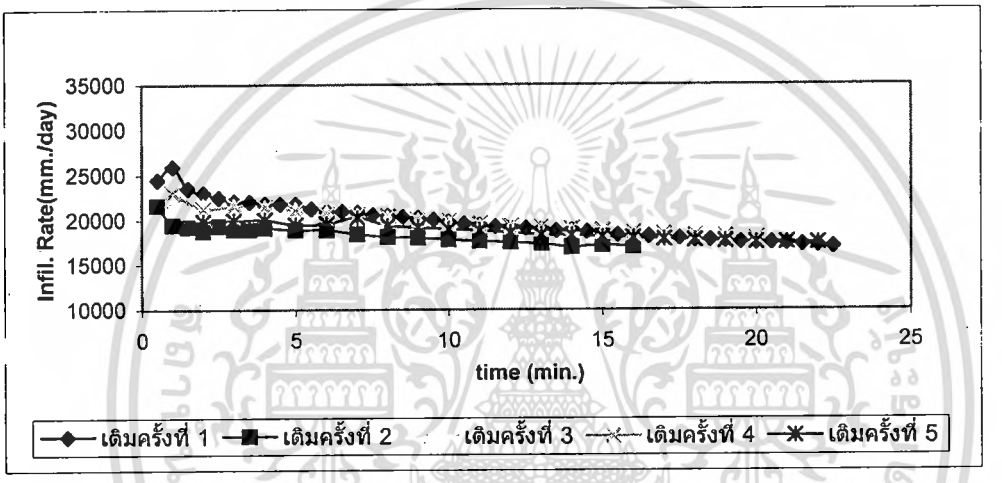
ค่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการเติมน้ำแต่ละครั้งจะสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่าง AC ของน้ำหลากกับ AC ของน้ำสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

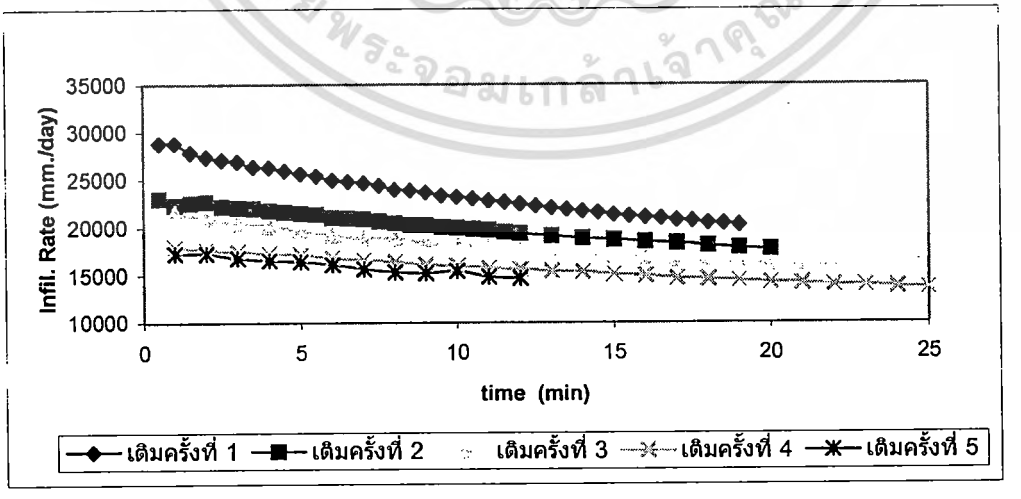
$$Efficiency = \frac{AC_f}{AC_p} \times 100\% \qquad (7.3.)$$

ซึ่ง *Efficiency* = ประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำ (%)

จากผลการทดลอง Infiltrometer Test หากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) (mm./day) และเวลาการทดลอง (t) (min.) ของการทดลองทั้งน้ำสะอาด (pure) และน้ำหลาก (flood)



รูปที่ 7.3. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ เวลา ของการทดลอง Infiltrometer โดยใช้น้ำสะอาด



รูปที่ 7.4. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ เวลา ของการทดลอง Infiltrometer โดยใช้น้ำหลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วหาความสัมพันธ์ของเส้นกราฟระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) (mm./day) และเวลาการทดลอง (t) (min.) ให้อยู่ในรูปของสมการ

$$Infiltration\ rate = K_2 e^{-a_2 t} \qquad (7.4.)$$

ซึ่ง a_2 = ค่าคงที่ของบ่อทดลอง

เช่นเดียวกันใช้โปรแกรม solver ในการคำนวณหาค่า K_2 และ a_2 โดยกำหนดให้มีค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ระหว่างค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) ของการทดลองกับค่าที่ได้จากการคำนวณน้อยที่สุด

ตารางที่ 7.2. แสดงค่า K_2 และ a_2 จากการคำนวณโดยใช้ โปรแกรม solver

Parameters for Infil Time Curve: Inf = k exp (at)

a =	-0.01389	cumu error
flood 1 k =	27112.66	4.454E+03
flood 2 k =	22987.82	7.768E+02
flood 3 k =	21100.74	1.181E+03
flood 4 k =	18500.03	1.272E+03
flood 5 k =	17441.65	6.353E+02
pure k =	22278.25	1.175E+04
	Total error	2.007E+04

ทำการหาเวลา ณ จุดที่ค่า อัตราการดูดซึม (Infiltration rate) มีค่าลดลง 95 % จากจุดเริ่มต้นการทดลอง ของแต่ละครั้งการเติมน้ำ

จาก $Infiltration\ rate = K_2 e^{-a_2 t}$

ที่เวลา t = 0 ; $Infiltration\ rate = K_2 e^{-a_2 \times 0}$

$Infiltration\ rate = K_2$

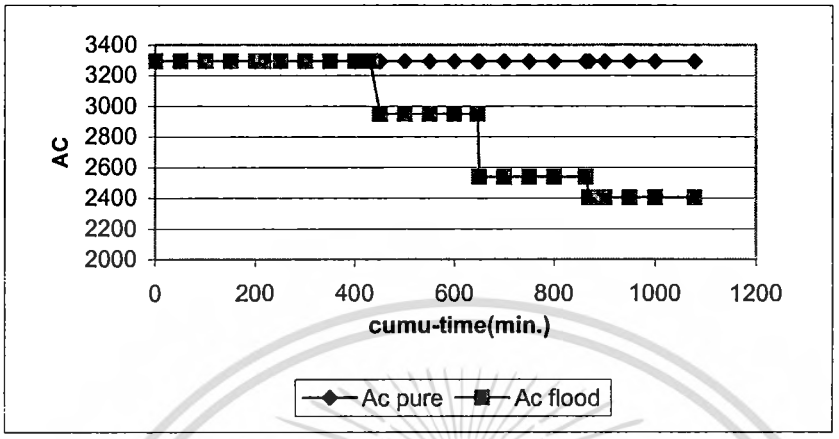
ที่ Infiltration rate = $0.05K_2$; $0.05 K_2 = K_2 e^{-a_2 t}$

$0.05 = e^{-a_2 t}$

$t = 215.567$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะเห็นว่าไม่ว่าการเติมน้ำแต่ละครั้งจะใช้เวลานานเท่าไร เวลาของการเติมน้ำที่มีผลต่อการหาประสิทธิภาพของระบบการเติมน้ำ คือ 215.567 นาที

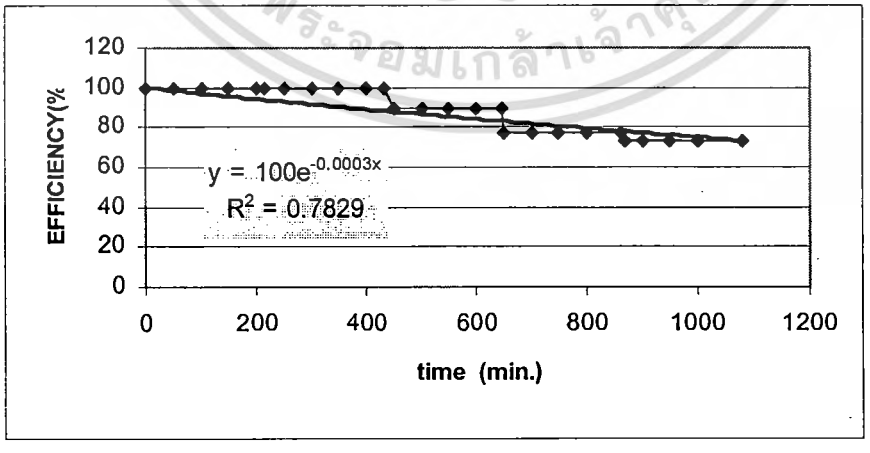


รูปที่ 7.5. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า AC กับ เวลา ของการทดลอง Infiltrometer

คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของการทดลอง ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ แล้วทำการเฉลี่ยกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency (%) กับ เวลาการทดลอง (min.) ให้อยู่ในรูปของสมการ

$$Efficiency = Ke^{-at} \qquad (7.5.)$$

จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Efficiency (%) กับ เวลาการทดลอง (min.) ของระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดิน



รูปที่ 7.6. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพ กับ เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาเวลาที่ ประสิทธิภาพ ลดลง 95% ซึ่งถือว่าเป็นเวลาที่ควรทำการขุดลอกก้นบ่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของบ่อให้มากขึ้น

จาก $$y = 100e^{-0.0003x} \quad (7.6.)$$

เขียนสมการให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพ (Efficiency) กับเวลาได้ดังสมการ 7.7.

$$Efficiency = 100e^{-0.0003t} \quad (7.7.)$$

เมื่อประสิทธิภาพลดลง 95% ;

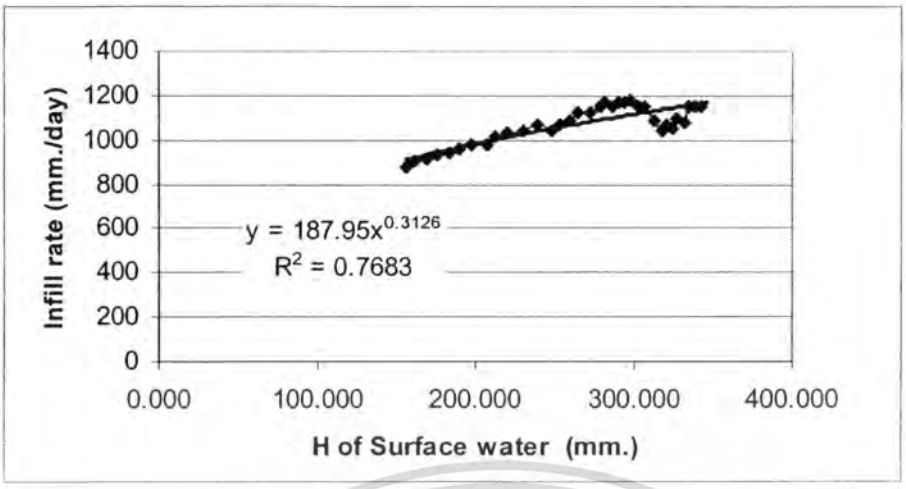
$$5 = 100e^{-0.0003t} \quad (7.8.)$$
$$t = 9985.77 \quad \text{min.}$$
$$t = 6.93 \quad day$$

ดังนั้นเมื่อเวลาของการเติมน้ำผ่านไป ประมาณ 7 วันต้องทำการขุดลอกก้นบ่อเพื่อให้อัตราการดูดซึมของบ่อ เพิ่มมากขึ้น

7.3. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง Basin Test

สำหรับการทดลอง Basin Test จะได้ค่าตัวแปรที่สำคัญ คือ ระดับน้ำ (H) (m.) และเวลาการทดลอง (min) ซึ่งสามารถหาค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) ได้เช่นเดียวกับการทดลอง Infiltrometer Test แต่ข้อมูลของการทดลองจะมีแค่การเติมน้ำสะอาด (pure) เท่านั้น จากนั้นหากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) (mm./day) และ ระดับน้ำ (H) (m.) ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.7. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการดูดซึม กับระดับน้ำ ในบ่อของการทดลอง Basin Test โดยใช้น้ำสะอาด

ทำการหาความสัมพันธ์การหาความสัมพันธ์ของเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) และ ระดับน้ำ (H) (m.) ให้อยู่ในรูปของสมการ

$$Infiltration\ rate = KH^{a_1}$$

ซึ่ง $Infiltration\ rate$ = อัตราการดูดซึม (mm./day)

และ H = ระดับความสูงของน้ำ (m.)

a_1 = ค่าคงที่ของบ่อทดลอง

กำหนดให้ $$K = \frac{Infiltration\ rate}{H^{a_1}} = AC_p$$

ทำการหาค่า AC_f ของน้ำหลากโดยการนำค่า AC_p มาคูณกับค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์การทดลอง Infiltrometer จะได้ค่า AC_f ของน้ำหลากที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ผลดังแสดงในตารางภาคผนวก ค

เมื่อทราบระดับน้ำเริ่มต้น (H_0) (m.) จะสามารถหาค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) และระดับน้ำ (H) ที่เวลาใด ๆ ของน้ำหลากได้จากสมการ ดังนี้

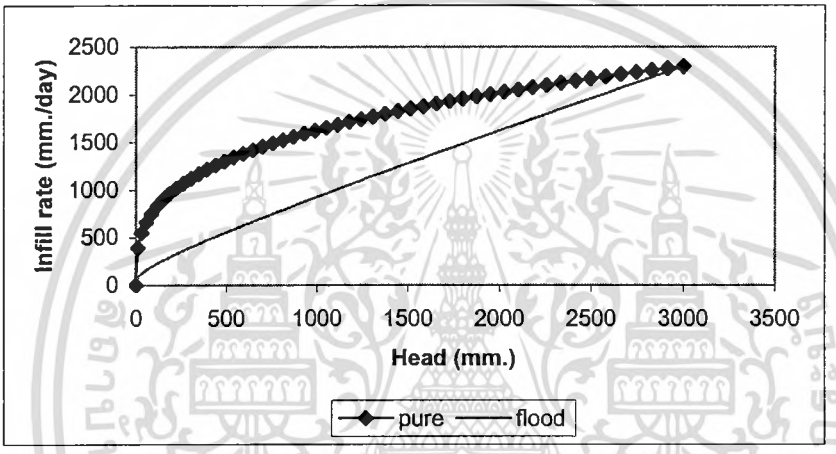
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Infiltration\ rate_{t_{i+1}} = K_{t_{i+1}} H_{t_i}^{a_1} \quad ; \quad i = 0,1,2,3,\ldots \tag{7.9.}$$

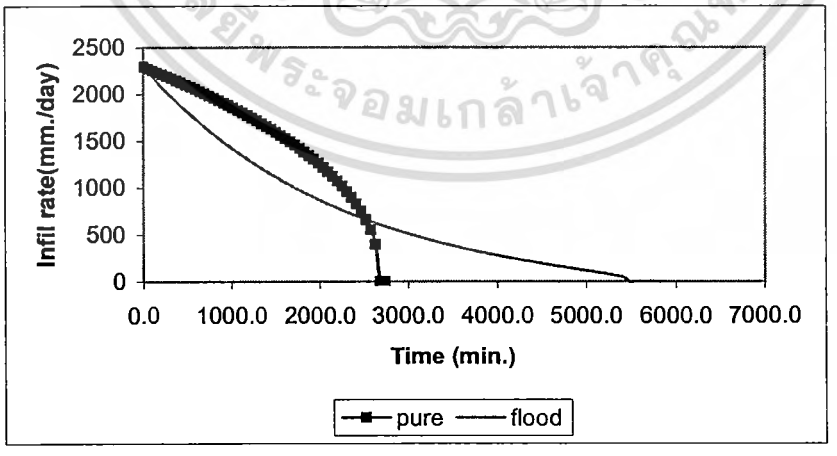
$$H_{t_{i+1}} = H_{t_i} - (Infiltration\ rate_{t_{i+1}} \times \Delta t_i) \quad ; \quad i = 0,1,2,3,\ldots \tag{7.10.}$$

ซึ่ง t = เวลาการทดลองใด ๆ (min.)

จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) และระดับน้ำ (H) กับกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการดูดซึม (Infiltration rate) และ เวลา (time)

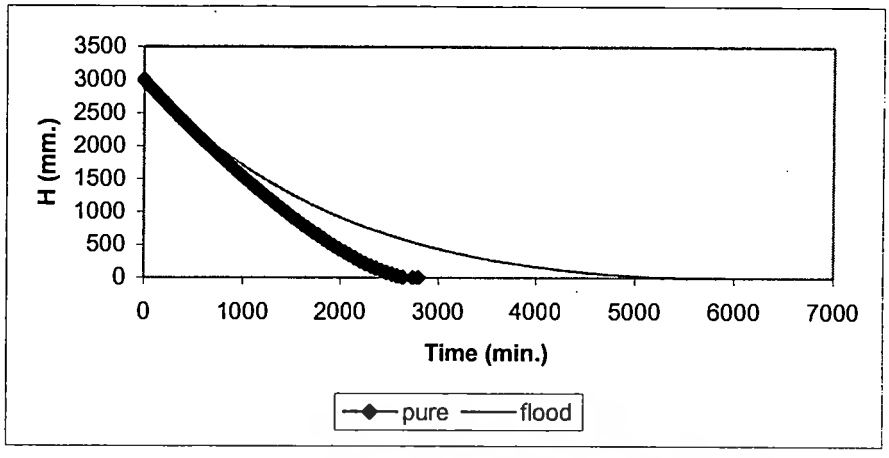


รูปที่ 7.8. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ ระดับน้ำของน้ำสะอาดที่ได้จากการทดลอง และของน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณสำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม.



รูปที่ 7.9. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ เวลาของน้ำสะอาดที่ได้จากการทดลอง และของน้ำหลากที่ได้จากการคำนวณสำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม.

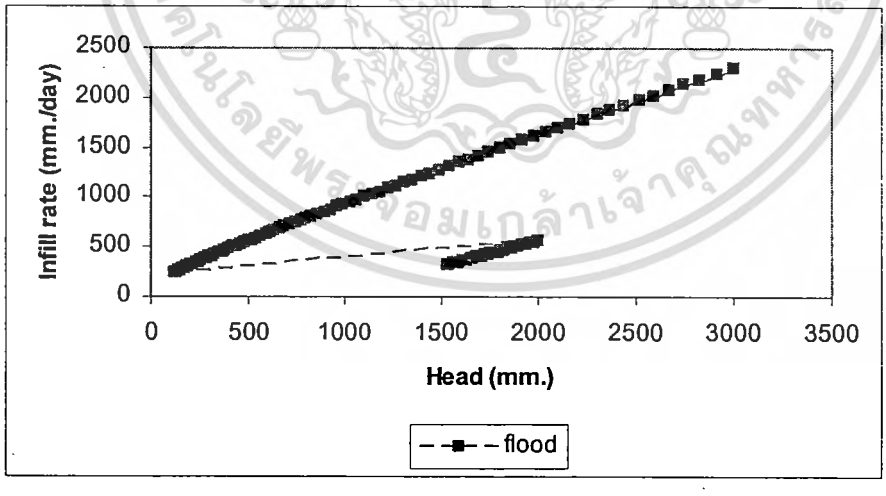
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.10. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ กับ เวลาของน้ำสะอาดที่ได้จากการทดลอง และ น้ำหลากที่ได้จากการคำนวณ สำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม.

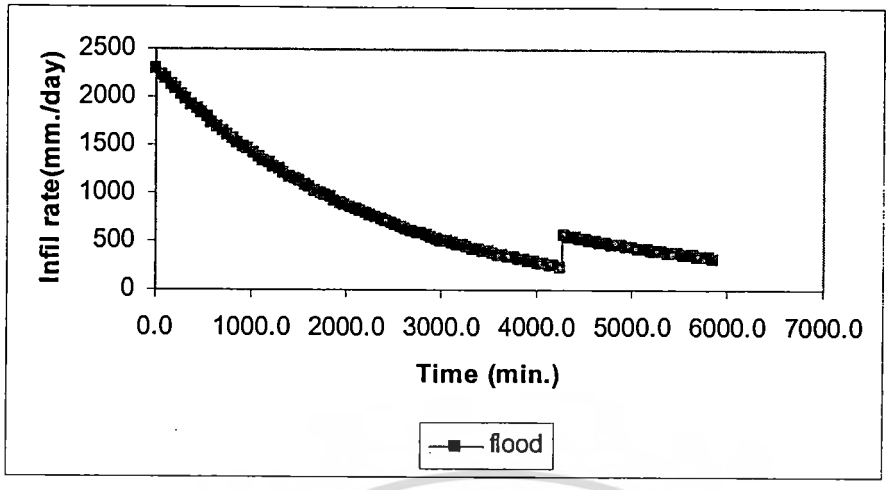
จากรูปที่ 7.8. – 7.10. จะเห็นว่าตะกอนในน้ำหลากจะทำให้มีผลต่อค่าอัตราการดูดซึมมีค่าลดลง ดังนั้นระดับน้ำในบ่อจะลดลงช้ากว่าน้ำสะอาด

ถ้าหากสมมุติให้เมื่อเวลาผ่านไปน้ำในบ่อยังไม่หมด แต่มีฝนตกลงมาหรือว่ามีน้ำหลากไหลมาเพิ่มลักษณะของเส้นกราฟทั้ง 3 ก็จะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากระดับน้ำในบ่อมีการเปลี่ยนแปลง

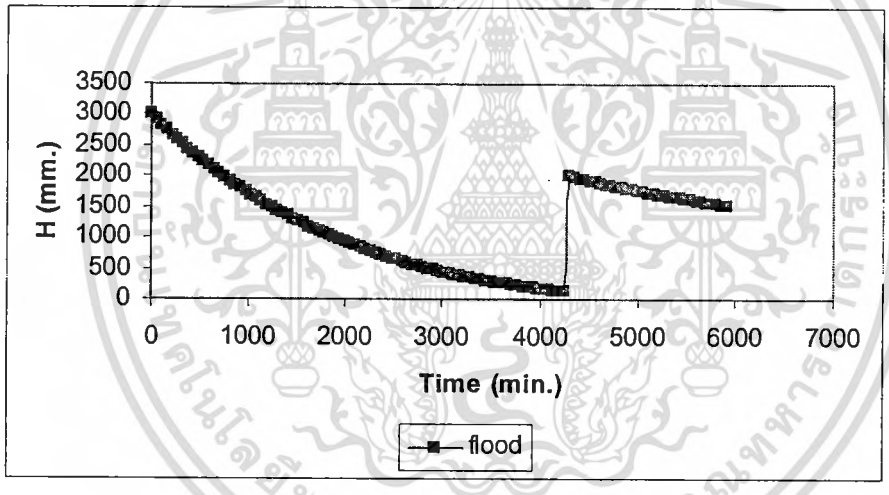


รูปที่ 7.11. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ ระดับน้ำของน้ำหลากสำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม. และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ระดับน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 2.00 ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.12. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม กับ เวลาของน้ำหลากสำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม. และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ระดับน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 2.00 ม.



รูปที่ 7.13. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ กับ เวลาของน้ำหลากสำหรับระดับน้ำเริ่มต้น 3.00 ม.และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ระดับน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 2.00 ม.

เมื่อทราบขนาดพื้นที่ก้นบ่อของบ่อเติมน้ำ ก็จะสามารถหาปริมาตรน้ำที่ถูกเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ โดย

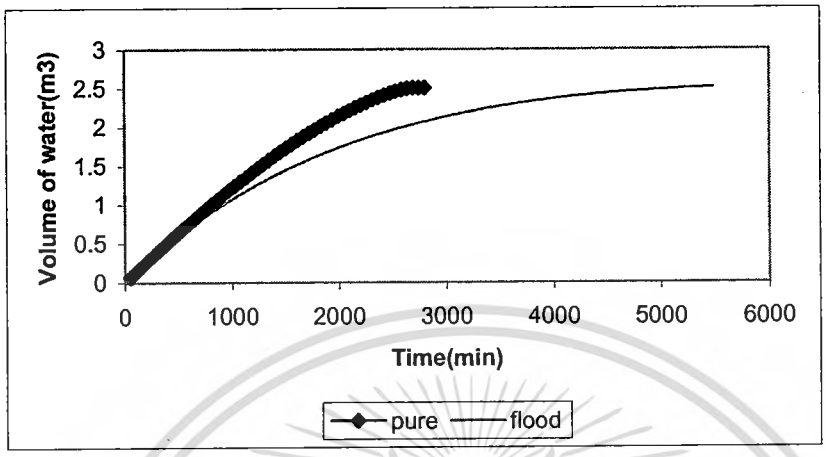
$$V = \Delta H \times A \qquad (7.11.)$$

ซึ่ง V = ปริมาตรน้ำ (m^3)

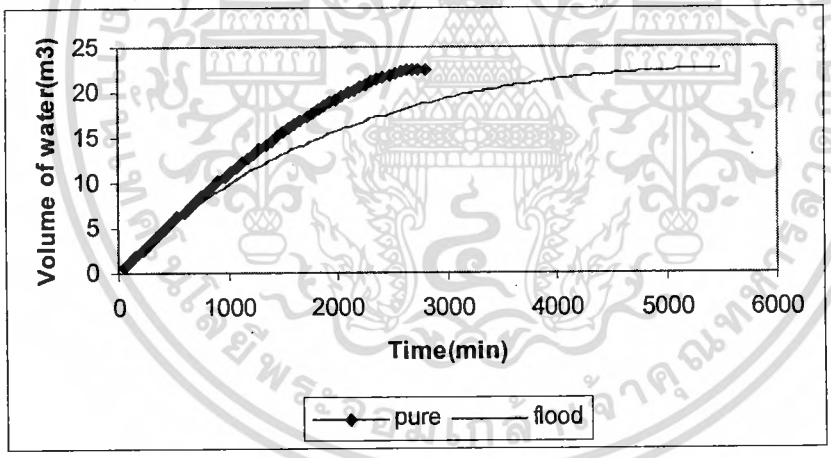
A = พื้นที่ก้นบ่อ (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ดังแสดงในตารางภาคผนวก ค และจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรน้ำที่ถูกเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน กับ เวลา ของการเติมน้ำด้วยน้ำหลาก



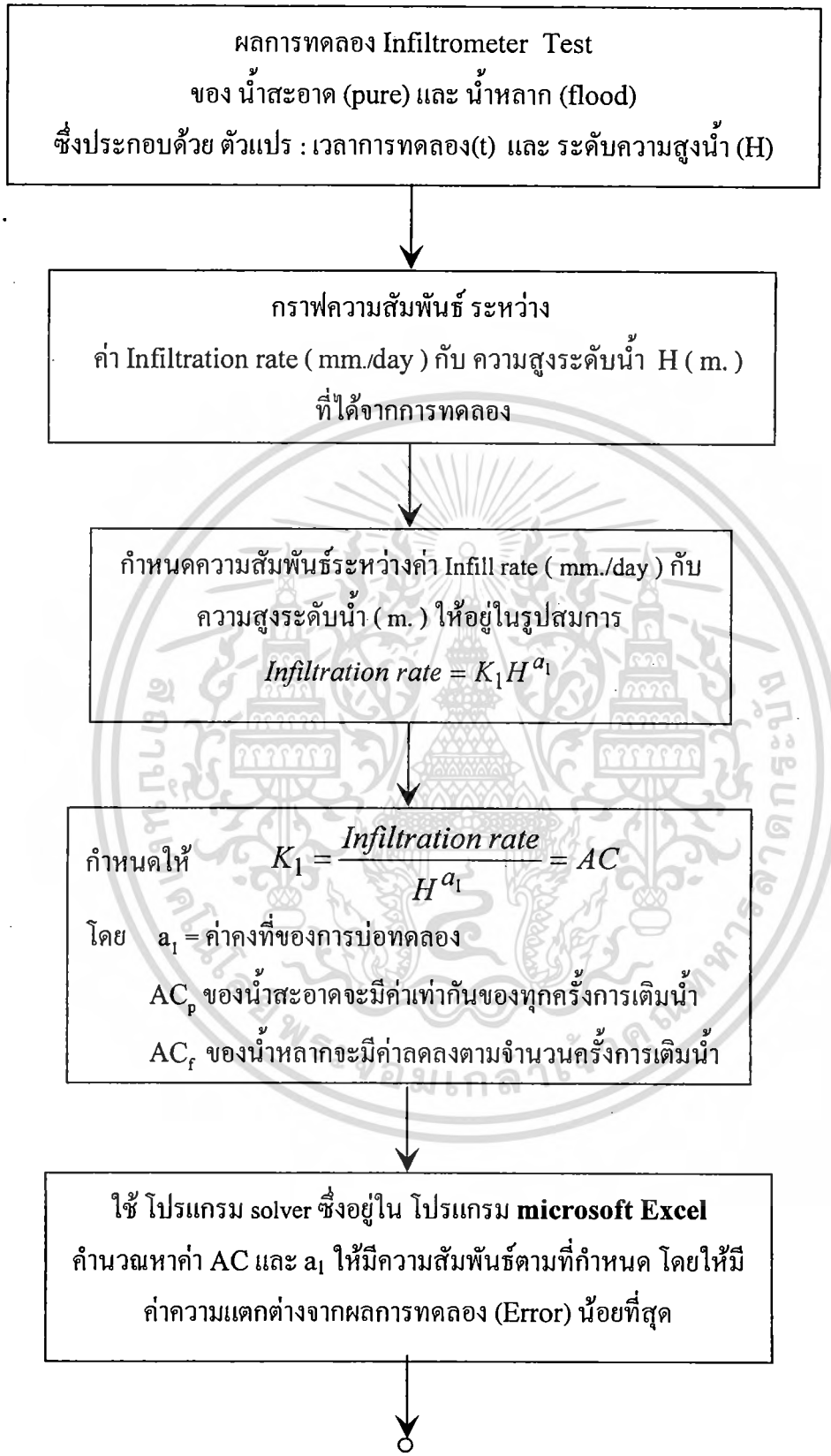
รูปที่ 7.14. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำที่ถูกเติมลงสู่ใต้ดินกับเวลา สำหรับพื้นที่ก้นบ่อ 1 m^2



รูปที่ 7.15. แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำที่ถูกเติมลงสู่ใต้ดินกับเวลา สำหรับพื้นที่ก้นบ่อ 9 m^2

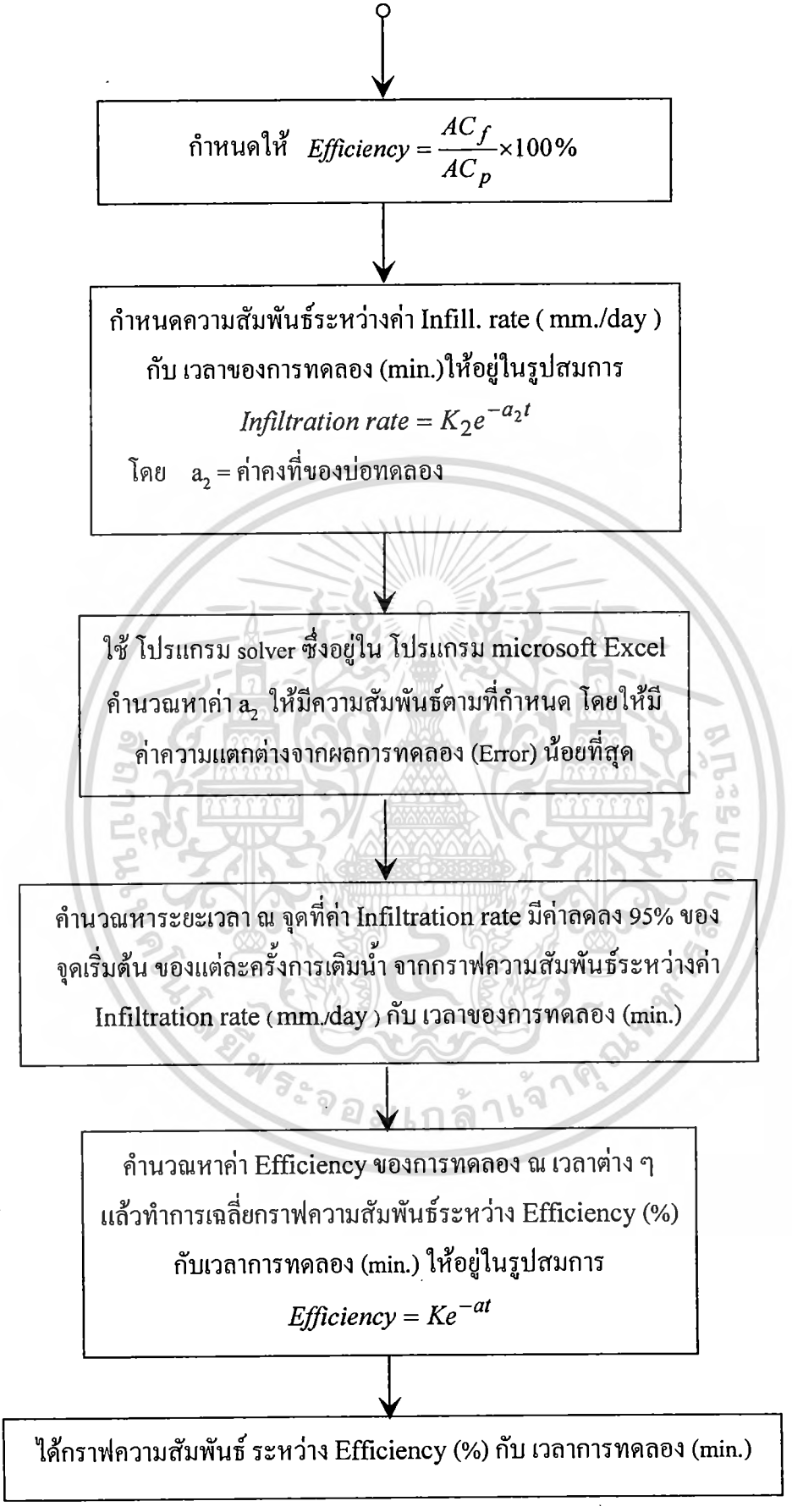
ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อพื้นที่ก้นบ่อมีขนาดใหญ่มากขึ้น ปริมาตรน้ำที่ถูกเติมลงสู่ใต้ดินก็จะมีปริมาณมากขึ้นด้วย แต่ก็ต้องขึ้นอยู่กับระดับน้ำในบ่อด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



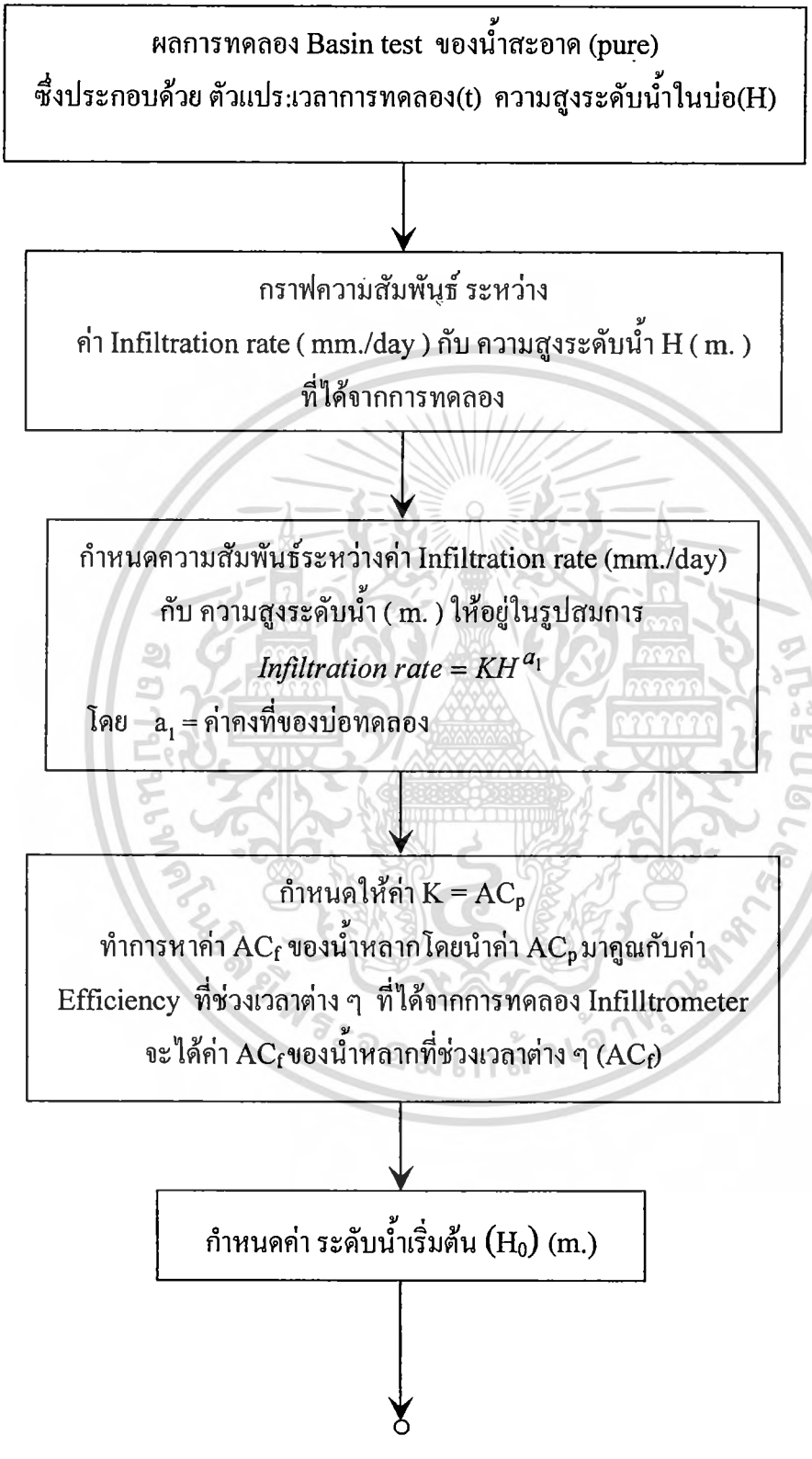
รูปที่ 7.16. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ Infiltrometer Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



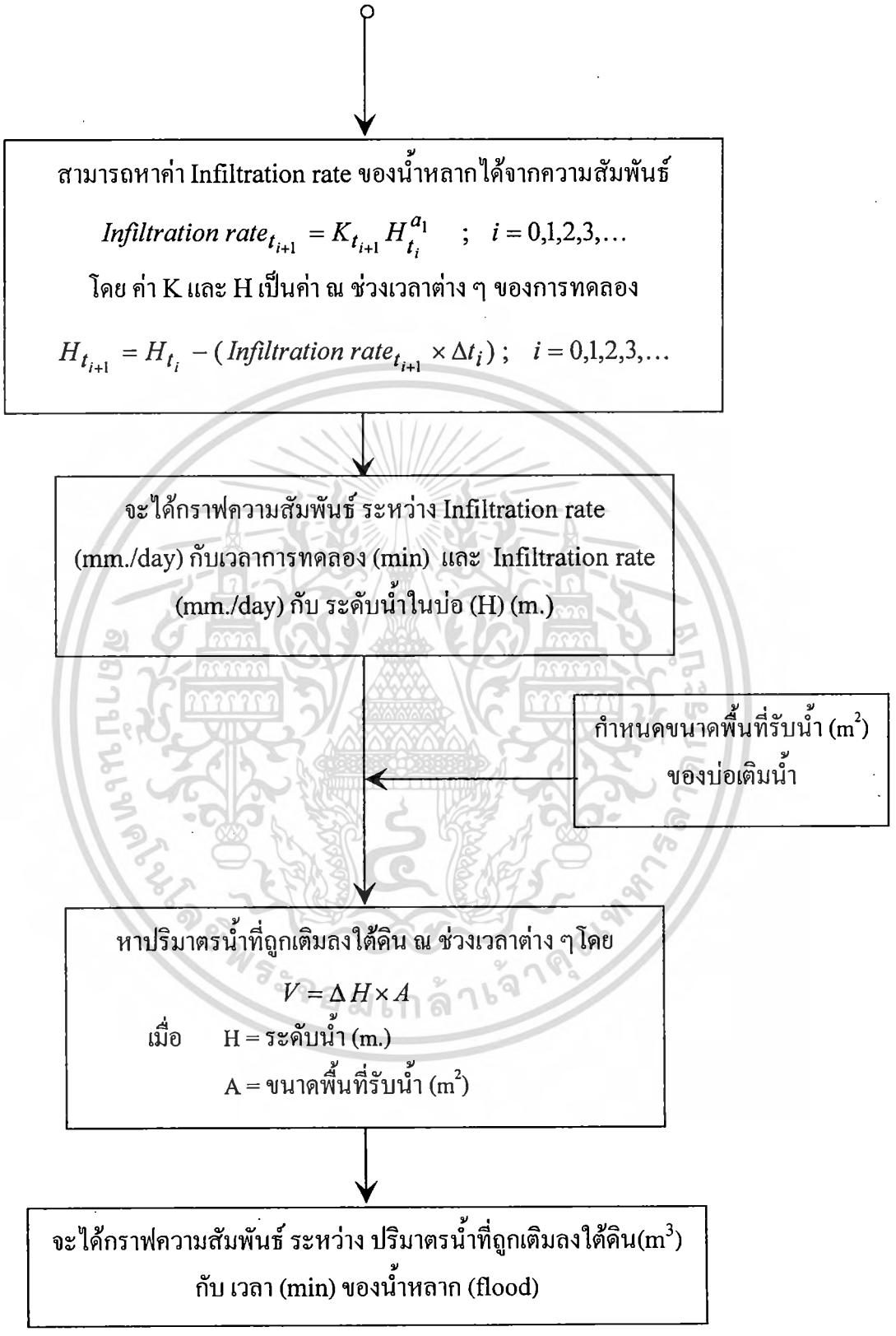
รูปที่ 7.16. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ Infiltrometer Test (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.17. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ Basin Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.17. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ Basin Test (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

สรุปและข้อเสนอแนะของโครงงาน

จากการวิเคราะห์ผลของตัวอย่างดินที่ทำการเก็บมาจากบริเวณที่ทำการก่อสร้างบ่อเติมน้ำ ซึ่งตั้งอยู่ ตำบล ไผ่ท่าโพธิ์ อำเภอ โพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร พบว่า ดินชั้นบนที่ความลึกจากผิวดินประมาณ 0-1 เมตร ลักษณะของดินจะเป็นดินเหนียว และมีค่า Seepage Coefficient ประมาณ 3.45 m./day ส่วนดินชั้นที่สอง ซึ่งมีความลึกจากผิวดิน ประมาณ 1 เมตรขึ้นไป ลักษณะดินเป็นดินทราย ซึ่งมีค่า Seepage Coefficient สูง ประมาณ 57.36 m./day จึงมีความเหมาะสมสำหรับก่อสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดินโดยใช้น้ำหลาก แต่เนื่องจากน้ำหลากมีตะกอนดินปนเปื้อนอยู่ ดังนั้นหากจะใช้น้ำหลากในการเติมน้ำลงสู่ชั้นใต้ดินจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำมีประสิทธิภาพลดลงตามเวลา และเมื่อเวลาของการเติมน้ำผ่านไปประมาณ 7 วัน ต้องทำการขุดลอกก้นบ่อเติมน้ำเนื่องจากตะกอนในน้ำหลากจะอุดตันอยู่ระหว่างช่องว่างของดินทราย ทำให้ความสามารถในการซึมของน้ำลดลง ถ้าหากบ่อเติมน้ำของเรามีขนาดไม่ใหญ่มากนักระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดินโดยใช้น้ำหลากก็มีความเหมาะสมสำหรับชุมชนชนบท เนื่องจากใช้เทคโนโลยีไม่มากนักในการก่อสร้างและการใช้งาน

สำหรับประเทศไทยแล้ว ปัญหาเรื่องแหล่งน้ำถือเป็นปัญหาที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากหลาย ๆ แห่งในประเทศไทยจะประสบปัญหานี้ทุก ๆ ปี การดำเนินการแก้ไขจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นที่ต้องรีบดำเนินการในหลาย ๆ พื้นที่ เช่นเดียวกับจังหวัดพิจิตร จากการสำรวจระดับน้ำบาดาลพบว่าหลายพื้นที่มีการลดตัวของระดับน้ำใต้ดินมากโดยไม่คืนตัว ทำให้บ่อบาดาลระดับตื้นของชาวบ้านไม่สามารถสูบขึ้นมาใช้ได้ ประกอบกับจำนวนของบ่อบาดาลระดับตื้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ทำให้ชาวบ้านได้รับผลกระทบโดยตรงในการนำน้ำมาใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้งการอุปโภค – บริโภค รวมทั้งใช้ในการเกษตรกรรมด้วย แต่เมื่อถึงฤดูฝนกลับต้องประสบปัญหาน้ำท่วม ซึ่งทำให้ปัญหาต่าง ๆ เกิดตามมาไม่ว่าจะเป็นความเสียหายในทรัพย์สิน หรือ ปัญหาสาธารณสุข จากผลการศึกษาจะเห็นว่าที่ ตำบลไผ่ท่าโพธิ์ อำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร ชั้นทรายจะอยู่ระดับตื้นจากผิวดินค่อนข้างมากแต่จะมีชั้นดินเหนียวอยู่ด้านบน หากทำการลอกชั้นดินเหนียวออกแล้วจะมีศักยภาพในการรับน้ำจากการระบายได้สูง จึงเหมาะสมอย่างยิ่งในการก่อสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดินโดยใช้น้ำหลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้ำหลากที่ถูกเติมลงใต้ดิน ถึงแม้จะมีปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำหลากที่เกิดขึ้นแต่ถ้าหากทำการศึกษาและก่อสร้างบ่อเติมน้ำให้มีจำนวนมากขึ้นแล้ว ก็จะสามารถเติมน้ำลงสู่ชั้นใต้ดินได้ในปริมาณที่มากขึ้น และจะสามารถลดระดับของน้ำหลากได้มากขึ้นด้วย

สำหรับกรณีการศึกษาหาประสิทธิภาพของระบบเติมน้ำใต้ดินแบบซึมผ่านผิวดิน โดยใช้น้ำหลาก ควรมีการเพิ่มพื้นที่ศึกษาในบริเวณอื่นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมในหลาย ๆ พื้นที่ จะทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องและละเอียดมากขึ้น ในอนาคตอาจจะมีการพัฒนาออกแบบเป็นโปรแกรมเพื่อใช้ในการศึกษาหาประสิทธิภาพ โดยเราเพียงทราบข้อมูลลักษณะของพื้นที่ที่จะทำการศึกษา ก็สามารถหาประสิทธิภาพของบ่อเติมน้ำได้ ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการศึกษาได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- สุพจน์ ศรีนิล, แหลมทอง เหล่าคงถาวร, แ ละ ชลธี เร่บ้านเกาะ, 2544. คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกลศาสตร์. 500 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

- ณรงค์ เกตุแก้ว, และ พงศ์พัฒน์ เสมอคำ , 2543. การออกแบบระบบการเติมน้ำฝนลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ณ บ้านเนินขวาง ต.ดงเสือเหลือง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ. พิจิตร. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

- สกุล ห่อวโนทยาน, ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์, Tsutomu Ichikawa , ประดิษฐ์ สิทธิยศ, และธนา สุวัฑฒน, 2545. รายงานการศึกษาศักยภาพทรายชั้นบนเพื่อเติมน้ำฝนสู่ใต้ดิน จ.พิจิตร

- ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์, และ Tsutomu Ichikawa , 2544. ประสิทธิภาพของอุปกรณ์การซึมใน จ. พิจิตร. การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่1. บทความที่ RE.05.

- กองพัฒนาบ่อบาดาล กรมโยธาธิการ, 2541. รายงานความเหมาะสมด้านวิศวกรรมโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำใต้ดินจังหวัดพิจิตร, หน้า1-1

- Marios Sophoeleous, 2002 .Interaction between groundwater and surface water:the state of the science . Hydrogeology Journal 10 : 52-67

- Herman Bouwer,2002 .Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering . Hydrogeology Journal 10 : 121 - 142

- Uma Seeboonruang,2004 .Feasibility study for artificial recharge at a field in the northern part of Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- วีระพล แต้สมบัติ, 2538. หลักอุทกวิทยา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

- มนเฑียร กังศศิเทียม, 2543. กลศาสตร์ของดินด้านวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 9. นนทบุรี : สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน.

- ศิรวัชร สืบชมพู และ เกียรติศักดิ์ ภู่ตระกูล , 2547. การหาค่าการซึมผ่านในแนวดิ่งจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำใต้ดินสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย. ปริญญานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกผลการทดลองในห้องทดลอง

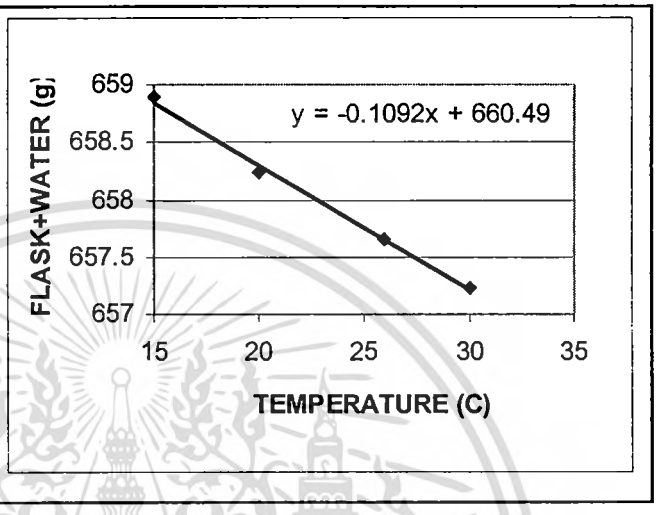
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.1 แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 1

Pycnometer NO. : 1

Date : 11/02/2005

PYCNOMETER CALIBRATION		
No.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C)
1	657.23	30
2	657.65	26
3	658.24	20
4	658.89	15
5	-	-

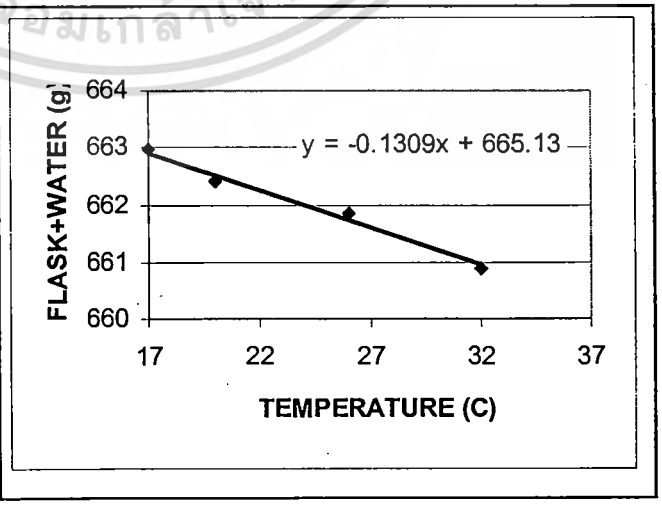


ตารางที่ ผ.ก.2 แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 2

Pycnometer NO. : 2

Date : 11/02/2005

PYCNOMETER CALIBRATION		
No.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C)
1	660.9	32
2	661.84	26
3	662.39	20
4	662.96	17
5	-	-



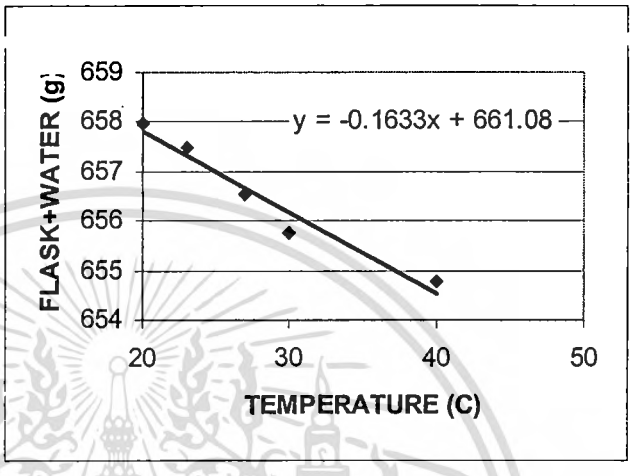
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.3 แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 7

Pycnometer NO. : 7

Date :11/02/2005

PYCNOMETER CALIBRATION		
No.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C)
1	654.78	40
2	655.77	30
3	656.55	27
4	657.49	23
5	657.97	20

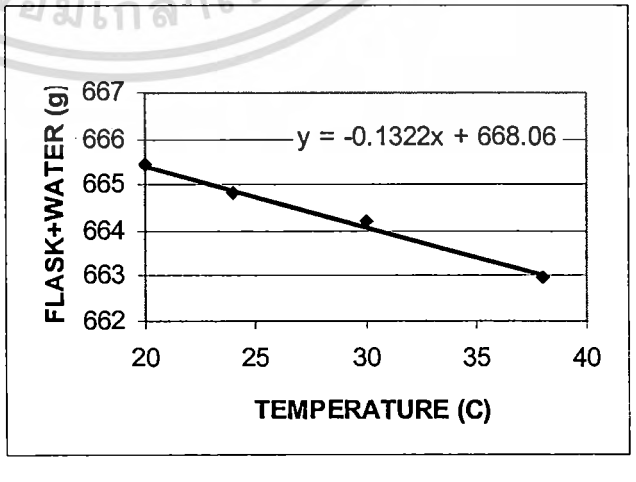


ตารางที่ ผ.ก.4 แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 8

Pycnometer NO. : 8

Date :11/02/2005

PYCNOMETER CALIBRATION		
No.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C)
1	662.96	38
2	664.23	30
3	664.83	24
4	665.46	20
5	666.03	15



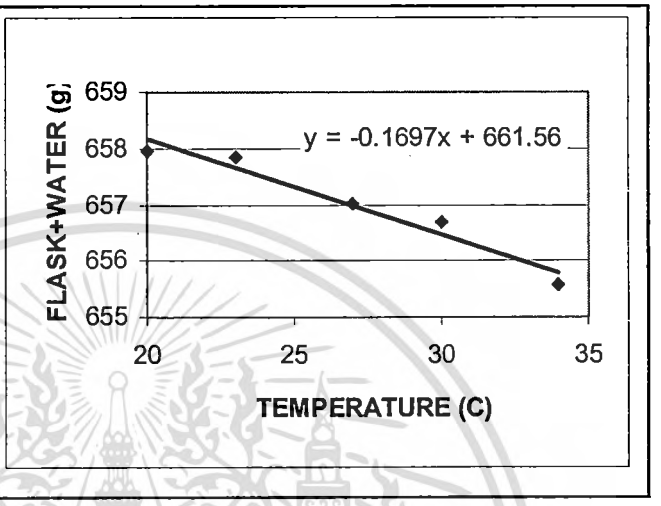
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.5 แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 10

Pycnometer NO. : 10

Date : 16/10/2003

PYCNOMETER CALIBRATION		
No.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C)
1	655.57	34
2	656.71	30
3	657.02	27
4	657.83	23
5	657.95	20

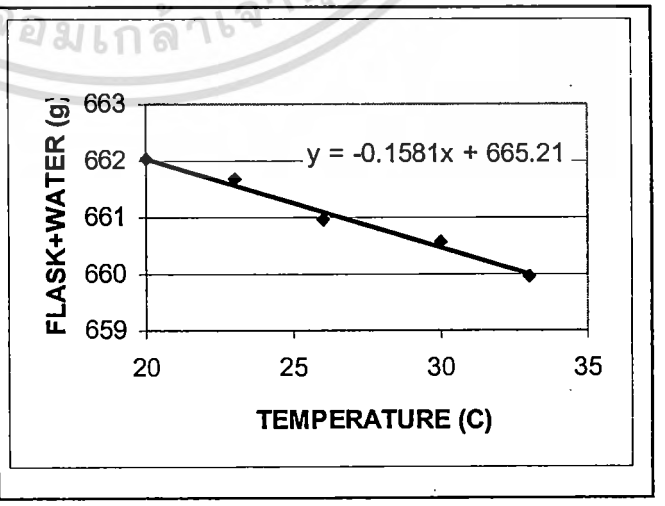


ตารางที่ ผ.ก.6 แสดงการ Calibrate Pycnometer NO. 11

Pycnometer NO. : 11

Date : 16/10/2003

PYCNOMETER CALIBRATION		
No.	FLASK+WATER (g)	TEMPERATURE (C)
1	659.96	33
2	660.58	30
3	660.95	26
4	661.68	23
5	662.03	20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.7 แสดงผลการทดลองหาค่า Specific Gravity ของดินชั้นบนและชั้นล่าง

SOIL DESCRIPTION : ดินชั้นบน

DATE : 16/10/2003

NO. PYCNOMETER : 10

Depth	
Determination No.	1
1. Temperature ,t(C)	28
2. Weight of Flask + Water + Soil ,W_1(g)	686.56
3. Weight of Flask + Water ,W_2(g)	656.81
4. Container No.	16
5. Weight of Dry soil + Container (g)	173.23
6. Weight of Container (g)	124.88
7. Weight of Dry soil (g)	48.35
8. Specific Gravity of Water at T , Gt	0.9963
9. Specific Gravity of Soil	2.59

SOIL DESCRIPTION : ดินชั้นล่าง

DATE : 16/10/2003

NO. PYCNOMETER : 11

Depth	
Determination No.	2
1. Temperature ,t(C)	27
2. Weight of Flask + Water + Soil ,W_1(g)	691.34
3. Weight of Flask + Water ,W_2(g)	660.94
4. Container No.	1
5. Weight of Dry soil + Container (g)	169.06
6. Weight of Container (g)	120.74
7. Weight of Dry soil (g)	48.32
8. Specific Gravity of Water at T , Gt	0.9965
9. Specific Gravity of Soil	2.69

ตารางที่ ผ.ก.8 แสดงผลการทดลองหาค่า Specific Gravity ของดินก้นหลุมบ่อ 1 หลังการทดสอบ Infiltrometer

SOIL DESCRIPTION : ดินหลัง Infill น้ำ pure บ่อ 1

DATE : 11/02/2004

NO. PYCNOMETER : 1

Depth	1-2 m.
Determination No.	1
1. Temperature ,t(C)	25
2. Weight of Flask + Water + Soil ,W_1(g)	688
3. Weight of Flask + Water ,W_2(g)	657.76
4. Container No.	1
5. Weight of Dry soil + Container (g)	185.09
6. Weight of Container (g)	135.96
7. Weight of Dry soil (g)	49.13
8. Specific Gravity of Water at T , Gt	0.9971
9. Specific Gravity of Soil	2.59

SOIL DESCRIPTION : ดินหลัง Infill น้ำ flood บ่อ 1

DATE : 15/02/2004

NO. PYCNOMETER : 2

Depth	1-2 m.
Determination No.	2
1. Temperature ,t(C)	23
2. Weight of Flask + Water + Soil ,W_1(g)	694.12
3. Weight of Flask + Water ,W_2(g)	662.12
4. Container No.	2
5. Weight of Dry soil + Container (g)	173.86
6. Weight of Container (g)	122.39
7. Weight of Dry soil (g)	51.47
8. Specific Gravity of Water at T , Gt	0.9976
9. Specific Gravity of Soil	2.64

ตารางที่ ผ.ก.9 แสดงผลการทดลองหาค่า Specific Gravity ของดินก้นหลุมบ่อ 2 หลังการทดสอบ Infiltrometer

SOIL DESCRIPTION : ดินหลัง Infill น้ำ pure บ่อ 2

DATE : 11/02/2004

NO. PYCNOMETER : 7

Depth	1-2 m.
Determination No.	7
1. Temperature ,t(C)	23
2. Weight of Flask + Water + Soil ,W_1(g)	687.67
3. Weight of Flask + Water ,W_2(g)	657.32
4. Container No.	7
5. Weight of Dry soil + Container (g)	163.42
6. Weight of Container (g)	114.12
7. Weight of Dry soil (g)	49.3
8. Specific Gravity of Water at T , Gt	0.9976
9. Specific Gravity of Soil	2.60

SOIL DESCRIPTION : ดินหลัง Infill น้ำ flood บ่อ 2

DATE : 15/02/2004

NO. PYCNOMETER : 8

Depth	1-2 m.
Determination No.	8
1. Temperature ,t(C)	23
2. Weight of Flask + Water + Soil ,W_1(g)	695.47
3. Weight of Flask + Water ,W_2(g)	665.02
4. Container No.	8
5. Weight of Dry soil + Container (g)	187.54
6. Weight of Container (g)	138.21
7. Weight of Dry soil (g)	49.33
8. Specific Gravity of Water at T , Gt	0.9976
9. Specific Gravity of Soil	2.61

ตารางที่ ผ.ก.10 แสดงผลการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis)

ดินชั้นบน							
Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Weight of Sieve (g)	Weight of Sieve+Soil (g)	Weight of Soil Retained (g)	Cumulative Retained (g)	Cumulative Retained (%)	Percent Finer (%)
3/8"	9.500	797.67	797.69	0.02	0.02	0.00	100.00
4	4.750	490.81	490.81	0	0.02	0.00	100.00
10	2.000	478.00	479.84	1.84	1.86	0.09	99.91
20	0.850	609.10	750.05	140.95	142.81	7.26	92.74
40	0.425	589.74	987.32	397.58	540.39	27.47	72.53
100	0.150	529.25	1165.51	636.26	1176.65	59.82	40.18
200	0.075	509.11	722.61	213.5	1390.15	70.67	29.33
PAN	-	478.88	1055.85	576.97	1967.12	100.00	0.00
ดินชั้นล่าง							
Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Weight of Sieve (g)	Weight of Sieve+Soil (g)	Weight of Soil Retained (g)	Cumulative Retained (g)	Cumulative Retained (%)	Percent Finer (%)
3/8"	9.500	797.51	805.06	7.55	7.55	0.50	99.50
4	4.750	745.03	774.47	29.44	36.99	2.47	97.53
10	2.000	675.54	808.04	132.5	169.49	11.30	88.70
40	0.425	575.66	1689.90	1114.24	1283.73	85.59	14.41
100	0.150	521.62	683.53	161.91	1445.64	96.38	3.62
200	0.075	505.99	525.28	19.29	1464.93	97.67	2.33
PAN	-	378.34	413.27	34.93	1499.86	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.11 แสดงผลการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) ของดินก้นบ่อ หลังการทดลอง Infiltrometer บ่อที่ 1

ทดลองโดยใช้น้ำสะอาด							
Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Weight of Sieve (g)	Weight of Sieve+Soil (g)	Weight of Soil Retained (g)	Cumulative Retained (g)	Cumulative Retained (%)	Percent Finer (%)
3/8"	9.500	797.68	797.68	0	0.00	0.00	100.00
4	4.750	490.77	505.23	14.46	14.46	1.45	98.55
10	2.000	476.46	605.55	129.09	143.55	14.44	85.56
20	0.850	606.95	910.34	303.39	446.94	44.95	55.05
40	0.425	588.68	879.73	291.05	737.99	74.22	25.78
100	0.150	528.91	696.02	167.11	905.10	91.02	8.98
200	0.075	509.14	538.44	29.3	934.40	93.97	6.03
PAN	-	478.96	538.92	59.96	994.36	100.00	0.00
ทดลองโดยน้ำหลาก							
Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Weight of Sieve (g)	Weight of Sieve+Soil (g)	Weight of Soil Retained (g)	Cumulative Retained (g)	Cumulative Retained (%)	Percent Finer (%)
3/8"	9.500	797.70	799.35	1.65	1.65	0.11	99.89
4	4.750	490.87	527.73	36.86	38.51	2.60	97.40
10	2.000	476.61	711.81	235.2	273.71	18.46	81.54
20	0.850	607.59	1050.67	443.08	716.79	48.35	51.65
40	0.425	589.34	935.15	345.81	1062.60	71.67	28.33
100	0.150	529.06	694.48	165.42	1228.02	82.83	17.17
200	0.075	509.08	545.34	36.26	1264.28	85.27	14.73
PAN	-	478.98	697.30	218.32	1482.60	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.12 แสดงผลการหาขนาดเม็ดดินโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) ของดินก้นบ่อ หลังการทดลอง Infiltrometer บ่อที่ 2

ทดลองโดยใช้น้ำสะอาด							
Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Weight of Sieve (g)	Weight of Sieve+Soil (g)	Weight of Soil Retained (g)	Cumulative Retained (g)	Cumulative Retained (%)	Percent Finer (%)
3/8"	9.500	797.67	797.67	0	0.00	0.00	100.00
4	4.750	490.83	494.11	3.28	3.28	0.27	99.73
10	2.000	477.28	597.47	120.19	123.47	10.30	89.70
20	0.850	608.44	1142.27	533.83	657.30	54.85	45.15
40	0.425	589.42	831.73	242.31	899.61	75.07	24.93
100	0.150	529.34	668.61	139.27	1038.88	86.69	13.31
200	0.075	509.07	561.61	52.54	1091.42	91.07	8.93
PAN	-	478.88	585.89	107.01	1198.43	100.00	0.00
ทดลองโดยใช้น้ำหลาก							
Sieve No.	Sieve Opening (mm.)	Weight of Sieve (g)	Weight of Sieve+Soil (g)	Weight of Soil Retained (g)	Cumulative Retained (g)	Cumulative Retained (%)	Percent Finer (%)
3/8"	9.500	797.67	797.67	0	0.00	0.00	100.00
4	4.750	490.88	499.18	8.3	8.30	0.55	99.45
10	2.000	477.19	621.15	143.96	152.26	10.18	89.82
20	0.850	608.36	1223.05	614.69	766.95	51.26	48.74
40	0.425	589.63	899.74	310.11	1077.06	71.98	28.02
100	0.150	529.24	716.39	187.15	1264.21	84.49	15.51
200	0.075	509.11	587.10	77.99	1342.20	89.70	10.30
PAN	-	478.93	633.00	154.07	1496.27	100.00	0.00

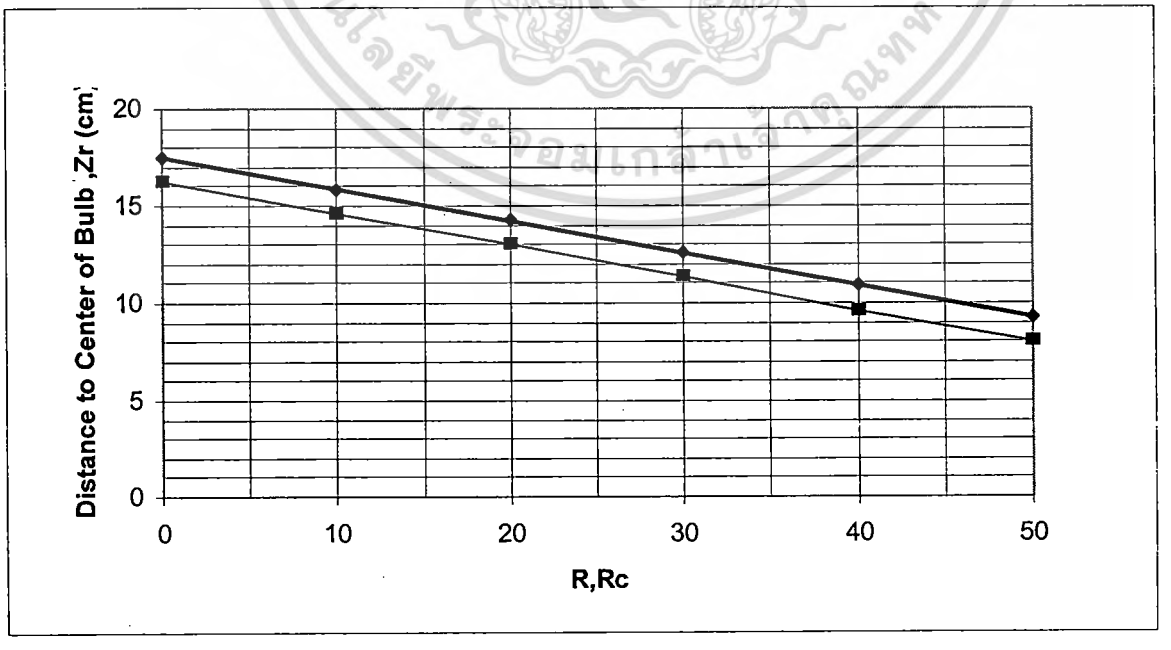
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.13 แสดงการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.469)

Hydrometer No.	469	Date	12/3/2005
Hydrometer Type	152 H		

Hydrometer Reading , r	Length from tip to Hydrometer Reading r,Li	Hydrometer Bulb Length,L (cm.)	R = 1000(r-1)	Distance to Center of Bulb ,Zr = Li-L/2	
				Curve A,Zr (cm.)	Curve B,Zr-VH/2Aj
-	24.5	14	0	17.50	16.23
-	22.8	14	10	15.80	14.53
-	21.3	14	20	14.30	13.03
-	19.6	14	30	12.60	11.33
-	17.9	14	40	10.90	9.63
-	16.3	14	50	9.30	8.03

Sedimentation Jar Diameter ,cm	5.93	Sedimentation Jar Cross Section(Aj) ,cm^2		27.63
Initail Reading of Graduate V1 =		900	cm^2	
Find Reading of Graduate after immersion Hydrometer,V2 =		970	cm^2	
Volume of Hydrometer,VH = V2-V1 =		70	cm^2	



รูปที่ ผ.ก.1 แสดงกราฟการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.469)

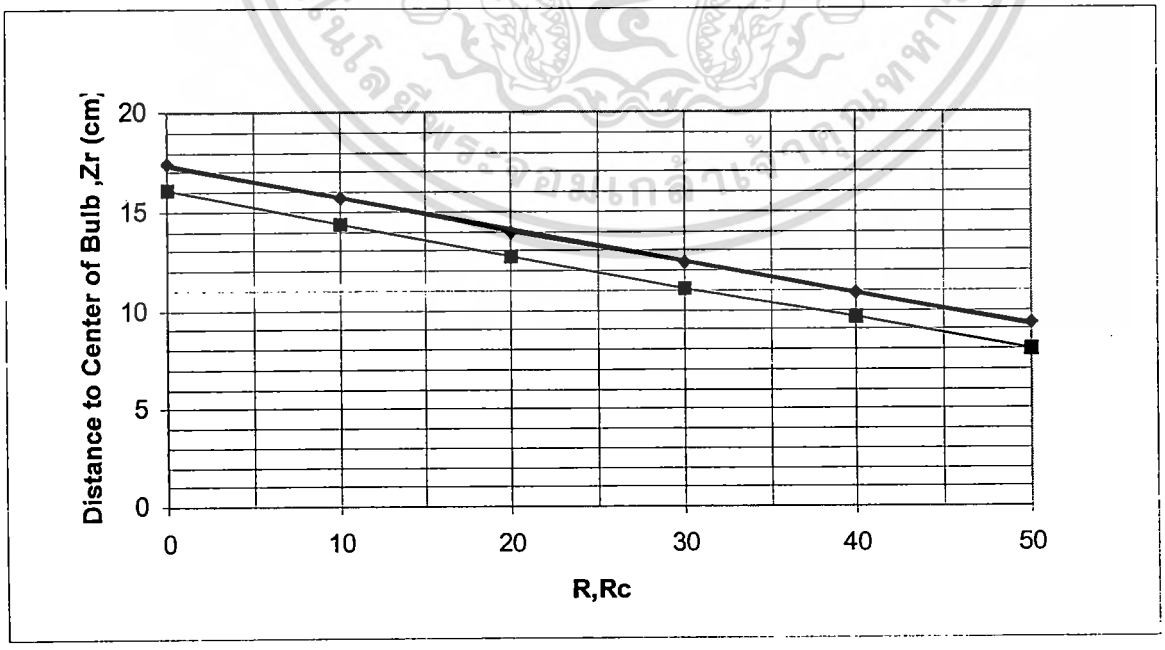
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.14 แสดงการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.470)

Hydrometer No.	470	Date	12/3/2005
Hydrometer Type	152 H		

Hydrometer Reading , r	Length from tip to Hydrometer Reading r ,Li	Hydrometer Bulb Length ,L (cm.)	R = 1000(r-1)	Distance to Center of Bulb ,Zr = Li-L/2	
				Curve A, Zr (cm.)	Curve B,Zr-VH/2Aj
-	24.4	14	0	17.40	16.10
-	22.7	14	10	15.70	14.40
-	21	14	20	14.00	12.70
-	19.4	14	30	12.40	11.10
-	17.9	14	40	10.90	9.60
-	16.3	14	50	9.30	8.00

Sedimentation Jar Diameter ,cm	5.85	Sedimentation Jar Cross Section(Aj) ,cm^2		26.89
Initail Reading of Graduate V1 =		900	cm^2	
Find Reading of Graduate after immersion Hydrometer,V2 =		970	cm^2	
Volume of Hydrometer,VH = V2-V1 =		70	cm^2	



รูปที่ ผ.ก.2 แสดงกราฟการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.470)

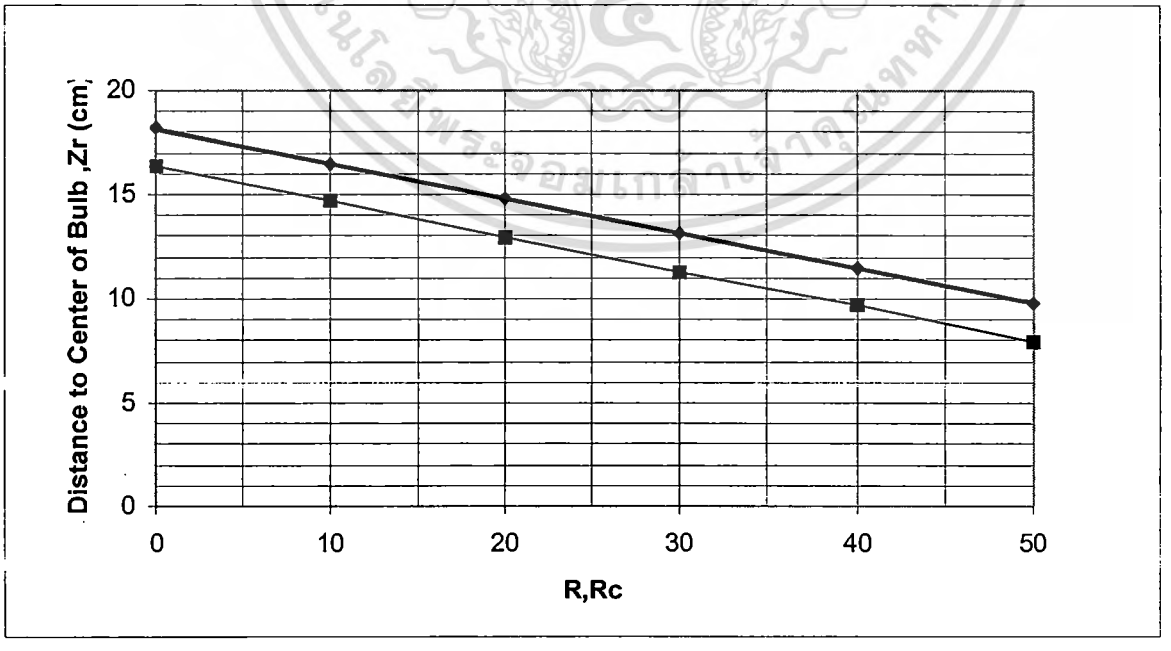
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.15 แสดงการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.64574)

Hydrometer No.	64574	Date	12/3/2005
Hydrometer Type	152 H		

Hydrometer Reading , r	Length from tip to Hydrometer Reading r,Li	Hydrometer Bulb Length,L (cm.)	R = 1000(r-1)	Distance to Center of Bulb ,Zr = Li-L/2	
				Curve A,Zr (cm.)	Curve B,Zr-VH/2Aj
-	26.5	16.6	0	18.20	16.36
-	24.8	16.6	10	16.50	14.66
-	23.1	16.6	20	14.80	12.96
-	21.4	16.6	30	13.10	11.26
-	19.8	16.6	40	11.50	9.66
-	18.1	16.6	50	9.80	7.96

Sedimentation Jar Diameter ,cm	4.74	Sedimentation Jar Cross Section(Aj) ,cm^2	17.65
Initail Reading of Graduate V1 =		800	cm^2
Find Reading of Graduate after immersion Hydrometer,V2 =		865	cm^2
Volume of Hydrometer,VH = V2-V1 =		65	cm^2



รูปที่ ผ.ก.3 แสดงกราฟการ Calibrate Hydrometer (Hydrometer No.64574)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.16 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่ระดับความลึก 0-1 เมตร

Depth	0 - 1 m.	Gs =	2.59
Hydrometer No.	64574	Gt =	0.9951
Dispersing Agent	สารละลาย 4% ของ Sodium Hexametaphosphate	Pwc =	0.9951
Amount	125 g	Ws =	55.53
Meniscus corection x 1000 = 0.5		u =	7.67
Fraction Finer No.200 Sie.= 0.064		Pw =	0.9951
K2 = 0.01213		K1 =	2.919

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp C	R - Rw	$N=K_1(R-Rw)$	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	$D=K_2(Zr/t)0.5$	N'
13/3/2005	13.10	0												
		0.25	-	-	47	-1	32	48	140.11	47.5	10.2	6.391	0.0775	1.70
		0.5	-	-	42	-1	32	43	125.52	42.5	11.0	4.701	0.0570	1.52
		1	-	-	36	-1	32	37	108.00	36.5	12.1	3.472	0.0421	1.31
		2	-	-	31	-1	32	32	93.41	31.5	12.9	2.539	0.0308	1.13
	13.14	2	-	-	36	-1	32	37	108.00	36.5	12.1	2.455	0.0298	1.31
	13.19	5	-	-	24	-1	32	25	72.98	24.5	14.1	1.677	0.0203	0.89
	13.24	10	-	-	20	-1	32	21	61.30	20.5	14.7	1.214	0.0147	0.74
	13.34	20	-	-	18	-1	32	19	55.46	18.5	15.1	0.868	0.0105	0.67
	13.54	40	-	-	15	-1	32	16	46.70	15.5	15.6	0.624	0.0076	0.57

ตารางที่ ผ.ก.16 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่ระดับความลึก 0-1 เมตร (ต่อ)

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp C	R - Rw	$N=K_1(R-Rw)$	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	$D=K_2(Zr/t)0.5$	N'
	14.14	60	-	-	14	-1	32	15	43.79	14.5	15.7	0.512	0.0062	0.53
	14.34	80	-	-	13	-1	32	14	40.87	13.5	15.9	0.446	0.0054	0.50
	16.14	180	-	-	11	-1	32	12	35.03	11.5	16.2	0.300	0.0036	0.42
	17.14	240	-	-	10	-1	32	11	32.11	10.5	16.4	0.262	0.0032	0.39
	20.14	420	-	-	9	-1	32	10	29.19	9.5	16.6	0.199	0.0024	0.35
14/3/2005	12.44	1410	-	-	8	-1	32	9	26.27	8.5	16.8	0.109	0.0013	0.32
15/3/2005	12.44	2850	-	-	7	-1	32	8	23.35	7.5	16.9	0.077	0.0009	0.28
16/3/2005	12.44	4290	-	-	6.5	-1	32	7.5	21.89	7	17.0	0.063	0.0008	0.27
17/3/2005	12.44	5730	-	-	6	-1	32	7	20.43	6.5	17.1	0.055	0.0007	0.25
18/3/2005	12.44	7170	-	-	5.5	-1	32	6.5	18.97	6	17.2	0.049	0.0006	0.23
19/3/2005	12.44	8610	-	-	5.5	-1	32	6.5	18.97	6	17.2	0.045	0.0005	0.23

ตารางที่ ผ.ก.17 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่ระดับความลึก 1-2 เมตร

Depth	1 - 2 m.	Gs =	2.69
Hydrometer No.	470	Gt =	0.9951
Dispersing Agent	สารละลาย 4% ของ Sodium Hexametaphosphate	Pwc =	0.9951
Amount	125 g	Ws =	50
Meniscus corection x 1000 = 0.5		u =	7.67
Fraction Finer No.200 Sie.= 0.023		Pw =	0.9951
K2 = 0.0117		K1 =	3.168

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp C	R - Rw	$N=K_1(R-Rw)$	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	$D=K_2(Zr/t)0.5$	N'
10/7/2004	11.26	0												
		0.25	-	-	45	-1	32	46	145.72	45.5	10.1	6.356	0.0744	1.70
		0.5	-	-	43	-1	32	44	139.38	43.5	10.4	4.561	0.0534	1.63
		1	-	-	40	-1	32	41	129.88	40.5	10.9	3.302	0.0386	1.52
		2	-	-	37	-1	32	38	120.38	37.5	11.4	2.387	0.0279	1.41
	11.30	2	-	-	42	-1	32	43	136.22	42.5	11.4	2.387	0.0279	1.59
	11.35	5	-	-	30	-1	32	31	98.20	30.5	11.1	1.490	0.0174	1.15
	11.45	10	-	-	22	-1	32	23	72.86	22.5	12.4	1.114	0.0130	0.85
	11.50	20	-	-	19	-1	32	20	63.36	19.5	12.9	0.803	0.0094	0.74
	12.10	40	-	-	15	-1	32	16	50.69	15.5	13.5	0.581	0.0068	0.59

ตารางที่ ผ.ก.17 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ที่ระดับความลึก 1-2 เมตร (ต่อ)

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp C	R - Rw	$N=K_1(R-Rw)$	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	$D=K_2(Zr/t)0.5$	N'
	12.50	80	-	-	12	-1	32	13	41.18	12.5	14	0.418	0.0049	0.48
	14.30	180	-	-	9	-1	32	10	31.68	9.5	14.5	0.284	0.0033	0.37
	15.30	240	-	-	8	-1	32	9	28.51	8.5	14.7	0.247	0.0029	0.33
	18.30	420	-	-	5	-1	32	6	19.01	5.5	15.2	0.190	0.0022	0.22
10/18/2004	11.00	1410	-	-	2	-1	32	3	9.50	2.5	15.8	0.106	0.0012	0.11
10/20/2004	13.10	2980	-	-	0	-1	32	1	3.17	0.5	16.1	0.074	0.0009	0.04
	18.20	3290	-	-	0	-1	32	1	3.17	0.5	16.1	0.070	0.0008	0.04

ตารางที่ ผ.ก.18 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 1 ด้วยน้ำสะอาด

Depth	1.– 2 m.	Gs =	2.59
Hydrometer No.	470	Gt =	0.9951
Dispersing Agent	สารละลาย 4% ของ Sodium Hexametaphosphate	Pwc =	0.9951
Amount	125 g	Ws =	56.34
Meniscus corection x 1000 = 0.5		u =	7.67
Fraction Finer No.200 Sie.= 0.0603		Pw =	0.9951
K2 = 0.01213		K1 =	2.877

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp,c	R - Rw	$N = K_1(R-Rw)$	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	$D=K_2(Zr/t)0.5$	N'
13/3/2005	13:00	0												
		0.25	-	-	42	-1	32	43	123.71	42.5	10.5	6.468	0.0785	1.50
		0.5	-	-	40	-1	32	41	117.96	40.5	10.8	4.644	0.0563	1.43
		1	-	-	36	-1	32	37	106.45	36.5	11.4	3.381	0.0410	1.29
		2	-	-	32	-1	32	33	94.94	32.5	12.1	2.457	0.0298	1.15
	13.04	2	-	-	37	-1	32	38	109.33	37.5	11.3	2.373	0.0288	1.33
	13.09	5	-	-	27	-1	32	28	80.56	27.5	12.9	1.605	0.0195	0.98
	13.14	10	-	-	23	-1	32	24	69.05	23.5	13.5	1.163	0.0141	0.84
	13.24	20	-	-	21	-1	32	22	63.30	21.5	13.8	0.832	0.0101	0.77
	13.44	40	-	-	18.5	-1	32	19.5	56.10	19	14.3	0.597	0.0072	0.68

ตารางที่ ผ.ก.18 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 1 ด้วยน้ำสะอาด (ต่อ)

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Tempc	R - Rw	$N=K_1(R-Rw)$	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	$D=K_2(Zr/t)0.5$	N'
	14.04	60	-	-	16.5	-1	32	17.5	50.35	17	14.6	0.493	0.0060	0.61
	14.24	80	-	-	14.5	-1	32	15.5	44.59	15	14.9	0.432	0.0052	0.54
	16.04	180	-	-	12	-1	32	13	37.40	12.5	15.3	0.292	0.0035	0.45
	17.04	240	-	-	11	-1	32	12	34.53	11.5	15.5	0.254	0.0031	0.42
	20.04	420	-	-	10	-1	32	11	31.65	10.5	15.6	0.193	0.0023	0.38
14/3/2005	12.34	1410	-	-	8	-1	32	9	25.89	8.5	15.9	0.106	0.0013	0.31
15/3/2005	12.34	2850	-	-	8	-1	32	9	25.89	8.5	15.9	0.075	0.0009	0.31
16/3/2005	12.34	4290	-	-	7	-1	32	8	23.02	7.5	16.1	0.061	0.0007	0.28
17/3/2005	12.34	5730	-	-	6	-1	32	7	20.14	6.5	16.3	0.053	0.0006	0.24
18/3/2005	12.34	7170	-	-	5.5	-1	32	6.5	18.70	6	16.4	0.048	0.0006	0.23
19/3/2005	12.34	8610	-	-	5.5	-1	32	6.5	18.70	6	16.4	0.044	0.0005	0.23

ตารางที่ ผ.ก.19 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 1 ด้วยน้ำหลาก

Depth	1 - 2 m.	Gs =	2.64
Hydrometer No.	469	Gt =	0.9951
Dispersing Agent	สารละลาย 4% ของSodium Hexametaphosphate	Pwc =	0.9951
Amount	125 g	Ws =	54.84
Meniscus corection x 1000 = 0.5		u =	7.67
Fraction Finer No.200 Sie.= 0.1473		Pw =	0.9951
K2 = 0.0119		K1 =	2.921

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp,c	R - Rw	N=K_1(R-Rw)	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	D=K_2(Zr/t)0.5	N'
13/3/2005	13:00	0												
		0.25	-	-	45	-1	32	46	134.37	45.5	10.0	6.337	0.0757	1.60
		0.5	-	-	43	-1	32	44	128.52	43.5	10.4	4.553	0.0544	1.54
		1	-	-	43	-1	32	44	128.52	43.5	10.4	3.220	0.0385	1.54
		2	-	-	42.5	-1	32	43.5	127.06	43	10.4	2.286	0.0273	1.52
	13.04	2	-	-	45	-1	32	46	134.37	45.5	10.0	2.240	0.0268	1.60
	13.09	5	-	-	41	-1	32	42	122.68	41.5	10.7	1.462	0.0175	1.47
	13.14	10	-	-	40	-1	32	41	119.76	40.5	10.9	1.042	0.0124	1.43
	13.24	20	-	-	35	-1	32	36	105.16	35.5	11.7	0.764	0.0091	1.26

ตารางที่ ผ.ก.19 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 1 ด้วยน้ำหลาก (ต่อ)

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp,c	R - Rw	$N=K_1(R-Rw)$	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	$D=K_2(Zr/t)0.5$	N'
	13.44	40	-	-	31.5	-1	32	32.5	94.93	32	12.3	0.553	0.0066	1.13
	14.04	60	-	-	29.5	-1	32	30.5	89.09	30	12.6	0.458	0.0055	1.06
	14.24	80	-	-	28	-1	32	29	84.71	28.5	12.8	0.400	0.0048	1.01
	16.04	180	-	-	24	-1	32	25	73.02	24.5	13.5	0.274	0.0033	0.87
	17.04	240	-	-	23	-1	32	24	70.10	23.5	13.6	0.238	0.0028	0.84
	20.04	420	-	-	21	-1	32	22	64.26	21.5	14.0	0.182	0.0022	0.77
14/3/2005	12.34	1410	-	-	17	-1	32	18	52.58	17.5	14.6	0.102	0.0012	0.63
15/3/2005	12.34	2850	-	-	15	-1	32	16	46.74	15.5	15.0	0.072	0.0009	0.56
16/3/2005	12.34	4290	-	-	13	-1	32	14	40.89	13.5	15.3	0.060	0.0007	0.49
17/3/2005	12.34	5730	-	-	11.5	-1	32	12.5	36.51	12	15.5	0.052	0.0006	0.44
18/3/2005	12.34	7170	-	-	10.5	-1	32	11.5	33.59	11	15.7	0.047	0.0006	0.40
19/3/2005	12.34	8610	-	-	10.5	-1	32	11.5	33.59	11	15.7	0.043	0.0005	0.40

ตารางที่ ผ.ก.20 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 2 ด้วยน้ำสะอาด

Depth	1 - 2 m.	Gs =	2.6
Hydrometer No.	470	Gt =	0.99555
Dispersing Agent	สารละลาย 4% ของ Sodium Hexametaphosphate	Pwc =	0.99555
Amount	125 g	Ws =	54.44
Meniscus corection x 1000 = 0.5		u =	7.915
Fraction Finer No.200 Sie.= 0.103		Pw =	0.99555
K2 = 0.01228		K1 =	2.972

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp c	R - Rw	N=K1(R-Rw)	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	D=K2(Zr/t)0.5	N'
16/3/2005	14	0												
		0.25	-	-	29	-1	30.5	30	89.15	29.5	12.6	7.087	0.0871	1.10
		0.5	-	-	29	-1	30.5	30	89.15	29.5	12.6	5.012	0.0616	1.10
	14.01	1	-	-	28	-1	30.5	29	86.18	28.5	12.7	3.566	0.0438	1.06
	14.02	2	-	-	28	-1	30.5	29	86.18	28.5	12.7	2.522	0.0310	1.06
	14.04	2	-	-	40	-1	30.5	41	121.84	40.5	10.8	2.322	0.0285	1.50
	14.09	5	-	-	30	-1	30.5	31	92.12	30.5	12.4	1.575	0.0193	1.13
	14.14	10	-	-	27	-1	30.5	28	83.21	27.5	12.9	1.135	0.0139	1.02
	14.24	20	-	-	24	-1	30.5	25	74.29	24.5	13.4	0.817	0.0100	0.91
	14.44	40	-	-	22	-1	30.5	23	68.35	22.5	13.7	0.585	0.0072	0.84

ตารางที่ ผ.ก. 20 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 2 ด้วยน้ำสะอาด (ต่อ)

Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp c	R - Rw	N=K1(R-Rw)	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	D=K2(Zr/t)0.5	N'
	15.04	60	-	-	20.5	-1	30.5	21.5	63.89	21	13.9	0.482	0.0059	0.78
	15.24	80	-	-	20	-1	30.5	21	62.40	20.5	14.0	0.418	0.0051	0.77
	17.04	180	-	-	17.5	-1	30.5	18.5	54.98	18	14.4	0.283	0.0035	0.68
	18.04	240	-	-	17	-1	30.5	18	53.49	17.5	14.5	0.246	0.0030	0.66
	21.04	420	-	-	16	-1	30.5	17	50.52	16.5	14.7	0.187	0.0023	0.62
17/3/2005	13.34	1410	-	-	12	-1	30.5	13	38.63	12.5	15.3	0.104	0.0013	0.47
18/3/2005	13.34	2850	-	-	11.5	-1	30.5	12.5	37.15	12	15.4	0.073	0.0009	0.46
19/3/2005	13.34	4290	-	-	10	-1	30.5	11	32.69	10.5	15.6	0.060	0.0007	0.40
20/3/2005	13.34	5730	-	-	10	-1	30.5	11	32.69	10.5	15.6	0.052	0.0006	0.40

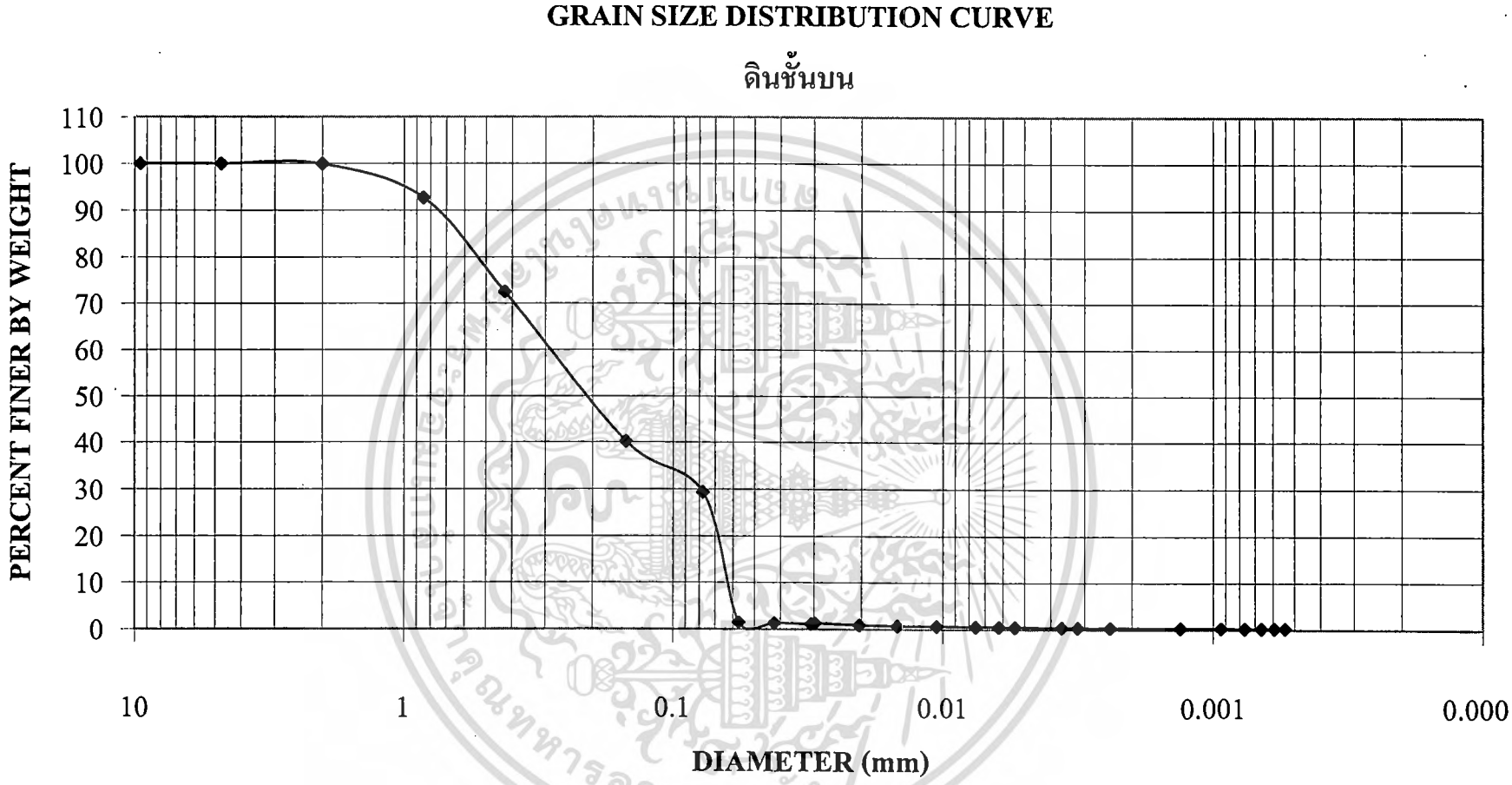
ตารางที่ ผ.ก.21 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 2 ด้วยน้ำหลาก

Depth	1 - 2 m.	Gs =	2.61
Hydrometer No.	469	Gt =	0.99555
Dispersing Agent	สารละลาย 4% ของ Sodium Hexametaphosphate	Pwc =	0.99555
Amount	125 g	Ws =	54.38
Meniscus corection x 1000 = 0.5		u =	7.915
Fraction Finer No.200 Sie.= 0.0893		Pw =	0.99555
K2 = 0.01225		K1 =	2.968

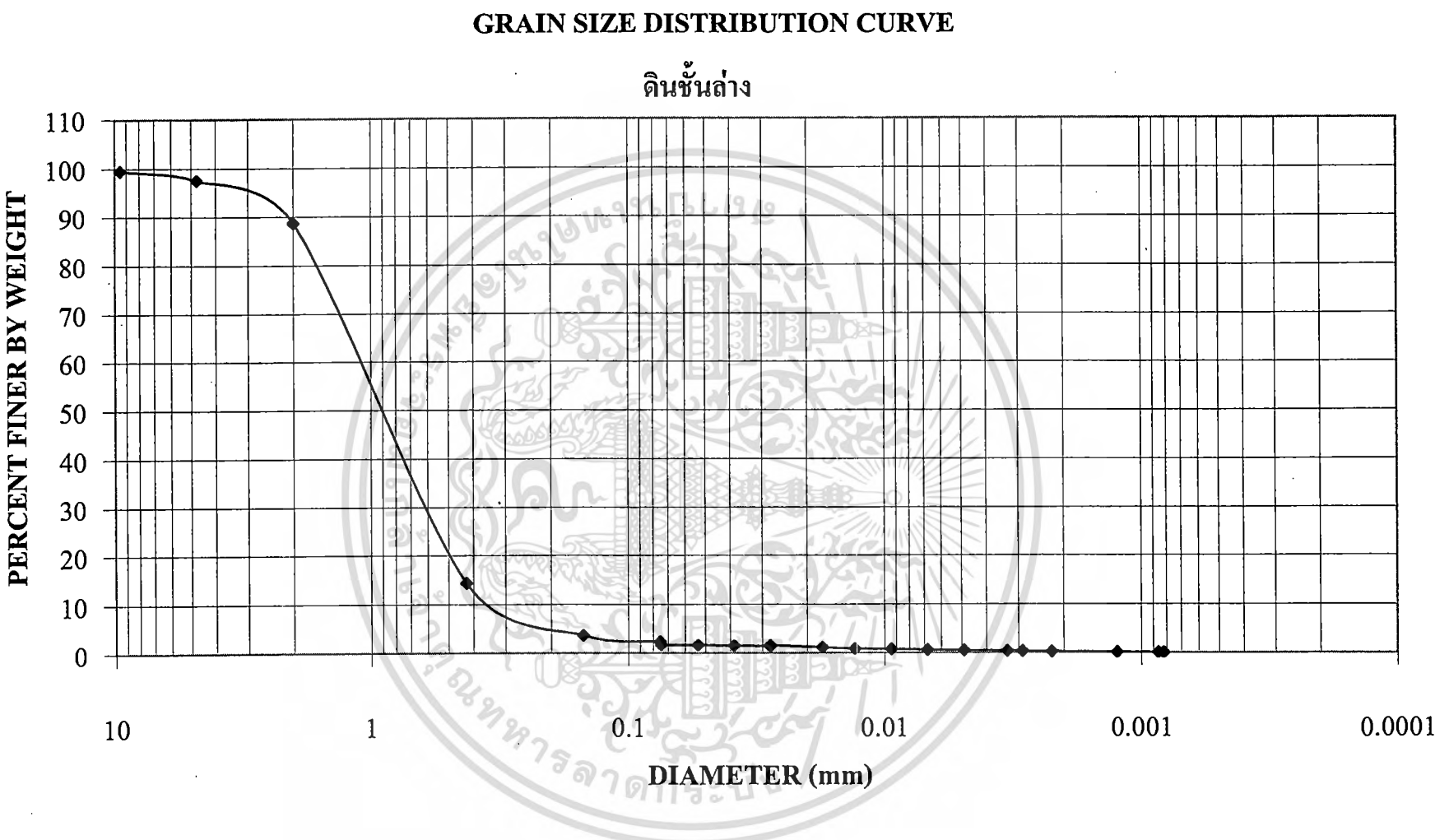
Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp c	R - Rw	N=K_1(R-Rw)	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	D=K_2(Zr/t)0.5	N'
16/3/2005	14.00	0												
		0.25	-	-	24	-1	30.5	25	74.20	24.5	13.5	7.344	0.0899	0.91
		0.5	-	-	23	-1	30.5	24	71.23	23.5	13.6	5.224	0.0640	0.87
	14.01	1	-	-	23	-1	30.5	24	71.23	23.5	13.6	3.694	0.0452	0.87
	14.02	2	-	-	23	-1	30.5	24	71.23	23.5	13.6	2.612	0.0320	0.87
	14.04	2	-	-	33	-1	30.5	34	100.91	33.5	12.0	2.450	0.0300	1.24
	14.09	5	-	-	26	-1	30.5	27	80.13	26.5	13.2	1.622	0.0199	0.98
	14.14	10	-	-	23	-1	30.5	24	71.23	23.5	13.6	1.168	0.0143	0.87
	14.24	20	-	-	20	-1	30.5	21	62.32	20.5	14.1	0.841	0.0103	0.76
	14.44	40	-	-	18	-1	30.5	19	56.39	18.5	14.5	0.601	0.0074	0.69

ตารางที่ ผ.ก.21 แสดงการหาขนาดเม็ดดินโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ของดินก้นหลุม หลังการทดลอง Infiltrometer หลุมที่ 2 ด้วยน้ำหลาก (ต่อ)

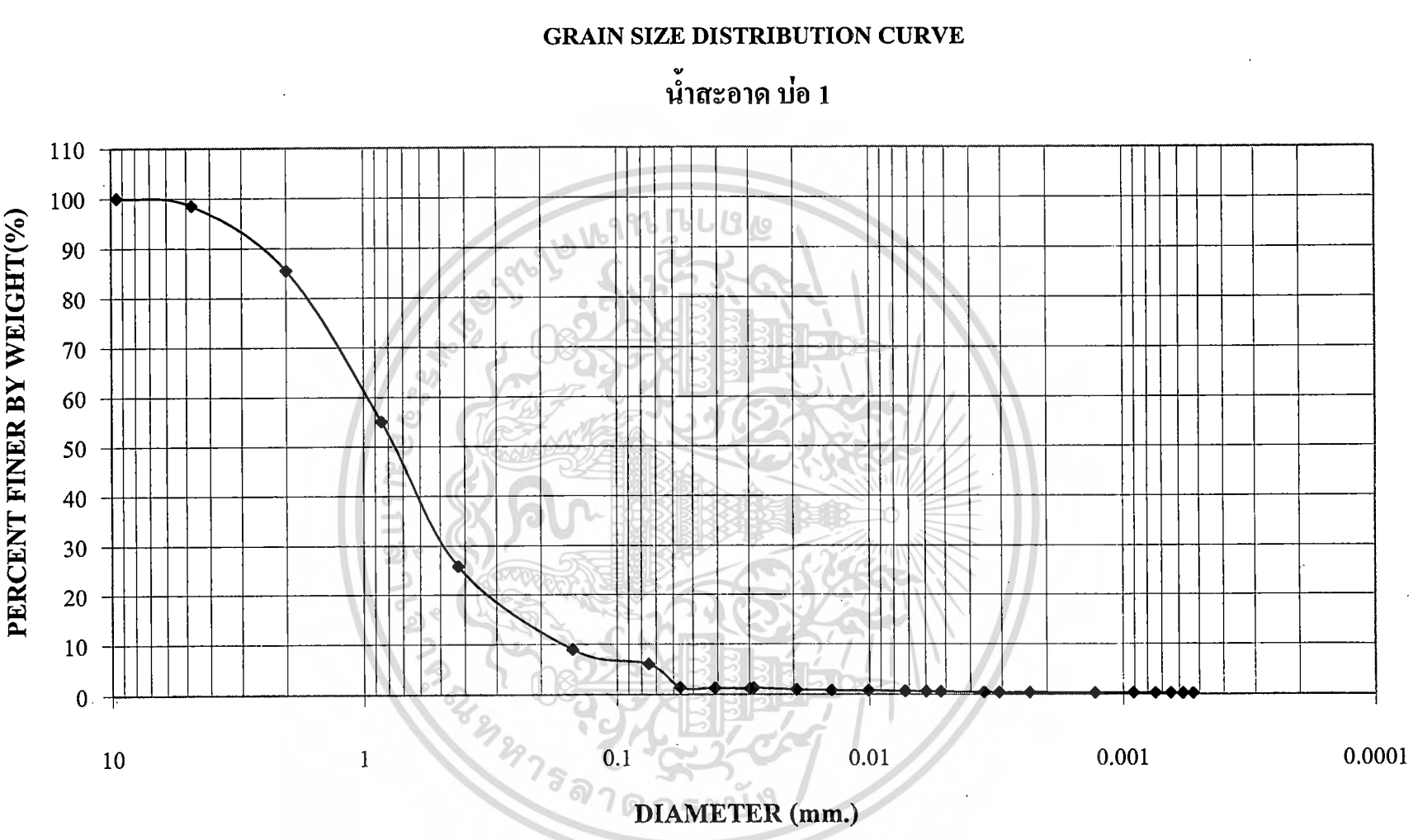
Date	Time	Elapsed Time ,t	r	rw	R =1000(r-1)	Rw =1000(rw-1)	Temp c	R - Rw	$N=K_1(R-Rw)$	Rc	Zr	(Zr / t)0.5	$D=K_2(Zr/t)0.5$	N'
	15.04	60	-	-	17	-1	30.5	18	53.42	17.5	14.6	0.494	0.0060	0.65
	15.24	80	-	-	16	-1	30.5	17	50.45	16.5	14.8	0.430	0.0053	0.62
	17.04	180	-	-	14	-1	30.5	15	44.52	14.5	15.1	0.290	0.0035	0.55
	18.04	240	-	-	13.5	-1	30.5	14.5	43.03	14	15.2	0.252	0.0031	0.53
	21.04	420	-	-	12	-1	30.5	13	38.58	12.5	15.5	0.192	0.0023	0.47
17/3/2005	13.34	1410	-	-	9	-1	30.5	10	29.68	9.5	15.9	0.106	0.0013	0.36
18/3/2005	13.34	2850	-	-	9	-1	30.5	10	29.68	9.5	15.9	0.075	0.0009	0.36
19/3/2005	13.34	4290	-	-	9	-1	30.5	10	29.68	9.5	15.9	0.061	0.0007	0.36



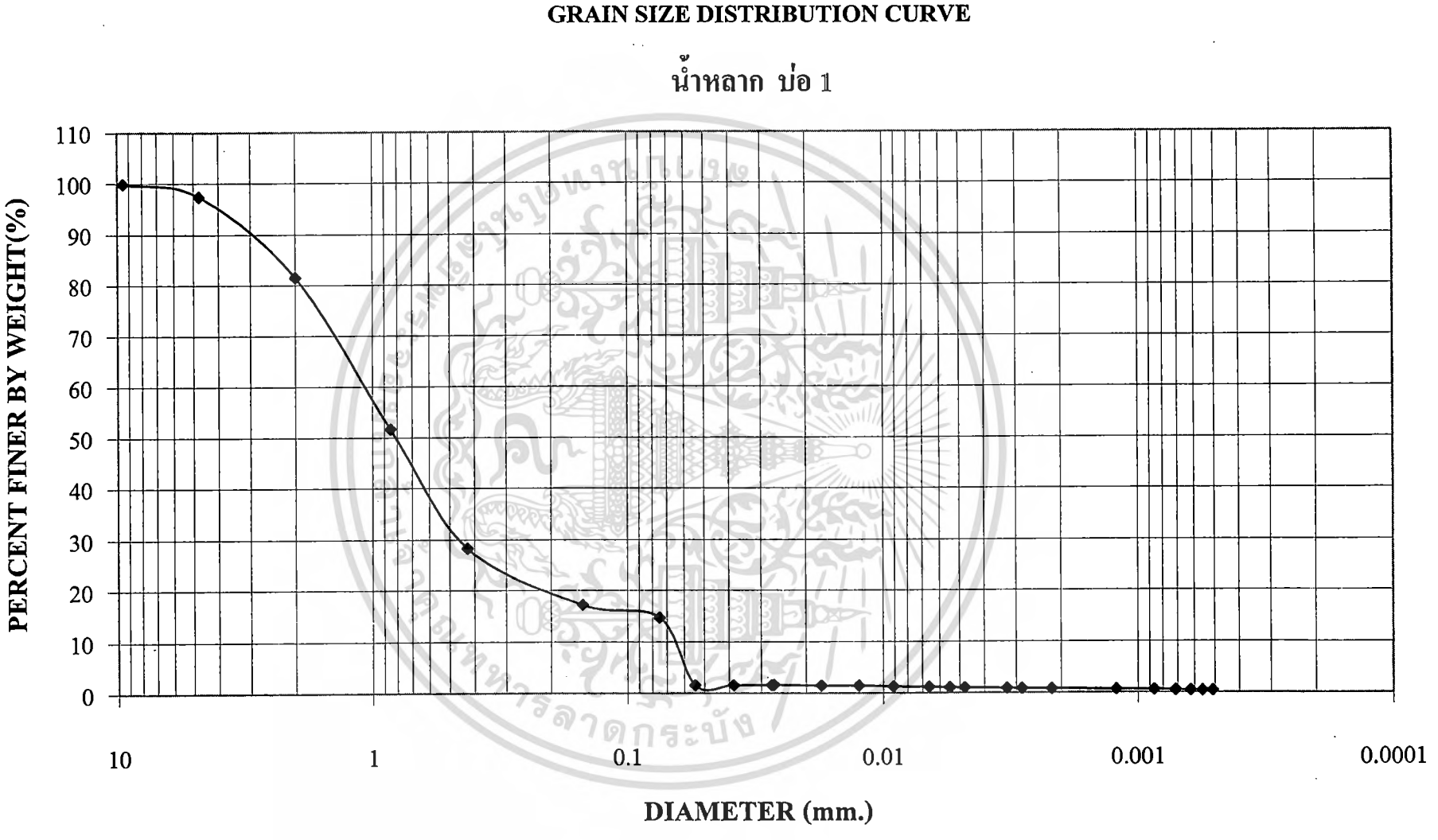
รูปที่ ผ.ก.4 แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินชั้นบน



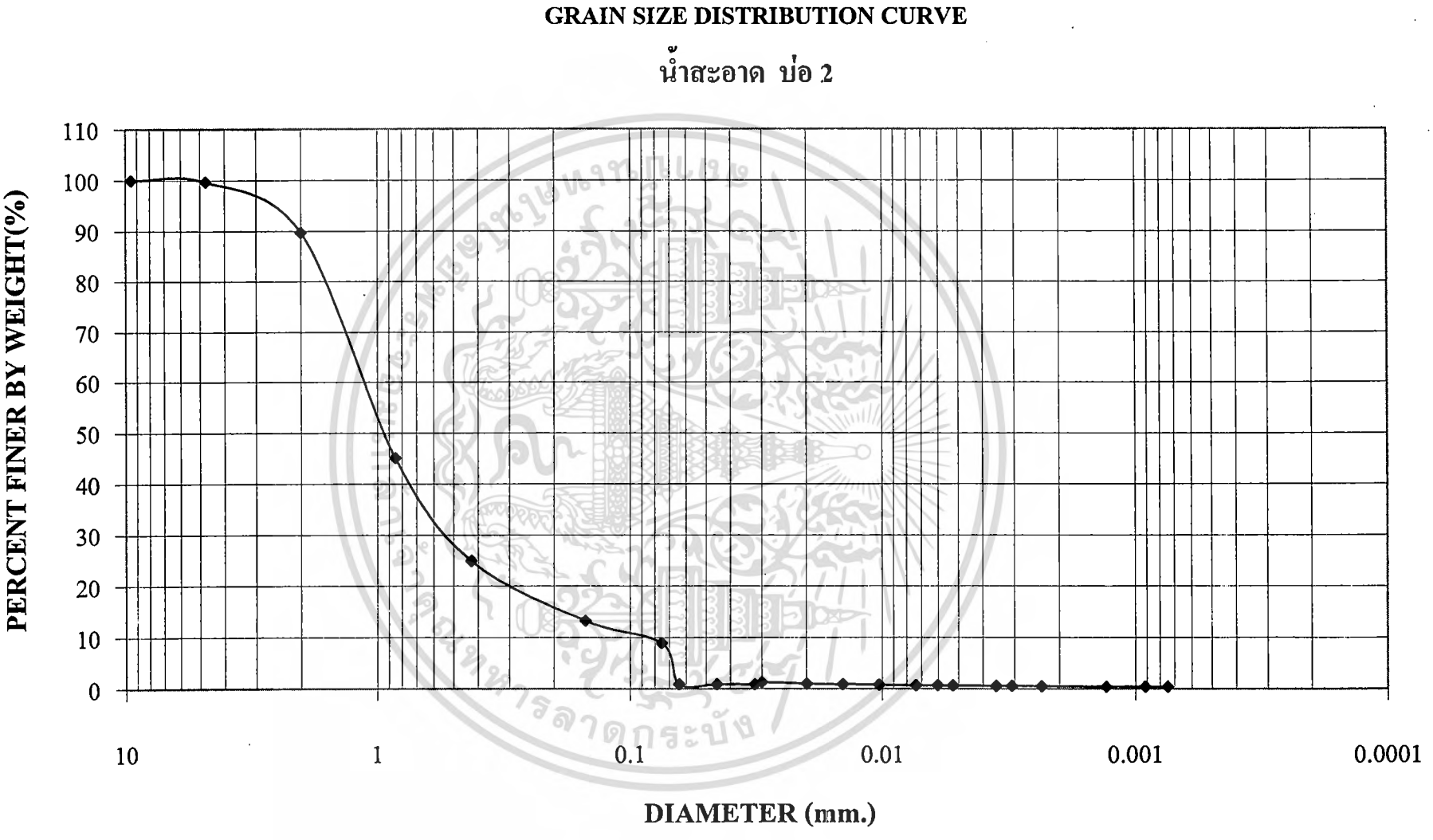
รูปที่ ผ.ก.5 แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินชั้นล่าง



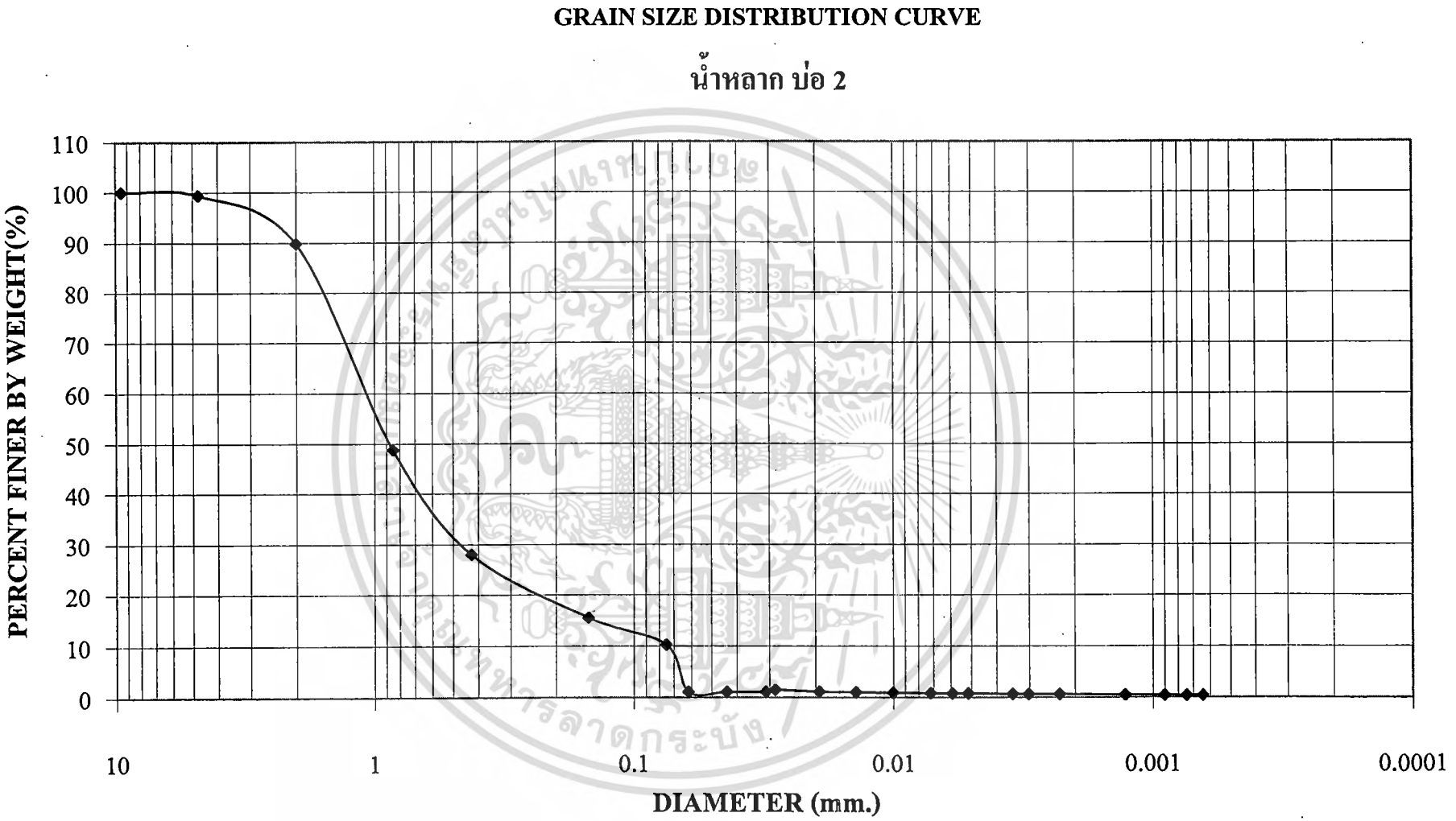
รูปที่ ผ.ก.6 แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินก้นบ่อหลังการทดลอง Infiltrometer ด้วยน้ำสะอาด บ่อที่ 1



รูปที่ ผ.ก.7 แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินก้นบ่อหลังการทดลอง Infiltrometer ด้วยน้ำหลาก บ่อที่ 1



รูปที่ ผ.ก.8 แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินก้นบ่อหลังการทดลอง Infiltrometer ด้วยน้ำหลาก บ่อที่ 1



รูปที่ ผ.ก.9 แสดงกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินของดินก้นบ่อหลังการทดลอง Infiltrometer ด้วยน้ำหลาก บ่อที่ 2

ตารางที่ ผ.ก.22 แสดงผลการทดสอบ Permeability ของดินชั้นบน

SOIL DESCRIPTION : ดินชั้นบน

DATE : 16 / 10 /2547

SOIL SAMPLE DATA

DIEMETER ,cm	7.61	INITIAL WT. OF SOIL + PAN ,g	2367.42
AREA ,cm^2	45.50	FINAL WT. OF SOIL + PAN ,g	1327.43
HEIGHT ,cm	12.94	WT. OF SAMPLE IN CELL ,g	1039.99
VOLUME ,cm^3	588.80	WET UNIT WEIGHT ,g/cm^2	1.77
% WATER CONTENT	2.57	DRY UNIT WEIGHT ,g/cm^3	1.72
MANOMETER DISTANCE(L) , cm		7.5	

CONSTANT HEAD TEST DATA

TEST NO.	H1 (cm)	H2 (cm)	H2-H1(cm)	Q (cm3)	t (s)	A (cm^2)	K (cm/s)
1	23.5	99	75.5	66	30	45.50	0.0048029
2	23.5	98.5	75	70	45	45.50	0.0034186
3	23.7	98.5	74.8	83	45	45.50	0.0040644
4	23.7	98.5	74.8	100	60	45.50	0.0036726
					AVERANGE K		**0.0039896**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.23 แสดงผลการทดสอบ Permeability ของดินชั้นล่าง

SOIL DESCRIPTION : ดินชั้นล่าง

DATE : 16 / 10 /2547

SOIL SAMPLE DATA

DIEMETER ,cm	7.61	INITIAL WT. OF SOIL + PAN ,g	1441.03
AREA ,cm^2	45.50	FINAL WT. OF SOIL + PAN ,g	427.13
HEIGHT ,cm	12.5	WT. OF SAMPLE IN CELL ,g	1013.9
VOLUME ,cm^3	568.78	WET UNIT WEIGHT ,g/cm^2	1.78
% WATER CONTENT	14.09	DRY UNIT WEIGHT ,g/cm^3	1.53
MANOMETER DISTANCE(L) , cm		7.5	

CONSTANT HEAD TEST DATA

TEST NO.	H1 (cm)	H2 (cm)	H2-H1(cm)	Q (cm3)	t (s)	A (cm^2)	K (cm/s)
1	80.5	94.5	14	194	30	45.50	0.0761342
2	81	95	14	210	40	45.50	0.061810
3	81	95	14	234	45	45.50	0.0612213
-	-	-	-	-	-	-	-
					AVERANGE K		**0.0663885**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกผลการทดสอบ Infiltrometer และ ตารางบันทึกผลการทดสอบ Basin Test และตารางบันทึกผลการหาค่าพิกัดบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด

Date .....14 / 12 / 2004.....

Area of inner ring .....415.48..... $cm.^2$

Area of outter ring .....548.21..... cm^2.

Depth of tank .....47..... cm.

Liquid used .....ประปา.....

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
start	0:00:00	0	0	0	0.00000	119.20	-	-	-	-
1	0:00:30	0.5	0.5	0.5	0.00035	122.10	29.00	83520.000	83520.000	368
2	0:01:00	0.5	1	1	0.00069	125.20	60.00	86400.000	169920.000	339
3	0:01:30	0.5	1.5	1.5	0.00104	128.00	88.00	84480.000	254400.000	308
4	0:02:00	0.5	2	2	0.00139	131.70	125.00	90000.000	344400.000	280
5	0:02:30	0.5	2.5	2.5	0.00174	133.50	143.00	82368.000	426768.000	243
6	0:03:00	0.5	3	3	0.00208	135.20	160.00	76800.000	503568.000	225
7	0:03:30	0.5	3.5	3.5	0.00243	137.05	178.50	73440.000	577008.000	208
8	0:04:00	0.5	4	4	0.00278	139.15	199.50	71820.000	648828.000	189.5
9	0:04:30	0.5	4.5	4.5	0.00313	141.25	220.50	70560.000	719388.000	168.5

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
10	0:05:00	0.5	5	5	0.00347	143.65	244.50	70416.000	789804.000	147.5
11	0:05:30	0.5	5.5	5.5	0.00382	145.90	267.00	69905.455	859709.455	123.5
12	0:06:00	0.5	6	6	0.00417	146.30	271.00	65040.000	924749.455	101
13	0:06:30	0.5	6.5	6.5	0.00451	147.30	281.00	62252.308	987001.762	97
14	0:07:00	0.5	7	7	0.00486	149.40	302.00	62125.714	1049127.477	87
15	0:07:30	0.5	7.5	7.5	0.00521	150.00	308.00	59136.000	1108263.477	66
16	0:08:00	0.5	8	0	0.00000	114.60	-	-	-	-
17	0:09:00	1	9	1	0.00069	120.10	55.00	79200.000	79200.000	414
18	0:09:30	0.5	9.5	1.5	0.00104	122.55	79.50	76320.000	155520.000	359
19	0:10:00	0.5	10	2	0.00139	125.15	105.50	75960.000	231480.000	334.5
20	0:10:30	0.5	10.5	2.5	0.00174	127.50	129.00	74304.000	305784.000	308.5
21	0:11:00	0.5	11	3	0.00208	129.65	150.50	72240.000	378024.000	285
22	0:11:30	0.5	11.5	3.5	0.00243	131.75	171.50	70560.000	448584.000	263.5
23	0:12:00	0.5	12	4	0.00278	133.80	192.00	69120.000	517704.000	242.5
24	0:12:30	0.5	12.5	4.5	0.00313	135.70	211.00	67520.000	585224.000	222

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
25	0:13:00	0.5	13	5	0.00347	137.65	230.50	66384.000	651608.000	203
26	0:13:30	0.5	13.5	5.5	0.00382	139.30	247.00	64669.091	716277.091	183.5
27	0:14:00	0.5	14	6	0.00417	141.15	265.50	63720.000	779997.091	167
28	0:14:30	0.5	14.5	6.5	0.00451	142.70	281.00	62252.308	842249.399	148.5
29	0:15:00	0.5	15	7	0.00486	144.10	295.00	60685.714	902935.113	133
30	0:15:30	0.5	15.5	7.5	0.00521	145.60	310.00	59520.000	962455.113	119
31	0:16:00	0.5	16	8	0.00556	146.90	323.00	58140.000	1020595.113	104
32	0:16:30	0.5	16.5	8.5	0.00590	148.40	338.00	57261.176	1077856.289	91
33	0:17:00	0.5	17	9	0.00625	149.80	352.00	56320.000	1134176.289	76
34	0:17:30	0.5	17.5	0	0.00000	115.90	-	-	-	-
35	0:18:00	0.5	18	0.5	0.00035	119.15	32.50	93600.000	93600.000	401
36	0:18:30	0.5	18.5	1	0.00069	121.85	59.50	85680.000	179280.000	368.5
37	0:19:00	0.5	19	1.5	0.00104	124.60	87.00	83520.000	262800.000	341.5
38	0:19:30	0.5	19.5	2	0.00139	127.20	113.00	81360.000	344160.000	314
39	0:20:00	0.5	20	2.5	0.00174	129.65	137.50	79200.000	423360.000	288

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
40	0:20:30	0.5	20.5	3	0.00208	131.85	159.50	76560.000	499920.000	263.5
41	0:21:00	0.5	21	3.5	0.00243	133.95	180.50	74262.857	574182.857	241.5
42	0:21:30	0.5	21.5	4	0.00278	135.80	199.00	71640.000	645822.857	220.5
43	0:22:00	0.5	22	4.5	0.00313	137.90	220.00	70400.000	716222.857	202
44	0:22:30	0.5	22.5	5	0.00347	139.65	237.50	68400.000	784622.857	181
45	0:23:00	0.5	23	5.5	0.00382	141.30	254.00	66501.818	851124.675	163.5
46	0:23:30	0.5	23.5	6	0.00417	143.00	271.00	65040.000	916164.675	147
47	0:24:00	0.5	24	6.5	0.00451	144.40	285.00	63138.462	979303.137	130
48	0:24:30	0.5	24.5	7	0.00486	145.90	300.00	61714.286	1041017.423	116
49	0:25:00	0.5	25	7.5	0.00521	147.50	316.00	60672.000	1101689.423	101
50	0:25:30	0.5	25.5	8	0.00556	148.80	329.00	59220.000	1160909.423	85
51	0:26:00	0.5	26	8.5	0.00590	149.90	340.00	57600.000	1218509.423	72
52	0:26:30	0.5	26.5	0	0.00000	117.75	-	-	-	-
53	0:27:00	0.5	27	0.5	0.00035	120.50	27.50	79200.000	79200.000	382.5
54	0:27:30	0.5	27.5	1	0.00069	123.00	52.50	75600.000	154800.000	355

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
55	0:28:00	0.5	28	1.5	0.00104	125.45	77.00	73920.000	228720.000	330
56	0:28:30	0.5	28.5	2	0.00139	127.70	99.50	71640.000	300360.000	305.5
57	0:29:00	0.5	29	2.5	0.00174	129.80	120.50	69408.000	369768.000	283
58	0:29:30	0.5	29.5	3	0.00208	131.75	140.00	67200.000	436968.000	262
59	0:30:00	0.5	30	3.5	0.00243	133.70	159.50	65622.857	502590.857	242.5
60	0:30:30	0.5	30.5	4	0.00278	135.50	177.50	63900.000	566490.857	223
61	0:31:00	0.5	31	4.5	0.00313	137.15	194.00	62080.000	628570.857	205
62	0:31:30	0.5	31.5	5	0.00347	138.70	209.50	60336.000	688906.857	188.5
63	0:32:00	0.5	32	5.5	0.00382	140.30	225.50	59040.000	747946.857	173
64	0:32:30	0.5	32.5	6	0.00417	141.80	240.50	57720.000	805666.857	157
65	0:33:00	0.5	33	6.5	0.00451	143.15	254.00	56270.769	861937.626	142
66	0:33:30	0.5	33.5	7	0.00486	144.65	269.00	55337.143	917274.769	128.5
67	0:34:00	0.5	34	7.5	0.00521	145.90	281.50	54048.000	971322.769	113.5
68	0:34:30	0.5	34.5	8	0.00556	147.10	293.50	52830.000	1024152.769	101
69	0:35:00	0.5	35	8.5	0.00590	148.40	306.50	51924.706	1076077.475	89

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
70	0:35:30	0.5	35.5	9	0.00625	149.80	320.50	51280.000	1127357.475	76
71	0:36:00	0.5	36	0	0.00000	116.65	-	-	-	-
72	0:36:30	0.5	36.5	0.5	0.00035	118.75	21.00	60480.000	60480.000	393.5
73	0:37:00	0.5	37	1	0.00069	121.05	44.00	63360.000	123840.000	372.5
74	0:37:30	0.5	37.5	1.5	0.00104	123.20	65.50	62880.000	186720.000	349.5
75	0:38:00	0.5	38	2	0.00139	125.35	87.00	62640.000	249360.000	328
76	0:38:30	0.5	38.5	2.5	0.00174	127.25	106.00	61056.000	310416.000	306.5
77	0:39:00	0.5	39	3	0.00208	129.10	124.50	59760.000	370176.000	287.5
78	0:39:30	0.5	39.5	3.5	0.00243	130.75	141.00	58011.429	428187.429	269
79	0:40:00	0.5	40	4	0.00278	132.40	157.50	56700.000	484887.429	252.5
80	0:40:30	0.5	40.5	4.5	0.00313	134.25	176.00	56320.000	541207.429	236
81	0:41:00	0.5	41	5	0.00347	135.65	190.00	54720.000	595927.429	217.5
82	0:41:30	0.5	41.5	5.5	0.00382	137.15	205.00	53672.727	649600.156	203.5
83	0:42:00	0.5	42	6	0.00417	138.60	219.50	52680.000	702280.156	188.5
84	0:42:30	0.5	42.5	6.5	0.00451	140.00	233.50	51729.231	754009.387	174

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
85	0:43:00	0.5	43	7	0.00486	141.25	246.00	50605.714	804615.101	160
86	0:43:30	0.5	43.5	7.5	0.00521	142.65	260.00	49920.000	854535.101	147.5
87	0:44:00	0.5	44	8	0.00556	143.80	271.50	48870.000	903405.101	133.5
88	0:44:30	0.5	44.5	8.5	0.00590	145.00	283.50	48028.235	951433.336	122
89	0:45:00	0.5	45	9	0.00625	146.60	299.50	47920.000	999353.336	110
90	0:45:30	0.5	45.5	9.5	0.00660	147.30	306.50	46458.947	1045812.284	94
91	0:46:00	0.5	46	10	0.00694	148.50	318.50	45864.000	1091676.284	87
92	0:46:30	0.5	46.5	10.5	0.00729	149.40	327.50	44914.286	1136590.569	75
93	0:47:30	1	47.5	0	0.00000	115.40	-	-	-	-
94	0:48:30	1	48.5	1	0.00069	119.45	40.50	58320.000	58320.000	406
95	0:49:30	1	49.5	2	0.00139	123.50	81.00	58320.000	116640.000	365.5
96	0:50:30	1	50.5	3	0.00208	126.70	113.00	54240.000	170880.000	325
97	0:51:30	1	51.5	4	0.00278	130.10	147.00	52920.000	223800.000	293
98	0:52:30	1	52.5	5	0.00347	133.20	178.00	51264.000	275064.000	259
99	0:53:30	1	53.5	6	0.00417	136.10	207.00	49680.000	324744.000	228

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
100	0:54:30	1	54.5	7	0.00486	138.75	233.50	48034.286	372778.286	199
101	0:55:30	1	55.5	8	0.00556	141.20	258.00	46440.000	419218.286	172.5
102	0:56:30	1	56.5	9	0.00625	143.70	283.00	45280.000	464498.286	148
103	0:57:30	1	57.5	10	0.00694	145.70	303.00	43632.000	508130.286	123
104	0:58:30	1	58.5	11	0.00764	148.00	326.00	42676.364	550806.649	103
105	0:59:30	1	59.5	12	0.00833	149.90	345.00	41400.000	592206.649	80
106	1:00:30	1	60.5	0	0.00000	118.80	-	-	-	-
107	1:01:30	1	61.5	1	0.00069	122.30	35.00	50400.000	50400.000	372
108	1:02:30	1	62.5	2	0.00139	125.00	62.00	44640.000	95040.000	337
109	1:03:30	1	63.5	3	0.00208	127.25	84.50	40560.000	90960.000	310
110	1:04:30	1	64.5	4	0.00278	128.85	100.50	36180.000	131220.000	287.5
111	1:05:30	1	65.5	5	0.00347	130.30	115.00	33120.000	124080.000	271.5
112	1:06:30	1	66.5	6	0.00417	131.55	127.50	30600.000	161820.000	257
113	1:07:30	1	67.5	7	0.00486	132.80	140.00	28800.000	152880.000	244.5
114	1:08:30	1	68.5	8	0.00556	133.70	149.00	26820.000	188640.000	232

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
115	1:09:30	1	69.5	9	0.00625	134.85	160.50	25680.000	178560.000	223
116	1:10:30	1	70.5	10	0.00694	135.80	170.00	24480.000	213120.000	211.5
117	1:11:30	1	71.5	11	0.00764	136.85	180.50	23629.091	202189.091	202
118	1:12:30	1	72.5	12	0.00833	137.60	188.00	22560.000	235680.000	191.5
119	1:13:30	1	73.5	13	0.00903	138.40	196.00	21710.769	223899.860	184
120	1:14:30	1	74.5	14	0.00972	139.10	203.00	20880.000	256560.000	176
121	1:15:30	1	75.5	15	0.01042	139.70	209.00	20064.000	243963.860	169
122	1:16:30	1	76.5	16	0.01111	140.15	213.50	19215.000	275775.000	163
123	1:17:30	1	77.5	17	0.01181	140.65	218.50	18508.235	262472.095	158.5
124	1:18:30	1	78.5	18	0.01250	141.50	227.00	18160.000	293935.000	153.5
125	1:19:30	1	79.5	19	0.01319	141.80	230.00	17431.579	279903.674	145
126	1:20:30	1	80.5	20	0.01389	142.20	234.00	16848.000	310783.000	142
127	1:21:30	1	81.5	21	0.01458	142.60	238.00	16320.000	296223.674	138
128	1:22:30	1	82.5	22	0.01528	143.05	242.50	15872.727	326655.727	134
129	1:23:30	1	83.5	0	0.00000	143.80	-	-	-	-

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
130	1:24:30	1	84.5	1	0.00069	144.00	2.00	2880.000	329535.727	122
131	1:25:30	1	85.5	2	0.00139	144.50	7.00	5040.000	5040.000	120
132	1:26:30	1	86.5	3	0.00208	144.90	11.00	5280.000	334815.727	115
133	1:27:30	1	87.5	4	0.00278	145.20	14.00	5040.000	10080.000	111
134	1:28:30	1	88.5	5	0.00347	145.55	17.50	5040.000	339855.727	108
135	1:29:30	1	89.5	6	0.00417	146.00	22.00	5280.000	15360.000	104.5
136	1:30:30	1	90.5	7	0.00486	146.30	25.00	5142.857	344998.584	100
137	1:31:30	1	91.5	8	0.00556	146.60	28.00	5040.000	20400.000	97
138	1:32:30	1	92.5	9	0.00625	146.80	30.00	4800.000	349798.584	94
139	1:33:30	1	93.5	10	0.00694	147.10	33.00	4752.000	25152.000	92
140	1:34:30	1	94.5	11	0.00764	147.40	36.00	4712.727	354511.312	89
141	1:35:30	1	95.5	12	0.00833	147.80	40.00	4800.000	29952.000	86
142	1:36:30	1	96.5	13	0.00903	148.10	43.00	4763.077	359274.389	82
143	1:37:30	1	97.5	14	0.00972	148.40	46.00	4731.429	34683.429	79
144	1:38:30	1	98.5	15	0.01042	148.60	48.00	4608.000	363882.389	76

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
145	1:39:30	1	99.5	16	0.01111	149.00	52.00	4680.000	39363.429	74
146	1:40:30	1	100.5	17	0.01181	149.30	55.00	4658.824	368541.212	70
147	1:41:30	1	101.5	18	0.01250	149.60	58.00	4640.000	44003.429	67
148	1:42:30	1	102.5	19	0.01319	149.90	61.00	4623.158	373164.370	64
149	1:43:30	1	103.5	0	0.00000	118.15	-	-	-	-
150	1:44:30	1	104.5	1	0.00069	120.90	27.50	39600.000	412764.370	378.5
151	1:45:30	1	105.5	2	0.00139	123.65	55.00	39600.000	39600.000	351
152	1:46:30	1	106.5	3	0.00208	126.15	80.00	38400.000	451164.370	323.5
153	1:47:30	1	107.5	4	0.00278	128.35	102.00	36720.000	76320.000	298.5
154	1:48:30	1	108.5	5	0.00347	130.65	125.00	36000.000	487164.370	276.5
155	1:49:30	1	109.5	6	0.00417	132.45	143.00	34320.000	110640.000	253.5
156	1:50:30	1	110.5	7	0.00486	134.40	162.50	33428.571	520592.941	235.5
157	1:51:30	1	111.5	8	0.00556	136.30	181.50	32670.000	143310.000	216
158	1:52:30	1	112.5	9	0.00625	138.14	199.90	31984.000	552576.941	197
159	1:53:30	1	113.5	10	0.00694	139.90	217.50	31320.000	174630.000	178.6

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
160	1:54:30	1	114.5	11	0.00764	141.65	235.00	30763.636	583340.578	161
161	1:55:30	1	115.5	12	0.00833	143.30	251.50	30180.000	204810.000	143.5
162	1:56:30	1	116.5	13	0.00903	145.00	268.50	29741.538	613082.116	127
163	1:57:30	1	117.5	14	0.00972	146.50	283.50	29160.000	233970.000	110
164	1:58:30	1	118.5	15	0.01042	147.90	297.50	28560.000	641642.116	95
165	1:59:30	1	119.5	16	0.01111	149.10	309.50	27855.000	261825.000	81
166	2:00:30	1	120.5	0	0.00000	120.30	-	-	-	-
167	2:01:30	1	121.5	1	0.00069	121.25	9.50	13680.000	275505.000	357
168	2:02:30	1	122.5	2	0.00139	122.50	22.00	15840.000	15840.000	347.5
169	2:03:30	1	123.5	3	0.00208	123.35	30.50	14640.000	290145.000	335
170	2:04:30	1	124.5	4	0.00278	124.60	43.00	15480.000	31320.000	326.5
171	2:05:30	1	125.5	5	0.00347	125.70	54.00	15552.000	305697.000	314
172	2:06:30	1	126.5	6	0.00417	126.65	63.50	15240.000	46560.000	303
173	2:07:30	1	127.5	7	0.00486	127.90	76.00	15634.286	321331.286	293.5
174	2:08:30	1	128.5	8	0.00556	128.50	82.00	14760.000	61320.000	281

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
175	2:09:30	1	129.5	9	0.00625	129.20	89.00	14240.000	335571.286	275
176	2:10:30	1	130.5	10	0.00694	130.10	98.00	14112.000	75432.000	268
177	2:11:30	1	131.5	11	0.00764	130.80	105.00	13745.455	349316.740	259
178	2:12:30	1	132.5	12	0.00833	131.50	112.00	13440.000	88872.000	252
179	2:13:30	1	133.5	13	0.00903	132.00	117.00	12960.000	362276.740	245
180	2:14:30	1	134.5	14	0.00972	132.75	124.50	12805.714	101677.714	240
181	2:15:30	1	135.5	15	0.01042	133.60	133.00	12768.000	375044.740	232.5
182	2:16:30	1	136.5	16	0.01111	134.60	143.00	12870.000	114547.714	224
183	2:17:30	1	137.5	17	0.01181	135.35	150.50	12748.235	387792.976	214
184	2:18:30	1	138.5	18	0.01250	136.10	158.00	12640.000	127187.714	206.5
185	2:19:30	1	139.5	19	0.01319	137.00	167.00	12656.842	400449.818	199
186	2:20:30	1	140.5	20	0.01389	137.70	174.00	12528.000	139715.714	190
187	2:21:30	1	141.5	21	0.01458	138.30	180.00	12342.857	412792.675	183
188	2:22:30	1	142.5	22	0.01528	139.10	188.00	12305.455	152021.169	177
189	2:23:30	1	143.5	23	0.01597	140.00	197.00	12333.913	425126.588	169

ตารางที่ ผ.ข.1 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	Infiltration Rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
190	2:24:30	1	144.5	24	0.01667	141.20	209.00	12540.000	164561.169	160
191	2:25:30	1	145.5	25	0.01736	142.10	218.00	12556.800	437683.388	148
192	2:26:30	1	146.5	26	0.01806	143.30	230.00	12738.462	177299.630	139
193	2:27:30	1	147.5	27	0.01875	144.50	242.00	12906.667	450590.055	127
194	2:28:30	1	148.5	28	0.01944	145.60	253.00	13011.429	190311.059	115
195	2:29:30	1	149.5	29	0.02014	146.90	266.00	13208.276	463798.330	104

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก

Date .....14 / 12 / 2004.....

Area of inner ring .....415.48..... $cm.^2$

Area of outter ring .....548.21..... $cm^{2.}$

Depth of tank .....47..... cm.

Liquid used .....ประปา.....

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
start	0:00:00	-	0	0	0.00000	119.5	-	-	-	-
1	0:00:30	0.5	0.5	0.5	0.00035	121.3	18	51840.000	51840.000	347
2	0:01:00	0.5	1	1	0.00069	123.05	35.5	51120.000	102960.000	329.5
3	0:01:30	0.5	1.5	1.5	0.00104	124.65	51.5	49440.000	152400.000	313.5
4	0:02:00	0.5	2	2	0.00139	126.3	68	48960.000	201360.000	297
5	0:02:30	0.5	2.5	2.5	0.00174	128.05	85.5	49248.000	250608.000	279.5
6	0:03:00	0.5	3	3	0.00208	129.45	99.5	47760.000	298368.000	265.5
7	0:03:30	0.5	3.5	3.5	0.00243	130.9	114	46902.857	345270.857	251
8	0:04:00	0.5	4	4	0.00278	132.25	127.5	45900.000	391170.857	237.5
9	0:04:30	0.5	4.5	4.5	0.00313	133.8	143	45760.000	436930.857	222

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	Cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
10	0:05:00	0.5	5	5	0.00347	135	155	44640.000	481570.857	210
11	0:05:30	0.5	5.5	5.5	0.00382	136.3	168	43985.455	525556.312	197
12	0:06:00	0.5	6	6	0.00417	137.6	181	43440.000	568996.312	184
13	0:06:30	0.5	6.5	6.5	0.00451	138.75	192.5	42646.154	611642.466	172.5
14	0:07:00	0.5	7	7	0.00486	139.9	204	41965.714	653608.180	161
15	0:07:30	0.5	7.5	7.5	0.00521	141.1	216	41472.000	695080.180	149
16	0:08:00	0.5	8	8	0.00556	142.3	228	41040.000	736120.180	137
17	0:08:30	0.5	8.5	8.5	0.00590	143.3	238	40320.000	776440.180	127
18	0:09:00	0.5	9	0	0.00000	121.75	-	-	-	-
19	0:09:30	0.5	9.5	0.5	0.00035	123.35	16	46080.000	46080.000	326.5
20	0:10:00	0.5	10	1	0.00069	124.95	32	46080.000	92160.000	310.5
21	0:10:30	0.5	10.5	1.5	0.00104	126.5	47.5	45600.000	137760.000	295
22	0:11:00	0.5	11	2	0.00139	128	62.5	45000.000	182760.000	280
23	0:11:30	0.5	11.5	2.5	0.00174	129.4	76.5	44064.000	226824.000	266
24	0:12:00	0.5	12	3	0.00208	130.9	91.5	43920.000	270744.000	251

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
25	0:12:30	0.5	12.5	3.5	0.00243	132.15	104	42788.571	313532.571	238.5
26	0:13:00	0.5	13	4	0.00278	133.50	117.5	42300.000	355832.571	225
27	0:13:30	0.5	13.5	4.5	0.00313	134.75	130	41600.000	397432.571	212.5
28	0:14:00	0.5	14	5	0.00347	136.10	143.5	41328.000	438760.571	199
29	0:14:30	0.5	14.5	5.5	0.00382	137.3	155.5	40712.727	479473.299	187
30	0:15:00	0.5	15	6	0.00417	138.5	167.5	40200.000	519673.299	175
31	0:15:30	0.5	15.5	6.5	0.00451	139.6	178.5	39544.615	559217.914	164
32	0:16:00	0.5	16	7	0.00486	140.9	191.5	39394.286	598612.200	151
33	0:16:30	0.5	16.5	7.5	0.00521	141.9	201.5	38688.000	637300.200	141
34	0:17:00	0.5	17	8	0.00556	143	212.5	38250.000	675550.200	130
35	0:17:30	0.5	17.5	0	0.00000	118.85	-	-	-	-
36	0:18:00	0.5	18	0.5	0.00035	120.65	18	51840.000	51840.000	353.5
37	0:18:30	0.5	18.5	1	0.00069	122.4	35.5	51120.000	102960.000	336
38	0:19:00	0.5	19	1.5	0.00104	124.1	52.5	50400.000	153360.000	319
39	0:19:30	0.5	19.5	2	0.00139	125.7	68.5	49320.000	202680.000	303

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
40	0:20:00	0.5	20	2.5	0.00174	127.2	83.5	48096.000	250776.000	288
41	0:20:30	0.5	20.5	3	0.00208	128.75	99	47520.000	298296.000	272.5
42	0:21:00	0.5	21	3.5	0.00243	130.15	113	46491.429	344787.429	258.5
43	0:21:30	0.5	21.5	4	0.00278	131.5	126.5	45540.000	390327.429	245
44	0:22:00	0.5	22	4.5	0.00313	132.85	140	44800.000	435127.429	231.5
45	0:22:30	0.5	22.5	5	0.00347	134.2	153.5	44208.000	479335.429	218
46	0:23:00	0.5	23	5.5	0.00382	135.5	166.5	43592.727	522928.156	205
47	0:23:30	0.5	23.5	6	0.00417	136.7	178.5	42840.000	565768.156	193
48	0:24:00	0.5	24	6.5	0.00451	137.8	189.5	41981.538	607749.694	182
49	0:24:30	0.5	24.5	7	0.00486	139.1	202.5	41657.143	649406.837	169
50	0:25:00	0.5	25	7.5	0.00521	140.3	214.5	41184.000	690590.837	157
51	0:25:30	0.5	25.5	8	0.00556	141.4	225.5	40590.000	731180.837	146
52	0:26:30	1	26.5	0	0.00000	119.85	-	-	-	-
53	0:27:30	1	27.5	1	0.00069	123.3	34.5	49680.000	49680.000	327
54	0:28:30	1	28.5	2	0.00139	126.5	66.5	47880.000	97560.000	295

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
55	0:29:30	1	29.5	3	0.00208	129.6	97.5	46800.000	144360.000	264
56	0:30:30	1	30.5	4	0.00278	132.5	126.5	45540.000	189900.000	235
57	0:31:30	1	31.5	5	0.00347	135.2	153.5	44208.000	234108.000	208
58	0:32:30	1	32.5	6	0.00417	137.8	179.5	43080.000	277188.000	182
59	0:33:30	1	33.5	7	0.00486	140.1	202.5	41657.143	318845.143	159
60	0:34:30	1	34.5	8	0.00556	142.3	224.5	40410.000	359255.143	137
61	0:35:30	1	35.5	0	0.00000	114.6	-	-	-	-
62	0:36:30	1	36.5	1	0.00069	118.4	38	54720.000	54720.000	376
63	0:37:30	1	37.5	2	0.00139	121.9	73	52560.000	107280.000	341
64	0:38:30	1	38.5	3	0.00208	125.15	105.5	50640.000	157920.000	308.5
65	0:39:30	1	39.5	4	0.00278	128.2	136	48960.000	206880.000	278
66	0:40:30	1	40.5	5	0.00347	130.9	163	46944.000	253824.000	251
67	0:41:30	1	41.5	6	0.00417	133.6	190	45600.000	299424.000	224
68	0:42:30	1	42.5	7	0.00486	136.1	215	44228.571	343652.571	199
69	0:43:30	1	43.5	8	0.00556	138.4	238	42840.000	386492.571	176

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
70	0:44:30	1	44.5	9	0.00625	140.6	260	41600.000	428092.571	154
71	0:45:30	1	45.5	10	0.00694	142.6	280	40320.000	468412.571	134
72	0:46:30	1	46.5	0	0.00000	114.65	-	-	-	-
73	0:47:30	1	47.5	1	0.00069	117.7	30.5	43920.000	43920.000	383
74	0:48:30	1	48.5	2	0.00139	120.55	59	42480.000	86400.000	354.5
75	0:49:30	1	49.5	3	0.00208	123.2	85.5	41040.000	127440.000	328
76	0:50:30	1	50.5	4	0.00278	125.6	109.5	39420.000	166860.000	304
77	0:51:30	1	51.5	5	0.00347	128	133.5	38448.000	205308.000	280
78	0:52:30	1	52.5	6	0.00417	130.2	155.5	37320.000	242628.000	258
79	0:53:30	1	53.5	7	0.00486	132.3	176.5	36308.571	278936.571	237
80	0:54:30	1	54.5	8	0.00556	134.4	197.5	35550.000	314486.571	216
81	0:55:30	1	55.5	9	0.00625	136.3	216.5	34640.000	349126.571	197
82	0:56:30	1	56.5	10	0.00694	138	233.5	33624.000	382750.571	180
83	0:57:30	1	57.5	11	0.00764	139.7	250.5	32792.727	415543.299	163
84	0:58:30	1	58.5	12	0.00833	141.5	268.5	32220.000	447763.299	145

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
85	0:59:30	1	59.5	13	0.00903	143	283.5	31403.077	479166.376	130
86	1:00:30	1	60.5	14	0.00972	144.5	298.5	30702.857	509869.233	115
87	1:01:30	1	61.5	0	0.00000	114.7	-	-	-	-
88	1:02:30	1	62.5	1	0.00069	117.1	24	34560.000	34560.000	389
89	1:03:30	1	63.5	2	0.00139	119.4	47	33840.000	68400.000	366
90	1:04:30	1	64.5	3	0.00208	121.45	67.5	32400.000	100800.000	345.5
91	1:05:30	1	65.5	4	0.00278	123.4	87	31320.000	132120.000	326
92	1:06:30	1	66.5	5	0.00347	125.35	106.5	30672.000	162792.000	306.5
93	1:07:30	1	67.5	6	0.00417	127.2	125	30000.000	192792.000	288
94	1:08:30	1	68.5	7	0.00486	128.9	142	29211.429	222003.429	271
95	1:09:30	1	69.5	8	0.00556	130.6	159	28620.000	250623.429	254
96	1:10:30	1	70.5	9	0.00625	132.1	174	27840.000	278463.429	239
97	1:11:30	1	71.5	10	0.00694	133.6	189	27216.000	305679.429	224
98	1:12:30	1	72.5	11	0.00764	135.2	205	26836.364	332515.792	208
99	1:13:30	1	73.5	12	0.00833	136.7	220	26400.000	358915.792	193

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
100	1:14:30	1	74.5	13	0.00903	138	233	25809.231	384725.023	180
101	1:15:30	1	75.5	14	0.00972	139.4	247	25405.714	410130.737	166
102	1:16:30	1	76.5	15	0.01042	140.7	260	24960.000	435090.737	153
103	1:17:30	1	77.5	0	0.00000	115.5	-	-	-	-
104	1:18:30	1	78.5	1	0.00069	117.2	17	24480.000	24480.000	388
105	1:19:30	1	79.5	2	0.00139	118.8	33	23760.000	48240.000	372
106	1:20:30	1	80.5	3	0.00208	120.55	50.5	24240.000	72480.000	354.5
107	1:21:30	1	81.5	4	0.00278	121.9	64	23040.000	95520.000	341
108	1:22:30	1	82.5	5	0.00347	123.4	79	22752.000	118272.000	326
109	1:23:30	1	83.5	6	0.00417	124.8	93	22320.000	140592.000	312
110	1:24:30	1	84.5	7	0.00486	126.2	107	22011.429	162603.429	298
111	1:25:30	1	85.5	8	0.00556	127.6	121	21780.000	184383.429	284
112	1:26:30	1	86.5	9	0.00625	128.8	133	21280.000	205663.429	272
113	1:27:30	1	87.5	10	0.00694	130.1	146	21024.000	226687.429	259
114	1:28:30	1	88.5	11	0.00764	131.2	157	20552.727	247240.156	248

ตารางที่ ผ.ข.2 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 1 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
115	1:29:30	1	89.5	12	0.00833	132.4	169	20280.000	267520.156	236
116	1:30:30	1	90.5	13	0.00903	133.5	180	19938.462	287458.617	225
117	1:31:30	1	91.5	14	0.00972	134.6	191	19645.714	307104.332	214
118	1:32:30	1	92.5	15	0.01042	135.6	201	19296.000	326400.332	204
119	1:33:30	1	93.5	16	0.01111	136.7	212	19080.000	345480.332	193
120	1:34:30	1	94.5	17	0.01181	137.7	222	18804.706	364285.038	183
121	1:35:30	1	95.5	18	0.01250	138.7	232	18560.000	382845.038	173
122	1:36:30	1	96.5	19	0.01319	139.7	242	18341.053	401186.090	163

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด

Date .....14 / 12 / 2004.....

Area of inner ring .....415.48..... $cm.^2$

Area of outter ring .....548.21..... cm^2.

Depth of tank .....47..... cm.

Liquid used .....ประปา.....

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
start	0:00:00	0	0	0	0	116.20	-	-	-	-
1	0:00:30	0.5	0.5	0.5	0.00035	117.05	8.50	24480.000	24480.000	398
2	0:01:00	0.5	1	1	0.00069	118.00	18.00	25920.000	50400.000	389.5
3	0:01:30	0.5	1.5	1.5	0.00104	118.65	24.50	23520.000	73920.000	380
4	0:02:00	0.5	2	2	0.00139	119.40	32.00	23040.000	96960.000	373.5
5	0:02:30	0.5	2.5	2.5	0.00174	120.10	39.00	22464.000	119424.000	366
6	0:03:00	0.5	3	3	0.00208	120.80	46.00	22080.000	141504.000	359
7	0:03:30	0.5	3.5	3.5	0.00243	121.55	53.50	22011.429	163515.429	352
8	0:04:00	0.5	4	4	0.00278	122.25	60.50	21780.000	185295.429	344.5

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
9	0:04:30	0.5	4.5	4.5	0.00313	123.00	68.00	21760.000	207055.429	337.5
10	0:05:00	0.5	5	5	0.00347	123.75	75.50	21744.000	228799.429	330
11	0:05:30	0.5	5.5	5.5	0.00382	124.30	81.00	21207.273	250006.701	322.5
12	0:06:00	0.5	6	6	0.00417	124.90	87.00	20880.000	270886.701	317
13	0:06:30	0.5	6.5	6.5	0.00451	125.65	94.50	20935.385	291822.086	311
14	0:07:00	0.5	7	7	0.00486	126.30	101.00	20777.143	312599.229	303.5
15	0:07:30	0.5	7.5	7.5	0.00521	126.90	107.00	20544.000	333143.229	297
16	0:08:00	0.5	8	8	0.00556	127.55	113.50	20430.000	353573.229	291
17	0:08:30	0.5	8.5	8.5	0.00590	128.20	120.00	20329.412	373902.641	284.5
18	0:09:00	0.5	9	9	0.00625	128.80	126.00	20160.000	394062.641	278
19	0:09:30	0.5	9.5	9.5	0.00660	129.40	132.00	20008.421	414071.062	272
20	0:10:00	0.5	10	10	0.00694	129.90	137.00	19728.000	433799.062	266
21	0:10:30	0.5	10.5	10.5	0.00729	130.45	142.50	19542.857	453341.919	261
22	0:11:00	0.5	11	11	0.00764	131.00	148.00	19374.545	472716.464	255.5

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
23	0:11:30	0.5	11.5	11.5	0.00799	131.55	153.50	19220.870	491937.334	250
24	0:12:00	0.5	12	12	0.00833	132.10	159.00	19080.000	511017.334	244.5
25	0:12:30	0.5	12.5	12.5	0.00868	132.75	165.50	19065.600	530082.934	239
26	0:13:00	0.5	13	13	0.00903	133.25	170.50	18886.154	548969.088	232.5
27	0:13:30	0.5	13.5	13.5	0.00938	133.80	176.00	18773.333	567742.421	227.5
28	0:14:00	0.5	14	14	0.00972	134.45	182.50	18771.429	586513.850	222
29	0:14:30	0.5	14.5	14.5	0.01007	135.00	188.00	18670.345	605184.194	215.5
30	0:15:00	0.5	15	15	0.01042	135.45	192.50	18480.000	623664.194	210
31	0:15:30	0.5	15.5	15.5	0.01076	135.90	197.00	18301.935	641966.130	205.5
32	0:16:00	0.5	16	16	0.01111	136.40	202.00	18180.000	660146.130	201
33	0:16:30	0.5	16.5	16.5	0.01146	137.00	208.00	18152.727	678298.857	196
34	0:17:00	0.5	17	17	0.01181	137.50	213.00	18042.353	696341.210	190
35	0:17:30	0.5	17.5	17.5	0.01215	138.00	218.00	17938.286	714279.496	185
36	0:18:00	0.5	18	18	0.01250	138.40	222.00	17760.000	732039.496	180
37	0:18:30	0.5	18.5	18.5	0.01285	139.00	228.00	17747.027	749786.523	176

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
38	0:19:00	0.5	19	19	0.01319	139.50	233.00	17658.947	767445.470	170
39	0:19:30	0.5	19.5	19.5	0.01354	139.90	237.00	17501.538	784947.009	165
40	0:20:00	0.5	20	20	0.01389	140.40	242.00	17424.000	802371.009	161
41	0:20:30	0.5	20.5	20.5	0.01424	141.00	248.00	17420.488	819791.496	156
42	0:21:00	0.5	21	21	0.01458	141.50	253.00	17348.571	837140.068	150
43	0:21:30	0.5	21.5	21.5	0.01493	141.90	257.00	17213.023	854353.091	145
44	0:22:00	0.5	22	22	0.01528	142.40	262.00	17149.091	871502.182	141
45	0:22:30	0.5	22.5	22.5	0.01563	142.70	265.00	16960.000	888462.182	136
46	0:23:00	0.5	23	0	0.00000	118.05	-	-	-	-
47	0:23:30	0.5	23.5	0.5	0.00035	118.80	7.50	21600.000	21600.000	379.5
48	0:24:00	0.5	24	1	0.00069	119.40	13.50	19440.000	41040.000	372
49	0:24:30	0.5	24.5	1.5	0.00104	120.05	20.00	19200.000	40800.000	366
50	0:25:00	0.5	25	2	0.00139	120.65	26.00	18720.000	59760.000	359.5
51	0:25:30	0.5	25.5	2.5	0.00174	121.40	33.50	19296.000	60096.000	353.5
52	0:26:00	0.5	26	3	0.00208	122.00	39.50	18960.000	78720.000	346

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
53	0:26:30	0.5	26.5	3.5	0.00243	122.65	46.00	18925.714	79021.714	340
54	0:27:00	0.5	27	4	0.00278	123.35	53.00	19080.000	97800.000	333.5
55	0:28:00	1	28	5	0.00347	124.60	65.50	18864.000	97885.714	326.5
56	0:29:00	1	29	6	0.00417	125.90	78.50	18840.000	116640.000	314
57	0:30:00	1	30	7	0.00486	127.00	89.50	18411.429	116297.143	301
58	0:31:00	1	31	8	0.00556	128.10	100.50	18090.000	134730.000	290
59	0:32:00	1	32	9	0.00625	129.30	112.50	18000.000	134297.143	279
60	0:33:00	1	33	10	0.00694	130.40	123.50	17784.000	152514.000	267
61	0:34:00	1	34	11	0.00764	131.50	134.50	17607.273	151904.416	256
62	0:35:00	1	35	12	0.00833	132.60	145.50	17460.000	169974.000	245
63	0:36:00	1	36	13	0.00903	133.70	156.50	17335.385	169239.800	234
64	0:37:00	1	37	14	0.00972	134.50	164.50	16920.000	186894.000	223
65	0:38:00	1	38	15	0.01042	135.90	178.50	17136.000	186375.800	215
66	0:39:00	1	39	16	0.01111	136.90	188.50	16965.000	203859.000	201
67	0:40:00	1	40	0	0.00000	115.15	-	-	-	-

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
68	0:41:00	1	41	1	0.00069	116.70	15.50	22320.000	22320.000	408.5
69	0:42:00	1	42	2	0.00139	118.15	30.00	21600.000	43920.000	393
70	0:43:00	1	43	3	0.00208	119.65	45.00	21600.000	43920.000	378.5
71	0:44:00	1	44	4	0.00278	121.10	59.50	21420.000	65340.000	363.5
72	0:45:00	1	45	5	0.00347	122.50	73.50	21168.000	65088.000	349
73	0:46:00	1	46	6	0.00417	123.85	87.00	20880.000	85968.000	335
74	0:47:00	1	47	7	0.00486	125.10	99.50	20468.571	85556.571	321.5
75	0:48:00	1	48	8	0.00556	126.40	112.50	20250.000	105806.571	309
76	0:49:00	1	49	9	0.00625	127.65	125.00	20000.000	105556.571	296
77	0:50:00	1	50	10	0.00694	128.80	136.50	19656.000	125212.571	283.5
78	0:51:00	1	51	11	0.00764	129.90	147.50	19309.091	124865.662	272
79	0:52:00	1	52	12	0.00833	131.10	159.50	19140.000	144005.662	261
80	0:53:00	1	53	13	0.00903	132.20	170.50	18886.154	143751.816	249
81	0:54:00	1	54	14	0.00972	133.35	182.00	18720.000	162471.816	238

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
82	0:55:00	1	55	15	0.01042	134.50	193.50	18576.000	162327.816	226.5
83	0:56:00	1	56	16	0.01111	135.60	204.50	18405.000	180732.816	215
84	0:57:00	1	57	17	0.01181	136.70	215.50	18254.118	180581.934	204
85	0:58:00	1	58	0	0.00000	116.40	-	-	-	-
86	0:59:00	1	59	1	0.00069	118.00	16.00	23040.000	23040.000	396
87	1:00:00	1	60	2	0.00139	119.35	29.50	21240.000	44280.000	380
88	1:01:00	1	61	3	0.00208	120.90	45.00	21600.000	44640.000	366.5
89	1:02:00	1	62	4	0.00278	122.35	59.50	21420.000	65700.000	351
90	1:03:00	1	63	5	0.00347	123.70	73.00	21024.000	65664.000	336.5
91	1:04:00	1	64	6	0.00417	125.00	86.00	20640.000	86340.000	323
92	1:05:00	1	65	7	0.00486	126.40	100.00	20571.429	86235.429	310
93	1:06:00	1	66	8	0.00556	127.70	113.00	20340.000	106680.000	296
94	1:07:00	1	67	9	0.00625	128.90	125.00	20000.000	106235.429	283
95	1:08:00	1	68	10	0.00694	130.20	138.00	19872.000	126552.000	271
96	1:09:00	1	69	11	0.00764	131.35	149.50	19570.909	125806.338	258

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
97	1:10:00	1	70	12	0.00833	132.50	161.00	19320.000	145872.000	246.5
98	1:11:00	1	71	13	0.00903	133.70	173.00	19163.077	144969.415	235
99	1:12:00	1	72	14	0.00972	134.90	185.00	19028.571	164900.571	223
100	1:13:00	1	73	15	0.01042	136.00	196.00	18816.000	163785.415	211
101	1:14:00	1	74	16	0.01111	137.10	207.00	18630.000	183530.571	200
102	1:15:00	1	75	17	0.01181	138.10	217.00	18381.176	182166.591	189
103	1:16:00	1	76	18	0.01250	139.20	228.00	18240.000	201770.571	179
104	1:17:00	1	77	19	0.01319	140.30	239.00	18113.684	200280.275	168
105	1:18:00	1	78	20	0.01389	141.30	249.00	17928.000	219698.571	157
106	1:19:00	1	79	0	0.00000	117.75	-	-	-	-
107	1:20:00	1	80	1	0.00069	119.10	13.50	19440.000	19440.000	382.5
108	1:21:00	1	81	2	0.00139	120.50	27.50	19800.000	39240.000	369
109	1:22:00	1	82	3	0.00208	121.90	41.50	19920.000	39360.000	355
110	1:23:00	1	83	4	0.00278	123.30	55.50	19980.000	59220.000	341
111	1:24:00	1	84	5	0.00347	124.50	67.50	19440.000	58800.000	327

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
112	1:25:00	1	85	6	0.00417	125.90	81.50	19560.000	78780.000	315
113	1:26:00	1	86	7	0.00486	127.60	98.50	20262.857	79062.857	301
114	1:27:00	1	87	8	0.00556	128.50	107.50	19350.000	98130.000	284
115	1:28:00	1	88	9	0.00625	129.70	119.50	19120.000	98182.857	275
116	1:29:00	1	89	10	0.00694	130.90	131.50	18936.000	117066.000	263
117	1:30:00	1	90	11	0.00764	132.10	143.50	18785.455	116968.312	251
118	1:31:00	1	91	12	0.00833	133.20	154.50	18540.000	135606.000	239
119	1:32:00	1	92	13	0.00903	134.30	165.50	18332.308	135300.619	228
120	1:33:00	1	93	14	0.00972	135.50	177.50	18257.143	153863.143	217
121	1:34:00	1	94	15	0.01042	136.60	188.50	18096.000	153396.619	205
122	1:35:00	1	95	16	0.01111	137.70	199.50	17955.000	171818.143	194
123	1:36:00	1	96	17	0.01181	138.80	210.50	17830.588	171227.208	183

ตารางที่ ผ.ข.3 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำสะอาด (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
124	1:37:00	1	97	18	0.01250	139.90	221.50	17720.000	189538.143	172
125	1:38:00	1	98	19	0.01319	141.00	232.50	17621.053	188848.260	161
126	1:39:00	1	99	20	0.01389	142.00	242.50	17460.000	206998.143	150
127	1:40:00	1	100	21	0.01458	143.20	254.50	17451.429	206299.689	140
128	1:41:00	1	101	22	0.01528	144.30	265.50	17378.182	224376.325	128

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก

Date .....16 / 12 / 2004.....

Area of inner ring .....415.48..... $cm.^2$

Area of outter ring .....548.21..... $cm^{2.}$

Depth of tank .....42..... cm.

Liquid used .....flood.....

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
start	0:00:00	-	0	0	0.00000	113.40	-	-	-	-
1	0:00:30	0.5	0.5	0.5	0.00035	114.40	10	28800.000	28800.000	416
2	0:01:00	0.5	1	1	0.00069	115.40	20	28800.000	57600.000	406
3	0:01:30	0.5	1.5	1.5	0.00104	116.30	29	27840.000	85440.000	397
4	0:02:00	0.5	2	2	0.00139	117.20	38	27360.000	112800.000	388
5	0:02:30	0.5	2.5	2.5	0.00174	118.10	47	27072.000	139872.000	379
6	0:03:00	0.5	3	3	0.00208	119.00	56	26880.000	166752.000	370
7	0:03:30	0.5	3.5	3.5	0.00243	119.80	64	26331.429	193083.429	362
8	0:04:00	0.5	4	4	0.00278	120.70	73	26280.000	219363.429	353

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
9	0:04:30	0.5	4.5	4.5	0.00313	121.50	81	25920.000	245283.429	345
10	0:05:00	0.5	5	5	0.00347	122.30	89	25632.000	270915.429	337
11	0:05:30	0.5	5.5	5.5	0.00382	123.10	97	25396.364	296311.792	329
12	0:06:00	0.5	6	6	0.00417	123.80	104	24960.000	321271.792	322
13	0:06:30	0.5	6.5	6.5	0.00451	124.60	112	24812.308	346084.100	314
14	0:07:00	0.5	7	7	0.00486	125.40	120	24685.714	370769.814	306
15	0:07:30	0.5	7.5	7.5	0.00521	126.10	127	24384.000	395153.814	299
16	0:08:00	0.5	8	8	0.00556	126.70	133	23940.000	419093.814	293
17	0:08:30	0.5	8.5	8.5	0.00590	127.50	141	23887.059	442980.873	285
18	0:09:00	0.5	9	9	0.00625	128.20	148	23680.000	466660.873	278
19	0:09:30	0.5	9.5	9.5	0.00660	128.80	154	23343.158	490004.031	272
20	0:10:00	0.5	10	10	0.00694	129.50	161	23184.000	513188.031	265
21	0:10:30	0.5	10.5	10.5	0.00729	130.20	168	23040.000	536228.031	258
22	0:11:00	0.5	11	11	0.00764	130.80	174	22778.182	559006.213	252
23	0:11:30	0.5	11.5	11.5	0.00799	131.50	181	22664.348	581670.561	245

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
24	0:12:00	0.5	12	12	0.00833	132.10	187	22440.000	604110.561	239
25	0:12:30	0.5	12.5	12.5	0.00868	132.70	193	22233.600	626344.161	233
26	0:13:00	0.5	13	13	0.00903	133.30	199	22043.077	648387.237	227
27	0:13:30	0.5	13.5	13.5	0.00938	133.90	205	21866.667	670253.904	221
28	0:14:00	0.5	14	14	0.00972	134.50	211	21702.857	691956.761	215
29	0:14:30	0.5	14.5	14.5	0.01007	135.10	217	21550.345	713507.106	209
30	0:15:00	0.5	15	15	0.01042	135.60	222	21312.000	734819.106	204
31	0:15:30	0.5	15.5	15.5	0.01076	136.20	228	21181.935	756001.042	198
32	0:16:00	0.5	16	16	0.01111	136.80	234	21060.000	777061.042	192
33	0:16:30	0.5	16.5	16.5	0.01146	137.40	240	20945.455	798006.496	186
34	0:17:00	0.5	17	17	0.01181	137.90	245	20752.941	818759.437	181
35	0:17:30	0.5	17.5	17.5	0.01215	138.50	251	20653.714	839413.152	175
36	0:18:00	0.5	18	18	0.01250	139.00	256	20480.000	859893.152	170
37	0:18:30	0.5	18.5	18.5	0.01285	139.60	262	20393.514	880286.665	164
38	0:19:00	0.5	19	19	0.01319	140.10	267	20235.789	900522.455	159

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
39	0:19:30	0.5	19.5	0	0.00000	114.95	-	-	-	-
40	0:20:00	0.5	20	0.5	0.00035	115.75	8	23040.000	23040.000	402.5
41	0:20:30	0.5	20.5	1	0.00069	116.50	15.5	22320.000	45360.000	395
42	0:21:00	0.5	21	1.5	0.00104	117.30	23.5	22560.000	67920.000	387
43	0:21:30	0.5	21.5	2	0.00139	118.10	31.5	22680.000	90600.000	379
44	0:22:00	0.5	22	2.5	0.00174	118.80	38.5	22176.000	112776.000	372
45	0:22:30	0.5	22.5	3	0.00208	119.55	46	22080.000	134856.000	364.5
46	0:23:00	0.5	23	3.5	0.00243	120.30	53.5	22011.429	156867.429	357
47	0:23:30	0.5	23.5	4	0.00278	121.00	60.5	21780.000	178647.429	350
48	0:24:00	0.5	24	4.5	0.00313	121.70	67.5	21600.000	200247.429	343
49	0:24:30	0.5	24.5	5	0.00347	122.40	74.5	21456.000	221703.429	336
50	0:25:00	0.5	25	5.5	0.00382	123.10	81.5	21338.182	243041.610	329
51	0:25:30	0.5	25.5	6	0.00417	123.70	87.5	21000.000	264041.610	323
52	0:26:00	0.5	26	6.5	0.00451	124.40	94.5	20935.385	284976.995	316
53	0:26:30	0.5	26.5	7	0.00486	125.10	101.5	20880.000	305856.995	309

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
54	0:27:00	0.5	27	7.5	0.00521	125.70	107.5	20640.000	326496.995	303
55	0:27:30	0.5	27.5	8	0.00556	126.30	113.5	20430.000	346926.995	297
56	0:28:00	0.5	28	8.5	0.00590	126.90	119.5	20244.706	367171.701	291
57	0:28:30	0.5	28.5	9	0.00625	127.60	126.5	20240.000	387411.701	284
58	0:29:00	0.5	29	9.5	0.00660	128.15	132	20008.421	407420.122	278.5
59	0:29:30	0.5	29.5	10	0.00694	128.80	138.5	19944.000	427364.122	272
60	0:30:00	0.5	30	10.5	0.00729	129.40	144.5	19817.143	447181.265	266
61	0:30:30	0.5	30.5	11	0.00764	130.00	150.5	19701.818	466883.083	260
62	0:31:00	0.5	31	11.5	0.00799	130.50	155.5	19471.304	486354.387	255
63	0:32:00	1	31.5	12	0.00833	131.10	161.5	19380.000	505734.387	249
64	0:33:00	1	32.5	13	0.00903	132.20	172.5	19107.692	524842.080	238
65	0:34:00	1	33.5	14	0.00972	133.30	183.5	18874.286	543716.365	227
66	0:35:00	1	34.5	15	0.01042	134.40	194.5	18672.000	562388.365	216
67	0:36:00	1	35.5	16	0.01111	135.50	205.5	18495.000	580883.365	205
68	0:37:00	1	36.5	17	0.01181	136.55	216	18296.471	599179.836	194.5

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
69	0:38:00	1	37.5	18	0.01250	137.55	226	18080.000	617259.836	184.5
70	0:39:00	1	38.5	19	0.01319	138.50	235.5	17848.421	635108.257	175
71	0:40:00	1	39.5	20	0.01389	139.50	245.5	17676.000	652784.257	165
72	0:41:00	1	40.5	0	0.00000	114.25	-	-	-	-
73	0:42:00	1	41.5	1	0.00069	115.75	15	21600.000	21600.000	402.5
74	0:43:00	1	42.5	2	0.00139	117.15	29	20880.000	42480.000	388.5
75	0:44:00	1	43.5	3	0.00208	118.50	42.5	20400.000	62880.000	375
76	0:45:00	1	44.5	4	0.00278	119.85	56	20160.000	83040.000	361.5
77	0:46:00	1	45.5	5	0.00347	121.10	68.5	19728.000	102768.000	349
78	0:47:00	1	46.5	6	0.00417	122.25	80	19200.000	121968.000	337.5
79	0:48:00	1	47.5	7	0.00486	123.40	91.5	18822.857	140790.857	326
80	0:49:00	1	48.5	8	0.00556	124.70	104.5	18810.000	159600.857	313
81	0:50:00	1	49.5	9	0.00625	125.70	114.5	18320.000	177920.857	303
82	0:51:00	1	50.5	10	0.00694	126.80	125.5	18072.000	195992.857	292
83	0:52:00	1	51.5	11	0.00764	127.90	136.5	17869.091	213861.948	281

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	cumulative time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
84	0:53:00	1	52.5	12	0.00833	129.00	147.5	17700.000	231561.948	270
85	0:54:00	1	53.5	13	0.00903	130.00	157.5	17446.154	249008.102	260
86	0:55:00	1	54.5	14	0.00972	131.00	167.5	17228.571	266236.673	250
87	0:56:00	1	55.5	15	0.01042	131.95	177	16992.000	283228.673	240.5
88	0:57:00	1	56.5	16	0.01111	132.90	186.5	16785.000	300013.673	231
89	0:58:00	1	57.5	17	0.01181	133.90	196.5	16644.706	316658.379	221
90	0:59:00	1	58.5	18	0.01250	134.80	205.5	16440.000	333098.379	212
91	1:00:00	1	59.5	19	0.01319	135.70	214.5	16256.842	349355.221	203
92	1:01:00	1	60.5	20	0.01389	136.55	223	16056.000	365411.221	194.5
93	1:02:00	1	61.5	21	0.01458	137.50	232.5	15942.857	381354.078	185
94	1:03:00	1	62.5	22	0.01528	138.30	240.5	15741.818	397095.897	177
95	1:04:00	1	63.5	0	0.00000	114.60	-	-	-	-
96	1:05:00	1	64.5	1	0.00069	115.85	12.5	18000.000	18000.000	401.5
97	1:06:00	1	65.5	2	0.00139	117.05	24.5	17640.000	35640.000	389.5
98	1:07:00	1	66.5	3	0.00208	118.25	36.5	17520.000	53160.000	377.5

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	Cumulative Time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
99	1:08:00	1	67.5	4	0.00278	119.40	48	17280.000	70440.000	366
100	1:09:00	1	68.5	5	0.00347	120.55	59.5	17136.000	87576.000	354.5
101	1:10:00	1	69.5	6	0.00417	121.60	70	16800.000	104376.000	344
102	1:11:00	1	70.5	7	0.00486	122.65	80.5	16560.000	120936.000	333.5
103	1:12:00	1	71.5	8	0.00556	123.70	91	16380.000	137316.000	323
104	1:13:00	1	72.5	9	0.00625	124.65	100.5	16080.000	153396.000	313.5
105	1:14:00	1	73.5	10	0.00694	125.70	111	15984.000	169380.000	303
106	1:15:00	1	74.5	11	0.00764	126.60	120	15709.091	185089.091	294
107	1:16:00	1	75.5	12	0.00833	127.60	130	15600.000	200689.091	284
108	1:17:00	1	76.5	13	0.00903	128.50	139	15396.923	216086.014	275
109	1:18:00	1	77.5	14	0.00972	129.50	149	15325.714	231411.728	265
110	1:19:00	1	78.5	15	0.01042	130.30	157	15072.000	246483.728	257
111	1:20:00	1	79.5	16	0.01111	131.20	166	14940.000	261423.728	248
112	1:21:00	1	80.5	17	0.01181	131.90	173	14654.118	276077.846	241
113	1:22:00	1	81.5	18	0.01250	132.80	182	14560.000	290637.846	232

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	Cumulative Time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
114	1:23:00	1	82.5	19	0.01319	133.60	190	14400.000	305037.846	224
115	1:24:00	1	83.5	20	0.01389	134.40	198	14256.000	319293.846	216
116	1:25:00	1	84.5	21	0.01458	135.20	206	14125.714	333419.560	208
117	1:26:00	1	85.5	22	0.01528	135.95	213.5	13974.545	347394.106	200.5
118	1:27:00	1	86.5	23	0.01597	136.80	222	13899.130	361293.236	192
119	1:28:00	1	87.5	24	0.01667	137.50	229	13740.000	375033.236	185
120	1:29:00	1	88.5	25	0.01736	138.20	236	13593.600	388626.836	178
121	1:30:00	1	89.5	0	0.00000	113.70	-	-	-	-
122	1:31:00	1	90.5	1	0.00069	114.90	12	17280.000	17280.000	411
123	1:32:00	1	91.5	2	0.00139	116.10	24	17280.000	34560.000	399
124	1:33:00	1	92.5	3	0.00208	117.20	35	16800.000	51360.000	388
125	1:34:00	1	93.5	4	0.00278	118.30	46	16560.000	67920.000	377
126	1:35:00	1	94.5	5	0.00347	119.40	57	16416.000	84336.000	366
127	1:36:00	1	95.5	6	0.00417	120.40	67	16080.000	100416.000	356
128	1:37:00	1	96.5	7	0.00486	121.30	76	15634.286	116050.286	347

ตารางที่ ผ.ข.4 แสดงผลการทดลอง Infiltration test บ่อ 2 โดยใช้น้ำหลาก (ต่อ)

No.	Time	Time difference (min.)	Cumulative Time (min.)	cumulative time (min.) ของแต่ละการเติม	cumulative time (day.) ของแต่ละการเติม	Water level reading (cm.)	ระดับน้ำจากจุดเริ่ม (mm.)	infiltration rate (mm./day)	cumu-infiltration rate (mm./day)	Head (mm.)
129	1:38:00	1	97.5	8	0.00556	122.20	85	15300.000	131350.286	338
130	1:39:00	1	98.5	9	0.00625	123.20	95	15200.000	146550.286	328
131	1:40:00	1	99.5	10	0.00694	124.40	107	15408.000	161958.286	316
132	1:41:00	1	100.5	11	0.00764	125.00	113	14792.727	176751.013	310
133	1:42:00	1	101.5	12	0.00833	125.90	122	14640.000	191391.013	301

ตารางที่ ผ.ข.5 แสดงผลการทดลอง Basin test

No.	Time on clock	H of surface water in basin (m.)	Δ H (m.)	GWL (m.)	ΔGWL(m.)
start	10:30:00	0.045	-	29.225	-
1	10:35:00	0.196	-0.151	29.242	0.017
2	10:40:00	0.352	-0.156	29.261	0.019
3	10:45:00	0.367	-0.015	29.270	0.009
4	10:50:00	0.361	0.006	29.275	0.005
5	10:55:00	0.356	0.005	29.278	0.003
6	11:00:00	0.352	0.004	29.279	0.001
7	11:05:00	0.347	0.000	29.281	0.000
8	11:10:00	0.343	0.004	29.282	0.001
9	11:15:00	0.339	0.008	29.284	0.003
10	11:20:00	0.335	0.012	29.286	0.005
11	11:25:00	0.332	0.015	29.286	0.005
12	11:30:00	0.328	0.019	29.288	0.007
13	11:35:00	0.325	0.022	29.289	0.008
14	11:40:00	0.321	0.026	29.290	0.009
15	11:45:00	0.318	0.029	29.292	0.011
16	11:50:00	0.313	0.034	29.292	0.011
17	11:55:00	0.307	0.040	29.293	0.012
18	12:00:00	0.303	0.044	29.293	0.012
19	12:05:00	0.298	0.049	29.293	0.012
20	12:10:00	0.294	0.053	29.293	0.012
21	12:15:00	0.290	0.057	29.294	0.013
22	12:20:00	0.287	0.060	29.294	0.013
23	12:25:00	0.282	0.065	29.294	0.013
24	12:30:00	0.279	0.068	29.295	0.014
25	12:40:00	0.273	0.074	29.296	0.015
26	12:50:00	0.265	0.082	29.297	0.016
27	13:00:00	0.260	0.087	29.297	0.016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

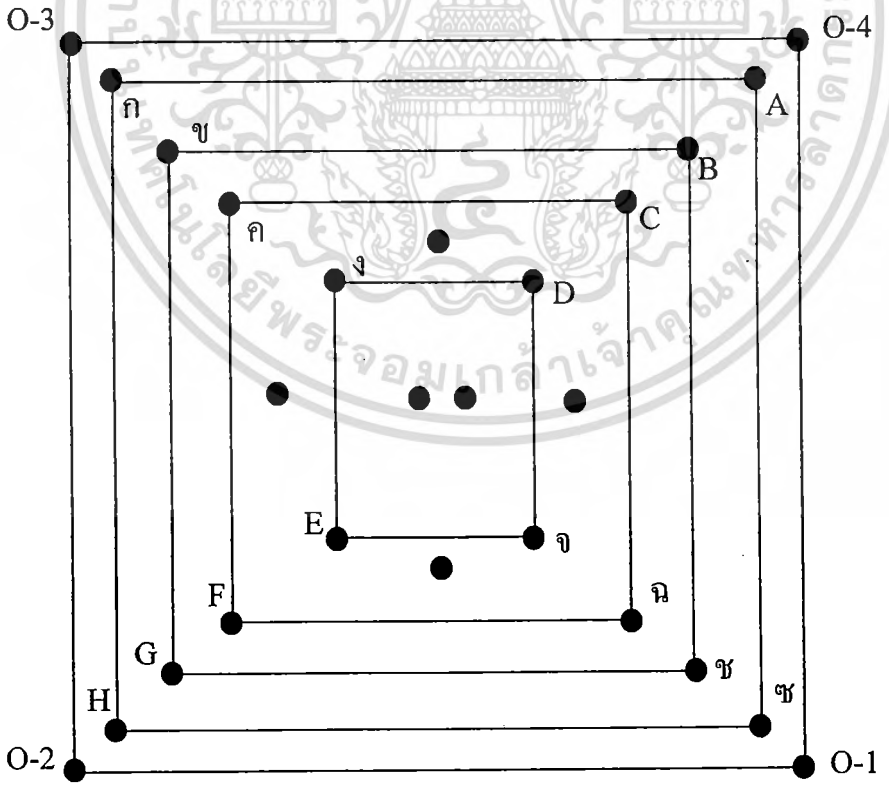
ตารางที่ ผ.ข.5 แสดงผลการทดลอง Basin test (ต่อ)

No.	Time on clock	H of surface water in basin (m.)	diff-H (m.)	GWL (m.)	diff-GWL(m.)
28	13:10:00	0.254	0.093	29.297	0.016
29	13:20:00	0.249	0.098	29.297	0.016
30	13:30:00	0.239	0.108	29.297	0.016
31	13:45:00	0.231	0.116	29.297	0.016
32	14:00:00	0.221	0.126	29.297	0.016
33	14:15:00	0.213	0.134	29.297	0.016
34	14:30:00	0.208	0.139	29.296	0.015
35	14:45:00	0.198	0.149	29.295	0.014
36	15:00:00	0.190	0.157	29.294	0.013
37	15:15:00	0.183	0.164	29.293	0.012
38	15:30:00	0.176	0.171	29.293	0.012
39	15:45:00	0.169	0.178	29.291	0.010
40	16:00:00	0.162	0.185	29.290	0.009
41	16:15:00	0.157	0.190	29.287	0.006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.6 ตารางการหาค่าพิกัดบ่อ

ตำแหน่ง	ระยะทาง	พิกัด X	พิกัด Y	พิกัด Z	ตำแหน่ง	ระยะทาง	พิกัด X	พิกัด Y	พิกัด Z
0-4	0.00	0.00	0.00	33.902	0-3	0.00	0.00	12.28	33.888
A	1.80	1.26	1.28	33.774	ก	0.95	0.67	11.60	33.828
B	2.80	1.96	2.00	33.283	ข	2.05	1.44	10.82	33.141
C	4.90	3.43	3.50	33.072	ค	4.40	3.09	9.15	32.936
D	6.70	4.69	4.78	31.807	ง	6.40	4.49	7.72	31.814
D'	8.90	6.23	6.35	31.774	D'	8.50	5.97	6.23	31.774
E	11.30	7.91	8.07	31.822	จ	11.10	7.79	4.38	31.806
F	12.45	8.72	8.89	32.664	ฉ	12.80	8.99	3.17	33.005
G	15.70	11.00	11.21	32.968	ช	15.87	11.14	0.98	33.165
H	16.80	11.77	11.99	33.473	ซ	16.60	11.66	0.46	33.453
0-2	17.26	12.09	12.32	33.502	0-1	17.05	11.97	0.14	33.652



รูปที่ ผ.ข.1 แสดงตำแหน่งของการหาพิกัดบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์การทดลอง Basin Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.1 แสดงผลตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราการซึมและระดับน้ำ
โดยใช้ประสิทธิภาพที่ได้จาก Infiltrometer Test และ $H_0 = 3$ m.

Time (min.)	Time (day)	Eff.(%)	AC_p	AC_f	Infil.rate (pure) (mm./day)	H of Surface For pure (mm.)	H of Surface For flood (mm.)	Infil.rate (flood) (mm./day)
0.0	0.00000	100.00	187.95	187.95	0	3000.000	3000.000	0
53.8	0.03733	98.40	187.95	184.9436	2296.098074	2914.294	2914.294	2296.098074
107.5	0.07465	96.83	187.95	181.9853	2275.388046	2829.362	2830.721	2238.991366
161.3	0.11198	95.28	187.95	179.0743	2254.447777	2745.212	2749.229	2183.229099
215.0	0.14931	93.75	187.95	176.2099	2233.269631	2661.852	2669.770	2128.779295
268.8	0.18663	92.25	187.95	173.3913	2211.845762	2579.292	2592.295	2075.611257
322.5	0.22396	90.78	187.95	170.6178	2190.167911	2497.541	2516.757	2023.695055
376.3	0.26128	89.33	187.95	167.8887	2168.22724	2416.609	2443.112	1973.001196
430.0	0.29861	87.90	187.95	165.2032	2146.014548	2336.507	2371.315	1923.50121
483.7	0.33594	86.49	187.95	162.5606	2123.520148	2257.243	2301.322	1875.167414
537.5	0.37326	85.11	187.95	159.9604	2100.733374	2178.831	2233.091	1827.971957
591.2	0.41059	83.75	187.95	157.4017	2077.64333	2101.280	2166.579	1781.888516
645.0	0.44792	82.41	187.95	154.884	2054.238205	2024.603	2101.748	1736.890953
698.7	0.48524	81.09	187.95	152.4065	2030.505454	1948.811	2038.556	1692.95381
752.5	0.52257	79.79	187.95	149.9686	2006.431687	1873.919	1976.966	1650.05222
806.2	0.55990	78.52	187.95	147.5698	1982.002583	1799.938	1916.939	1608.16189
860.0	0.59722	77.26	187.95	145.2093	1957.202803	1726.883	1858.439	1567.259086
913.7	0.63455	76.02	187.95	142.8866	1932.01588	1654.768	1801.429	1527.320626
967.5	0.67187	74.81	187.95	140.601	1906.424107	1583.608	1745.876	1488.323858
1021.2	0.70920	73.61	187.95	138.352	1880.408394	1513.419	1691.743	1450.246656
1075.0	0.74653	72.43	187.95	136.139	1853.948122	1444.218	1638.999	1413.067401
1128.7	0.78385	71.27	187.95	133.9614	1827.020958	1376.022	1587.609	1376.764976
1182.5	0.82118	70.13	187.95	131.8186	1799.602656	1308.849	1537.543	1341.318746
1236.2	0.85851	69.01	187.95	129.71	1771.666815	1242.720	1488.768	1306.708554
1290.0	0.89583	67.91	187.95	127.6352	1743.184606	1177.653	1441.255	1272.914705
1343.7	0.93316	66.82	187.95	125.5936	1714.124446	1113.671	1394.973	1239.917958
1397.5	0.97048	65.75	187.95	123.5847	1684.451618	1050.797	1349.894	1207.699511
1451.2	1.00781	64.70	187.95	121.6079	1654.127817	989.054	1305.990	1176.240997
1505.0	1.04514	63.67	187.95	119.6627	1623.110612	928.469	1263.231	1145.524467

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.1 แสดงผลตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราการซึมและระดับน้ำ
โดยใช้ประสิทธิภาพที่ได้จาก Infiltrometer Test และ $H_0 = 3$ m. (ต่อ)

Time (min.)	Time (day)	Eff.(%)	AC_p	AC_f	Infil.rate (pure) (mm./day)	H of Surface For pure (mm.)	H of Surface For flood (mm.)	Infil.rate (flood) (mm./day)
1558.7	1.08246	62.65	187.95	117.7486	1591.352799	869.070	1221.593	1115.532385
1612.5	1.11979	61.65	187.95	115.8651	1558.801612	810.886	1181.047	1086.247615
1666.2	1.15712	60.66	187.95	114.0118	1525.397767	753.948	1141.569	1057.653414
1720.0	1.19444	59.69	187.95	112.1881	1491.074278	698.292	1103.132	1029.733419
1773.7	1.23177	58.74	187.95	110.3935	1455.754981	643.954	1065.714	1002.471641
1827.5	1.26910	57.80	187.95	108.6277	1419.352682	590.975	1029.289	975.8524557
1881.2	1.30642	56.87	187.95	106.8902	1381.766782	539.398	993.834	949.8605917
1935.0	1.34375	55.96	187.95	105.1804	1342.880215	489.274	959.327	924.4811252
1988.7	1.38107	55.07	187.95	103.498	1302.555411	440.654	925.744	899.6994701
2042.5	1.41840	54.19	187.95	101.8424	1260.62891	393.599	893.065	875.5013692
2096.2	1.45573	53.32	187.95	100.2134	1216.903984	348.177	861.268	851.8728867
2150.0	1.49305	52.47	187.95	98.61042	1171.140336	304.462	830.332	828.8004002
2203.7	1.53038	51.63	187.95	97.03308	1123.039286	262.543	800.236	806.2705922
2257.5	1.56771	50.80	187.95	95.48097	1072.221781	222.521	770.962	784.2704426
2311.2	1.60503	49.99	187.95	93.95369	1018.194445	184.516	742.490	762.7872215
2365.0	1.64236	49.19	187.95	92.45084	960.2946155	148.672	714.801	741.8084811
2418.7	1.67969	48.40	187.95	90.97202	897.5958452	115.168	687.877	721.3220484
2472.5	1.71701	47.63	187.95	89.51687	828.7323137	84.234	661.700	701.3160181
2526.2	1.75434	46.87	187.95	88.08498	751.5362352	56.182	636.251	681.7787454
2580.0	1.79166	46.12	187.95	86.67601	662.165489	31.466	611.515	662.6988386
2633.7	1.82899	45.38	187.95	85.28957	552.4168791	10.846	587.475	644.0651522
2687.5	1.86632	44.65	187.95	83.9253	395.976628	0.000	564.113	625.8667801
2741.2	1.90364	43.94	187.95	82.58286	0	0.000	541.415	608.0930484
2795.0	1.94097	43.24	187.95	81.2619	0	0.000	519.365	590.7335085
2848.7	1.97830	42.54	187.95	79.96206	0	0.000	497.948	573.7779304
2902.5	2.01562	41.86	187.95	78.68301	0	0.000	477.150	557.2162958
2956.2	2.05295	41.19	187.95	77.42443	0	0.000	456.955	541.0387911
3010.0	2.09027	40.54	187.95	76.18597	0	0.000	437.350	525.2358006
3063.7	2.12760	39.89	187.95	74.96733	0	0.000	418.321	509.7978994

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.1 แสดงผลตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราการซึมและระดับน้ำ

โดยใช้ประสิทธิภาพที่ได้จาก Infiltrometer Test และ $H_0 = 3$ m. (ต่อ)

Time (min.)	Time (day)	Eff.(%)	AC_p	AC_f	Infil.rate (pure) (mm./day)	H of Surface For pure (mm.)	H of Surface For flood (mm.)	Infil.rate (flood) (mm./day)
3117.5	2.16493	39.25	187.95	73.76817	0	0.000	399.855	494.7158466
3171.2	2.20225	38.62	187.95	72.5882	0	0.000	381.939	479.9805779
3225.0	2.23958	38.00	187.95	71.42711	0	0.000	364.560	465.5831986
3278.7	2.27691	37.40	187.95	70.28458	0	0.000	347.707	451.5149759
3332.5	2.31423	36.80	187.95	69.16033	0	0.000	331.367	437.7673313
3386.2	2.35156	36.21	187.95	68.05407	0	0.000	315.528	424.3318329
3440.0	2.38889	35.63	187.95	66.9655	0	0.000	300.179	411.2001866
3493.7	2.42621	35.06	187.95	65.89434	0	0.000	285.310	398.3642283
3547.5	2.46354	34.50	187.95	64.84032	0	0.000	270.909	385.8159139
3601.2	2.50086	33.95	187.95	63.80315	0	0.000	256.966	373.5473104
3655.0	2.53819	33.40	187.95	62.78258	0	0.000	243.470	361.5505853
3708.7	2.57552	32.87	187.95	61.77833	0	0.000	230.413	349.8179954
3762.5	2.61284	32.34	187.95	60.79015	0	0.000	217.784	338.3418751
3816.2	2.65017	31.83	187.95	59.81777	0	0.000	205.574	327.114623
3870.0	2.68750	31.32	187.95	58.86094	0	0.000	193.774	316.1286877
3923.7	2.72482	30.82	187.95	57.91942	0	0.000	182.375	305.3765516
3977.5	2.76215	30.32	187.95	56.99296	0	0.000	171.370	294.8507128
4031.2	2.79947	29.84	187.95	56.08132	0	0.000	160.749	284.5436653
4085.0	2.83680	29.36	187.95	55.18427	0	0.000	150.504	274.4478753
4138.7	2.87413	28.89	187.95	54.30156	0	0.000	140.630	264.5557548
4192.5	2.91145	28.43	187.95	53.43297	0	0.000	131.117	254.8596312
4246.2	2.94878	27.97	187.95	52.57827	0	0.000	121.959	245.3517106
4300.0	2.98611	27.53	187.95	51.73725	0	0.000	113.149	236.0240359
4353.7	3.02343	27.09	187.95	50.90968	0	0.000	104.680	226.8684357
4407.5	3.06076	26.65	187.95	50.09534	0	0.000	96.548	217.8764634
4461.2	3.09809	26.23	187.95	49.29403	0	0.000	88.745	209.039323
4515.0	3.13541	25.81	187.95	48.50554	0	0.000	81.267	200.347778
4568.7	3.17274	25.39	187.95	47.72966	0	0.000	74.108	191.7920379
4622.5	3.21006	24.99	187.95	46.9662	0	0.000	67.264	183.3616153

ลิขสิทธิ์เป็นของเอกสารนี้เป็นของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.1 แสดงผลตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่าอัตราการซึมและระดับน้ำ

โดยใช้ประสิทธิภาพที่ได้จาก Infiltrometer Test และ $H_0 = 3$ m. (ต่อ)

Time (min.)	Time (day)	Eff.(%)	AC_p	AC_f	Infil.rate (pure) (mm./day)	H of Surface For pure (mm.)	H of Surface For flood (mm.)	Infil.rate (flood) (mm./day)
4676.2	3.24739	24.59	187.95	46.21494	0	0.000	60.730	175.0451438
4730.0	3.28472	24.20	187.95	45.4757	0	0.000	54.503	166.8301421
4783.7	3.32204	23.81	187.95	44.74829	0	0.000	48.579	158.7027035
4837.5	3.35937	23.43	187.95	44.03251	0	0.000	42.956	150.6470797
4891.2	3.39670	23.05	187.95	43.32818	0	0.000	37.632	142.6451121
4945.0	3.43402	22.68	187.95	42.63512	0	0.000	32.605	134.6754355
4998.7	3.47135	22.32	187.95	41.95314	0	0.000	27.875	126.7123328
5052.5	3.50868	21.96	187.95	41.28207	0	0.000	23.443	118.7240356
5106.2	3.54600	21.61	187.95	40.62174	0	0.000	19.313	110.6701053
5160.0	3.58333	21.27	187.95	39.97197	0	0.000	15.487	102.4972075
5213.7	3.62065	20.93	187.95	39.33259	0	0.000	11.973	94.13189278
5267.5	3.65798	20.59	187.95	38.70344	0	0.000	8.783	85.46732311
5321.2	3.69531	20.26	187.95	38.08435	0	0.000	5.934	76.33633427
5375.0	3.73263	19.94	187.95	37.47517	0	0.000	3.453	66.44853026
5428.7	3.76996	19.62	187.95	36.87573	0	0.000	1.393	55.20718544
5482.5	3.80729	19.31	187.95	36.28588	0	0.000	0.000	40.8980388

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.2 แสดงการคำนวณหาปริมาตรน้ำที่ถูกเติมสำหรับพื้นที่ 1 m^2

Time (min.)	Pure water				Flood water			
	H of Surface (mm.)	Δ Hp (mm.)	Volume of water(m^3)	V per 1 m^2	H of Surface (mm.)	Δ Hf (mm.)	Volume of water(m^3)	V per 1 m^2
0.0	3000.000	-	0.000	0.000				
53.8	2914.294	85.706	0.878	0.072	2914.294	85.706	0.878	0.072
107.5	2829.362	84.932	0.870	0.071	2830.721	83.573	0.856	0.070
161.3	2745.212	84.150	0.862	0.070	2749.229	81.492	0.834	0.068
215.0	2661.852	83.360	0.854	0.070	2669.770	79.460	0.814	0.066
268.8	2579.292	82.560	0.845	0.069	2592.295	77.475	0.793	0.065
322.5	2497.541	81.751	0.837	0.068	2516.757	75.537	0.774	0.063
376.3	2416.609	80.932	0.829	0.068	2443.112	73.645	0.754	0.062
430.0	2336.507	80.103	0.820	0.067	2371.315	71.797	0.735	0.060
483.7	2257.243	79.263	0.812	0.066	2301.322	69.993	0.717	0.059
537.5	2178.831	78.413	0.803	0.066	2233.091	68.231	0.699	0.057
591.2	2101.280	77.551	0.794	0.065	2166.579	66.511	0.681	0.056
645.0	2024.603	76.677	0.785	0.064	2101.748	64.832	0.664	0.054
698.7	1948.811	75.791	0.776	0.063	2038.556	63.192	0.647	0.053
752.5	1873.919	74.893	0.767	0.063	1976.966	61.590	0.631	0.051
806.2	1799.938	73.981	0.758	0.062	1916.939	60.027	0.615	0.050
860.0	1726.883	73.055	0.748	0.061	1858.439	58.500	0.599	0.049
913.7	1654.768	72.115	0.738	0.060	1801.429	57.009	0.584	0.048
967.5	1583.608	71.160	0.729	0.059	1745.876	55.554	0.569	0.046
1021.2	1513.419	70.189	0.719	0.059	1691.743	54.132	0.554	0.045
1075.0	1444.218	69.201	0.709	0.058	1638.999	52.745	0.540	0.044
1128.7	1376.022	68.196	0.698	0.057	1587.609	51.390	0.526	0.043
1182.5	1308.849	67.173	0.688	0.056	1537.543	50.067	0.513	0.042
1236.2	1242.720	66.130	0.677	0.055	1488.768	48.775	0.499	0.041
1290.0	1177.653	65.067	0.666	0.054	1441.255	47.513	0.487	0.040
1343.7	1113.671	63.982	0.655	0.053	1394.973	46.282	0.474	0.039
1397.5	1050.797	62.874	0.644	0.053	1349.894	45.079	0.462	0.038
1451.2	989.054	61.743	0.632	0.052	1305.990	43.905	0.450	0.037

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.2 แสดงการคำนวณหาปริมาตรน้ำที่ถูกเติมสำหรับพื้นที่ 1 m^2 (ต่อ)

Time (min.)	Pure water				Flood water			
	H of Surface (mm.)	Δ Hp (mm.)	Volume of water(m^3)	V per 1 m^2	H of Surface (mm.)	Δ Hf (mm.)	Volume of water(m^3)	V per 1 m^2
1505.0	928.469	60.585	0.620	0.051	1263.231	42.758	0.438	0.036
1558.7	869.070	59.399	0.608	0.050	1221.593	41.639	0.426	0.035
1612.5	810.886	58.184	0.596	0.049	1181.047	40.546	0.415	0.034
1666.2	753.948	56.937	0.583	0.048	1141.569	39.478	0.404	0.033
1720.0	698.292	55.656	0.570	0.047	1103.132	38.436	0.394	0.032
1773.7	643.954	54.338	0.556	0.045	1065.714	37.419	0.383	0.031
1827.5	590.975	52.979	0.543	0.044	1029.289	36.425	0.373	0.030
1881.2	539.398	51.576	0.528	0.043	993.834	35.455	0.363	0.030
1935.0	489.274	50.125	0.513	0.042	959.327	34.507	0.353	0.029
1988.7	440.654	48.620	0.498	0.041	925.744	33.582	0.344	0.028
2042.5	393.599	47.055	0.482	0.039	893.065	32.679	0.335	0.027
2096.2	348.177	45.423	0.465	0.038	861.268	31.797	0.326	0.027
2150.0	304.462	43.714	0.448	0.037	830.332	30.936	0.317	0.026
2203.7	262.543	41.919	0.429	0.035	800.236	30.095	0.308	0.025
2257.5	222.521	40.022	0.410	0.033	770.962	29.274	0.300	0.024
2311.2	184.516	38.005	0.389	0.032	742.490	28.472	0.292	0.024
2365.0	148.672	35.844	0.367	0.030	714.801	27.689	0.284	0.023
2418.7	115.168	33.504	0.343	0.028	687.877	26.924	0.276	0.023
2472.5	84.234	30.934	0.317	0.026	661.700	26.178	0.268	0.022
2526.2	56.182	28.052	0.287	0.023	636.251	25.448	0.261	0.021
2580.0	31.466	24.716	0.253	0.021	611.515	24.736	0.253	0.021
2633.7	10.846	20.620	0.211	0.017	587.475	24.041	0.246	0.020
2687.5	0.000	10.846	0.111	0.009	564.113	23.361	0.239	0.020
2741.2	0.000	0.000	0.000	0.000	541.415	22.698	0.232	0.019
2795.0	0.000	0.000	0.000	0.000	519.365	22.050	0.226	0.018
2848.7	0.000	0.000	0.000	0.000	497.948	21.417	0.219	0.018
2902.5	0.000	0.000	0.000	0.000	477.150	20.799	0.213	0.017
2956.2	0.000	0.000	0.000	0.000	456.955	20.195	0.207	0.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.2 แสดงการคำนวณหาปริมาตรน้ำที่ถูกเติมสำหรับพื้นที่ 1 m^2 (ต่อ)

Time (min.)	Pure water				Flood water			
	H of Surface (mm.)	Δ Hp (mm.)	Volume of water(m^3)	V per 1 m^2	H of Surface (mm.)	Δ Hf (mm.)	Volume of water(m^3)	V per 1 m^2
3010.0	0.000	0.000	0.000	0.000	437.350	19.605	0.201	0.016
3063.7	0.000	0.000	0.000	0.000	418.321	19.029	0.195	0.016
3117.5	0.000	0.000	0.000	0.000	399.855	18.466	0.189	0.015
3171.2	0.000	0.000	0.000	0.000	381.939	17.916	0.183	0.015
3225.0	0.000	0.000	0.000	0.000	364.560	17.379	0.178	0.015
3278.7	0.000	0.000	0.000	0.000	347.707	16.853	0.173	0.014
3332.5	0.000	0.000	0.000	0.000	331.367	16.340	0.167	0.014
3386.2	0.000	0.000	0.000	0.000	315.528	15.839	0.162	0.013
3440.0	0.000	0.000	0.000	0.000	300.179	15.349	0.157	0.013
3493.7	0.000	0.000	0.000	0.000	285.310	14.869	0.152	0.012
3547.5	0.000	0.000	0.000	0.000	270.909	14.401	0.147	0.012
3601.2	0.000	0.000	0.000	0.000	256.966	13.943	0.143	0.012
3655.0	0.000	0.000	0.000	0.000	243.470	13.495	0.138	0.011
3708.7	0.000	0.000	0.000	0.000	230.413	13.057	0.134	0.011
3762.5	0.000	0.000	0.000	0.000	217.784	12.629	0.129	0.011
3816.2	0.000	0.000	0.000	0.000	205.574	12.210	0.125	0.010
3870.0	0.000	0.000	0.000	0.000	193.774	11.800	0.121	0.010
3923.7	0.000	0.000	0.000	0.000	182.375	11.399	0.117	0.010
3977.5	0.000	0.000	0.000	0.000	171.370	11.006	0.113	0.009
4031.2	0.000	0.000	0.000	0.000	160.749	10.621	0.109	0.009
4085.0	0.000	0.000	0.000	0.000	150.504	10.244	0.105	0.009
4138.7	0.000	0.000	0.000	0.000	140.630	9.875	0.101	0.008
4192.5	0.000	0.000	0.000	0.000	131.117	9.513	0.097	0.008
4246.2	0.000	0.000	0.000	0.000	121.959	9.158	0.094	0.008
4300.0	0.000	0.000	0.000	0.000	113.149	8.810	0.090	0.007
4353.7	0.000	0.000	0.000	0.000	104.680	8.468	0.087	0.007
4407.5	0.000	0.000	0.000	0.000	96.548	8.133	0.083	0.007
4461.2	0.000	0.000	0.000	0.000	88.745	7.803	0.080	0.007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค.2 แสดงการคำนวณหาปริมาตรน้ำที่ถูกเติมสำหรับพื้นที่ 1 m^2 (ต่อ)

Time (min.)	Pure water				Flood water			
	H of Surface (mm.)	Δ Hp (mm.)	Volume of water(m^3)	V per 1 m^2	H of Surface (mm.)	Δ Hf (mm.)	Volume of water(m^3)	V per 1 m^2
4515.0	0.000	0.000	0.000	0.000	81.267	7.478	0.077	0.006
4568.7	0.000	0.000	0.000	0.000	74.108	7.159	0.073	0.006
4622.5	0.000	0.000	0.000	0.000	67.264	6.844	0.070	0.006
4676.2	0.000	0.000	0.000	0.000	60.730	6.534	0.067	0.005
4730.0	0.000	0.000	0.000	0.000	54.503	6.227	0.064	0.005
4783.7	0.000	0.000	0.000	0.000	48.579	5.924	0.061	0.005
4837.5	0.000	0.000	0.000	0.000	42.956	5.623	0.058	0.005
4891.2	0.000	0.000	0.000	0.000	37.632	5.324	0.055	0.004
4945.0	0.000	0.000	0.000	0.000	32.605	5.027	0.051	0.004
4998.7	0.000	0.000	0.000	0.000	27.875	4.730	0.048	0.004
5052.5	0.000	0.000	0.000	0.000	23.443	4.432	0.045	0.004
5106.2	0.000	0.000	0.000	0.000	19.313	4.131	0.042	0.003
5160.0	0.000	0.000	0.000	0.000	15.487	3.826	0.039	0.003
5213.7	0.000	0.000	0.000	0.000	11.973	3.514	0.036	0.003
5267.5	0.000	0.000	0.000	0.000	8.783	3.190	0.033	0.003
5321.2	0.000	0.000	0.000	0.000	5.934	2.849	0.029	0.002
5375.0	0.000	0.000	0.000	0.000	3.453	2.480	0.025	0.002
5428.7	0.000	0.000	0.000	0.000	1.393	2.061	0.021	0.002
5482.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.393	0.014	0.0012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้