สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

DEVELOPMENT OF INFILTROMETER

โดย

นายจุติ รุจิระกำธรชัย

นายบุณยฤทธิ์ สุรารักษ์ลิขิต

นายวรัญญู ประพรรติจักกิจ

นายวรากร จันวงษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42377
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2543

การพัฒนาเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

DEVELOPMENT OF INFILTROMETER

โดย

นายจุติ รุจิระกำธรชัย

นายบุณยฤทธิ์ สุรารักษ์ลิขิต

นายวรัญญู ประพรรติจักกิจ

นายวรากร จันวงษา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ทรงวุฒิ แสงจันทร์

อาจารย์ ดร.วินัย กล้าจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

ผู้จัดทำ

1.นายจุติ รุจิระคำธรชัย

2.นายบุณยฤทธิ์ สุรารักษ์ลิขิต

3.นายวรัญญู ประพรรดิจักกิจ

4.นายวรากร จันวงษา

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ทรงวุฒิ แสงจันทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.วินัย กล้าจริง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

จุติ	รุจิระกำธรชัย	
บุณยฤทธิ์	สุรารักษ์ลิขิต	
วรัญญู	ประพรรติจักกิจ	
วรากร	จันวงษา	
ทรงวุฒิ	แสงจันทร์	อาจารย์ที่ปรึกษา
วินัย	กล้าจริง	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อรายงานการศึกษาการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยการสร้างอุปกรณ์สำหรับเติมน้ำ และสามารถอ่านค่าความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินได้ ซึ่งสามารถใช้แทนฮุกเกจที่ใช้ในการอ่านค่าระดับความลึกสะสมของน้ำแบบเดิม เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะประกอบด้วย ถังเติมน้ำ(Mariotte tank) สูง 1200 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร และท่ออ่านระดับน้ำขนาด 7.7 มิลลิเมตร โดยอ่านค่าได้สูงสุด 950 มิลลิเมตร และมีสายยางต่อไปยังวาล์วลูกลอย เพื่อปล่อยให้น้ำลงไปในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น(Double ring) โดยถังทั้งสองชั้นเป็นแบบเปิดท้ายทั้งสองด้านมีความสูง 300 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง 550 มิลลิเมตร และ 300 มิลลิเมตร

จากผลการทดลองพบว่า อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นแทนการใช้ฮุกเกจสามารถใช้งานได้ดี อ่านค่าการซึมน้ำผ่านผิวดินได้สะดวก และสามารถเติมน้ำเข้าสู่ตัวถังวัดได้โดยอัตโนมัติ นอกจากนั้นได้ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อหาค่าความลึกสะสมของน้ำ และอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพื่อช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF INFILTROMETER

Juti	Rujirakamtornchai	
Boonyalit	Suraraklikit	
Waranyu	Prapattijakkit	
Warakorn	Chanwongsa	
Songvoot	Sangchan	Advisor
Vinai	Klajring	Advisor
2000		

Abstract

This thesis aimed to develop infiltrometer by construct a tank and measuring the change of depth of accumulated water that infiltrates the soil. This infiltrometer can be used to replace the Commonly used hook gauge.

The height of the new infiltrometer used with tank was 1200 mm with a diameter of 150 mm. The level water tube had a diameter of 7.7 mm with a maximum parameter of 950 mm. The double ring infiltrometer height was 300 mm with a 550 mm and 300 mm diameter.

Results of the study revealed that readings made from the infiltrometer and hook gauge showed not very significant differences. Furthermore, if the water in the infiltrometer tank gets dirty, reading from the scale becomes difficult. However, as compared to the hook gauge, the new infiltrometer provided more convenience in reading infiltration and allowed automatic transfer of water to the double ring. An application program computing the depth of accumulated water and the rate of infiltration was written to reduce the time used in analyzing the results.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	2
1.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 เนื้อดินและโครงสร้างของดิน	3
2.2 การไหลซึมของน้ำจากผิวดิน	7
2.2.1 น้ำในดินและชนิดของน้ำในดิน	7
2.2.2 ลักษณะการไหลซึมของน้ำจากผิวดิน	9
2.2.3 การไหลซึมของน้ำ	11
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	13
2.4 การวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	16
บทที่ 3 การพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	22
3.1 แนวคิดของการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	22
3.2 หลักการออกแบบและการสร้างเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	22
3.3 หลักการทำงานของเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	43
บทที่ 4 การทดลองเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	46
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	46
4.2 วิธีการติดตั้งและการทดลอง	46
4.2.1 วิธีการติดตั้ง	46
4.2.2 วิธีการทดลอง	51
4.3 การปรับแก้ค่าที่ได้จากการทดลอง	53
4.4 ผลที่ได้จากการทดลอง	55
บทที่ 5 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง	60
5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
5.2 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	63
บทที่ 6 โปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	64
6.1 แนวคิดและที่มาของการเขียนโปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำในดิน	64
6.2 หลักการเขียนโปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำในดิน	64
6.2.1 วิธีการใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล	64
6.2.2 หลักการเขียนโปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำในดิน (โปรแกรม Infiltration)	67
6.3 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม Infiltration	74
บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ	76
7.1 สรุปผลการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	76
7.2 ข้อเสนอแนะและสิ่งที่ควรปรับปรุง	76
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รายละเอียดของแบบเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	
ภาคผนวก ข ผลการทดลองและผลการคำนวณ	
ภาคผนวก ค การสร้างกราฟลอการิธึมโดยใช้ไมโครซอฟท์เอกเซล	
ภาคผนวก ง การประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	
ภาคผนวก จ การนำเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ	
ภาคผนวก ฉ วิธีการใช้งานโปรแกรม Infiltration 2544	
ภาคผนวก ช แผนผังการออกแบบเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูป 2.1 แผนภาพสามเหลี่ยมแจงประเภทของเนื้อดินตามสัดส่วนโดยมวล	4
รูป 2.2 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมโดยแยกเนื้อดินออกเป็นกลุ่มใหญ่ 3 กลุ่ม	5
รูป 2.3 เปรียบเทียบขนาดของกลุ่มขนาดต่าง ๆ ของดิน	6
รูป 2.4 น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง ๆ	9
รูป 2.5 เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง เขตส่งผ่าน เขตเริ่มเปียก และแนวเปียกน้ำในขณะที่ให้น้ำจากผิวดิน	12
รูป 2.6 ประเภท(types)ต่าง ๆ ของโครงสร้างดิน	14
รูป 2.7 ถังวัดอัตราการซึมแบบต่าง ๆ	17
รูป 2.8 การวัดอัตราการซึมแบบประหยัด	17
รูป 2.9 ถังวัดอัตราการซึมของน้ำของบริษัท ELE International	18
รูป 2.10 เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำ	19
รูป 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินกับเวลาเมื่อนำมาเขียนในกระดาษกราฟแบบธรรมดา	19
รูป 2.12 กราฟเส้นตรงของสมการ $y = mx + c$	20
รูป 3.1 แสดงแบบจำลองเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่จะออกแบบและสร้าง	22
รูป 3.2 แสดงถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบชั้นเดียว(Single Ring)	23
รูป 3.3 แสดงการไหลซึมของน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินใบเดียว	25
รูป 3.4 แสดงถึงแรงดูดซับที่ดินมีต่อน้ำทุกทิศทุกทาง	26
รูป 3.5 แสดงการไหลซึมของน้ำ เมื่อมีถังใบนอกมาวางซ้อนกัน	26
รูป 3.6 แสดงแรงดันน้ำที่กระทำซึ่งกันและกันมีผลให้เกิดความสมดุล	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูป 3.7 ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น (Double Ring)ที่สร้างเสร็จแล้ว	27
รูป 3.8 ถังเติมน้ำรูปแบบต่าง ๆ	28
รูป 3.9 แสดงถึงปรากฏการณ์การไหลของอากาศและการลดระดับน้ำในถังเติมน้ำ	29
รูป 3.10 แผนผังการทำงานของถังเติมน้ำ(Marriotte Tank)	30
รูป 3.11 (ก) ถังเติมน้ำ(Mariotte Tank) (ข) ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	31
รูป 3.12 ถังเติมน้ำที่สร้างเสร็จแล้ว	33
รูป 3.13 เรือนยึดวาล์วลูกลอย	34
รูป 3.14 ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ	34
รูป 3.15 เรือนยึดวาล์วลูกลอยที่สร้างเสร็จแล้ว	35
รูป 3.16 วาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	36
รูป 3.17 โครงสร้างภายในอย่างคร่าว ๆ ของวาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำ	36
รูป 3.18 แสดงการทำงานของวาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำ	37
รูป 3.19 แผนผังการทำงานของวาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำ	37
รูป 3.20 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของแท่นตั้งถังเติมน้ำ	38
รูป 3.21 แท่นตั้งถังเติมน้ำที่สร้างเสร็จแล้ว	39
รูป 3.22 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ	39
รูป 3.23 ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจที่สร้างเสร็จแล้ว	40
รูป 3.24 แสดงการแตะผิวระดับน้ำของปลายตะขอ	40
รูป 3.25 ฮุกเกจแบบวัดการระเหยของน้ำ(Hook Gauge Evaporimeter) โดยบริษัท ELE International	41
รูป 3.26 การนำฮุกเกจไปใช้วัดระดับน้ำในการชลประทานโดยการวัดในบ่อน้ำนิ่ง(Stilling Chamber)	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูป 3.27 ฮุกเกจที่ใช้ในการวัดค่าความลึกสะสมของน้ำในดิน	42
รูป 3.28 ฮุกเกจที่สร้างเสร็จแล้ว	43
รูป 3.29 แสดงการทำงานของเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	43
รูป 3.30 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่มีผลต่อระดับน้ำในถังเติมน้ำ	44
รูป 3.31 แผนผังการทำงานของเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	45
รูป 4.1 แสดงการตอกถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินลงไปในดิน	46
รูป 4.2 ค้อนและท่อนไม้ที่ใช้ตอก	47
รูป 4.3 การวัดระดับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินโดยใช้ปรอทวัดระดับ	47
รูป 4.4 แสดงการวัดระดับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่อยู่เหนือผิวดินโดยใช้ตลับเมตร	48
รูป 4.5 ปรอทวัดระดับและตลับเมตร	48
รูป 4.6 การตั้งราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ	48
รูป 4.7 การแขวนฮุกเกจ	49
รูป 4.8 การแขวนเรือนยึดวาล์วลูกลอย	49
รูป 4.9 การตั้งถังเติมน้ำไว้ที่แท่นตั้งถังเติมน้ำ	50
รูป 4.10 การติดตั้งวาล์วลูกลอยเข้ากับเรือนยึดวาล์วลูกลอย	50
รูป 4.11 การต่อสายยางเข้ากับลูกลอย	50
รูป 4.12 การต่อสายยางเข้ากับถังเติมน้ำ	51
รูป 4.13 เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่ติดตั้งเสร็จแล้ว	51
รูป 4.14 การนำแผ่นพลาสติกมาคลุมถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	52
รูป 4.15 แสดงปลายตะขอของฮุกเกจแตะผิวระดับน้ำ	52
รูป 4.16 ตารางบันทึกผลที่ใช้ในการทดลอง	53
รูป 4.17 กระดาษกราฟธรรมดาและกระดาษกราฟลอการิธึม	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูป 4.18 แสดงถึงปริมาตรลดและเพิ่มของถังเติมน้ำและถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่าผิวดิน	54
รูป 4.19 กราฟที่วาดลงในกระดาษกราฟธรรมดา	55
รูป 4.20 กราฟที่วาดลงในกราฟลอการิธึม	56
รูป 4.21 ปรากฏการณ์แรงตึงผิวของน้ำในท่อดูระดับน้ำ	59
รูป 5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสมการฮุกเกจและวาล์วลูกลอย	62
รูป 5.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสมการของฮุกเกจและวาล์วลูกลอยเมื่อวาดลงในกระดาษกราฟลอการิธึม	62
รูป 6.1 หน้าต่างของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล	64
รูป 6.2 ผังการทำงานของโปรแกรม Infiltration(Flow Chart Infiltration Software)	75
รูป 7.1 ระบบการอ่านค่าอัตโนมัติโดยใช้ลูกลอย	77
รูป 7.2 ระบบการอ่านค่าแบบถ่ายเทความร้อน	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 1 การจำแนกกลุ่มขนาดตามระบบสหรัฐอเมริกา(USDA) เปรียบเทียบกับระบบสากล(ISSS)	6
ตาราง 2 ความลึกของเขตรากพืชของพืชแต่ละชนิด	10 - 11
ตาราง 3 สรุปสมการความลึกสะสมและอัตราการซึมสะสมของน้ำในดินที่ได้จากฮุกเกจและวาล์วลูกลอยทั้ง 5 ครั้ง	58
ตาราง 4 แสดงค่าความลึกสะสมที่คำนวณได้จากสมการของฮุกเกจและวาล์วลูกลอย ตั้งแต่เวลา 0 นาที ถึง 120 นาที	60 - 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในทางการเกษตรชลประทาน สิ่งสำคัญและเป็นปัญหาในการออกแบบและประเมินผล คือ การซึมของน้ำผ่านผิวดิน(Infiltration) การซึมของน้ำผ่านผิวดินถือเป็นส่วนหนึ่งของการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน โดยจะอยู่ภายในเขตรากพืช ถ้าเลยเขตรากพืชแล้วจะเรียกว่า การซึมในดิน (Percolation) การซึมของน้ำผ่านผิวดิน เมื่อลงไปในดินจะซึมได้ทุกทิศทาง โดยแรงดูดซับระหว่างน้ำกับเม็ดดิน มีเพียงทิศทางเดียวที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด คือ การซึมของน้ำผ่านผิวดินในแนวดิ่ง ซึ่งในการซึมของน้ำผ่านผิวดินในแนวดิ่ง จะซึมในอัตราที่ค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งดินมีความชื้นถึงจุดอิ่มตัว อัตราของการซึมจะคงที่ อัตราของการซึมที่กล่าวนี้ เรียกว่า อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน(Infiltration Rate) ในการวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะใช้เครื่องมือชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน(Infiltrometer) เป็นเครื่องมือที่จะต้องวัดค่าความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดิน(Accumulative Depth) จึงจะสามารถวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินได้

การพัฒนาเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินนี้ เป็นการพัฒนาในส่วนของการอ่านค่าความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดิน โดยเดิมทีเดียว การวัดความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ฮุกเกจ(Hook Gauge) โดยมีตะขอเป็นตัวชี้ตำแหน่งการวัด นั่นคือปลายตะขอจะต้องแตะผิวระดับน้ำจึงจะวัดออกมาเป็นค่าระดับน้ำได้ แต่การใช้ฮุกเกจมีปัญหาในการวัด ก็คือ เวลาวัดจะต้องทำการเลื่อนเข็ม และยังต้องดูด้วยว่า ปลายตะขอแตะผิวระดับน้ำจริงหรือไม่ ถ้าน้ำขุ่นจะเห็นปลายตะขอไม่ชัด ทำให้ผลการทดลองมีความไม่ต่อเนื่องและผิดพลาดได้ จึงต้องมีการพัฒนาโดยการสร้างเครื่องมืออ่านค่าที่ต่อเนื่อง และอุปกรณ์ที่กล่าวนี้คือ อุปกรณ์วัดระดับน้ำโดยใช้วาล์วลูกลอย โดยจะต้องมีถังเก็บน้ำเป็นตัวเติมน้ำอยู่ตลอดเวลา

ในโครงงานนี้ จะใช้ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน แบบวงแหวนสองชั้น(Double Ring) และใช้ถังเติมน้ำแบบมาริโอต(Mariotte Tank) เป็นเครื่องมือในการเก็บน้ำ และอ่านค่าที่เสกลแล้วต่อสายยางไปยังลูกลอย โดยลูกลอยจะต้องมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก จึงจะใช้งานได้ นอกจากนั้นจะต้องสร้างฮุกเกจที่เหมาะสำหรับการหาค่าความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดิน เพื่อเป็นค่าอ้างอิงในการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดระดับน้ำโดยใช้วาล์วลูกลอยว่าใช้งานได้หรือไม่ นอกจากตัวอุปกรณ์ที่ต้องพัฒนาแล้ว เราจะต้องสร้างโปรแกรมหาอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพื่อลดเวลาการวิเคราะห์ผลการทดลองได้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำและฮุกเกจ

2.เพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากเครื่องวัดอัตราการซึมที่สร้างขึ้นมาใหม่และค่าที่ได้จากฮุกเกจ

3.เพื่อทำการออกแบบโปรแกรมคำนวณหาอัตราการซึมของน้ำโดยรับค่า ระดับน้ำในถังเติมน้ำ และเวลาที่ได้จากการทดลอง

1.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

จะได้อุปกรณ์วัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำ และอ่านค่าได้ง่าย และยังสามารถขนย้ายได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 เนื้อดินและโครงสร้างของดิน

เนื้อดินเป็นสมบัติทางฟิสิกส์ขั้นมูลฐาน ซึ่งจะมีผลควบคุมสมบัติทางฟิสิกส์อื่น ๆ ของดิน เนื้อดินสื่อความหมายด้านขนาดหรือความหยาบ-ละเอียดของอนุภาคอนินทรีย์(inorganic particles) ที่เป็นองค์ประกอบของดินนั้น

ในด้านปฐพีวิทยา เนื้อดินถูกจำแนกเป็นหลายประเภท สิ่งที่กำหนดประเภทของเนื้อดิน คือ สัดส่วนโดยมวลของอนุภาคอนินทรีย์ 3 กลุ่มขนาด(soil separates) คือ

1.อนุภาคทราย(sand) จัดเป็นกลุ่มขนาดโตที่สุดในดิน

2.อนุภาคตะกอนทรายหรืออนุภาคทรายแป้ง(silt) จัดเป็นกลุ่มขนาดปานกลาง

3.อนุภาคดินเหนียว(clay) จัดเป็นกลุ่มขนาดเล็กที่สุดในดิน

เหตุที่เรียกว่ากลุ่มขนาดเป็นเพราะ แต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยอนุภาคหลายขนาดจัดไว้เป็นช่วง ซึ่งกำหนดโดยพิกัดของขนาด พิกัดของขนาดนี้มีทั้งพิกัดบน(upper limit)และพิกัดล่าง(lower limit) อนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว มีพิกัดของขนาดที่แตกต่างกัน

สัดส่วนผสมของอนุภาคหลายกลุ่มขนาดนี้จะมีผลต่อสมบัติทางฟิสิกส์หลายประการ เช่น

1.ความสามารถในการอุ้มน้ำ ซึ่งหมายถึงสมบัติของดินในการบรรจุน้ำไว้ได้มากหรือน้อย

2.ความสามารถในการถ่ายเทอากาศ ซึ่งหมายถึงความสามารถของดินในการบรรจุอากาศ และความสามารถในการถ่ายเทแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างดินและบรรยากาศ

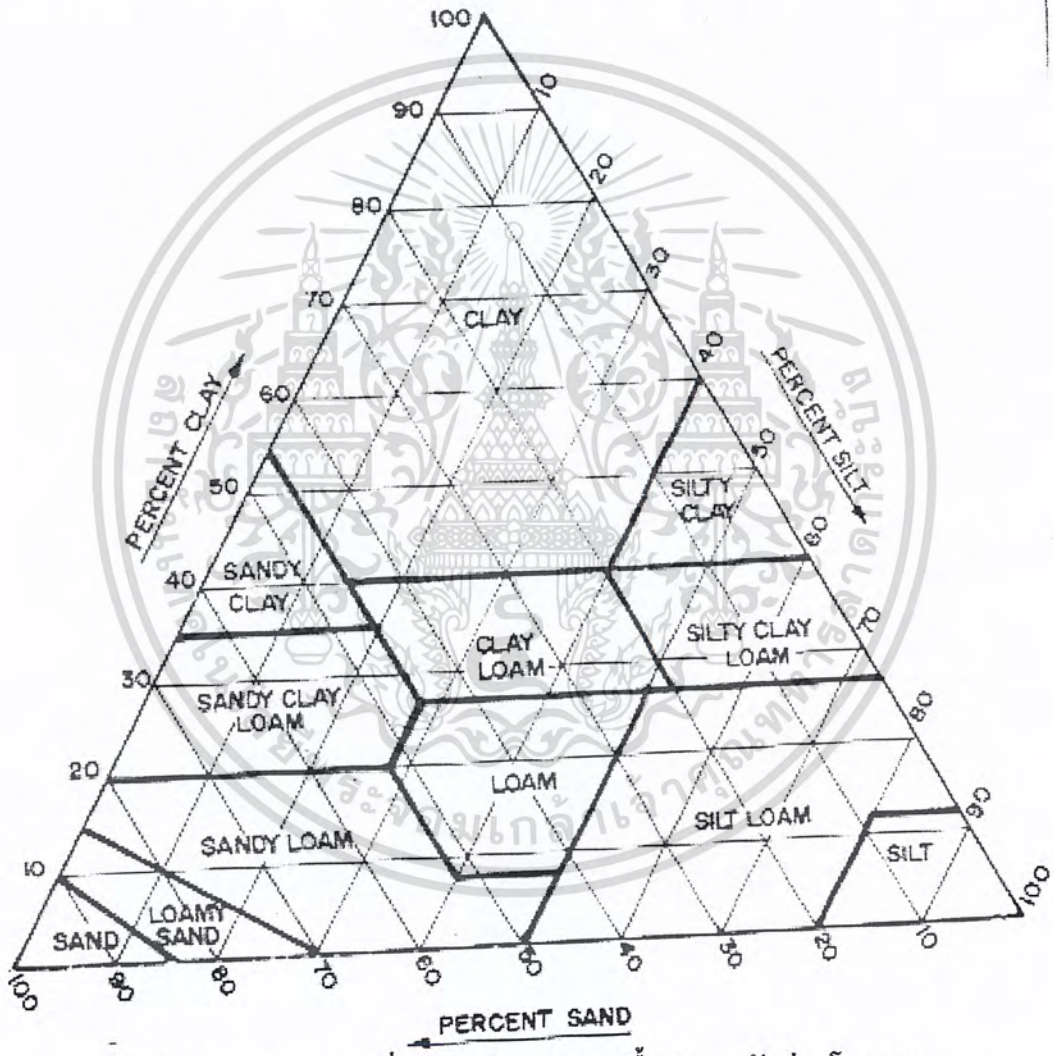
3.ความแข็งของดิน ซึ่งหมายถึงความแน่นหนาของการเกาะตัวกันของอนุภาคดินเป็นก้อนดิน หรือเป็นหน้าตัดดิน

ความสามารถของดินในการอุ้มน้ำและถ่ายเทอากาศมีความผูกพันกับจำนวนและขนาดของช่องในดิน ซึ่งได้รับผลโดยตรงจากขนาดของอนุภาค ส่วนความแข็งของดินผูกพันกับความแข็งแรงของการเชื่อมยึดระหว่างอนุภาคเดี่ยวโดยอิทธิพลของสารเชื่อม ความแข็งของดินได้รับผลโดยอ้อมจากขนาดของอนุภาคโดยที่ว่าถ้าอนุภาคดินมีขนาดเล็ก พื้นที่ผิวสัมผัสรวมทั้งจุดสัมผัสระหว่างอนุภาคจะมีค่าเพิ่มขึ้นหากพื้นที่สัมผัสระหว่างอนุภาคมีค่าเพิ่มขึ้น การเชื่อมยึดอนุภาคโดยสารเชื่อมจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

ดินทั่วไปจะประกอบไปด้วยอนุภาคทั้ง 3 กลุ่มขนาด คือทราย,ทรายแป้งและดินเหนียว ดินแต่ละเขตที่มีความแตกต่างกันทางด้านธรณีวิทยา ลักษณะภูมิประเทศ และภูมิอากาศจะมีสัดส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอนุภาคทั้ง 3 กลุ่มขนาดแตกต่างกัน เป็นผลให้เกิดเนื้อดินหลายชนิด และเนื่องจากสัดส่วนผสมของกลุ่มอนุภาคที่วิเคราะห์จริงจากตัวอย่างดินที่มีสมบัติคล้ายกัน อาจแตกต่างกันได้ นักวิทยาศาสตร์ทางดิน จึงจัดเนื้อดินกลุ่มประเภท ซึ่งมีด้วยกัน12 ประเภท ดังแสดงในรูป 2.1 เนื้อดินที่ถูกจัดให้อยู่ในประเภทเดียวกัน ถึงแม้จะมีความผันแปรของสัดส่วนผสมของอนุภาค 3 ชนิดได้แต่จะ



รูป 2.1 แผนภาพสามเหลี่ยมแจงประเภทของเนื้อดินตามสัดส่วนโดยมวล

มีสมบัติทางฟิสิกส์ที่คล้ายกัน การประเมินประเภทของเนื้อดินอาจทำได้เมื่อทราบสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของทราย,ทรายแป้งและดินเหนียว ดังตัวอย่าง สมมุติว่าตัวอย่างดินชนิดหนึ่งมีทราย 40 %,ทรายแป้ง 38 %และมีดินเหนียว 22 % เมื่อตรวจสอบกับไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อดิน พบว่ามีประเภทของเนื้อดินเป็นดินร่วน(loam)

แต่ละมุมของไดอะแกรมสามเหลี่ยมจะเป็นกลุ่มประเภทของเนื้อที่แสดงลักษณะเด่นของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละกลุ่มขนาดของอนุภาค

มุมบนเป็นประเภทดินเหนียว(clay)

มุมล่างซ้ายเป็นประเภทดินทราย(sand)

มุมล่างขวาเป็นประเภทดินทรายแป้ง(silt)

เห็นได้ว่าประเภทเนื้อดินเหนียวกินขอบเขตของพื้นที่มากที่สุดบนไดอะแกรมสามเหลี่ยม ดิน ซึ่งมีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวเกิน 40 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ามีเนื้อดินหลักเป็นประเภทดินเหนียว ในขณะที่เนื้อดินหลักประเภทดินทรายแป้ง และประเภทดินทรายจะต้องมีสัดส่วนของกลุ่มอนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคทรายเกิน 80 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปตามลำดับ เนื้อดินแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

รูป 2.2 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมโดยแยกเนื้อดินออกเป็นกลุ่มใหญ่ 3 กลุ่ม

1.กลุ่มดินเนื้อละเอียด มีดังนี้ คือ ดินเหนียว,ดินเหนียวปนทรายแป้ง,ดินเหนียวปนทราย,ดินร่วนเหนียว,ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง

2.กลุ่มดินเนื้อปานกลาง มีดังนี้ คือ ดินร่วนเหนียวปนทราย,ดินร่วน,ดินร่วนปนทราย,ดินทรายแป้ง

3.กลุ่มดินเนื้อหยาบ มีดังนี้ คือ ดินทราย,ดินทรายร่วน,ดินร่วนทราย

นักวิทยาศาสตร์ทางดินแบ่งอนุภาคดินเป็น 3 กลุ่มอนุภาค ระบบจำแนกขนาดหลายระบบ ที่นิยมใช้มี 2 ระบบ คือ ระบบสหรัฐอเมริกา(USDA)และระบบสากล(ISSS) ดังตาราง 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1 การจำแนกกลุ่มขนาดตามระบบสหรัฐอเมริกา(USDA)เปรียบเทียบกับระบบสากล(ISSS)

กลุ่มขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง(มม.)	
	USDA	ISSS
ทราย	2.00-1.00	-
ทรายหยาบ	1.00-0.50	2.00-0.2
ทรายขนาดปานกลาง	0.50-0.25	-
ทรายละเอียด	0.25-0.10	0.20-0.02
ทรายละเอียดมาก	0.10-0.05	-
ทรายแป้ง	0.05-0.002	0.02-0.002
ดินเหนียว	<0.002	<0.002

ที่มา:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,2541

สองระบบนี้แตกต่างกันเล็กน้อย คือ ระบบ USDA จำแนกชั้นย่อยในกลุ่มทรายออกเป็น 4 กลุ่ม และกำหนดพิกัดบนของขนาดทรายแป้งไว้ที่ 0.05 มม. ในขณะที่ระบบ ISSS จำแนกชั้นย่อยในกลุ่มทรายเป็น 2 กลุ่ม และกำหนดพิกัดบนของขนาดทรายแป้งไว้ที่ 0.02 มม.

เพื่อให้เกิดภาพพจน์ของกลุ่มขนาดของอนุภาคให้พิจารณารูป 2.3 ซึ่งแสดงขนาดสัมพันธ์โดยเฉลี่ยของอนุภาคดินแต่ละกลุ่มขนาด

รูป 2.3 เปรียบเทียบขนาดของกลุ่มขนาดต่าง ๆ ของดิน ในภาพนี้ไม่มีกลุ่มขนาดทรายหยาบมาก

อนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ต่างมีสมบัติทางฟิสิกส์ที่โดดเด่นของตัวเอง ทั้งด้านขนาด รูปร่าง เนื้อที่ผิวจำเพาะ จำนวนและขนาดของช่องภายในก้อนดิน รวมถึงพฤติกรรมที่แสดงออก เช่น อุ้มน้ำการระบายอากาศ และการดูดขับสารต่าง ๆ เมื่ออนุภาคทั้ง 3 กลุ่มขนาด มาผสมรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันเข้าเป็นมวล จึงทำให้มวลดินที่มีประเภทของเนื้อต่างกันมีสมบัติแตกต่างกันด้วย ในที่นี้จะกล่าวถึงลักษณะเฉพาะของเนื้อดินที่จำแนกเป็นกลุ่มคร่าว ๆ ว่าเป็นดินเนื้อหยาบ,เนื้อปานกลางและเนื้อละเอียด

1.ดินเนื้อหยาบ ดินเหล่านี้มีช่องขนาดใหญ่ระหว่างอนุภาคเมื่อเรียงตัวเป็นหน้าตัดดิน ขณะฝนตกหนักหรือให้น้ำชลประทานจำนวนมาก ดินจะรับน้ำผ่านผิวดินได้ดี กล่าวว่ามีการแทรกซึมน้ำดี ภายหลังฝนตกน้ำจะเคลื่อนตัวลงส่วนลึกของหน้าตัดได้เร็ว

2.ดินเนื้อละเอียด ดินเหล่านี้มีลักษณะตรงข้ามกับดินเนื้อหยาบ กล่าวคือช่องว่างระหว่างอนุภาคมีขนาดเล็กและมีปริมาตรรวมของช่องมาก การแทรกซึมของน้ำมีค่าต่ำ และการกระจายน้ำในหน้าตัดดินได้ช้า

3.ดินเนื้อปานกลาง โดยกว้าง ๆดินเนื้อปานกลางจะมีสมบัติกึ่งกลางระหว่างดินเนื้อหยาบและดินเนื้อละเอียดกล่าวคือ ระบายน้ำไม่เร็วจนก่อให้เกิดการชะละลายสูญเสียธาตุอาหารพืช แต่ก็เร็วพอที่จะระบายอากาศได้ทันต่อความต้องการของพืช และเตรียมดินได้ภายหลังฝนตกไม่นาน ดินเนื้อปานกลางมักมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างมาก

2.2 การไหลซึมของน้ำจากผิวดิน

ในการชลประทานเกือบทุกประเภท เราให้น้ำแก่พืชทางผิวดินและให้มันไหลซึมเข้าไปเก็บไว้ในดินเพื่อที่พืชจะนำไปใช้ในภายหลัง ดังนั้นลักษณะการไหลซึมของน้ำเข้าไปในดินจึงเป็นสิ่งที่ควรจะทำความเข้าใจไว้

2.2.1 น้ำในดินและชนิดของน้ำในดิน

การที่พืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่นั้น พืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้มากพอตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบว่า ดินชนิดหนึ่ง ๆ นั้นมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยเพียงไรพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงเท่าไร ตลอดจนจะต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินอย่างไร และจะให้น้ำแก่ดิน เพื่อให้ดินนั้นมีความชื้นพอเหมาะอย่างไร

การเรียงตัวของเมล็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปทรงต่าง ๆ ขึ้น . เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำก็จะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเมล็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ(Adhesive force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน(Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่าแรงดูดซับ(Capillary force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่าดินนั้นอิ่มน้ำ(Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาตรสูงสุดที่ดินจะเก็บกักเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากว่าสสารทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างที่อยู่บนผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำที่อยู่ตรงกลางของช่องว่างกับเมล็ดดินจะน้อยกว่าในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและน้ำต่อดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลก น้ำก็จะไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า น้ำในดินที่ไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำอิสระ(Gravitational Water หรือ Free Water) เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะระบายออกโดยใช้เวลา 2 - 3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี น้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำในช่องว่างที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลก อาจจะมีการเคลื่อนที่ด้วยแรงดูดซับ น้ำซึ่งอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำซับ(Capillary Water) ซึ่งมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ช้ากว่าน้ำอิสระ และจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้ โดยเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอ

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดิน และจากที่พืชดูดเอาไปใช้จะทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่า แรงที่น้ำหรือความชื้นจับยึดติดแน่นเป็นแผ่นบาง ๆ รอบเมล็ดดินจะมากจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดเอาไปใช้ได้ พืชก็จะเหี่ยวเฉา และถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืช ในตอนนี้แล้วพืชก็จะตาย น้ำซึ่งยึดติดแน่นกับเมล็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ด้วยแรงดึงดูดของโลก หรือแรงดูดซับนี้ เรียกว่า น้ำเยื่อ(Hygroscopic Water)

หลังจากที่น้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้ว ความชื้นในดินก็จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะน้ำที่เหลืออยู่มีการเคลื่อนที่ช้ามาก ปริมาณความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปหมดแล้วนี้เรียกว่า เป็นความชื้นที่ Field Capacity

จำนวนความชื้นที่ Field Capacity นี้ไม่อาจหาเป็นค่าตัวเลขที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่ายังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำซับอยู่ตลอดเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นไม่มากนัก ในทางปฏิบัติมักจะถือว่า ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี ปริมาณความชื้นหลังจากที่มีฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำแล้ว2 - 3 วัน เป็นความชื้นที่ Field Capacity

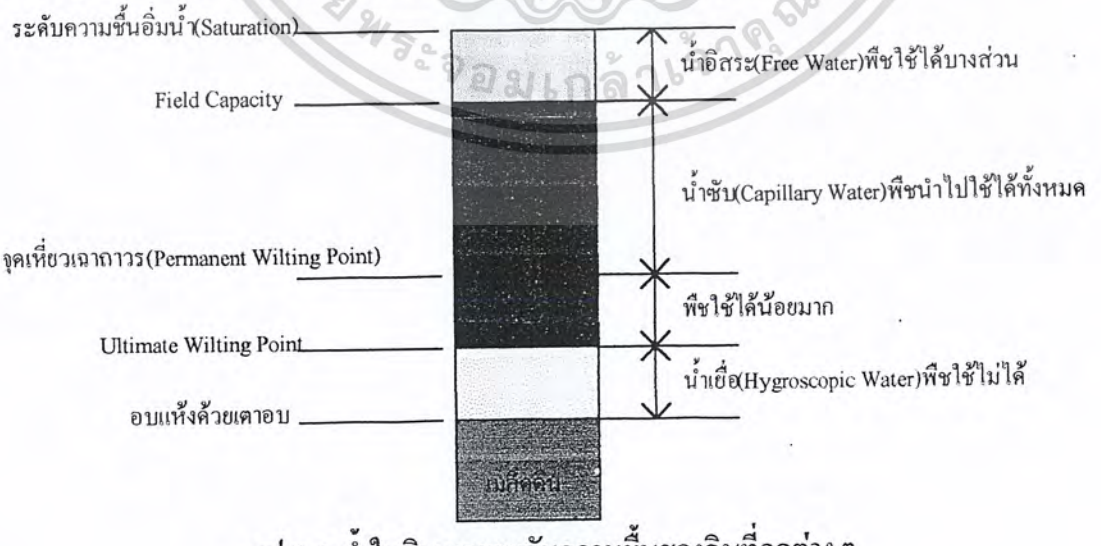
ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ให้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เรียกว่าเป็นความชื้นที่ จุดเหี่ยวเฉาถาวร(Permanent Wilting Point)

อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้ง ก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เช่น ตอนกลางวันที่มีอากาศร้อนจัด ความชื้นของอากาศต่ำ ลมแรง พืชมีใบกว้าง ลักษณะของอากาศและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชเช่นที่กล่าวนี้จะทำให้พืชมีการสูญเสียน้ำโดยการคายออกทางใบมาก และเมื่ออัตราที่พืชดูดน้ำจากดินน้อยกว่าที่คายออกทางใบ พืชก็จะมีการเหี่ยวเฉาถึงแม้ว่าขณะนั้นดินจะมีความชื้นอยู่มากก็ตาม แต่เมื่ออากาศเย็นลง พืชก็จะสดขึ้นตามเดิม จะเห็นได้ว่า อาการเหี่ยวเฉาของพืชไม่ว่าจะเป็นการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรหรือชั่วระยะเวลาหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความลึกและการแผ่กระจายของราก จำนวนความชื้นในดิน ตลอดจนความสามารถของดินที่จะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ เราถือว่าพืชมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร ถ้าหากว่านำพืชที่เฉานั้นไปไว้ในห้องที่มีอากาศเย็นและมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพืชจะมีการสูญเสียน้ำน้อยมาก หรือไม่มีการสูญเสียเลย แล้วพืชนั้นยังไม่สดขึ้น

หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชอาจจะยังดูดความชื้นจากดินได้อีกถึงแม้ว่าจะเป็นปริมาณไม่มากนักก็ตาม กล่าวคือความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชเจริญเติบโตขึ้น แต่จะสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตพืชให้อยู่ต่อไปได้อีกช่วงสั้น ๆ ช่วงเวลาหนึ่งจนกว่าจะได้รับน้ำมาเพิ่มเติม ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืช น้ำในดินก็จะเหลือแต่น้ำเยื่อ ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้และจะตายไปในที่สุดความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้เรียกว่าเป็นความชื้นที่ Ultimate Wilting Point ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉาถาวร ถึง Ultimate Wilting Point เรียกว่า Wilting Range ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉาจากใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อความชื้นในดินถึง Ultimate Wilting Point น้ำในดิน และระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง ๆ ดังรูป 2.4



รูป 2.4 น้ำในดิน และระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง ๆ

2.2.2 ลักษณะการไหลซึมของน้ำจากผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาทิศทางการไหลของน้ำในดินนั้นเป็นเรื่องค่อนข้างยุ่งยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินนั้นไม่อิ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำที่ไหลนั้นอาจจะอยู่ในสภาพของเหลวหรือไอน้ำ และแรงที่ทำให้เกิดการไหลอาจจะเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับ หรือเนื่องมาจากความร้อนก็ได้ กล่าวคือ แรงดึงดูดของโลกจะทำให้น้ำไหลลงในแนวดิ่ง แรงดูดซับทำให้น้ำไหลในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินในทิศทางใดก็ได้และความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำและเพร่กระจายผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดดิน

การไหลซึมของน้ำมีอยู่ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1.**การซึมผ่านผิวดิน(Infiltration)** คือการที่น้ำไหลซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดดิน รอยแตกระแหง และรูโพรงที่เกิดจากการเน่าผุของรากพืชหรือที่เกิดจากการเตรียมดิน

2.**การซึมในดิน(Percolation)** คือการที่น้ำไหลซึมมาแล้วมันจะไหลต่อไปด้วยแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับ และจากความกดดันของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน หรือการไหลซึมของน้ำในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินที่เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโลกและความกดดันของน้ำในขณะที่ให้น้ำ หรือการไหลซึมของน้ำที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลกเพียงอย่างเดียว

การซึมผ่านผิวดินและการซึมในดินมีอิทธิพลต่อการให้น้ำแก่พืชมาก กล่าวคืออัตราที่น้ำซึมผ่านผิวดินเข้าไปในดิน จะมีผลต่อปริมาณน้ำที่ซึมเข้าไปเก็บไว้ในดินในขณะที่ให้น้ำ อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน จะมีผลต่อการแผ่กระจายของน้ำในดินและที่สูญเสียไปโดยการไหลซึมเลยเขตรากพืช(Deep Percolation) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพืชแต่ละชนิดที่ต้องการให้น้ำ โดยที่เขตรากพืชของพืชแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน ดังจะแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ความลึกของเขตรากพืชของพืชแต่ละชนิด

ลำดับ	ชนิดของพืช	ความลึกของเขตรากพืช(เซนติเมตร)
1	ข้าวโพด	70-75
2	ถั่วเขียว	30-60
3	ถั่วลิสง	50-100
4	ถั่วเหลือง	60-130
5	อ้อย	60-125
6	ฝ้าย	100-180
7	ยาสูบ	50-100
8	ข้าวฟ่าง	100-200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9	ทุ่งหญ้า	60-100
10	คำฝอย	90-180
11	กล้วย	50-90
12	ส้มต่าง ๆ	120-150
13	สับปะรด	30-60
14	องุ่น	100-200
15	ส้มเขียวหวาน	120-150
16	ผักต่าง ๆ	30-60
17	กะหล่ำต่าง ๆ	40-60
18	สตรอเบอรี่	20-30
19	แตงกวา	40-60
20	มะเขือยาว	90-120
21	กระเทียม	50-60
22	ผักกาดหอม	50-60
23	ผักกาดกวางตุ้ง	90-120
24	กระเจี๊ยบ	90-120
25	หอม	30-75
26	พริก	50-100
27	มะเขือเทศ	40-100
28	แตงโม	50-100
29	ถั่วต่าง ๆ	76-170
30	ข้าวต่าง ๆ	60-150
31	ทุเรียน	20-30
32	มังคุด	90-120

หมายเหตุ: ที่มาจาก หนังสือของ รศ. ดิเรก ทองอร่าม และ คณะ เรื่องการออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช

2.2.3 การไหลซึมของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

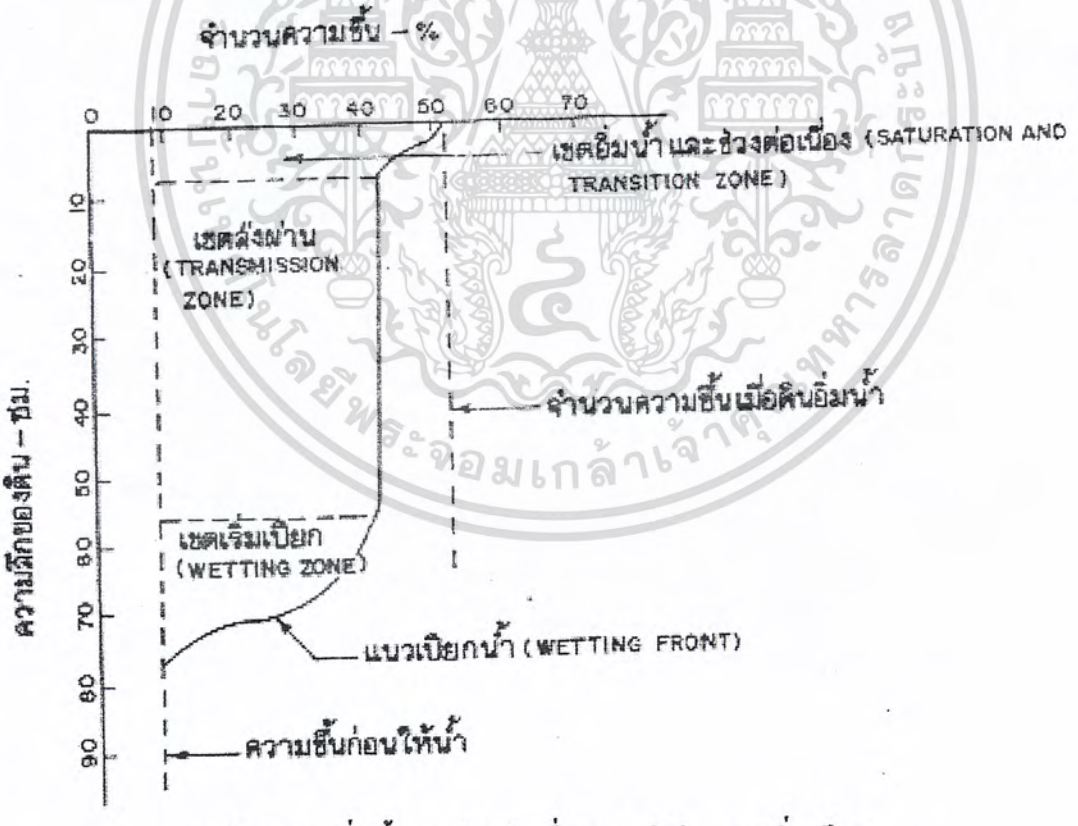
จากการทดลองให้น้ำไหลซึมลงไปในดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอกันตลอดความลึกปรากฏว่า เราอาจแบ่งดินในขณะที่มีน้ำไหลซึมลงไปออกเป็นส่วน ๆ ตามลักษณะการไหลซึมและจำนวนความชื้นได้เป็น

1.เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง(Saturation and Transition Zone) คือ ส่วนที่เป็นชั้นดินบาง ๆตอนผิวบนของดินซึ่ง สัมผัสกับน้ำ

2.เขตส่งผ่าน(Transmission Zone) คือ ส่วนที่เป็นตัวนำน้ำจากบริเวณที่ให้น้ำไปสู่บริเวณที่แห้งกว่า

3.เขตเริ่มเปียก(Wetting Zone) คือ ส่วนที่ได้รับน้ำจากเขตส่งผ่าน ความชื้นในดินส่วนนี้จะอยู่ระหว่างความชื้นของ ดินเดิมและความชื้นของดินในเขตส่งผ่าน

4.แนวเปียกน้ำ(Wetting Front) คือ แนวเขตที่ความชื้นในเขตเริ่มเปียกแผ่ไปถึง แนวเปียกน้ำนี้จะมองเห็นได้ชัดถ้าดินเดิมนั้นแห้งมาก



รูป 2.5 เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง เขตส่งผ่าน เขตเริ่มเปียก และแนวเปียกน้ำในขณะที่ให้น้ำจากผิวดิน

ในการให้น้ำไหลซึมจากผิวดินเข้าไปในดิน จะพบว่าเราไม่สามารถทำให้ดินนั้นอิ่มน้ำตลอดความลึกของชั้นดินได้ ทั้งนี้เพราะยังมีฟองอากาศในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินซึ่งน้ำไม่สามารถเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนที่ได้ติดอยู่ ยกเว้นในชั้นบาง ๆ ตอนผิวดิน ซึ่งฟองอากาศสามารถหลุดออกไปสู่บรรยากาศได้ง่าย ดังนั้นจะมีดินอิ่มน้ำอยู่ชั้นบาง ๆ ตอนผิวดิน และความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วเท่ากับความชื้นในเขตส่งผ่านชั้นดินบาง ๆ จากผิวดินมาถึงชั้นดินที่เป็นเขตส่งผ่านนี้เรียกว่า เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง

ในส่วนที่เรียกว่าเขตส่งผ่านนั้น จำนวนความชื้นของดินจะมีค่าเท่ากันตลอดไม่ว่าน้ำจะมีทิศทางการไหลไปทางใด จากการทดลองพบว่า ดินในส่วนนี้จะมีน้ำขังอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรช่องว่างระหว่างเมล็ดดิน หรือจะมีความอิ่มตัว(Degree of Saturation) เท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ (อินที่อิ่มน้ำมีความอิ่มตัว 100 เปอร์เซ็นต์) และเนื่องจากว่าดินมีความชื้นเท่ากันตลอด แรงดึงความชื้นที่จุดสองจุดในเขตส่งผ่านจึงเท่ากันด้วย ดังนั้นแรงที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำในดินส่วนนี้จึงมีแรงดึงดูดของโลกและความกดดันของน้ำที่ขังบนผิวดินเท่านั้น ถ้าหากความกดดันของน้ำมีค่าคงที่ อัตราที่น้ำไหลผ่านดิน ในเขตส่งผ่านจะมีค่าคงที่ด้วย

ความชื้นของดินในเขตเริ่มเปียกตอนบนจะมีค่าใกล้เคียงกับความชื้นของดินในเขตส่งผ่าน และจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าไปใกล้แนวเปียกน้ำ และเนื่องจากว่าความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ขึ้นอยู่กับจำนวนความชื้นในดิน ดังนั้นจะพบว่า แนวเปียกน้ำเคลื่อนที่ในดินชื้นได้เร็วกว่าในดินแห้ง

จากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำในแนวเปียกน้ำ ปรากฏว่า ถ้าความชื้นของดินเดิมมีค่าคงที่แล้วพลังงานที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในดินชนิดเดียวกันจะมีค่าคงที่ด้วย ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าจะต้องใช้แรงทำให้น้ำเคลื่อนที่ในดินแห้งมากกว่าในดินเปียก หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าเนื่องจากดินแห้งมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ พลังงานที่สูญเสียไปในการให้น้ำเคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยระยะทางจึงมีค่ามากและเป็นผลให้น้ำซึมลงไปในดินแห้งได้ตื้นกว่าในดินเปียก

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

1.ความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนดิน ความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดินจะก่อให้เกิดแรงดันให้น้ำไหลซึมลงไปในดิน ถ้าน้ำขังอยู่บนผิวดินมาก จะก่อให้เกิดแรงดันมาก น้ำจะไหลซึมผ่านผิวดินไปได้อย่างรวดเร็ว ถ้าความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดินน้อย แรงดันก็จะน้อย น้ำจะซึมลงไปในดินได้ช้า

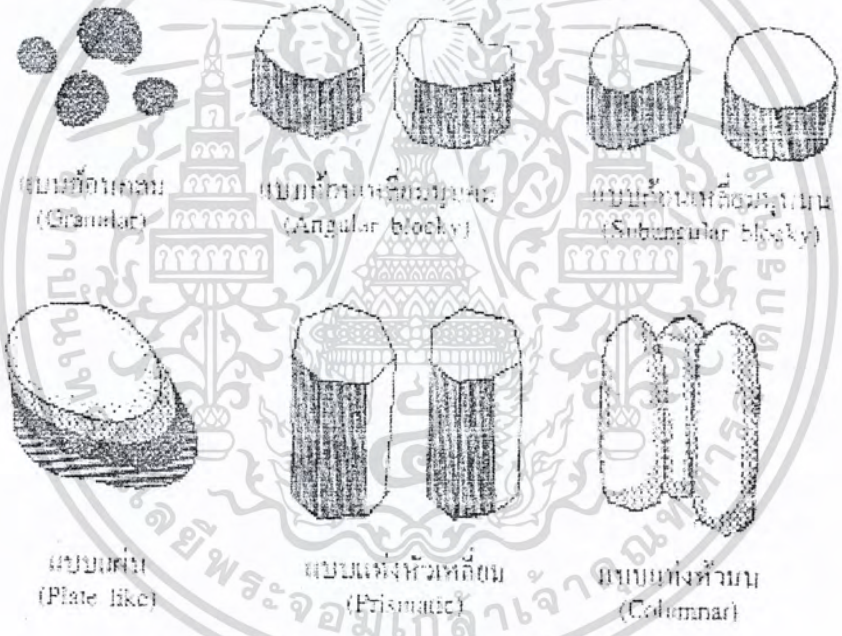
2.โครงสร้างของดิน ดินเนื้อละเอียดซึ่งมีความพรุนสูงแต่มีขนาดช่องเล็กเป็นส่วนใหญ่จะมีการระบายน้ำและอากาศเลว ความสามารถระบายน้ำและอากาศของดินเนื้อละเอียด รวมทั้งการกระจายของรากพืชอาจปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ถ้าหากอนุภาคของดินเหล่านี้จับตัวกันเป็นเม็ดหรือเกิดเม็ดดิน (Aggregation)ทั้งนี้เพราะการจับตัวเป็นเม็ดทำให้

1.เกิดช่องขนาดใหญ่ระหว่างเม็ดดิน ช่วยในการระบายน้ำและอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ความแข็งของมวลดินลดลง เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินมีค่าต่ำกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเดี่ยวภายในเม็ดดิน

ด้วยเหตุดังกล่าว การส่งผ่านน้ำและอากาศในดินเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างจะดำเนินไปได้ดีโดยอาศัยช่องขนาดใหญ่ ในขณะที่ความสามารถในการอุ้มน้ำยังคงมีค่าสูง และการกระจายของรากเป็นไปได้ง่ายเพราะดินมีความแข็งน้อยลง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของดิน ดังจะอธิบายดังต่อไปนี้



รูป 2.6 ประเภท(types)ต่าง ๆ ของโครงสร้างดิน

1.โครงสร้างดินแบบก้อนกลม(Granular หรือ Crumb structure) รูปร่างคล้ายทรงกลม ขนาดเม็ดดินค่อนข้างเล็ก คือ 1-10 มม. ลักษณะค่อนข้างกลม โครงสร้างประเภท Granular จะมีความพรุนภายในเม็ดดินน้อยส่วน ประเภท Crumb มีความพรุนมาก จึงเรียกว่าโครงสร้างแบบก้อนกลมพรุน

โครงสร้างประเภททรงกลม เมื่อเรียงตัวเป็นหน้าตัดดินจะเกิดช่องขนาดใหญ่ขึ้นระหว่างเม็ดดิน ช่วยทำให้หน้าตัดดินมีการระบายน้ำและอากาศ รวมทั้งการกระจายของรากดี

2.โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยม(Blocky structure)รูปร่างคล้ายกล่อง ขนาดเม็ดดินโตกว่าประเภททรงกลม คือ อยู่ในช่วง 5 - 50 มม. ถ้าหน่วยโครงสร้างมีขอบและมุมชัดเจน จะเรียกว่า แบบก้อนเหลี่ยมมุมคม(Angular blocky) แต่ถ้าขอบและมุมมีลักษณะมน จะเรียกว่าก้อนเหลี่ยมมุมมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Subangular blocky) โครงสร้างประเภทนี้เมื่อเรียงตัวเป็นหน้าตัดดินจะมีสภาพให้น้ำและอากาศซึมได้ รวมทั้งการกระจายของรากอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

3.โครงสร้างแบบแผ่น(Platy structures) รูปร่างเป็นแผ่น โครงสร้างประเภทนี้มักพบในดินที่มีการอัดตัว(Compaction) โดยเครื่องจักรกลการเกษตร ลักษณะโครงสร้างคล้ายแผ่นเรียงตัวในแนวระนาบ และมักจะซ้อนเหลื่อมเป็นชั้น ๆ ดังแสดงในรูป 2.6 การเรียงตัวเช่นนี้จะขัดขวางการไหลซึมของน้ำ และการระบายอากาศ รวมทั้งการกระจายของราก

4.โครงสร้างแบบแท่ง(Prism-like structure) รูปร่างเป็นแท่ง หน่วยโครงสร้างมักมีขนาดใหญ่ คือ มีความยาว 10 - 100 มม. เรียงตัวกันในแนวตั้ง ถ้าหน้าตัดของหน่วยโครงสร้างแบนราบจะให้ชื่อว่าแบบแท่งหัวเหลี่ยม(Pismatic) แต่ถ้าหน้าตัดมีลักษณะโค้งมน จะให้ชื่อว่าแบบแท่งหัวมน(Columnar) โครงสร้างประเภท Prismatic มีสภาพให้น้ำซึมได้ปานกลาง ส่วนโครงสร้างประเภท Columnar มีสภาพให้น้ำซึมได้ค่อนข้างต่ำ

3.เนื้อดิน เนื้อดินแต่ละชนิดมีผลทำให้อัตราการซึมของน้ำแตกต่างกันดังจะอธิบายดังนี้

1.ทราย(Sand) เป็นเม็ดเล็ก ๆ ของแร่ Quartz หรือ Feldspar ที่สลายตัวผุพังจากหินต้นกำเนิด มีขนาดโต มองเห็นด้วยตาเปล่า สัมผัสระคายมือ ร่วน ไม่เกาะกันเป็นเม็ดดิน ถ้าไม่มีอนุภาคกลุ่มขนาดอื่น ๆ อยู่ด้วยจะปรากฏตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว เม็ดทรายเมื่อเรียงตัวกันจะเกิดช่องขนาดใหญ่ การระบายน้ำและการระบายอากาศดี แต่มีความสามารถอุ้มน้ำต่ำ กลุ่มอนุภาคทรายมีเนื้อที่ผิวจำเพาะน้อย จึงมีพื้นผิวสำหรับดูดซับสารต่าง ๆ และธาตุอาหารน้อย

2.ตะกอนทรายหรือทรายแป้ง(Silt) เป็นกลุ่มอนุภาคขนาดปานกลาง มีองค์ประกอบทางแร่เหมือนกลุ่มขนาดทราย อนุภาคมีขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เหลี่ยมมุมของอนุภาคมีน้อย สัมผัสลื่นมือคล้ายแป้ง ร่วนไม่เกาะกันเป็นเม็ดดิน เหมือนทราย ทรายแป้งเมื่อรวมตัวกันเป็นก้อนดินจะเกิดช่องขนาดเหมาะสมที่จะอุ้มน้ำไว้ และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำในช่องนี้ได้เป็นส่วนใหญ่

3.ดินเหนียว(Clay) กลุ่มอนุภาคดินเหนียว มักหมายถึง Secondary minerals ที่สังเคราะห์ขึ้นจากแร่ดั้งเดิม ที่สลายตัวผุพังและทับถมอยู่ในดิน เป็นกลุ่มอนุภาคขนาดเล็กที่สุด มองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดา อนุภาคมีลักษณะเป็นแผ่นของสารประกอบที่เรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ สัมผัสเมื่อแห้งจะแข็งกระด้าง สากมือคล้ายเม็ดทราย แต่ถ้าเปียกจะเหนียวลื่นและเกาะติดนิ้ว อนุภาคดินเหนียวเกาะยึดกันเองหรือมีความเชื่อมแน่นได้ดีเมื่อแห้ง เกาะยึดสารอื่นได้ดีเมื่อเปียก เนื่องจากมีเนื้อที่ผิวจำเพาะสูง เมื่อแห้งจึงเกาะกันเป็นก้อนแข็ง เมื่อชื้นพอเหมาะสามารถปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อดินเปียกน้ำจะเกาะยึดอุปกรณ์ไถพรวนได้แน่น ดินเหนียวไม่ปรากฏตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว แต่จะเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน ดินเหนียวบางชนิดสามารถพองตัว เมื่อได้รับน้ำและหดตัวเมื่อสูญเสียน้ำ อนุภาคดินเหนียวเมื่อเรียงตัวกันเป็นก้อนดินจะเกิดช่องระหว่างอนุภาคที่มีขนาดเล็ก และมีปริมาตรรวมของช่องมาก มีความพรุนสูง จึงอุ้มน้ำได้มาก แต่รากพืชดูดน้ำจากช่องเหล่านั้นได้น้อย เนื่องจากมีแรงดึงน้ำสูง ดินเหนียวมีการระบายน้ำและระบายอากาศเลว เนื่องจากดินเหนียวมีเนื้อที่ผิวมาก และอนุภาคไม่เป็นกลาง อนุภาคดินเหนียวจึงดูดซับสารต่าง ๆ ได้ดี เช่น น้ำ และ ธาตุอาหารพืช ดินเหนียวส่วนมากจึงเป็นดินอุดมสมบูรณ์

4.อุณหภูมิของน้ำและดิน เนื่องจากอุณหภูมิทำให้เกิดความร้อนขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำและดินทำให้เกิดความร้อนที่อยู่ในน้ำและดิน โดยที่ความร้อนทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ ขณะที่ไอน้ำแพร่กระจายผ่านดินตอนผิวดิน มันอาจจะกลั่นตัวเป็นน้ำและขังอยู่ในดิน หรือไหลออกมาสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำก็ได้ ขณะที่น้ำระเหยจากผิวดิน ดินชั้นบนจะแห้งและก่อให้เกิดแรงดึงความชื้นขึ้น น้ำซับจากดินชั้นที่อยู่ต่ำลงมาซึ่งมีความชื้นมากกว่าก็จะไหลขึ้นมาแทนที่ การระเหยนี้จะมีต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งความหนาของชั้นดินแห้งบนผิวดินมากขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำในลักษณะดังกล่าวก็จะหมดไป

นอกจากนั้นใน 1 วัน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ก็จะมีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยตอนเช้าและตอนเย็นอุณหภูมิจะมีค่าต่ำกว่าตอนกลางวัน ทำให้อัตราการซึมของน้ำตอนกลางวันสูงกว่าตอนเช้าและตอนเย็น

5.ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำพืช ถ้าดินแห้งมากหรือมีความชื้นน้อย ก่อนการให้น้ำดินจะมีแรงดึงความชื้นสูง น้ำจะถูกดูดซึมผ่านผิวดินไปอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าดินมีความชื้นอยู่มาก ก่อนการให้น้ำแรงดึงความชื้นของดินจะต่ำ อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดินจะลดลง

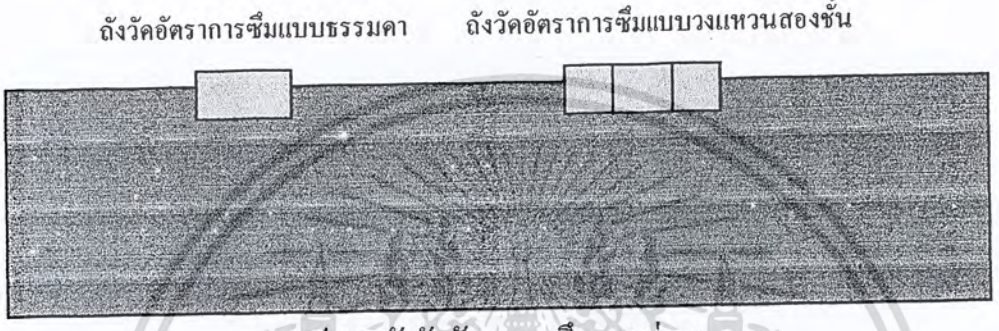
2.4 การวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดิน

อัตราที่น้ำที่ขังบนผิวดินไหลซึมเข้าไปในดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า อัตราการซึมผ่านผิวดิน(Infiltration Rate)หรืออัตราการดูดซับของดิน(Intake rate) ในการวัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน วิธีที่ดีที่สุด คือ วิธีวัดจากถังหรือบางครั้งเรียกว่า ถังวัดอัตราการซึม(Infiltrometer) ถังที่ใช้วัดส่วนมากเป็นถังกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ถึง 40 เซนติเมตร หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร และยาวไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร เปิดหัวและท้ายทั้ง 2 ด้าน การติดตั้งโดยการกดถังจมลงไปในดินในแนวดิ่งลึกประมาณ 15 ถึง 20 เซนติเมตรตรงจุดที่คิดว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพทั่ว ๆ ไปของที่ดินทั้งผืน

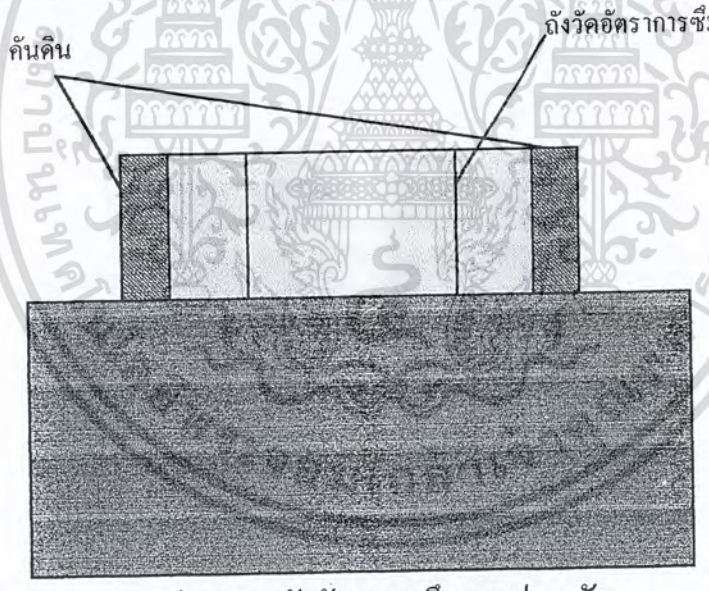
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เทน้ำลงไปในถังโดยให้ความลึกประมาณเท่ากับที่จะเกิดขึ้นจริงในขณะที่ให้น้ำ แล้วจดบันทึกความลึกของน้ำที่ลดลงที่ระยะเวลาต่าง ๆหลังจากเทน้ำลงในถังเป็นระยะ ๆ



รูป 2.7 ถังวัดอัตราการซึมแบบต่าง ๆ

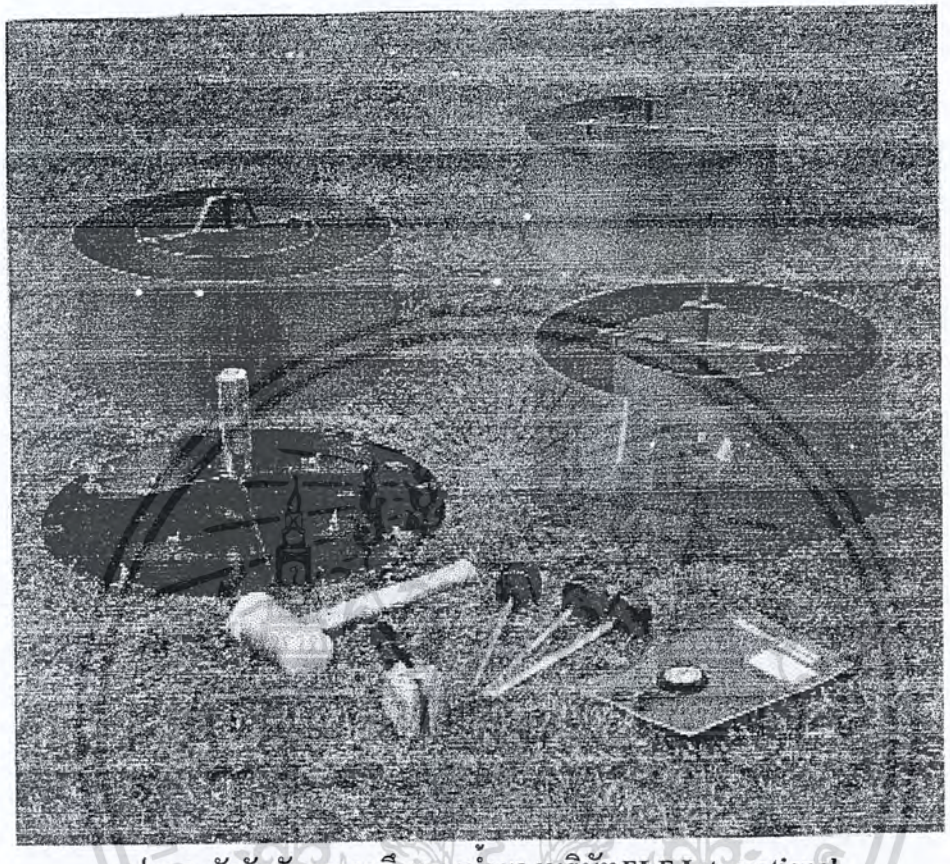


รูป 2.8 การวัดอัตราการซึมแบบประหยัด

หลังจากที่น้ำซึมลงไปถึงปลายของถังที่กดลงไปในดินแล้ว มันจะพยายามไหลซึมออกทางด้านข้างซึ่งจะทำให้อัตราการซึมผ่านผิวดินที่วัดได้สูงกว่าที่ควร การไหลซึมออกทางด้านข้างนี้อาจจะป้องกันได้โดยการใช้ถังอีกใบหนึ่งที่มีขนาดใหญ่กว่ากดลงไปในดิน โดยให้ถังใบเล็กอยู่ตรงกลาง เติมน้ำลงไปในช่องระหว่างถังทั้ง 2 ใบนั้นโดยให้ระดับน้ำทั้งสองมีขนาดเท่ากัน โดยวิธีนี้ความกดดันของน้ำระหว่างถังทั้งสองใบจะป้องกันมิให้น้ำในถังเล็กซึ่งใช้วัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน ไหลซึมออกทางด้านข้าง ซึ่งจะเป็นผลให้ได้ค่าที่ถูกต้องดีขึ้น ในกรณีที่มีถังเพียงลูกเดียวก็อาจจะใช้ดินกั้นเป็นคันล้อมรอบถังไว้แล้วเติมน้ำในคันดินแบบเดียวกันกับที่มีถังสองลูกก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

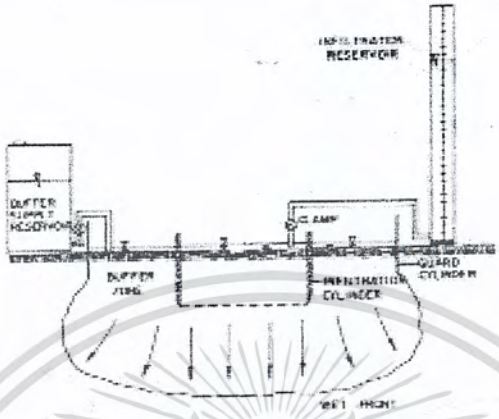
42377



รูป 2.9 ถังวัดอัตราการซึมของน้ำของบริษัท ELE International

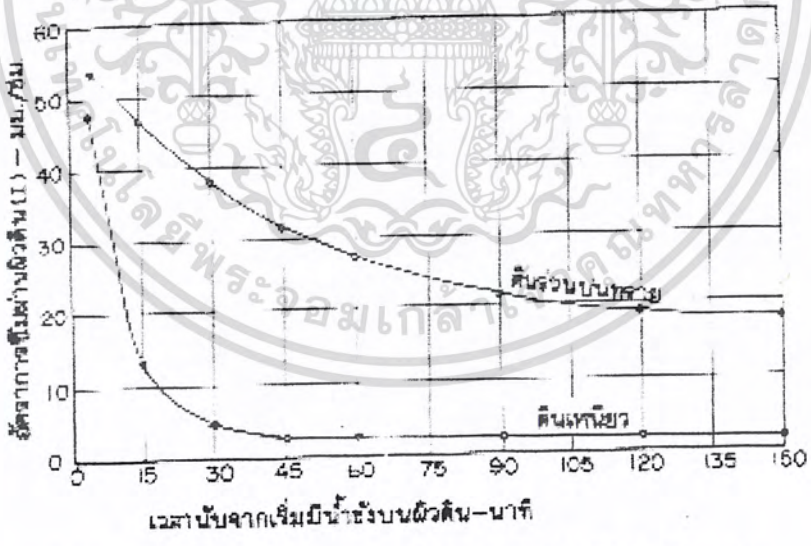
สำหรับถังวัดอัตราการซึมของต่างประเทศที่ใช้ และเป็นมาตรฐานสากล คือของบริษัท ELE International จะมีอยู่ 3 ชุด คือ ชุด 1 เส้นผ่านศูนย์กลางของถังใบเล็ก 28 เซนติเมตร ถังใบใหญ่ 53 เซนติเมตร,ชุด 2 เส้นผ่านศูนย์กลางถังใบเล็ก 30 เซนติเมตร ถังใบใหญ่ 55 เซนติเมตร,ชุด 3 เส้นผ่านศูนย์กลางของถังใบเล็ก 32 เซนติเมตร ถังใบใหญ่ 57 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.10 เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำ

นอกจากนี้ยังมีการวัดอัตราการซึมของน้ำที่สามารถทำให้ค่าที่วัดออกมาได้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูป 2.10 ประกอบด้วยโลหะทรงกระบอกขนาด 20-45 เซนติเมตร ถูกกดลงไปในดิน อัตราการซึมถูกวัดโดยน้ำที่อยู่ภายในทรงกระบอกและทำการวัดอัตราที่ผิวน้ำอิสระ หรือโดยการวัดอัตราที่น้ำจะต้องถูกรวมกับความลึกของน้ำ



รูป 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านผิวดินกับเวลา
เมื่อนำมาเขียนในกระดาษกราฟแบบธรรมดา

เมื่อนำเอาอัตราการซึมผ่านผิวดินที่วัดได้ และเวลาที่น้ำท่วมผิวดินนับจากเริ่มให้น้ำมาเขียนลงในกระดาษกราฟแบบธรรมดาก็จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมกับเวลาดังแสดงในรูป 2.11 ซึ่งจะเห็นการเปลี่ยนแปลงอัตราการซึมผ่านผิวดินกับเวลาอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม กราฟที่เขียนบนกระดาษเสกลธรรมดานี้นำไปใช้งานไม่ได้เต็มที่ เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

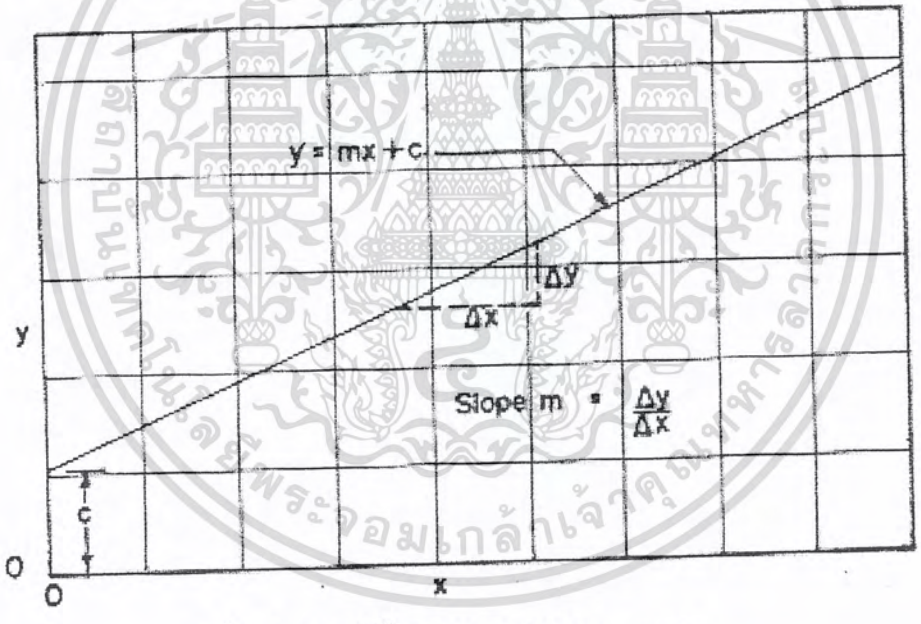
ต้องการทราบอัตราการซึมมักจะมากกว่าช่วงเวลาที่วัดไว้ แต่ข้อจำกัดนี้อาจแก้ได้โดยการนำค่าที่วัดได้มาเขียนลงในกระดาษกราฟ log-log ขนาด 3 × 3 ไซเคิล ซึ่งจะได้เป็นกราฟเส้นตรงที่สามารถต่อเส้นกราฟออกไปได้อีก กราฟเส้นตรงนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านผิวดิน(I) กับเวลานับจากเริ่มมีน้ำขังบนผิวดิน(t) ในรูปของสมการ

$$I = at^n \quad \text{.....(1)}$$

โดย a และ n เป็นค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินที่ทำการวัด ค่าตัวเลขของมันเทียบหาได้จากกราฟที่เขียนในกระดาษ log-log

เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น สมการข้างบนอาจจะเขียนเสียใหม่ได้เป็น

$$\log I = n \log t + \log a \quad \text{.....(2)}$$



รูป 2.12 กราฟเส้นตรงของสมการ y = mx + c

ซึ่งเทียบได้กับสมการเส้นตรง

$$y = mx + c$$

คือ y เทียบกับ log I,m เทียบได้กับ n,x เทียบได้กับ log t และ c เทียบได้กับ log a

จากเรขาคณิตวิเคราะห์เราทราบว่า m เป็นความลาด(slope)ของกราฟเส้นตรง ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\Delta y/\Delta x$ และ c เป็นค่าคงที่ซึ่งเท่ากับระยะจากจุดกำเนิด(origin) ถึงจุดที่กราฟตัดแกน Y ดังแสดงในรูป 2.12

จากคุณสมบัติของกราฟเส้นตรงดังกล่าวนี้ ค่า n และ a จะเทียบหาได้จากกราฟที่เขียนบนกระดาษ log-log โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n = ความลาดของเส้น และมีค่าเท่ากับระยะทาง(เสกลปกติเพราะ n เทียบได้กับ m)ในแนวตั้ง หารด้วยระยะทางในแนวราบระหว่างจุด 2 จุดบนเส้น โดยปกติแล้ว n จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ -1

a = ระยะทางจากจุดกำเนิดถึงจุดที่เส้นตัดกับแกนตั้ง ในที่นี้จะมีค่าเท่ากับอัตราการซึมผ่านผิวดิน(I)ที่เวลา t = 1 หรืออาจคำนวณได้จากสมการ (1) โดยการสมมุติให้ t = 1 เนื่องจาก 1 ยกกำลังอะไรก็ตามจะได้ผลลัพธ์ 1 เสมอ

จากสมการ(1) เราอาจจะหาความลึกสะสมของน้ำที่ไหลซึมผ่านผิวดิน(Accumulated Depth,D) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังจากให้น้ำได้ โดย

$$D = \int_0^t I \cdot dt \quad \text{.....(3)}$$

$$= \int_0^t at^n dt$$

$$D=(a/n+1)\cdot t^{n+1} \quad \text{.....(4)}$$

สมการนี้มีลักษณะเดียวกับสมการ(1) คืออยู่ในรูปของ

$$D=At^B \quad \text{.....(5)}$$

โดย A เป็นระยะจากจุดกำเนิด(Origin) ถึงจุดที่กราฟตัดกับแกนตั้ง B เป็นความลาดของเส้นกราฟที่เขียนในกระดาษ log-log เพื่อหาสมการความลึกน้ำซึมสะสมนี้ สามารถเปลี่ยนให้เป็นสมการของอัตราการซึมผ่านผิวดินได้โดย

$$I = d(D)/dt = d(At^B)/dt$$

$$=A\cdot Bt^{B-1} \quad \text{.....(6)}$$

ในทางปฏิบัติจะพบว่า ถ้าเป็นการวัดโดยให้น้ำขังท่วมผิวดิน เราอาจหาอัตราการซึมผ่านผิวดินที่เวลาใดเวลาหนึ่งได้สะดวกกว่า โดยการหาความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินที่ระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำมาเขียนกราฟในกระดาษ log-log เพื่อหาสมการของความลึกน้ำซึมสะสม เช่นสมการที่(5) แล้วจึงหาสมการของอัตราการซึมผ่านผิวดิน โดยใช้สมการที่ (6) แต่ถ้าเป็นการวัดโดยวิธีวัดอัตราที่น้ำไหลเข้าและไหลออกจากแปลงแล้ว ก็จะต้องเริ่มต้นจากสมการที่ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดิน

3.1 แนวคิดของการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดิน

เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดินนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดิน โดยใช้ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดินนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกค่าระดับน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดิน คือ Hook gauge ซึ่งมีข้อบกพร่องหลายประการ ดังนี้

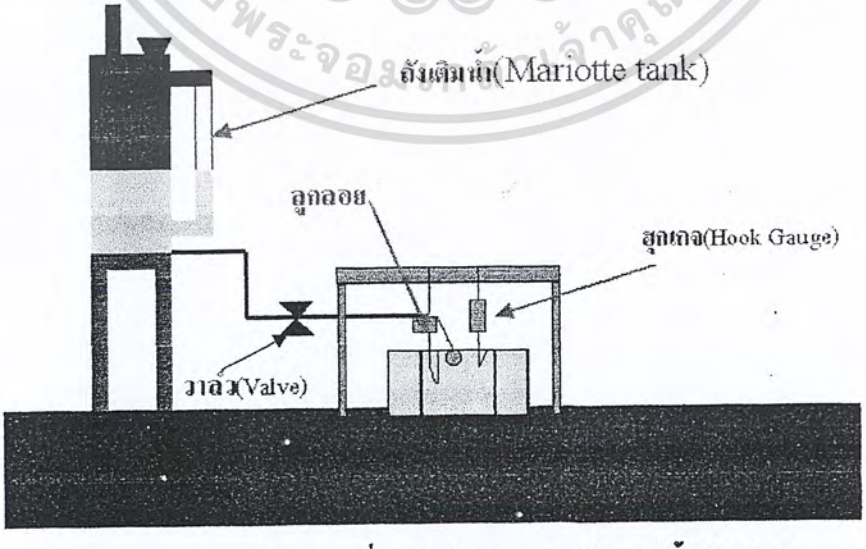
1.มีความยากลำบากในการอ่านค่า เนื่องจากการมองปลายเข็มวัดระดับน้ำอาจจะไม่ชัดเจน ซึ่งเป็นเพราะน้ำในถังมีความขุ่นมาก และเศษวัชพืชบังปลายเข็ม

2.ระดับน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะลดลง เมื่อทำการทดลองได้ระยะหนึ่ง ซึ่งก็เป็นปัจจัยให้อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินลดลง ผลที่ได้มาจึงมีความผิดพลาด

3.เมื่อระดับน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินลดลงจนถึงระดับหนึ่ง โดยปกติจะยอมให้ลดลงได้ประมาณ 2-3 เซนติเมตร จะต้องเติมน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ให้ระดับน้ำในถังอยู่ในระดับที่ทำการทดลอง

ฉะนั้น การพัฒนาอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้แทน Hook gauge จะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของ Hook gauge ได้ ซึ่งจะเรียกว่า อุปกรณ์อ่านค่าระดับน้ำโดยใช้วาล์วลูกลอย

3.2 หลักการออกแบบและการสร้างเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน



รูป3.1 แสดงแบบจำลองเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่จะออกแบบและสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

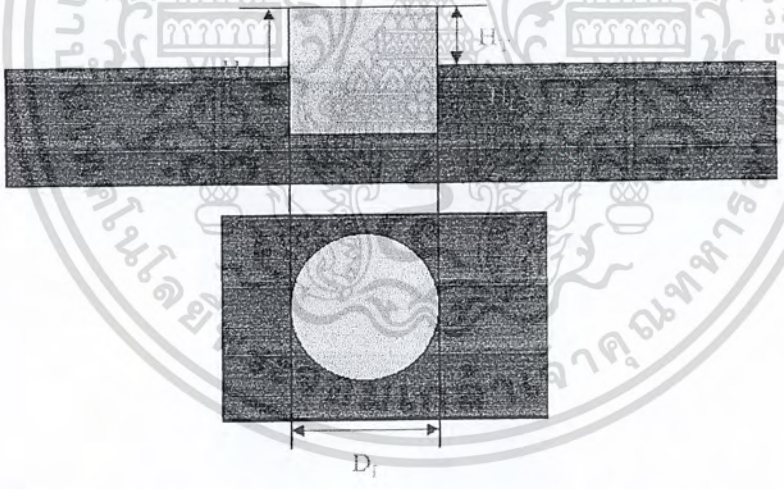
จากแนวคิดที่ได้กล่าวไปแล้วเราจะทำการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยได้แสดงดังรูป3.1 แสดงถึงเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำแบบใช้วาล์วลูกลอย ซึ่งจะมาแทนฮุกเกจ ในขณะเดียวกัน เราจะทำการออกแบบฮุกเกจ เพื่อใช้ในการปรับเทียบมาตรฐานด้วย

ในการออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวาล์วลูกลอยจะมีส่วนประกอบหลัก ๆ ดังนี้

1. ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น(Double Ring)
2. ถังเติมน้ำ(Marriotte tank)
3. เรือนยึดวาล์วลูกลอย

โดยจะขออธิบายรายละเอียดในการออกแบบและสร้างแต่ละส่วนของเครื่องดังนี้

1. ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น(Double Ring)



รูป3.2 แสดงถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบชั้นเดียว(Single Ring)

ในการออกแบบถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีหลักอยู่ว่า ระดับน้ำ H_T ที่ขังอยู่ในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะต้องมีค่าไม่มากจนทำให้อัตราการซึมของน้ำเร็วเกินความเป็นจริงหรือน้อยเกินไปจนวัดค่าไม่ได้ โดยเราจะต้องคาดคะเนว่า ความดันของน้ำที่มีต่อดินในขณะให้น้ำพืชจริงควรเป็นเท่าใด ขณะเดียวกันขนาดของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินไม่ควรจะมีค่ามากเกินไป หรือน้อยเกินไป เพราะจะทำให้การวัดค่าไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากถ้าขนาดของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีขนาดใหญ่ ในขณะที่น้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินหมด จะต้องใช้เวลาเติมมาก และถ้าถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีขนาดเล็กจะทำให้ต้องเติมน้ำบ่อย

เอกสารนี้ถูกสงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้ง ส่วนความลึกของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่ฝังลงดิน H_L นั้นก็จะขึ้นอยู่กับว่า ความยาวเขตรากพืชมีค่าเท่าใด ซึ่งถ้าออกแบบให้ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีค่า H_L มากกว่าความยาวเขตรากพืชจะทำให้ไม่สามารถวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินได้ เพราะช่วงที่เลยเขตรากพืชจะมีแต่แรงโน้มถ่วงของโลกเท่านั้น

จากหลักการที่กล่าวมาแล้ว เราจะทำการหาขนาดของถังดังนี้

กำหนดให้ความดันของน้ำที่ขังอยู่บนดินขณะที่ทำการให้น้ำพืชมีค่า= 150 กก./ตร.ม.

ดังนั้น จาก

$$P = m/A$$

$$P = \rho V_T / A$$

$$P = \rho H_T \quad \text{.....(1)}$$

P = ความดันของน้ำ(กก./ตร.ม.)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำมีค่า1000 กก/ลบ.ม.

H_T = ความสูงของถังที่อยู่เหนือพื้นดิน(เมตร)

$H_T = P/\rho$ =150/1000 =0.15 ม. หรือ 15 ซม.

สำหรับขนาดของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน จะมีเงื่อนไขดังนี้

$$30 \text{ ซม.} \leq D_I \leq 40 \text{ ซม.} \quad \text{.....(2)}$$

D_I = เส้นผ่านศูนย์กลางของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

ซึ่งเราจะให้ $D_I = 30$ ซม.

ความยาวของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน จะมีเงื่อนไขดังนี้

$$H_T + H_L \geq 30 \text{ ซม.}$$

H_L = ความสูงของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินใต้ระดับผิวดิน

$$H_L \geq 30 - H_T$$

$$30 - H_T \leq H_L \leq L_R \quad \text{.....(3)}$$

L_R = ความยาวของเขตรากพืช

เราจะกำหนดว่าเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินใช้ได้สำหรับพืชล้มลุกเท่านั้น จากตาราง 2 เราจะเห็นว่า ความยาวเขตรากพืชของพืชล้มลุกโดยส่วนใหญ่จะยาว 50 ซม. เท่านั้น ดังนั้น

$$L_R = 50 \text{ ซม.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่า H_T และ L_R แทนค่าในสมการ(3)

$$30 \text{ ซม.} - 15 \text{ ซม.} \leq H_L \leq 50 \text{ ซม.}$$

$$15 \text{ ซม.} \leq H_L \leq 50 \text{ ซม.}$$

เราจะกำหนดให้

$$H_L = 15 \text{ ซม.}$$

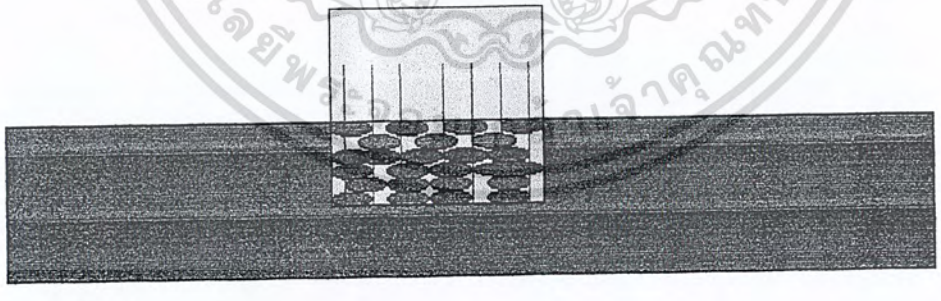
ดังนั้นความยาวของถัง

$$H_I = H_T + H_L$$

$$H_I = 15 \text{ ซม.} + 15 \text{ ซม.} = 30 \text{ ซม.}$$

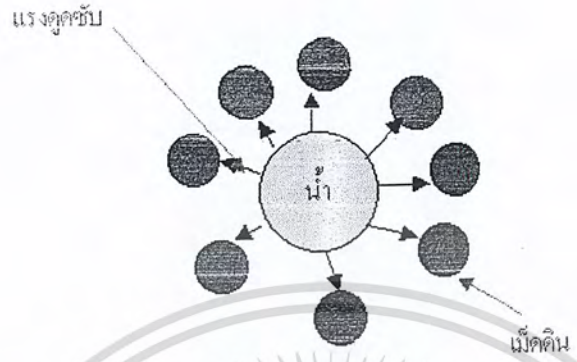
เมื่อหาขนาดของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินเสร็จแล้วจะต้องหาวัสดุที่จะทำถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยจะต้องไม่เป็นสนิม ซึ่งเราพบว่า แผ่นสแตนเลส เป็นวัสดุที่ดีที่สุด โดยเราจะใช้แผ่นแสตนเลสหนา 2 มม.

ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่ได้ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เพราะ เมื่อเติมน้ำลงไปในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน น้ำจะไหลซึมออกทางด้านข้าง เนื่องจากน้ำมีความดันทุกทิศทุกทาง และแรงดูดซับของดินที่มีต่อน้ำมีทุกทิศทุกทางเช่นเดียวกัน ผลเหล่านี้ทำให้ค่าที่วัดได้จากการ



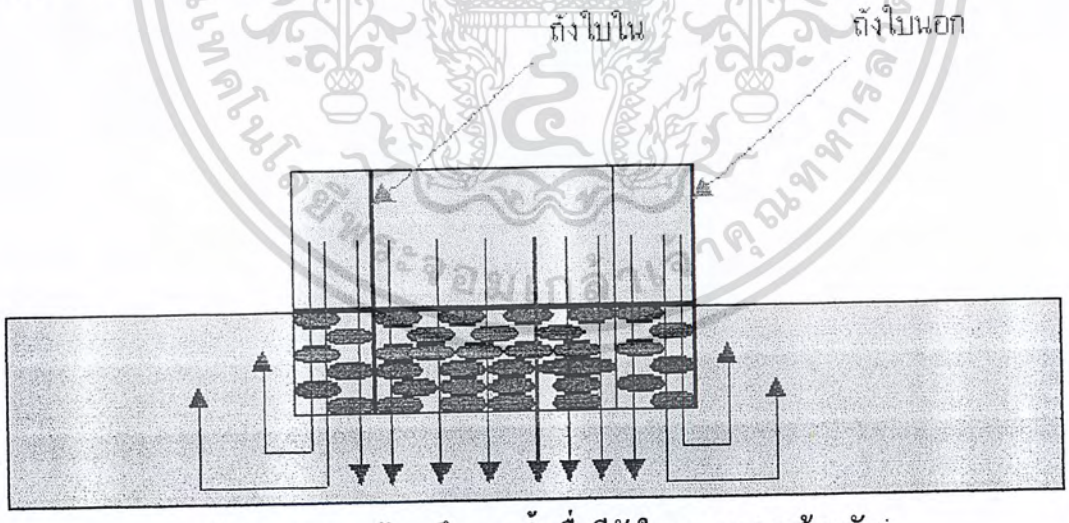
รูป 3.3 แสดงการไหลซึมของน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินใบเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



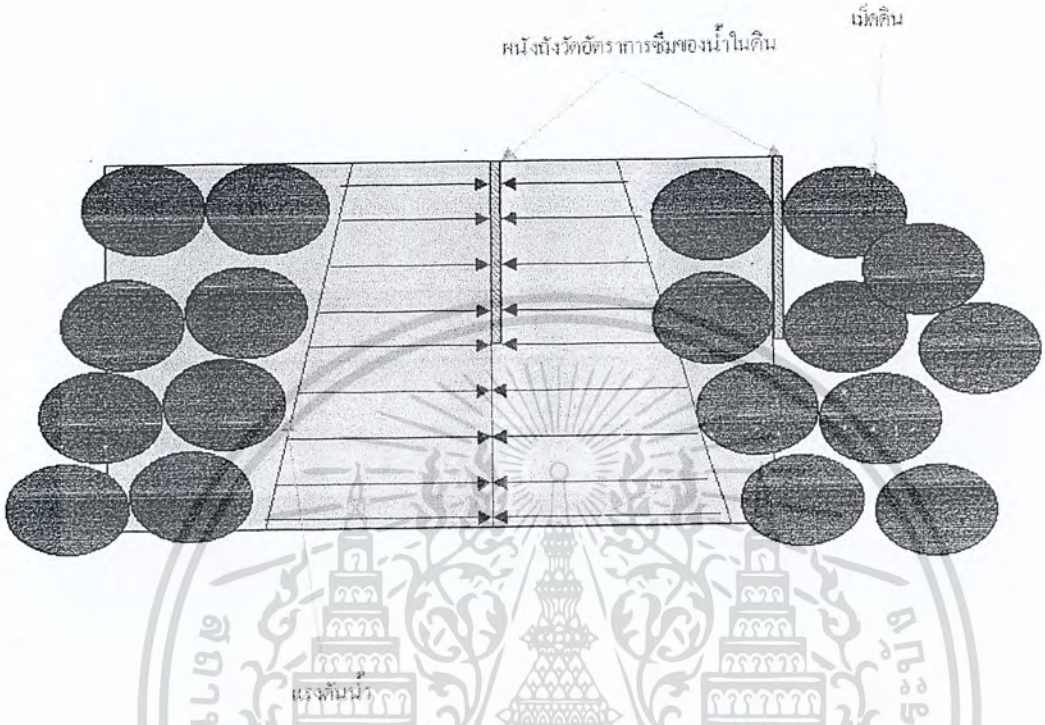
รูป 3.4 แสดงถึงแรงดูดซับที่ดินมีต่อน้ำในทุกทิศทุกทาง

ทดลองมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้น เพราะ ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินใช้วัดอัตราการซึมของน้ำในแนวดิ่งเท่านั้น และอัตราการซึมของน้ำจะเร็วเกินกว่าความเป็นจริง ฉะนั้น จะต้องมีถังอีกใบหนึ่งมาวางซ้อนถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยถังที่ซ้อนนี้ควรจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินประมาณ 25 ซม. ถึง 30 ซม. ซึ่งในการวางซ้อนกันนี้จะมีผลตอนที่ใส่น้ำไปทั้งใบในและใบนอก การไหลซึมของน้ำจะเป็นดังรูป3.5



รูป 3.5 แสดงการไหลซึมของน้ำเมื่อมีถังใบนอกมาวางซ้อนกัน

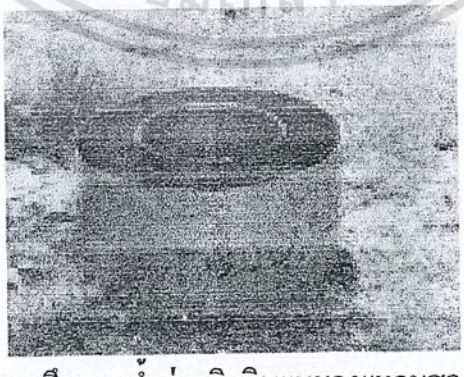
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.6 แสดงแรงดันน้ำที่กระทำซึ่งกันและกันมีผลให้เกิดความสมดุล

เมื่อน้ำในถังใบใน และใบนอกไหลซึมมาเจอกัน น้ำจะมีแรงดันกระทำด้านข้างซึ่งกันและกันในค่าที่เท่ากันในกฎข้อที่ 1 ของเซอร์ไอแซค นิวตัน ทำให้แรงลัพธ์เป็น 0 น้ำจึงไม่สามารถที่จะไหลไปด้านข้างได้ แต่สามารถที่จะลงในแนวดิ่งได้

สำหรับขนาดถังใบนอกจะกำหนดให้มีขนาด 55 ซม. ยาว 30 ซม. โดยจะแสดงรายละเอียดที่ภาคผนวก

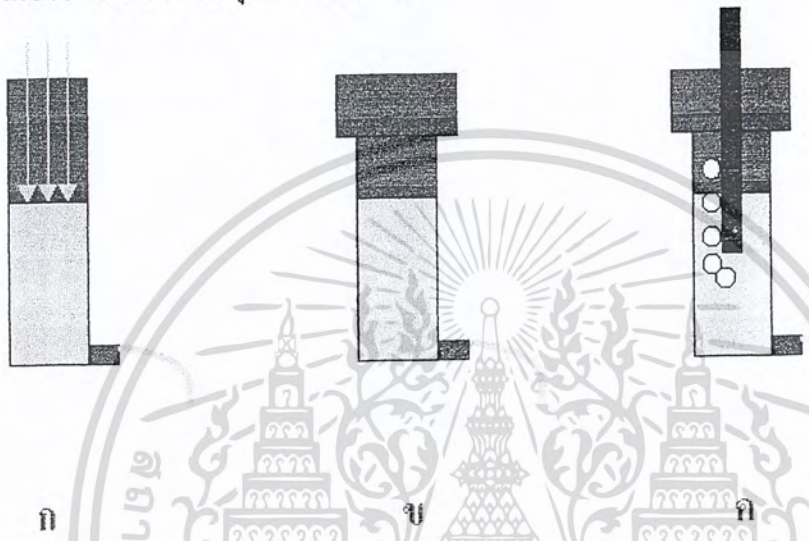


รูป 3.7 ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น(Double Ring) ที่สร้างเสร็จแล้ว

2. ถังเติมน้ำ(Marriotte tank)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบถังเติมน้ำ จะต้องออกแบบให้สามารถที่จะอ่านระดับน้ำได้และจะต้องทำให้อัตราการลดระดับน้ำไม่เร็วและไม่ช้าเกินไปนอกจากนั้นจะต้องป้องกันการระเหยของน้ำโดยจะต้องมีการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้



ก ข ค

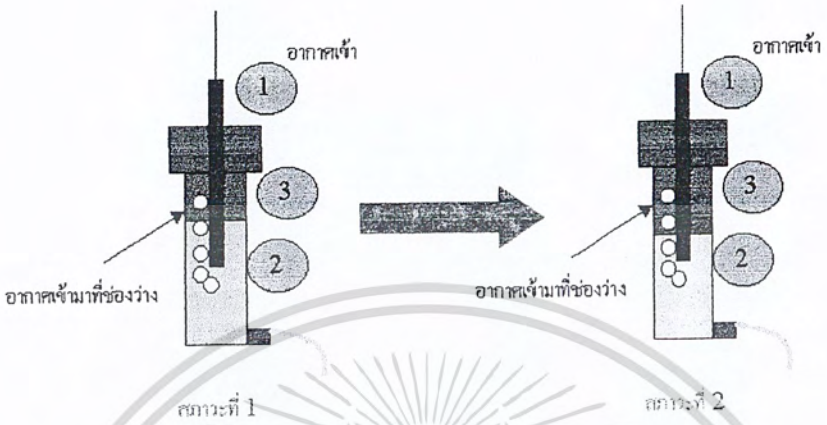
รูป 3.8 ถังเติมน้ำรูปแบบต่าง ๆ

จากรูป 3.8ก จะเห็นได้ว่าที่ปากถัง อากาศจากภายนอกสามารถเข้าไปได้อย่างเต็มที่ ทำให้น้ำที่ทางออกไหลอย่างรวดเร็วระดับน้ำก็จะลดระดับลงอย่างรวดเร็วจนทำให้อ่านค่าระดับน้ำไม่ทัน และการระเหยของน้ำก็มีมาก จึงไม่เหมาะสมสำหรับการออกแบบถังเติมน้ำ

รูป 3.8ข ถังเติมน้ำทีฝาปิดก็จะลดการระเหยของน้ำไปได้ส่วนหนึ่ง แต่จะทำให้อากาศจากภายนอกเข้าไปข้างในถังไม่ได้ จะส่งผลให้น้ำไหลช้ามาก ถึงแม้จะมีช่องว่างเหนือระดับน้ำซึ่งมีอากาศอยู่ก็ไม่ได้ทำให้น้ำไหลเร็วกว่ากัน ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะออกแบบถังเติมน้ำได้

ดังนั้น เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นดังที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ก็คือ ลดปัญหาการระเหยของน้ำและอัตราการลดระดับน้ำที่เร็วเกินไป เนื่องจากอากาศเข้าไปเร็ว หรือช้าเกินไปเนื่องจากอากาศไม่สามารถเข้าไปได้เลย โดยการทำให้อากาศค่อย ๆเข้าไปอย่างช้า ๆ และน้ำระเหยได้น้อยที่สุด โดยการออกแบบถังเติมน้ำดังรูป3.8ค

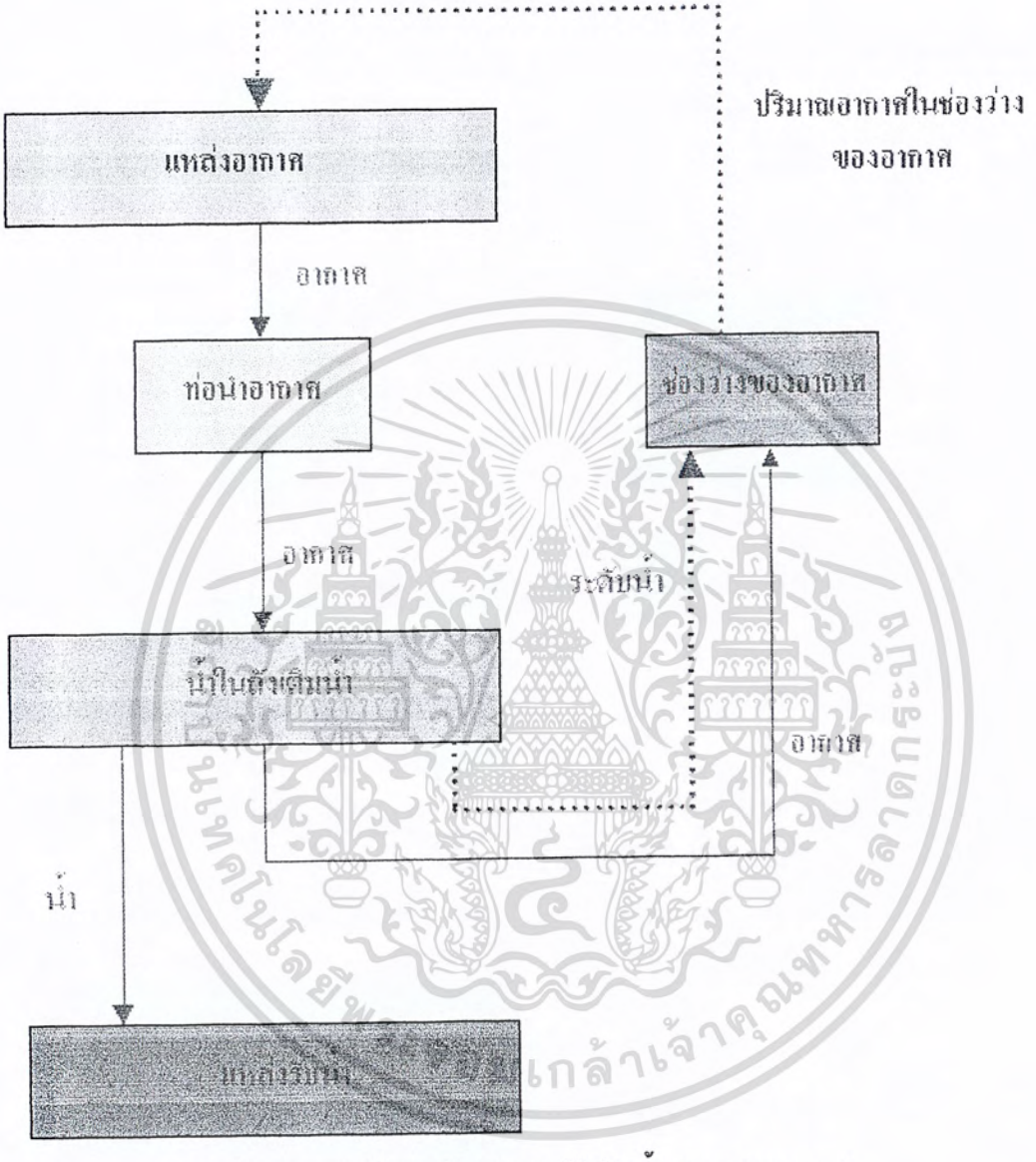
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.9 แสดงถึงปรากฏการณ์การไหลของอากาศ
และการลดระดับน้ำในถังเติมน้ำ

จากรูป 3.9 ที่สภาวะ 1 อากาศจะไหลเข้าไปในท่อทางเข้า 1 และจะไปออกที่ทางเข้า 2 จากนั้น อากาศจะพยายามที่จะหาทางลอยตัวผ่านน้ำให้ได้(เพราะความหนาแน่นของอากาศน้อยกว่าน้ำ) โดยจะลอยตัวขึ้นไปที่ช่องอากาศ 3 ปริมาตรของอากาศที่สภาวะ 1 ก็จะเพิ่มขึ้นเป็นสภาวะที่ 2 ส่งผลให้อากาศมีความดันมากขึ้น(เนื่องจากอากาศมีความดันทุกทิศทุกทาง) ทำให้อากาศไปดันน้ำให้ไหล ดังจะแสดงแผนผังการทำงานของถังเติมน้ำที่ใช้ในการออกแบบดังรูป 3.10 เพื่อเสริมความเข้าใจให้มากยิ่งขึ้น

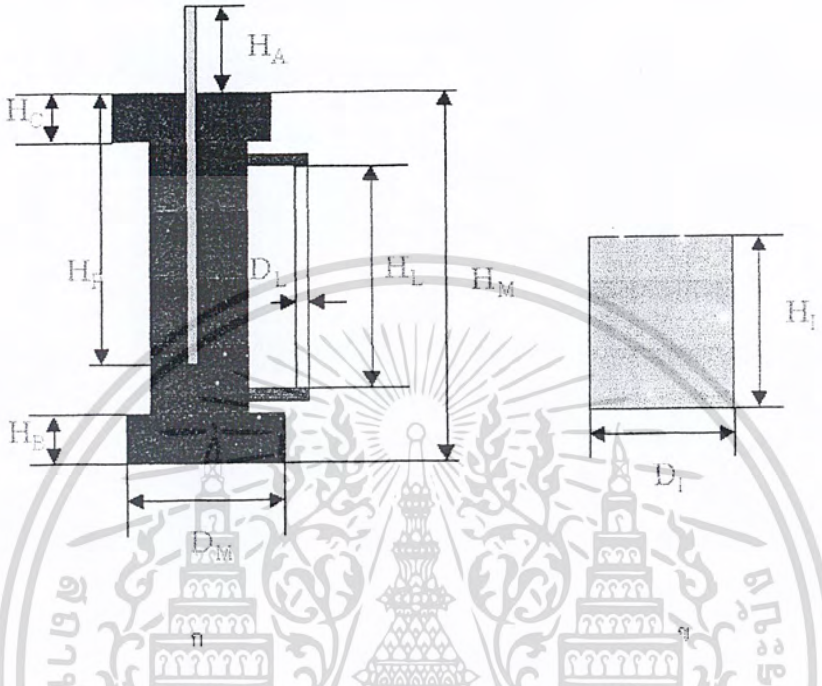
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.10 แผนผังการทำงานของถังเติมน้ำ(Marriotte tank)

สำหรับการหาขนาดของถังเติมน้ำ จะต้องคำนึงถึงขนาดของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยจะมีหลักการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก ข

รูป 3.11 (ก)ถังเติมน้ำ(Marriotte tank)

(ข)ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

จากรูป 3.11ก และรูป 3.11ข

H_M = ความสูงของถังเติมน้ำ

H_I = ความสูงของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

H_A = ความสูงของท่อนำอากาศข้างบนปากถังเติมน้ำ

H_P = ความสูงของท่อนำอากาศในถังเติมน้ำ

H_L = ความยาวของท่ออ่านค่าระดับน้ำ

H_B = ความสูงจากก้นถังเติมน้ำถึงท่ออ่านค่าระดับน้ำด้านล่าง

H_C = ความสูงจากท่ออ่านค่าระดับน้ำด้านบนถึงปากถัง

D_M = เส้นผ่านศูนย์กลางของถังเติมน้ำ

D_L = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่ออ่านระดับน้ำ

D_I = เส้นผ่านศูนย์กลางของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

เส้นผ่านศูนย์กลางของถังเติมน้ำหาจาก

$$D_I/2 \leq D_M \leq D_I \qquad \text{.....(4)}$$

ความยาวของท่ออ่านค่าระดับน้ำหาจากสมการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(A_M + A_L)H_L \geq A_I H_T$$

$$(\pi D_M^2 + \pi D_L^2)H_L \geq \pi D_I^2 H_T$$

$$H_L \geq D_I^2 H_T / (D_M^2 + D_L^2) \quad \text{.....(5)}$$

ความสูงของถังเติมน้ำหาจากสมการดังนี้

$$H_M = H_C + H_L + H_B \quad \text{.....(6)}$$

ความยาวของท่อนำอากาศข้างในถังเติมน้ำหาจากสมการดังนี้

$$H_C < H_P \leq H_C + H_L \quad \text{.....(7)}$$

H_A ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ออกแบบ

ดังนั้นเราจะคำนวณหาขนาดของถังเติมน้ำ ดังนี้

จากสมการ (4);

$$D_I = 30 \text{ ซม.}$$

$$30/2 \text{ ซม.} \leq D_M \leq 30 \text{ ซม.}$$

$$15 \text{ ซม.} \leq D_M \leq 30 \text{ ซม.}$$

กำหนดให้ $D_M = 15$ ซม.

จากสมการ (5);

$$D_L = 0.77 \text{ ซม.}$$

$$H_T = 15 \text{ ซม.}$$

$$D_I = 30 \text{ ซม.}$$

$$H_L \geq \left[(30)^2 (15)\right] / \left[(15)^2 + (0.77)^2\right]$$

$$H_L \geq 60 \text{ ซม.}$$

กำหนด $H_L = 95$ ซม.

จากสมการ (6);

$$H_C = 10 \text{ ซม.}$$

$$H_B = 10 \text{ ซม.}$$

$$H_M = 10 + 10 + 95$$

$$H_M = 115 \text{ ซม.}$$

จากสมการ (7);

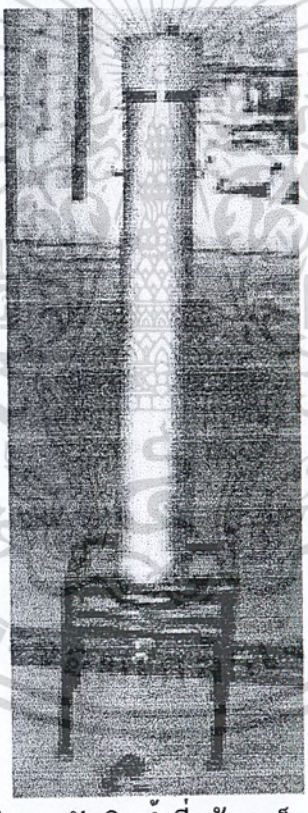
$$10 < H_P \leq 10 + 95$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$10 < H_p \leq 105$$

กำหนด $H_p = 30$ ซม.

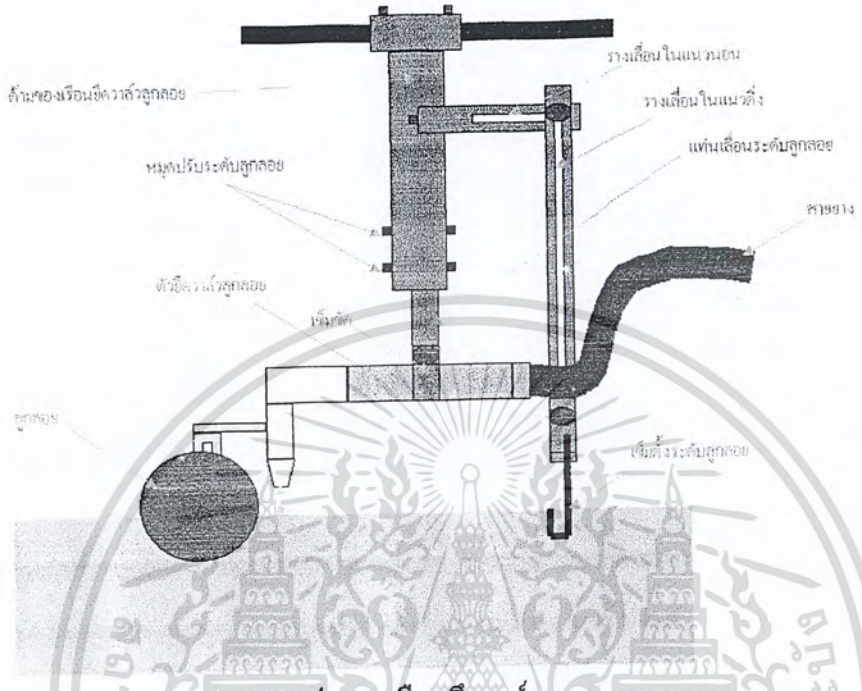
เมื่อหาขนาดต่าง ๆ ของถังเติมน้ำได้แล้วก็สามารถที่จะสร้างถังเติมน้ำ โดยใช้ท่อพีวีซีขนาด 6 นิ้ว ฝาครอบท่อพีวีซีขนาด 6 นิ้ว ยาว 10 ซม. ปิดท้าย 1 อัน และทำเป็นฝาถังเติมน้ำ 1 อัน โดยเจาะรูตรงกลางเพื่อใส่ท่อนำอากาศ โดยกำหนดให้ท่อนำอากาศมีขนาด ½ นิ้ว และท่ออ่านระดับน้ำใช้สายยางขนาด 0.77 ซม. ยาว 95 ซม. เมื่อสร้างเสร็จแล้วจะแสดงดังรูป 3.12



รูป 3.12 ถังเติมน้ำที่สร้างเสร็จแล้ว

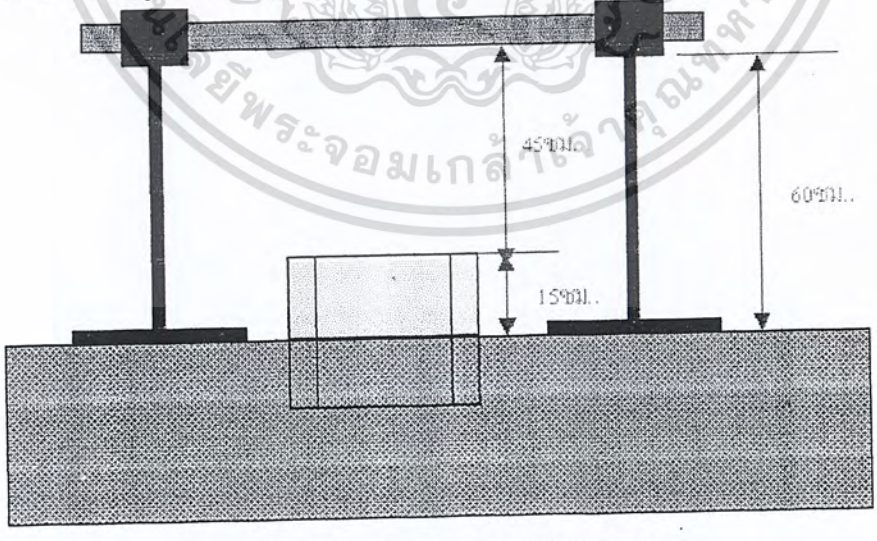
3.เรือนยึดวาล์วลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.13 เรือนยึดวาล์วลูกลอย

ในการออกแบบและสร้างเรือนยึดวาล์วลูกลอย เราจะต้องคำนึงถึงความสูงของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่อยู่เหนือพื้นดินเมื่อทำการตอกลงไปในดินแล้ว นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึงความสูงของราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจด้วย



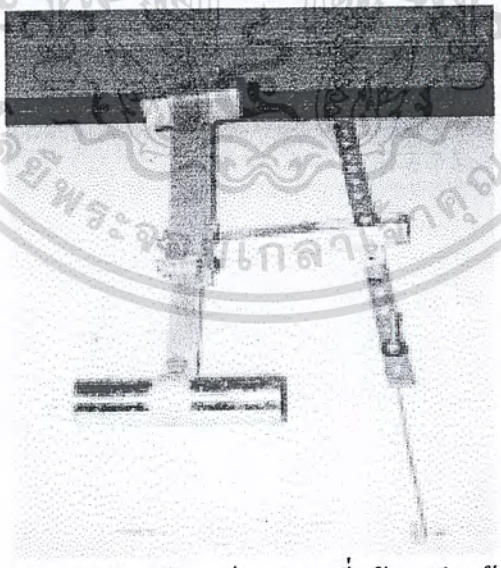
รูป 3.14 ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ

ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจมีความสูงประมาณ 60 ซม. และความสูงของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่อยู่เหนือผิวดินเท่ากับ 15 ซม. ดังนั้นความยาวของเรือนยึดวาล์วลูกลอยจะมีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60 - 15 = 45 ซม.

ซึ่งนั่นก็หมายถึงความยาวในการเลื่อนขึ้นเลื่อนลงของเรือนยึดวาล์วลูกลอยไม่ควรเกิน 45 ซม. เพราะในการทดลองจริง เราจะเติมน้ำให้เต็มถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน แต่ในการสร้าง เราอาจจะให้เกินได้ แต่ต้องไม่เกิน 60 ซม. สำหรับเข็มตั้งระดับลูกลอยก็ควรที่จะเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้ และยังต้องเลื่อนไปทางซ้ายและทางขวาได้ ส่วนวัสดุที่ใช้สร้างเราใช้ท่อแสตนเลสเส้นผ่านศูนย์กลาง ซม.ทำเป็นตัวยึดวาล์วลูกลอย เหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว × 1 นิ้ว ทำเป็นแท่นเลื่อนระดับลูกลอย ส่วนเข็มตั้งระดับลูกลอยใช้ลวดเชื่อมแก๊สงอทำเป็นตะขอและขัดปลายตะขอให้แหลม และเหล็กแบนขนาด 1 นิ้ว ทำเป็นด้ามเข็มตั้งระดับลูกลอย และทำเป็นรางเลื่อนเข็มตั้งระดับลูกลอยในแนวดิ่ง ส่วน
รางเลื่อนเข็มตั้งระดับลูกลอยในแนวนอนใช้เหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว × 1 นิ้ว สำหรับด้ามของเรือนยึดวาล์วลูกลอยใช้เหล็ก 1½ นิ้ว × 1½ นิ้ว ในการสร้างเข็มขัดรัดตัวยึดวาล์วลูกลอยใช้แผ่นเหล็กอาบซิงค์ โดยตัดให้มีความกว้าง ซม. ยาว ซม. แล้วจึงทำการม้วนด้วยมือ โดยรัดตัวยึดวาล์วลูกลอยให้แน่น เมื่อสร้างเสร็จแล้วจะได้ดังรูป 3.15 ส่วนรายละเอียดของแบบเรือนยึดวาล์วลูกลอยดูได้ที่ภาคผนวก

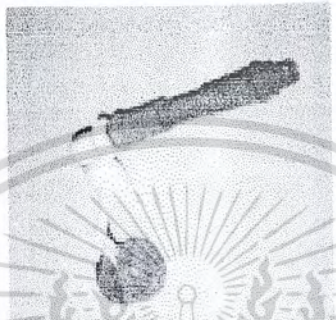


รูป 3.15 เรือนยึดวาล์วลูกลอยที่สร้างเสร็จแล้ว

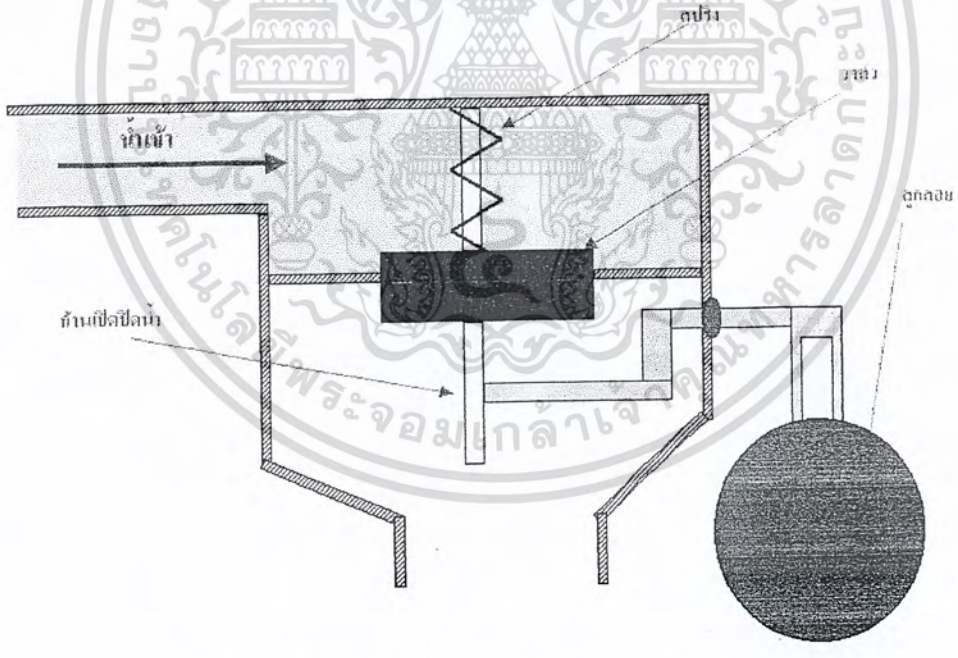
สำหรับตัววาล์วลูกลอยจะมีด้วยกันหลายแบบ เช่น แบบที่ใช้ในโถส้วมชักโครก,ใช้ในถังน้ำสำหรับการประปาและการเกษตร และยังมีแบบที่ใช้ไฟฟ้า ซึ่งแต่ละแบบไม่เหมาะที่จะนำมาสร้างเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพราะมีขนาดใหญ่และไม่สะดวกต่อการใช้งาน ดังนั้นเราจึงต้องหาวาล์วลูกลอยที่มีความกะทัดรัด,สะดวกต่อการใช้งาน,ไม่เป็นสนิม,อุดตันยากและราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วลูกลอยที่ว่านี้ก็คือ วาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำ ซึ่งสามารถที่จะนำไปใช้ในการเติมน้ำในห้องน้ำ ห้องครัว,ฯลฯ ได้ ซึ่งเราจะนำวาล์วชนิดนี้มาใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยเราจะสามารถดูได้ดังรูป 3.16



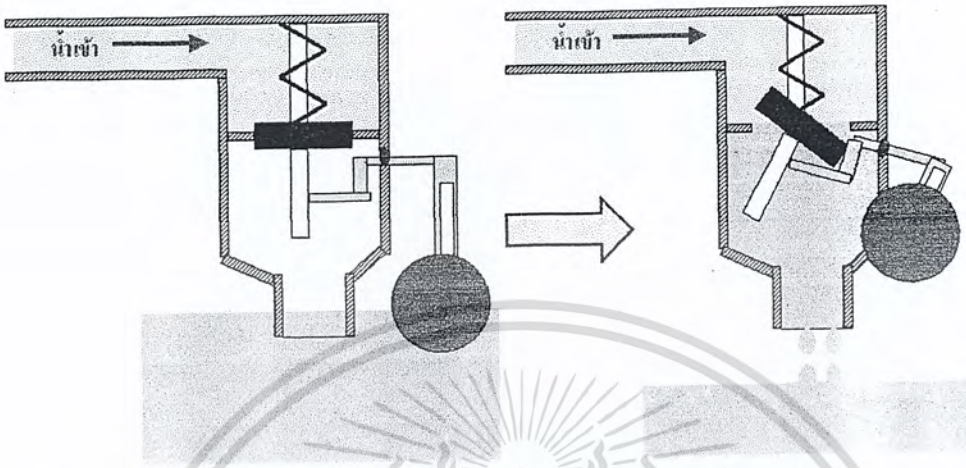
รูป 3.16 วาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน



รูป 3.17 โครงสร้างภายในอย่างคร่าว ๆของวาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำ

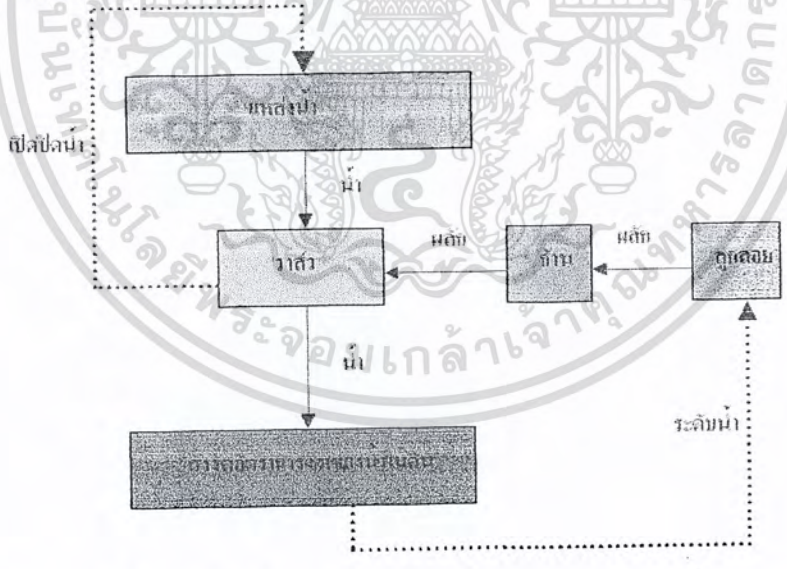
หลักการทำงานของลูกลอยชนิดนี้ก็คือ เมื่อระดับน้ำลดลงถึงระดับหนึ่ง ลูกลอยจะลดระดับลงตามระดับน้ำที่ลดลง ทำให้ที่แกนควบคุมวาล์วเปิดปิดน้ำไปดันก้านอันหนึ่ง เรียกว่า ก้านเปิดปิดน้ำ ทำหน้าที่เป็นวาล์ว โดยจะดันไปด้านข้าง เพื่อเปิดทางให้น้ำไหลลงมา แต่เมื่อใดที่น้ำเพิ่มระดับจนถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.18 แสดงการทำงานของวาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำ

ระดับหนึ่ง ลูกลอยก็จะยกตัวสูงขึ้นตามระดับน้ำ จะส่งผลให้แกนควบคุมวาล์วเปิดปิดน้ำยกตัวขึ้นตาม ก้านเปิดปิดน้ำจะถูกสปริงดึงกลับ เพื่อปิดทางไม่ให้น้ำไหลจากหลักการทำงานดังกล่าว จะสามารถเขียนแผนผังการทำงานได้ดังรูป 3.19



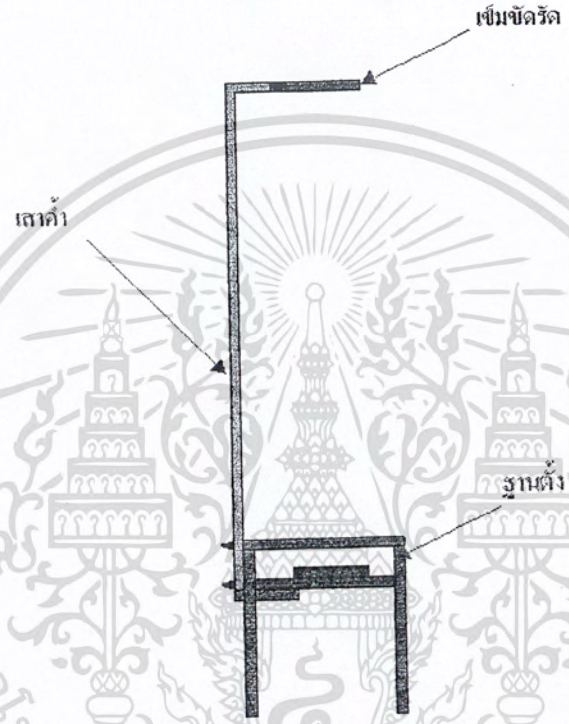
รูป 3.19 แผนผังการทำงานของวาล์วลูกลอยแบบก๊อกน้ำ

ในการใช้งานเรือนยึดวาล์วลูกลอยนั้น เราจะต้องเลื่อนเข็มตั้งระดับลูกลอย ในแนวดิ่งและแนวราบ ซึ่งทำไปเพื่อจะกำหนดว่า ตำแหน่งที่ลูกลอยปิดวาล์วลูกลอยไม่ให้น้ำไหลอยู่ตรงไหน และยังสามารถกำหนดระดับน้ำที่จะเติมไว้ล่วงหน้าได้ด้วย ส่วนการเลื่อนระดับลูกลอยต้องคลายหมุดปรับระดับลูกลอยก่อน จึงจะสารมารถเลื่อนตรงแท่นเลื่อนระดับลูกลอยให้ตรงกับตำแหน่งเข็มตั้งระดับลูกลอย แล้วจึงขันหมุดปรับระดับลูกลอยให้แน่น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

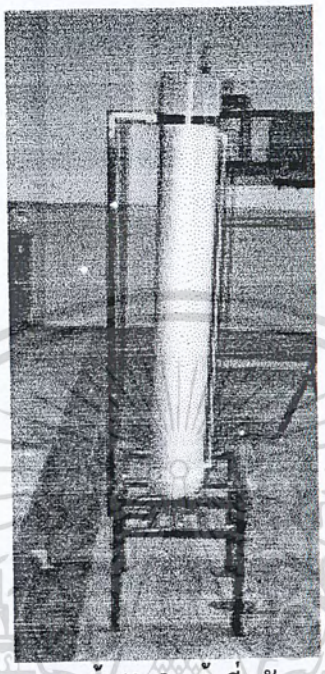
นอกจากอุปกรณ์ทั้ง 3 อย่างที่ได้ออกแบบดังได้กล่าวไปแล้วนั้น ยังมีอุปกรณ์อีก 2 อย่างที่ได้ออกแบบมาช่วยให้การทดลองในสนามสะดวกยิ่งขึ้น ดังนี้

1.แท่นตั้งถังเติมน้ำ



รูป 3.20 ส่วนประกอบต่าง ๆของแท่นตั้งถังเติมน้ำ

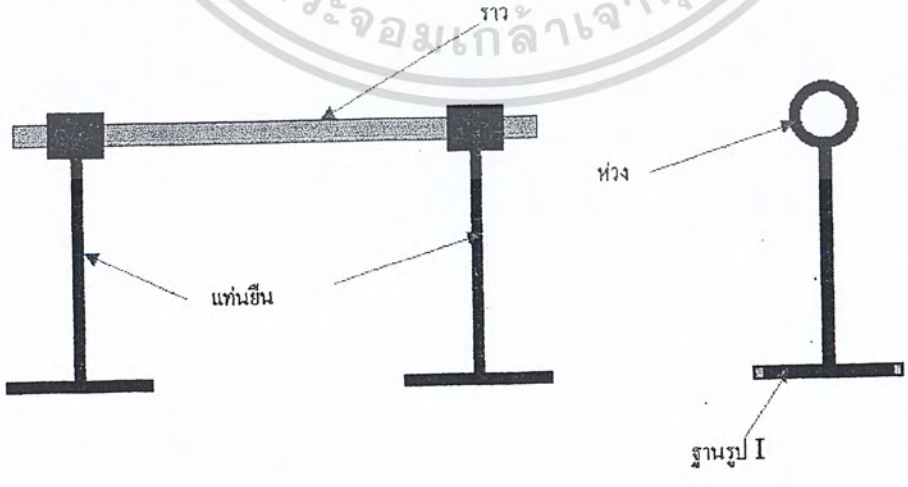
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.21 แท่นตั้งถังเติมน้ำที่สร้างเสร็จแล้ว

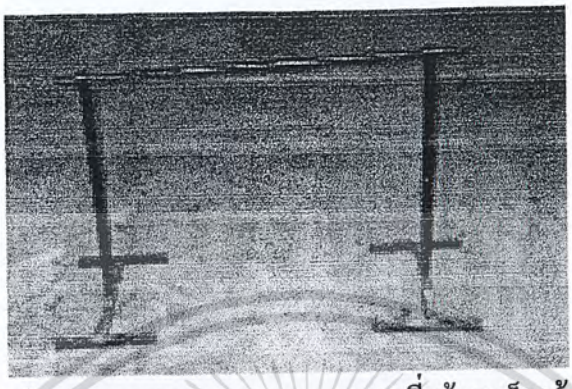
แท่นตั้งถังเติมน้ำได้รับการออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ โดยมีอยู่3 ส่วนหลัก ๆ ก็คือ ฐานตั้ง,เสาค้ำและเข็มขัดรัด โดยฐานตั้งและเสาค้ำทำจากเหล็กกล่องขนาด1 นิ้ว × 1 นิ้ว ส่วนเข็มขัดรัดทำจากเหล็กแบนขนาด 1 นิ้ว ในการประกอบทั้ง 3 ส่วนใช้นอตและแหวนยึดเข้าด้วยกัน ส่วนรายละเอียดต่าง ๆ สามารถดูได้ที่ภาคผนวก

2.ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ



รูป 3.22 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.23 ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจที่สร้างเสร็จแล้ว

ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจได้รับการออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้และสะดวกต่อการติดตั้งในภาคสนาม โดยจะมีอยู่ 2 ส่วน คือ ราวและแท่นยืน โดยราวทำจากท่อดำขนาด ½ นิ้ว ส่วนแท่นยืนมีฐานทำเป็นรูปตัวไอ(I) และมีห่วงไว้สำหรับยึดราว โดยห่วงทำจากท่อดำ 1 นิ้ว ฐานรองแท่นยืนทำจากเหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว × 1 นิ้ว โดยรายละเอียดดูได้ที่ภาคผนวก

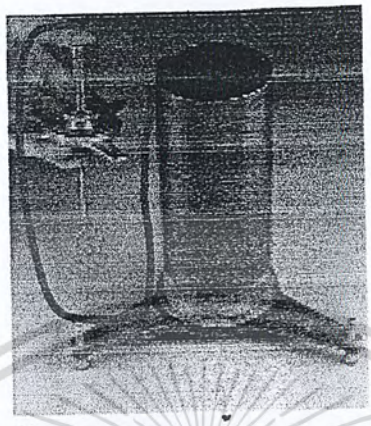
เมื่อเราออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยเสร็จแล้ว เราจำเป็นต้องหาเครื่องมือที่จะมาใช้เป็นค่าอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบว่าเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยใช้ได้หรือไม่ โดยเครื่องมือที่ใช้ คือ ฮุกเกจ(Hook Gauge) ดังจะอธิบายรายละเอียดของเครื่องมือชนิดนี้ ดังนี้

ฮุกเกจถือเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันมานานแล้ว โดยเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระดับน้ำอย่างละเอียด คล้ายไมโครมิเตอร์หรือเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ แต่ลักษณะพิเศษของฮุกเกจก็คือ ที่ปลายตะขอจะแตะระดับ

รูป 3.24 แสดงการแตะระดับผิวน้ำของปลายตะขอ

ผิวน้ำ ดังรูป 3.24 เพื่อทำการวัดค่าระดับน้ำนั่นเอง การออกแบบฮุกเกจจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งานว่าจะใช้งานด้านใด ซึ่งได้มีบางหน่วยงานออกแบบฮุกเกจไว้ใช้งานด้านต่าง ๆ เช่น บริษัท ELE International ได้ออกแบบฮุกเกจไว้ใช้อ่านค่าระดับน้ำที่ลดลงจากการระเหยของน้ำ

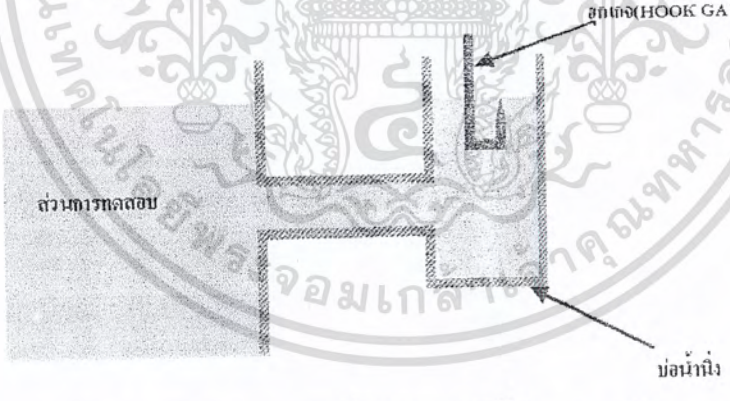
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.25 ฮุกเกจแบบวัดการระเหยของน้ำ(Hook Gauge Evaporimeter)
โดย บริษัท ELE International

หรือที่ในภาษาอังกฤษเรียกว่า Hook Gauge Evaporimeter โดยมีช่วงการวัด 100 มม. ในการวัดจะใช้คล้ายกับไมโครมิเตอร์ แต่ต่างกันตรงที่ปลายตะขอแตะผิวระดับน้ำ

นอกจากนั้นยังมีการนำฮุกเกจไปใช้ในการชลประทาน โดยมีวิธีการวัดระดับน้ำดังรูป 3.26 เป็นการวัดระดับน้ำชนิดหนึ่ง โดยการใช้ฮุกเกจ ซึ่งจะนำไปใช้ในการลดค่าความผิดพลาดในการวัด

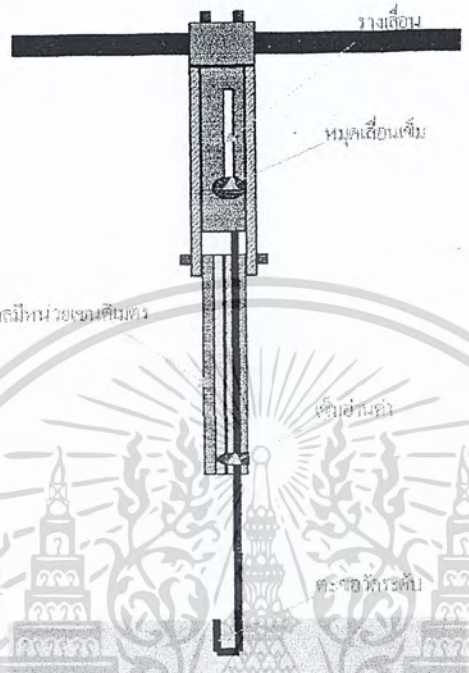


รูป 3.26 การนำฮุกเกจไปใช้วัดระดับน้ำในการชลประทาน
โดยการวัดในบ่อน้ำนิ่ง(Stilling Chamber)

ปริมาตรน้ำในฝายน้ำล้น

สำหรับฮุกเกจที่จะใช้ในการวัดค่าความลึกสะสมของน้ำผ่านผิวดินจะมีลักษณะดังรูป3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.27 ฮุกเกจที่ใช้ในการวัดค่าความลึกสะสมของน้ำผ่านผิวดิน

ในการออกแบบฮุกเกจที่ใช้วัดความลึกสะสมของน้ำผ่านผิวดินนั้น เราจะต้องคำนึงถึงความง่ายต่อการใช้งาน และราคาของฮุกเกจจะต้องถูกด้วย หลักการที่เรานำมาใช้ออกแบบฮุกเกจชนิดนี้มีอยู่ 2 หลักการ คือ หลักการของตาชั่งสปริงและหลักการของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยที่หลักการของตาชั่งสปริงก็คือ เราจะมีเข็มชนิดหนึ่งที่เรียกว่า เข็มอ่านค่าไว้ชี้ที่เสกล เพื่อบอกระดับน้ำที่ลดลงในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ส่วนหลักการของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ คือ จะต้องสามารถเลื่อนเข็มอ่านค่าแล้วทำการล็อกให้แน่น โดยในฮุกเกจจะมีหมุดเลื่อนเข็มคอยทำการเลื่อนเข็มอ่านค่าและตะขอวัดระดับน้ำ และยังทำหน้าที่ล็อกตำแหน่งของเข็มอ่านค่าให้อยู่กับที่ เมื่อปลายของตะขอวัดระดับน้ำแตะที่ผิวน้ำพอดี การบังคับทิศทางในการเลื่อนเข็มอ่านค่า เราจะบังคับให้เลื่อนในแนวดิ่งเท่านั้น โดยมีรางเลื่อนเข็มอ่านค่าคอยบังคับทิศทางให้สามารถเลื่อนได้ในทิศทางเดียว ส่วนเสกลมีย่างการวัด 15 ซม. หรือ 150 มม.

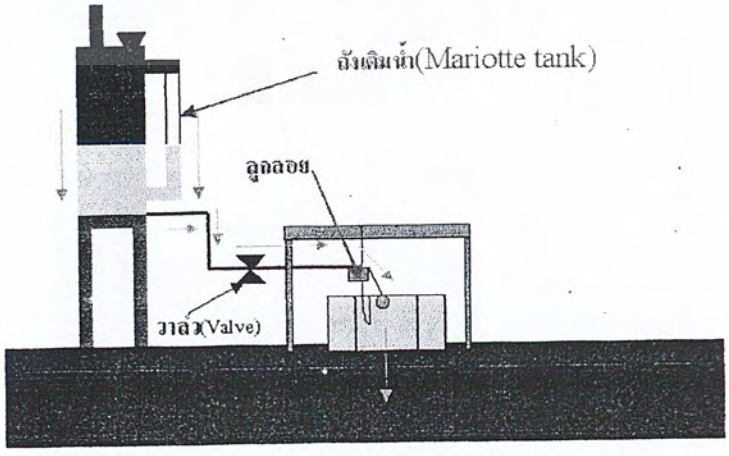
วัสดุที่นำมาใช้ทำฮุกเกจจะมีท่อดำขนาด 1 นิ้ว,เหล็กแบน 1 นิ้ว,แผ่นเหล็กและลวดเชื่อมแก๊สทำเป็นตะขอวัดระดับน้ำ ซึ่งเมื่อสร้างเสร็จแล้วก็จะได้ดังรูป 3.28 สำหรับรายละเอียดดูได้ที่ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.28 ฮุกเกจที่สร้างเสร็จแล้ว

การใช้งานของฮุกเกจนี้ก็คือ เมื่อน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินลดระดับลงถึงค่าหนึ่ง เราจะต้องใช้มือคลายนอตที่หมุดเลื่อนเข็มแล้ว เลื่อนจนกระทั่งปลายตะขอวัดระดับน้ำแตะผิวน้ำพอดี แล้วจึงขันนอตที่หมุดเลื่อนเข็มให้แน่นแล้ว อ่านค่าระดับน้ำที่เข็มอ่านค่าแล้วบันทึกลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

3.3 หลักการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

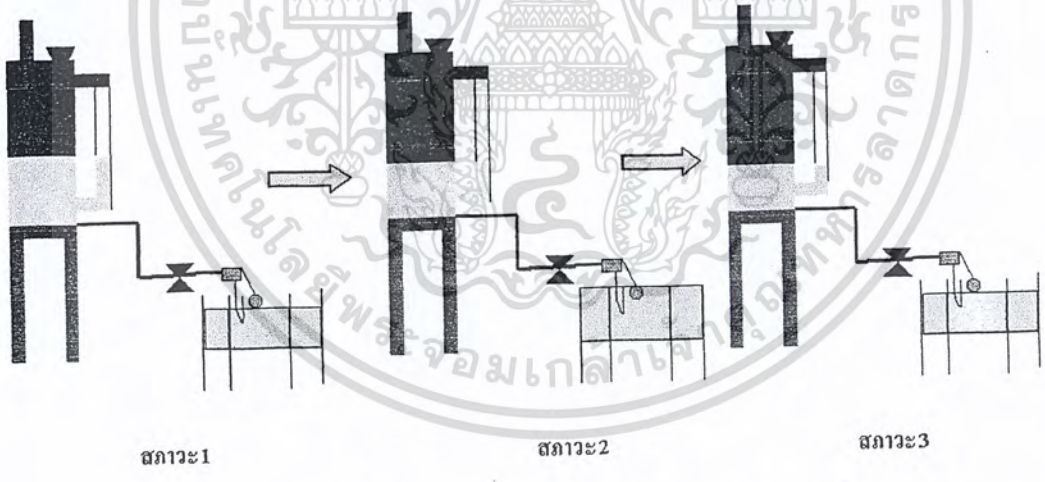


รูป 3.29 แสดงการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้ทราบถึงหลักการสร้างและออกแบบเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแล้ว ต่อไปนี้จะขออธิบายหลักการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินดังนี้

จากรูป 3.29 เมื่อเราเติมน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่นผิวดินและถังเติมน้ำและตั้งค่าระดับลูกลอยตามที่เราต้องการแล้ว ทำการเปิดวาล์วให้น้ำไหล ซึ่งตอนนี้น้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินยังอยู่ในระดับเดิมเมื่อปล่อยน้ำมาที่ลูกลอยน้ำจะยังไม่ไหลลงสู่ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพราะลูกลอยยังไม่ลดระดับเพื่อเปิดวาล์วลูกลอย เมื่อน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินซึมลงไปถึงระดับหนึ่ง ลูกลอยก็จะลดระดับลงตามระดับน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน จะส่งผลให้น้ำในถังเติมน้ำไหลลงสู่ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยผ่านวาล์วลูกลอย จะส่งผลให้น้ำในถังเติมน้ำลดลง ปริมาณน้ำในถังเติมน้ำที่ลดลงก็จะต้องเท่ากับปริมาณน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่เพิ่มขึ้น แต่ในความเป็นจริง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ปริมาณน้ำในถังเติมน้ำที่ลดลงอาจจะมีค่าแตกต่างจากปริมาณน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่เพิ่มขึ้น



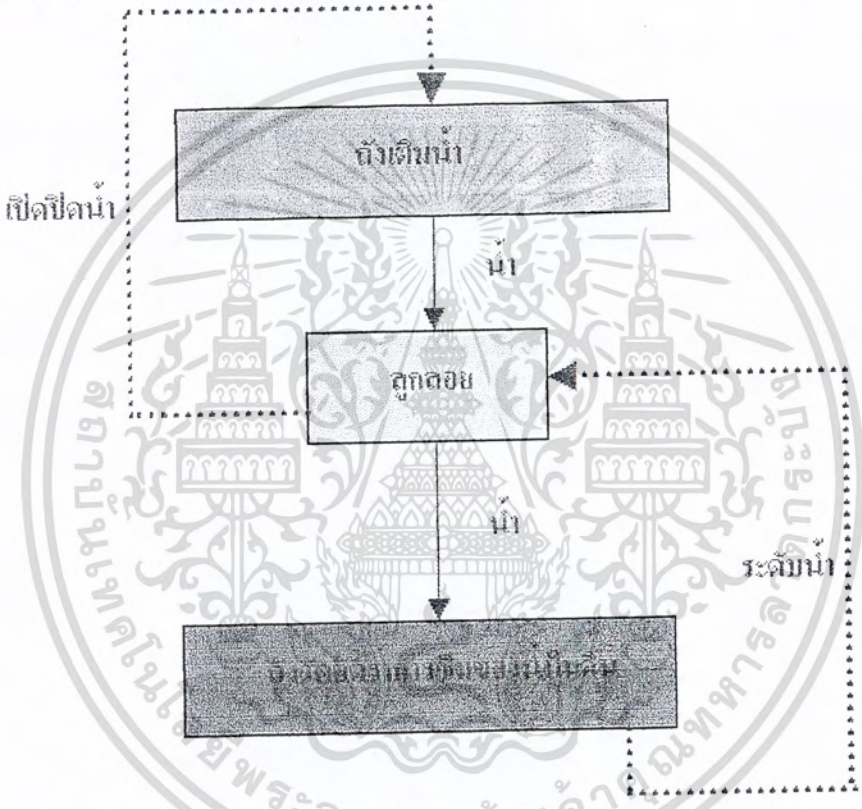
รูป 3.30 แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่มีผลต่อระดับน้ำในถังเติมน้ำ

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของการไหลของน้ำที่ไหลผ่านวาล์วลูกลอย และความเร็วในการตอบสนองต่อการเปิดปิดของวาล์วลูกลอยว่ามากน้อยแค่ไหนด้วย โดยถ้าวาล์วลูกลอยตอบสนองเร็ว ความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำในถังเติมน้ำที่ลดลงกับปริมาณน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่เพิ่มขึ้น จะมีไม่มากนัก แต่ถ้าความเร็วในการตอบสนองของลูกลอยช้า ปริมาณน้ำในถังเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำที่ลดลงกับปริมาณน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่เพิ่มขึ้น จะมีค่าความแตกต่างกันมาก

จากหลักการทำงานที่ได้อธิบายไว้แล้วนั้นเราสามารถที่จะเขียนผังการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นได้ดังรูป 3.31



รูป 3.31 แผนผังการทำงานของเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

เมื่อเราสร้างเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวาล์วลูกลอยเสร็จแล้ว เราจะต้องทำการทดลอง โดยนำไปเปรียบเทียบกับการทดลองโดยใช้ฮุกเกจว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหน ดังจะมีรายละเอียดของการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้

1.ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน
2.ฮุกเกจ
3.เรือนยึดลูกลอย
4.สายยาง
5.ลูกลอย
6.ถังเติมน้ำ
7.นาฬิกา
8.ปรอทวัดระดับ
9.ท่อนไม้
10.ค้อน
11.ตลับเมตร
12.ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ
13.แท่นตั้งถังเติมน้ำ
14.กะบะดิน
15.ดิน

4.2 วิธีการติดตั้งและการทดลอง

4.2.1 วิธีการติดตั้ง

เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

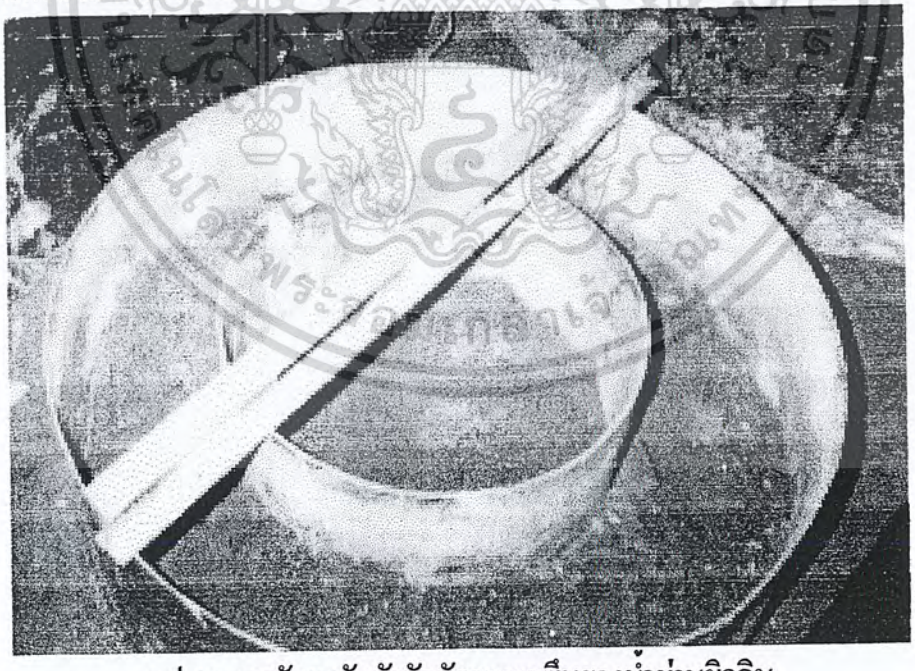
1.นำถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินตอกลงในดิน โดยนำท่อนไม้ไปวางพาดกับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแล้วใช้ค้อนตอก

รูป 4.1 แสดงการตอกถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินลงไปในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

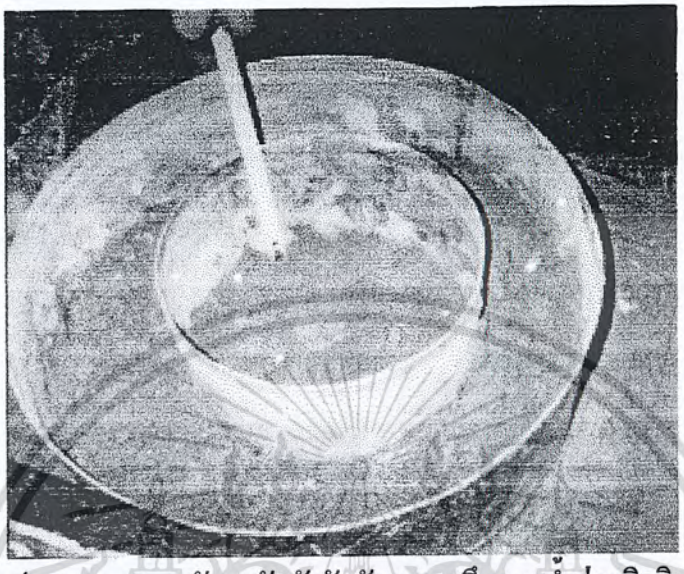
รูป 4.2 ค้อนและท่อนไม้ที่ใช้ตอก

2.นำปรอทวัดระดับวางพาดกับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยดูว่าถังทั้งสองใบอยู่ในระดับเดียวกันหรือไม่ และทำการวัดระดับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยการใช้ตลับเมตร โดยดูว่าระดับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่อยู่เหนือพื้นดินเท่ากับ 15 เซนติเมตรหรือไม่ ถ้ายังไม่เท่ากับ 15 เซนติเมตร ให้ตอกลงจนกว่าจะถึงระดับ 15 เซนติเมตรให้ได้



รูป 4.3 การวัดระดับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน
โดยใช้ปรอทวัดระดับ

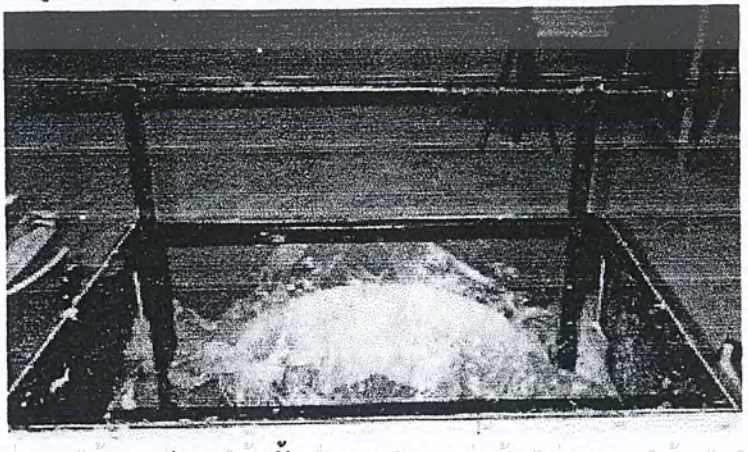
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4 แสดงการวัดระดับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน
ที่อยู่เหนือผิวดินโดยใช้ตลับเมตร

รูป 4.5 ปรอทวัดระดับและตลับเมตร

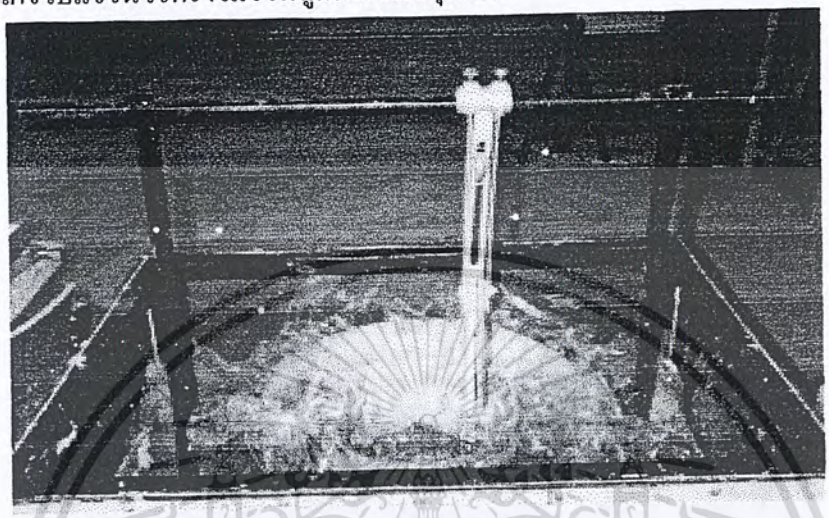
3.นำราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจไปตั้งไว้เหนือถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน



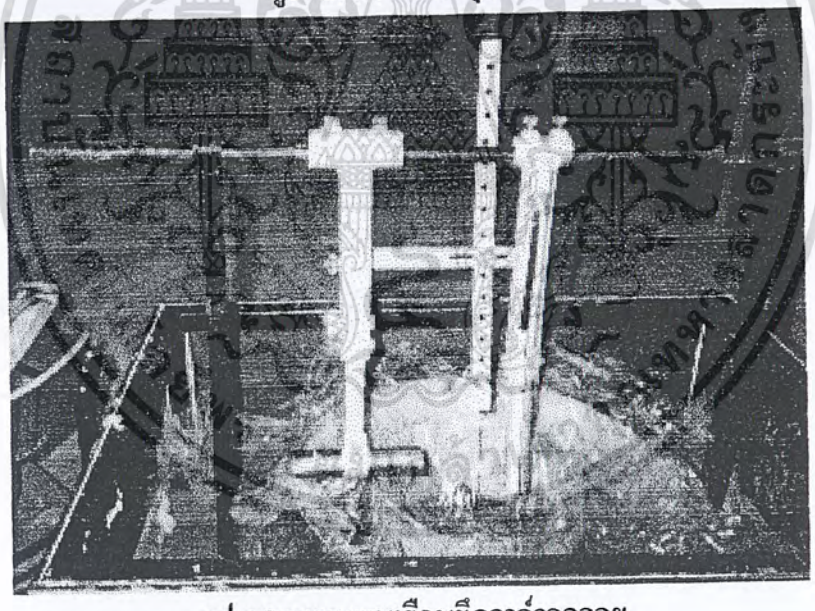
รูป 4.6 การตั้งราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.นำฮุกเกจไปแขวนไว้ที่ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ



รูป 4.7 การแขวนฮุกเกจ

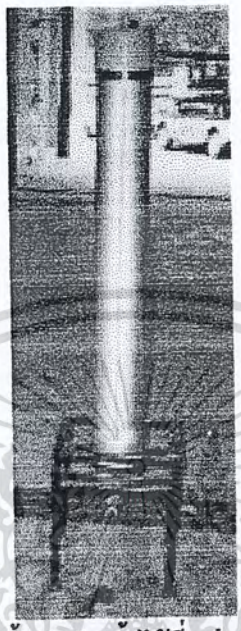


รูป 4.8 การแขวนเรือนยึดวาล์วลูกลอย

5.นำเรือนยึดวาล์วลูกลอยไปแขวนไว้ที่ราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ

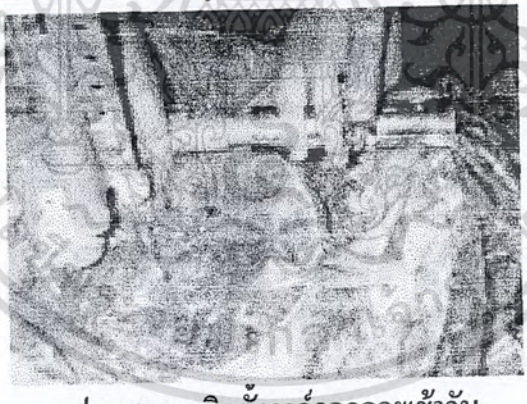
6.นำถังเติมน้ำไปตั้งไว้ที่แท่นตั้งถังเติมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

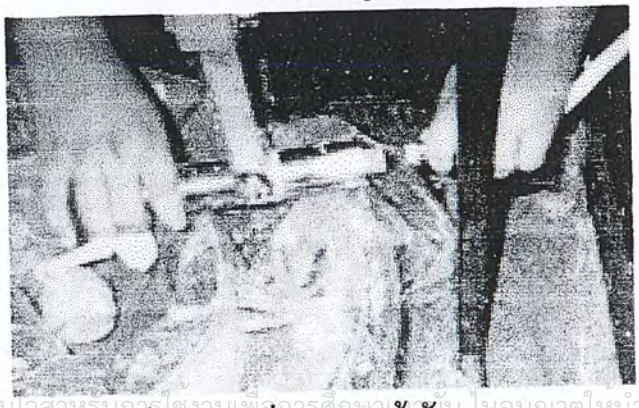


รูป 4.9 การตั้งถังเติมน้ำไว้ที่แท่นตั้งถังเติมน้ำ

7.นำลูกลอยไปติดตั้งไว้ที่เรือนยึดวาล์วลูกลอยแล้วต่อสายยางเข้ากับลูกลอยและถังเติมน้ำ



รูป 4.10 การติดตั้งวาล์วลูกลอยเข้ากับ
เรือนยึดวาล์วลูกลอย

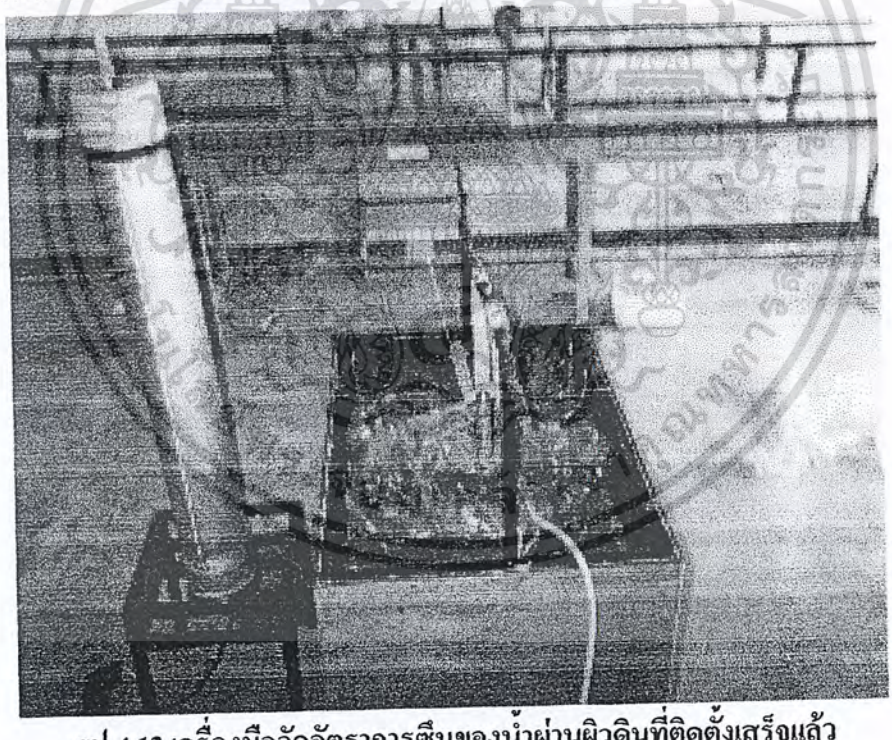


รูป 4.11 การต่อสายยางเข้ากับลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.12 การต่อสายยางเข้ากับถังเติมน้ำ

8.เราจะได้เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่ติดตั้งเสร็จแล้วดังรูป4.13



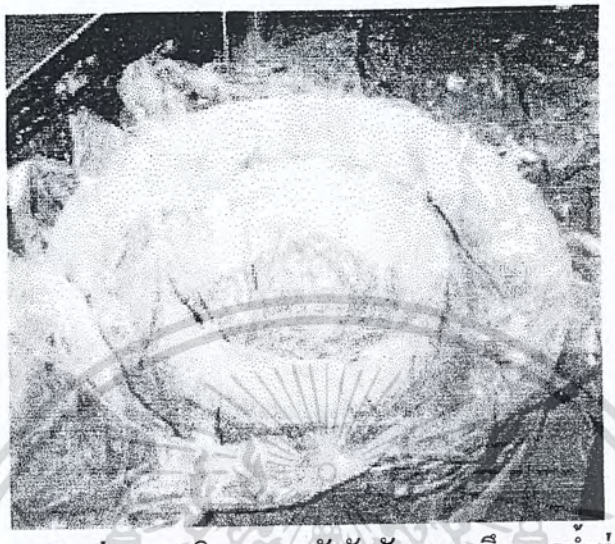
รูป 4.13 เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่ติดตั้งเสร็จแล้ว

4.2.2 วิธีการทดลอง

เมื่อเราทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินเสร็จแล้ว เราจะทำการทดลองโดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1.นำแผ่นพลาสติกคลุมถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



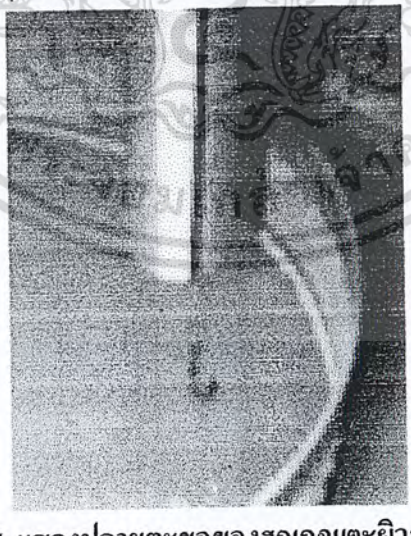
รูป 4.14 การนำแผ่นพลาสติกมาคลุมถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

2.เติมน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินโดยให้ได้ระดับตามที่ต้องการ

3.ปิดวาล์วแล้วเติมน้ำในถังเติมน้ำให้เต็มถึงขีด 0 เซนติเมตร

4.เปิดวาล์วแล้วทำการตั้งระดับลูกลอยแล้วดูว่าน้ำไหลออกจากลูกลอยหรือไม่ ถ้ายังไหลอยู่ให้ทำการปรับระดับจนกว่าน้ำไม่ไหลออกไปจากลูกลอย

5.ทำการเลื่อนเข็มอ่านค่าที่ฮุกเกจโดยให้ปลายตะขอแตะผิวระดับน้ำ

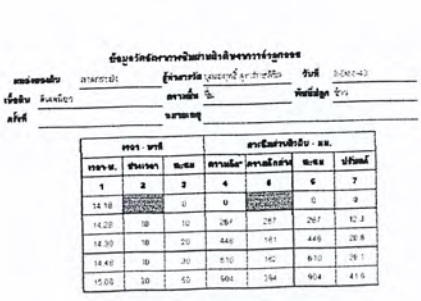


รูป 4.15 แสดงปลายตะขอของฮุกเกจแตะผิวระดับน้ำ

6.นำแผ่นพลาสติกออกจากถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

7.ทำการวัดค่าจากเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยก่อนโดยจดค่าเริ่มต้นและเวลาเริ่มต้นลงในตารางบันทึกผล จากนั้นรอไปประมาณครั้งละ 5 นาที ถึง 10 นาที แล้วจึงจดค่าความลึกสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางวาล์วลูกลอย

ตารางฮุกเกจ

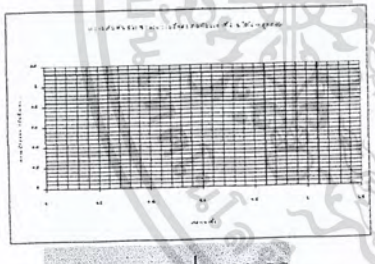
รูป 4.16 ตารางบันทึกผลที่ใช้ในการทดลอง

8.ทำการวัดค่าจากฮุกเกจ โดยทำเหมือนข้อ 7. แล้วบันทึกผล

9.ทำข้อ 7. ก่อน แล้วจึงทำข้อ 8.

10.จากข้อ 7. และข้อ 8. ให้ใช้เวลาทดลองประมาณ 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำจะหมด

11.ค่าที่ได้จากข้อ 7. ในตาราง ให้ปรับแก้ค่าความลึกสะสม โดยให้มีค่าเท่ากับค่าความลึกสะสมในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน



กระดาษกราฟธรรมดา

กระดาษกราฟลอการิธึม

รูป 4.17 กระดาษกราฟธรรมดาและกระดาษกราฟลอการิธึม

12.นำผลการทดลองไปวาดกราฟ โดยวาดในกระดาษธรรมดา และกระดาษกราฟลอการิธึมแล้วจึงสร้างสมการความลึกสะสมของน้ำผ่านผิวดินและสมการอัตราการซึมสะสมของน้ำในดิน ดังนี้

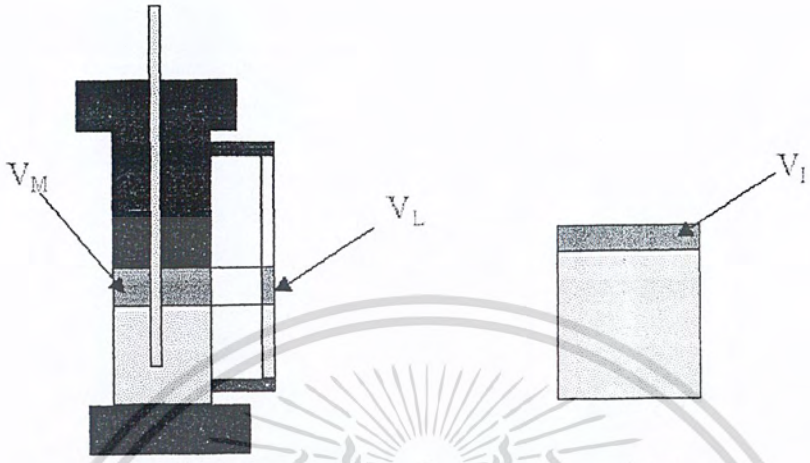
$$D = a \cdot t^{b}$$

$$I = a \cdot b \cdot t^{b-1}$$

4.3 การปรับแก้ค่าที่ได้จากการทดลอง

ก่อนที่จะนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ จะต้องมีการปรับแก้ค่าความลึกสะสมของน้ำที่ได้จากเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินให้เท่ากับความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจริงเพราะเส้นผ่านศูนย์กลางของถังเติมน้ำมีค่าเท่ากับ 15 เซนติเมตร แต่เส้นผ่านศูนย์กลางของถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีค่าเท่ากับ 30 เซนติเมตร ซึ่งถ้าความสูงเท่ากัน ปริมาตรจะไม่เท่ากันดังนั้นจึงต้องทำการปรับแก้ค่า โดยมีหลักการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.18 แสดงถึงปริมาตรลดและเพิ่มของถังเติมน้ำและถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

ปริมาตรลดจากถังเติมน้ำที่ลดลง = ปริมาตรเพิ่มจากถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

$$V_M + V_L = V_I$$

$$A_M H_M + A_L H_L = A_I H_I$$

$$\pi D_M^2 H_M + \pi D_L^2 H_L = \pi D_I^2 H_I$$

$$D_M^2 H_M + D_L^2 H_L = D_I^2 H_I$$

เนื่องจาก $H_M = H_L$;

$$(D_M^2 + D_L^2) H_L = D_I^2 H_I$$

$$H_I = [(D_M^2 + D_L^2)/D_I^2] \cdot H_L \quad \text{.....(1)}$$

V_M = ปริมาตรลดในถังเติมน้ำ

V_L = ปริมาตรลดในท่ออ่านระดับน้ำของถังเติมน้ำ

V_I = ปริมาตรเพิ่มในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

จากสมการที่ (1) เราจะแทนค่าได้ดังต่อไปนี้

D_M = 15 ซม.

D_L = 0.77 ซม.

D_I = 30 ซม.

$$H_I = \{[(15)^2 + (0.77)^2]/(30)^2\} \cdot H_L$$

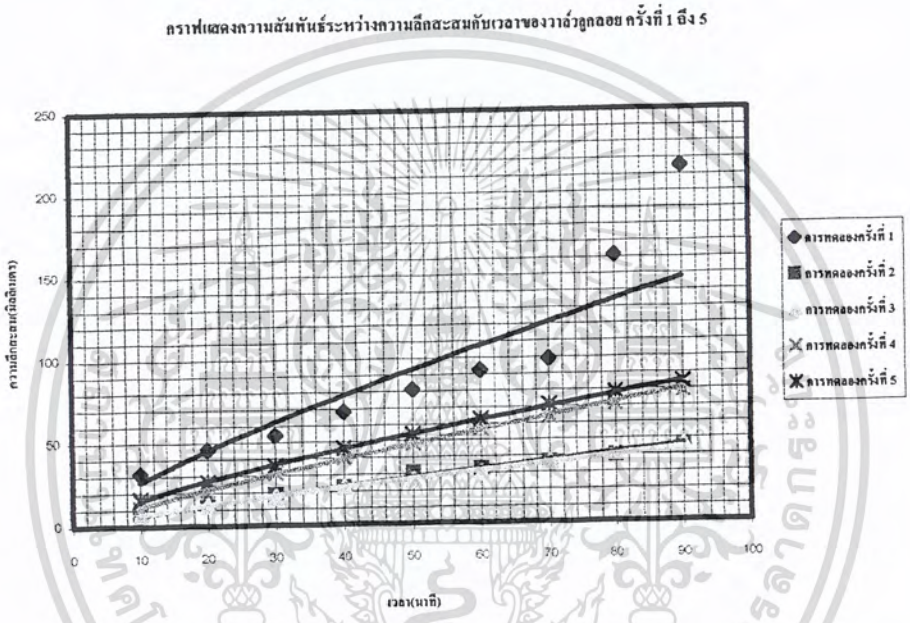
$$H_I = 0.25066 \cdot H_L \quad \text{.....(2)}$$

สมการที่ (2) เป็นสมการที่ใช้ในการปรับแก้ค่าในการทดลองนี้

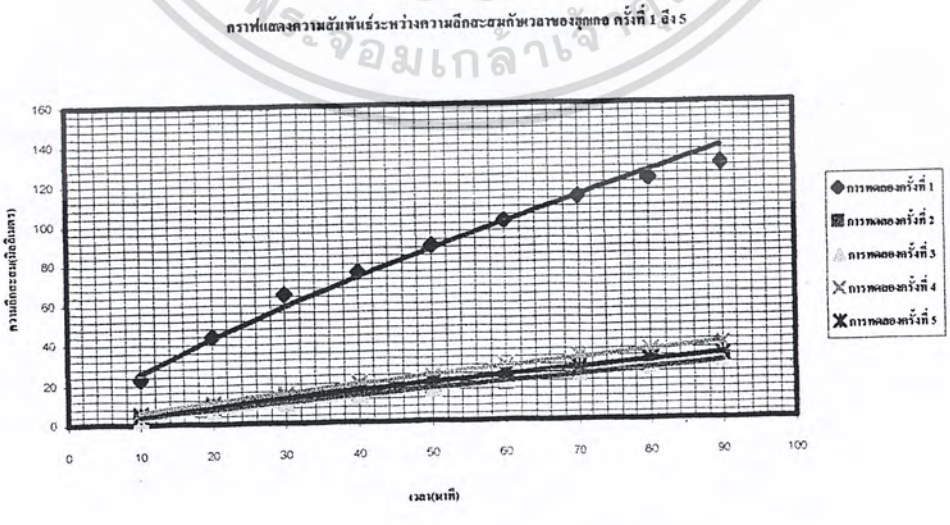
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองหาสมการความลึกสะสมของน้ำที่ได้จากสุกเกจและวาล์วลูกลอย ซึ่งเราได้ทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่แสดงในภาคผนวก เราจะนำค่าในตารางมาวาดกราฟในกระดาษกราฟธรรมดา ดังได้แสดงในรูป 4.19 เราจะเห็นว่า เมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง ความลึกสะสมจะ



ก

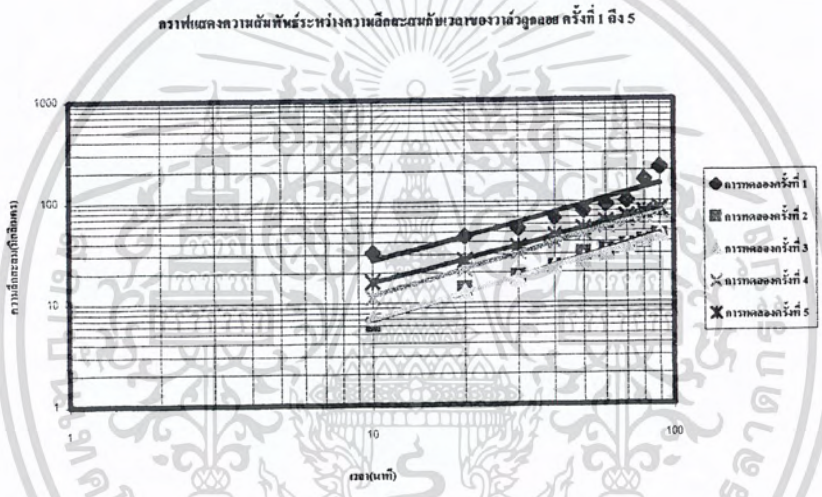


ข

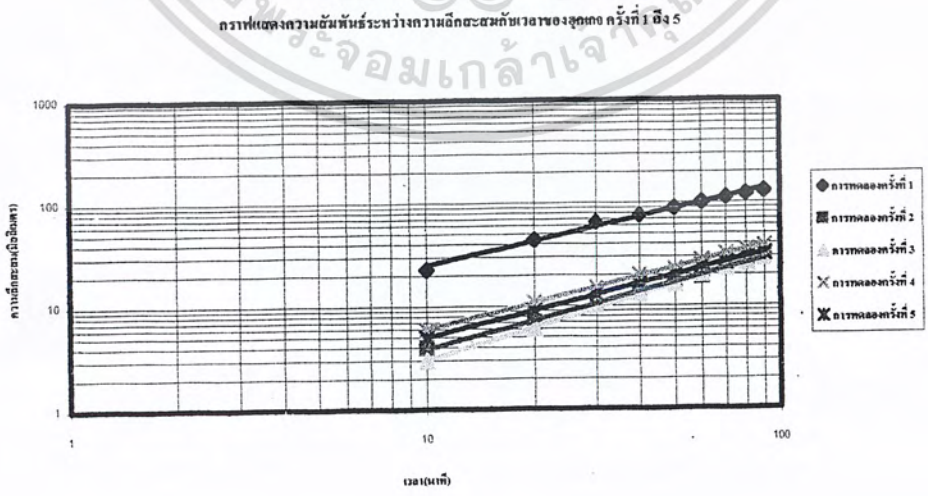
รูป 4.19 กราฟที่วาดลงในกระดาษกราฟธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น และยิ่งเวลามากขึ้นก็จะสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ แต่ถ้าระยะเวลาในการทดลองมีมากจะทำให้ไม่สามารถวาดกราฟลงในกระดาษกราฟธรรมดา เพื่อให้ได้ข้อมูลทุก ๆ ตัว และเราก็จะไม่สามารถที่จะรู้แน่ชัดว่า กราฟที่ได้จากการทดลองเป็นกราฟของฟังก์ชันใด ดังนั้นเราจึงต้องทำการวาดกราฟลงไปในกระดาษกราฟลอการิธึม ดังจะได้แสดงในรูปที่ 4.20 เราจะเห็นว่า ข้อมูลส่วนใหญ่



ก



ข

รูป 4.20 กราฟที่วาดลงในกราฟลอการิธึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกาะกลุ่มกันเป็นเส้นตรง ดังนั้นเราจะใช้กราฟในกระดาษกราฟลอการิธึมไปสร้างสมการเส้นตรง โดยจะมีหลักการดังนี้

จากรูป 4.20 จะเห็นว่าที่แกนนอน ค่าจริง ๆ จะเป็นค่าของ log t และแกนตั้งจะเป็นค่าของ log D ดังนั้นจากสมการเส้นตรง

$$y = mx + c \quad \text{.....(3)}$$

$$y = \log D$$

$$x = \log t$$

$$m = b$$

$$c = \log a$$

$$\log D = b \log t + \log a \quad \text{.....(4)}$$

$$\log D = \log(t^b) + \log a$$

$$\log D = \log(at^b)$$

$$D = at^b \quad \text{.....(5)}$$

เนื่องจากข้อมูลไม่มีความต่อเนื่อง และไม่เกาะกลุ่มกันเป็นเส้นตรงทีเดียว ดังนั้นเราจึงต้องนำหลักการทางสถิติเข้ามาช่วยหาค่า a กับค่า b ดังนี้

$$y_i = mx_i + c$$

$$\sum y_i = m\sum x_i + cn \quad \text{.....(6)}$$

$$\sum x_i y_i = m\sum x_i^2 + c\sum x_i \quad \text{.....(7)}$$

จากการแก้สมการ เราจะได้

$$m = [\sum x_i y_i - nx_{avg}y_{avg}]/[\sum x_i^2 - nx_{avg}^2] \quad \text{.....(8)}$$

$$c = y_{avg} - mx_{avg} \quad \text{.....(9)}$$

$$y_{avg} = [\sum y_i]/n = [\sum \log D_i]/n = \log D_{avg} \quad \text{.....(10)}$$

$$x_{avg} = [\sum x_i]/n = [\sum \log t_i]/n = \log t_{avg} \quad \text{.....(11)}$$

n = จำนวนข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแต่ละครั้ง

$i = 1,2,3,\ldots,n$

เพราะฉะนั้นจากสมการที่(8) และ (9) เราจะได้

$$m = b = [\sum(\log t_i)(\log D_i) - n(\log t_{avg})(\log D_{avg})]/[\sum(\log t_i)^2 - n(\log t_{avg})^2] \quad \text{.....(12)}$$

$$c = \log a = (\log D_{avg}) - b(\log t_{avg})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$a = 10^{((\log Davg) - b(\log tavg))}$ .....(13)

เมื่อเรานำข้อมูลทั้งหมดไปแทนค่าในสมการ(10),(11),(12) และ (13) แล้ว เราจะนำไปหาสมการอัตราการซึมของน้ำสะสมจาก

$$I = dD/dt$$

$$I = d(at^b)/dt$$

$$I = abt^{b-1} \quad .....(14)$$

จากสมการ(10),(11),(12),(13) และ (14) เราจะได้สมการความลึกสะสมของน้ำผ่านผิวดิน และอัตราการซึมสะสมของน้ำในดินของการทดลองแต่ละครั้งได้ดังตาราง

ตาราง 3 สรุปสมการความลึกสะสมและอัตราการซึมสะสมของน้ำในดินที่ได้จากฮุกเกจและวาล์วลูกลอยทั้ง 5 ครั้ง

ชนิดของอุปกรณ์อ่านค่า	ครั้งที่	a	b	ab	b-1	$D=at^b$	$I=abt^{b-1}$
ฮุกเกจ	1	3.54	0.82	2.9028	-0.18	$D=3.54t^{0.82}$	$I=2.9t^{-0.18}$
	2	0.47	0.92	0.4324	-0.08	$D=0.47t^{0.92}$	$I=0.43t^{-0.08}$
	3	0.29	1.02	0.2958	0.02	$D=0.29t^{1.02}$	$I=0.29t^{0.02}$
	4	0.93	0.82	0.7626	-0.18	$D=0.93t^{0.82}$	$I=0.76t^{-0.18}$
	5	0.73	0.84	0.6132	-0.16	$D=0.73t^{0.84}$	$I=0.61t^{-0.16}$
วาล์วลูกลอย	1	6.18	0.69	4.2642	-0.31	$D=6.18t^{0.69}$	$I=4.26t^{-0.31}$
	2	1.04	0.83	0.8632	-0.17	$D=1.04t^{0.83}$	$I=0.86t^{-0.17}$
	3	1	0.84	0.8425	-0.16	$D=1.0t^{0.84}$	$I=0.84t^{-0.16}$
	4	1.68	0.85	1.428	-0.15	$D=1.68t^{0.85}$	$I=1.43t^{-0.15}$
	5	2.83	0.75	2.1225	-0.25	$D=2.83t^{0.75}$	$I=2.12t^{-0.25}$

จากตาราง 3 เราจะทำการสร้างกราฟทั้งความลึกสะสม และ อัตราการซึมของน้ำสะสมที่ได้จากการสร้างสมการ ซึ่งจะดูได้ที่ภาคผนวก หลังจากนั้นเราจะทำการวิเคราะห์ว่า เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยจะใช้แทนฮุกเกจได้หรือไม่นั้น จะขออธิบายรายละเอียดในบทที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกราฟในรูป 4.19 เราจะเห็นได้ว่าในการทดลองครั้งที่ 1 กราฟลูกลอยจะเบี่ยงเบนไปในช่วงท้าย ๆ เนื่องจากการติดตั้งวาล์วลูกลอยที่ยังไม่ชำนาญของผู้ทดลอง จึงทำให้น้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินล้นออกมา ส่วนการทดลองในครั้งที่2 และครั้งที่ 3 ของฮุกเกจและวาล์วลูกลอยมีข้อมูลที่มีความเบี่ยงเบนสูง เพราะความชื้นในดินสูงมาก เนื่องจากการทดลองติดต่อกัน 2 ถึง 3 วัน ทำให้ดินใกล้ถึงจุดอิ่มตัว นอกจากนั้นการระเหยของความชื้นในดินสู่บรรยากาศทำให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ความลึกสะสมมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ นอกจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ความเที่ยงตรงของผู้วัดก็มีส่วน เพราะบางครั้งผู้วัดอาจจะอ่านค่าไม่ตรงกับค่าจริงทีเดียว ถ้าเป็นเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยแล้ว ที่ท่อดูระดับน้ำจะมีปรากฏการณ์ของแรงตึงผิวในท่อดูระดับน้ำ ดังรูป4.21 จะทำให้การอ่านค่าผิดพลาดได้

รูป 4.21 ปรากฏการณ์แรงตึงผิวของน้ำในท่อดูระดับน้ำ

และถ้าเป็นฮุกเกจ เมื่อใดที่จะวัดค่าจะต้องเลื่อนเข็มเมื่อนั้น และยังจะต้องดูว่าปลายเข็มแตะผิวระดับน้ำหรือไม่ ในเมื่อน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินขุ่ม จะทำให้มองเห็นปลายเข็มไม่ชัดอาจจะผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองและสมการที่ได้ในบทที่ 4 เราจะมาดูกันว่า สมการใดที่ควรนำมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยเราจะดูที่ค่าคงที่ a และ b ว่า สมการของครั้งใดใกล้เคียงที่สุด ดังจะได้อธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากตาราง 3 เราจะเห็นได้ว่า ผลการทดลองที่สามารถใช้ได้ของฮุกเกจ คือครั้งที่ 4 มีสมการดังนี้

$$D_H = 0.93t^{0.82} \quad \text{.....(1)}$$

และผลการทดลองของวาล์วลูกลอย คือ ครั้งที่ 2 มีสมการดังนี้

$$D_M = 1.04t^{0.83} \quad \text{.....(2)}$$

ซึ่งเมื่อได้สมการของฮุกเกจและลูกลอยแล้ว เราจะมาพิสูจน์กันว่าเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยใช้แทนฮุกเกจได้จริงหรือไม่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จากสมการที่ (1) และ (2) เราจะนำมาแทนค่าเวลาตั้งแต่ 0 นาที ถึง 120 นาที โดยเว้นช่วงละ 5 นาที ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าความลึกสะสมที่คำนวณได้จากสมการของฮุกเกจและวาล์วลูกลอย ตั้งแต่เวลา 0 นาที ถึง 120 นาที

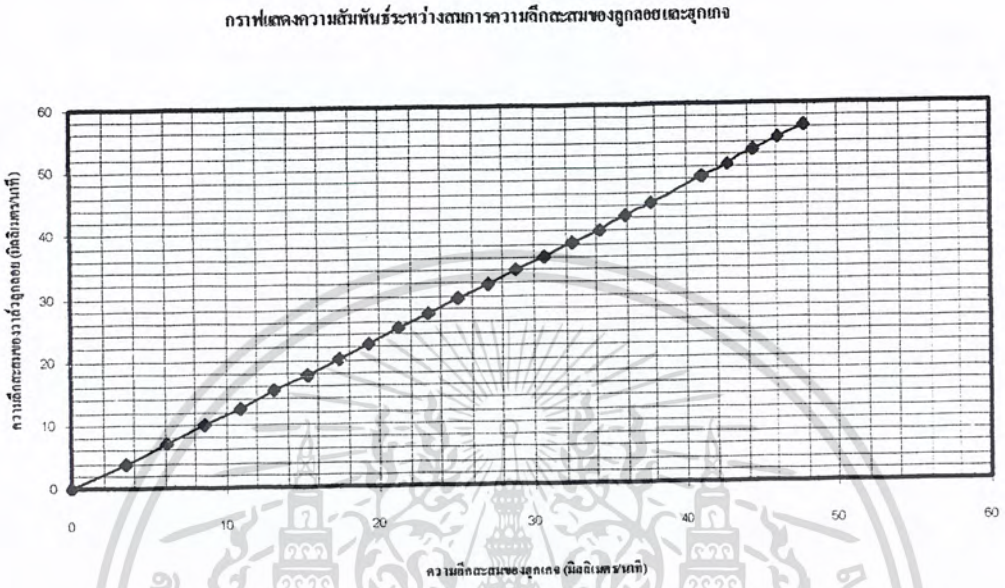
เวลา(นาที)	$D_H=0.93t^{0.82}$(มม./นาที)	$D_M=1.04t^{0.83}$(มม./นาที)	ค่าผิดพลาด=$[(D_M-D_H)/D_M]*100$(%)
0	0	0	0
5	3.493072865	3.985134702	12.34743299
10	6.179052955	7.104424018	13.0252792
15	8.626318264	9.963334043	13.41936116
20	10.93040337	12.66527844	13.6978834
25	13.13355729	15.25619873	13.91330486
30	15.25948053	17.76194658	14.08891779
35	17.32325611	20.19901323	14.23711689
40	19.33527981	22.57878719	14.36528613
45	21.30312469	24.90957839	14.47818041

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

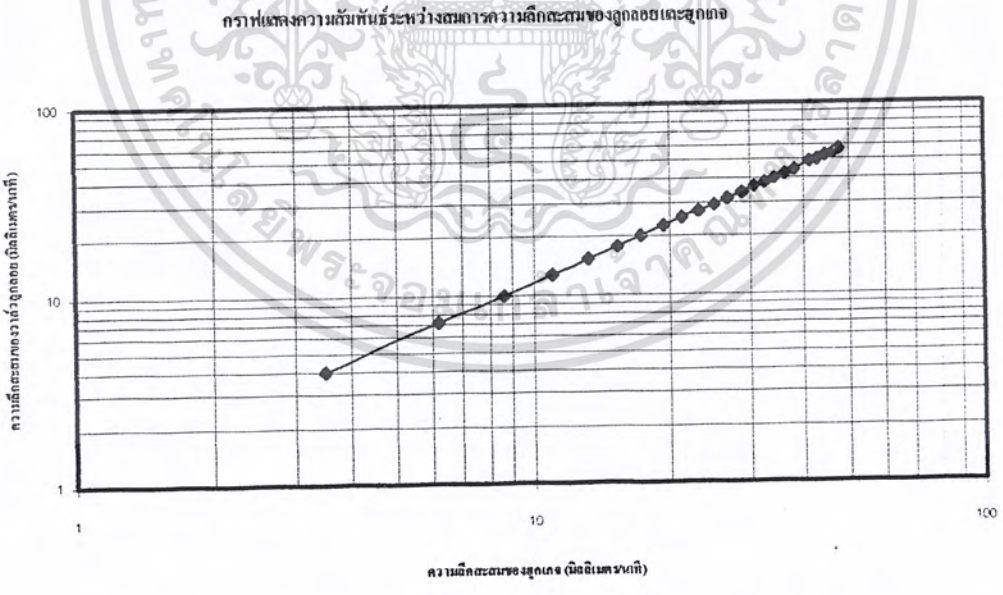
50	23.2325374	27.19770166	14.57904167
55	25.12801776	29.448108	14.67017929
60	26.99317818	31.66477656	14.75329652
65	28.8309781	33.85097056	14.82968546
70	30.64388319	36.00941135	14.90034955
75	32.43397705	38.14240059	14.96608354
80	34.20304198	40.25190867	15.02752761
85	35.95261859	42.3396401	15.08520501
90	37.68405088	44.40708288	15.13954884
100	41.0970754	48.48619166	15.23963011
105	42.78064797	50.50005363	15.28593557
110	44.45007545	52.49806128	15.33006294
115	46.10611215	54.48105225	15.37220695
120	47.7494412	56.4497855	15.41253739
เฉลี่ย			13.92350222

จากตาราง 4 เราจะทำการวาดกราฟ โดยแกนนอนเป็นสมการของฮุกเกจ และแกนตั้งเป็นสมการของวาล์วลูกลอย ดังรูป 5.1 และรูป 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสมการของลูกเจกและวาล์วลูกลอย



รูป 5.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสมการของลูกเจกและวาล์วลูกลอย
เมื่อวาดลงในกระดาษกราฟลอการิธึม

จากรูป 5.2 เราจะหาความสัมพันธ์ระหว่างสมการของลูกเจกและวาล์วลูกลอย ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างสมการของลูกเจกและวาล์วลูกลอย ดังต่อไปนี้

$$\log D_M = m\log D_H + \log c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

$$\log D_M = \log (D_H^{\ m}) + \log c$$

$$\log D_M = \log (cD_H^{\ m})$$

$$D_M = cD_H^{\ m} \quad \text{.....(4)}$$

$$m=[\sum(\log D_{Hi})(\log D_{Mi})-n(\log D_{Havg})(\log D_{Mavg})]/[\sum(\log D_{Hi})^2-n(\log D_{Havg})^2] \quad \text{.....(5)}$$

$$\log c =(\log D_{Mavg}) - m(\log D_{H\,avg})$$

$$a=10^{((\log DMavg)-m(\log DH\ avg))} \quad \text{.....(6)}$$

$$\log D_{Mavg} = [\sum \log D_{Mi}]/n \quad \text{.....(7)}$$

$$\log D_{Havg} = [\sum \log D_{Hi}]/n \quad \text{.....(8)}$$

จากการแทนค่าลงในสมการ(5),(6),(7) และ(8) จะได้

$$m = 1.0309712$$

$$c = 1.0600508$$

เพราะฉะนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมที่ได้จากฮุกเกจ และวาล์วลูกลอย เป็นดังนี้ คือ

$$D_M = 1.06D_H^{\ 1.03} \quad \text{.....(9)}$$

จากสมการที่ (9) และตาราง 4 เราจะเห็นได้ว่าสมการความลึกสะสมที่ได้จากวาล์วลูกลอยและฮุกเกจมีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยสามารถที่จะใช้แทนฮุกเกจได้

5.2 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง เราสามารถที่จะสรุปได้ว่า ค่าความลึกสะสมที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอย มีความแตกต่างจากค่าความลึกสะสมที่อ่านได้จากฮุกเกจน้อยมาก และเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยสามารถใช้แทนฮุกเกจได้

อย่างไรก็ตาม ที่เป็นปัญหาในการทดลองก็คือ การที่ค่าความลึกสะสมที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอย มีความแตกต่างจากค่าความลึกสะสมที่อ่านได้จากฮุกเกจนั้น เพราะ การวัดค่าจากฮุกเกจมีความต่อเนื่องน้อยกว่าเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอย และน้ำในถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีความขุ่นทำให้มองปลายตะขอไม่ชัด และความไม่เที่ยงตรงของผู้วัดก็มีส่วนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

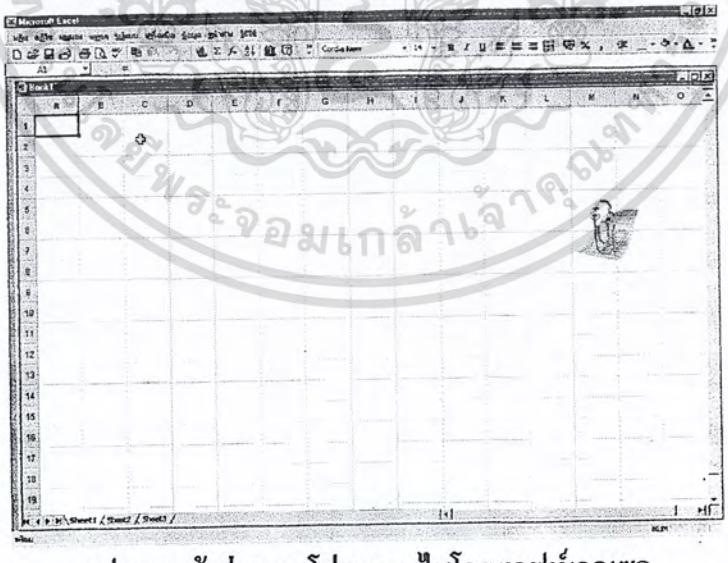
บทที่ 6
โปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

6.1 แนวคิดและที่มาของการเขียนโปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

ในการทดลองหาอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจริง ๆ นั้น จะมีการเก็บข้อมูลไว้จำนวนมากมาย ดังนั้น ถ้าเรามาทำการวาดกราฟและสร้างสมการโดยใช้มนุษย์ก็จะเสียเวลาเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการที่จะทำอย่างไรให้ข้อมูลที่เราเก็บมาจากการทดลองใช้เวลาในการประมวลผลให้น้อยที่สุดสิ่งหนึ่งที่สามารถทำได้ ก็คือ การใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล โดยจะต้องทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมาให้มีความง่ายต่อการใช้งาน โปรแกรมที่เราจะทำการเขียนมีชื่อเรียกว่า โปรแกรม Infiltration หรือ Infiltration Software ซึ่งเราจะได้อธิบายหลักการเขียนโปรแกรมดังต่อไปนี้

6.2 หลักการเขียนโปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

ในการเขียนโปรแกรม Infiltration นั้น เราจะใช้โปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหมู่ผู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์และเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายอีกด้วย โปรแกรมที่กล่าวถึง ก็คือ โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล(Microsoft Excel) โดยในรูป 6.1 แสดงถึงรูปร่างของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล จะคล้ายกับตาราง ซึ่งจะได้อธิบายถึงวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้



รูป 6.1 หน้าต่างของโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล

6.2.1 วิธีการใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล

วิธีใช้ไมโครซอฟท์เอกเซลสำหรับการเขียนโปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน มีหลักการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การป้อนข้อมูลในเซลล์แผ่นงาน

การป้อนข้อมูลลงในเซลล์แผนงานนั้นมีอยู่ 7 วิธีหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

1.1 การป้อนตัวเลข ข้อความ วันที่ หรือเวลา

1. คลิกเซลล์ที่คุณต้องการป้อนข้อมูล

2 .พิมพ์ข้อมูลและกดแป้น Return ENTER หรือ Tab TABใช้เครื่องหมายทับ หรือเครื่องหมายยัติภังค์ในการแยก ส่วนของวันที่ ตัวอย่างเช่น พิมพ์ 9/5/96 หรือ Jun-96เมื่อต้องการป้อน เวลาซึ่งยึดตามเวลาแบบ12 ชั่วโมง ให้พิมพ์ช่องว่างและจากนั้นพิมพ์ a หรือ p หลังเวลาตัวอย่างเช่น 9:00 p มิฉะนั้น Microsoft Excel จะป้อนเวลาเป็น AM

1.2 การป้อนสูตร

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการคำนวณค่าของสูตร ให้คลิก

1 .คลิกเซลล์ที่คุณต้องการป้อนสูตร

2 .พิมพ์ = (เครื่องหมายเท่ากับ)ถ้าคุณคลิก แก้ไขสูตร หรือ วางฟังก์ชัน Microsoft Excel จะแทรกเครื่องหมายเท่ากับให้คุณ

3 .ป้อนสูตร

4 .กดแป้น Return ENTER

1.3 การป้อนข้อมูลเดียวกันลงในหลายๆ เซลล์ในครั้งเดียว

1.เลือกเซลล์ที่คุณต้องการป้อนข้อมูลเซลล์นั้นอาจเป็นเซลล์ที่ใกล้เคียงกันหรือห่างกันก็ได้

2.พิมพ์ข้อมูลและกดแป้น Control CTRL+ Return ENTER

1.4 การป้อนหรือแก้ไขข้อมูลเดียวกันบนหลายๆ แผ่นงาน

เมื่อคุณเลือกกลุ่มของแผ่นงาน การเปลี่ยนแปลงที่คุณทำในส่วนที่เลือกบนแผ่นงานซึ่งใช้งานอยู่จะมีผลต่อเซลล์ที่สัมพันธ์กันบนแผ่นงานที่เลือกแผ่นอื่นๆ ข้อมูลบนแผ่นงานอื่นจะได้รับการแทนที่

1. เลือกแผ่นงานที่ๆ คุณต้องการป้อนข้อมูลวิธีการ
2. เลือกเซลล์หรือช่วงของเซลล์ที่คุณต้องการป้อนข้อมูล
3. พิมพ์หรือแก้ไขข้อมูลในช่องแรกที่เลือก
4. กดแป้น Return ENTER หรือ Tab TAB Microsoft Excel จะป้อนข้อมูลบนแผ่นงานที่เลือกทั้งหมดอัตโนมัติ

1.5 การเติมข้อมูลที่ซ้ำกันในสดมภ์อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าอักขระแรกสองสามตัวแรกที่คุณพิมพ์ในเซลล์ตรงกับรายการที่มีอยู่ในสดมภ์นั้น Microsoft Excel จะเติมอักขระส่วนที่เหลือให้คุณ Microsoft Excel จะทำให้เสร็จสมบูรณ์เพียงเฉพาะรายการที่ประกอบด้วยข้อความหรือการรวมของข้อความและตัวเลขเท่านั้น รายการที่มีเพียงตัวเลข วันที่ หรือเวลาจะไม่สามารถทำให้เสร็จสมบูรณ์ได้

เมื่อต้องการยอมรับรายการที่เสนอ ให้กดแป้น Return ENTERรายการที่เสร็จสมบูรณ์นั้นจะตรงกับแบบของอักษรตัวใหญ่และอักษรตัวเล็กของรายการที่มี

เมื่อต้องการแทนที่อักขระของรายการอย่างอัตโนมัติ ให้พิมพ์ต่อไป

เมื่อต้องการลบอักขระของรายการอย่างอัตโนมัติ ให้กดแป้น BACKSPACE

1.6 การป้อนสูตรเพื่อคำนวณค่า

คุณสามารถสร้างสูตรได้หลายแบบใน Microsoft Excel จากสูตรที่ทำการดำเนินการทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายไปถึงสูตรที่วิเคราะห์แบบจำลองสูตรที่ซับซ้อน สูตรสามารถมีฟังก์ชันที่ได้กำหนดเป็นสูตรที่ทำการคำนวณอย่างง่ายหรือซับซ้อนไว้ก่อนแล้ว ในการคำนวณหลายๆ รายการอย่างต่อเนื่องแล้วคืนผลลัพธ์หนึ่งผลลัพธ์หรือมากกว่านั้นให้ใช้สูตรแถวลำดับ คุณสามารถป้อนสูตรเดียวกันลงในช่วงของเซลล์ โดยเลือกช่วงก่อนพิมพ์สูตรแล้วกดแป้น Control CTRL+ Return ENTER สามารถป้อนสูตรลงในช่วงของเซลล์ได้เช่นกันโดยการคัดลอกสูตรจากเซลล์อื่น

1.7 การป้อนสูตรที่มีฟังก์ชัน

1. คลิกเซลล์ที่คุณต้องการป้อนค่าสูตร
2. การเริ่มสูตรด้วยฟังก์ชันคลิก แก้ไขสูตรใน แถบสูตร
3 . คลิกลูกศรชี้ลงที่อยู่ถัดจากกล่อง ฟังก์ชัน
4. คลิกฟังก์ชันที่คุณต้องการเพิ่มลงในสูตร ถ้าไม่ปรากฏฟังก์ชันในรายชื่อ ให้คลิก ฟังก์ชันอื่นๆ สำหรับรายชื่อของฟังก์ชันเพิ่มเติม
5 . ป้อนอาร์กิวเมนต์
6 . เมื่อคุณทำสูตรเสร็จ ให้กดแป้น ENTER

2. เกี่ยวกับสูตรแถวลำดับ และวิธีการป้อนค่า

สูตรแถวลำดับ สามารถคำนวณได้หลายรายการแล้วคืนทั้งผลลัพธ์เดี่ยวหรือหลายผลลัพธ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง สูตรแถวลำดับ ที่ทำงานบนชุดค่าสองชุดหรือมากกว่าเรียกว่า อาร์กิวเมนต์แถวลำดับ แต่ละอาร์กิวเมนต์แถวลำดับต้องมีจำนวนแถวและสดมภ์เท่ากัน ให้คุณสร้างสูตรแถวลำดับด้วยวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกับที่คุณสร้างสูตรเดี่ยวพื้นฐาน ให้เลือกเซลล์ที่มีสูตร สร้างสูตร แล้วกดแป้น Control CTRL+ Shift SHIFT+ Return ENTER เพื่อป้อนสูตร

ถ้าคุณต้องการเฉพาะผลลัพธ์เดี่ยว Microsoft Excel อาจจำเป็นต้องทำการคำนวณหลายครั้งเพื่อสร้างผลลัพธ์นั้น ตัวอย่างเช่น สูตรต่อไปนี้หาค่าเฉลี่ยเฉพาะเซลล์ในช่วง D5:D15 ซึ่งเป็นเซลล์ในแถวเดียวกันกับในสดมภ์ A ที่มีข้อความ "Blue Sky Airlines" ฟังก์ชัน IF ค้นหาเซลล์ในช่วง A5:A15 ที่มีข้อความ "Blue Sky Airlines" แล้วคืนค่าในเซลล์ที่สอดคล้องกันใน D5:D15 ให้กับฟังก์ชัน AVERAGE

{=AVERAGE(IF(A5:A15="Blue Sky Airlines",D5:D15))}

เมื่อต้องการคำนวณผลลัพธ์หลายค่าด้วยสูตรแถวลำดับ คุณต้องป้อนแถวลำดับ ลงในช่วงของเซลล์ที่มีจำนวนเดียวกันหรือแถวและสดมภ์เช่นเดียวกับ อาร์กิวเมนต์แถวลำดับ ในตัวอย่างต่อไปนี้ ให้ชุดข้อมูลยอดขายมาห้ารายการ (ในสดมภ์ B) สำหรับชุดข้อมูลห้าวัน (ในสดมภ์ A) ฟังก์ชัน TREND จะกำหนดค่าเส้นตรงสำหรับยอดขาย เมื่อต้องการแสดงผลลัพธ์ทั้งหมดของสูตร จะแสดงโดยป้อนผลลัพธ์ลงในเซลล์ห้าเซลล์ในสดมภ์ C

{=TREND(B10:B15,A10:A15)}

คุณสามารถใช้สูตรแถวลำดับ คำนวณผลลัพธ์เดี่ยวหรือหลายผลลัพธ์สำหรับชุดข้อมูลค่าที่ยังไม่ได้ป้อนลงในแผ่นงาน สูตรแถวลำดับสามารถยอมรับค่าคงที่ ในวิธีเดียวกับสูตรที่ไม่ใช่แถวลำดับ แต่คุณต้องป้อนแถวลำดับค่าคงที่ ในรูปแบบบางรูปแบบ ตัวอย่างเช่น กำหนดค่าห้าค่าที่เหมือนกันและวันที่ห้าวันที่เหมือนกันมาให้ในตัวอย่างก่อนหน้านี้ คุณสามารถประเมินยอดขายสำหรับวันสองวันข้างหน้าได้ เนื่องจากสูตรและฟังก์ชันไม่สามารถเป็นแถวลำดับค่าคงที่ ตัวอย่างต่อไปนี้ใช้เลขลำดับมาแทนวันที่เพิ่มเติมสำหรับอาร์กิวเมนต์ที่สามในฟังก์ชัน TREND

{=TREND(B10:B15,A10:A15,{35246;35261})}

3. การแสดงสูตรและค่าบนแผ่นงาน

เมื่อต้องการสลับระหว่างการแสดงสูตรและแสดงค่าสำหรับสูตรทั้งหมดบนแผ่นงาน ให้กด Control CTRL+` (เครื่องหมายอัญประกาศเดี่ยวข้างซ้าย)

6.2.2 หลักการเขียนโปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน(โปรแกรม Infiltration)

หลักการเขียนโปรแกรมหาสมการอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน หรือโปรแกรม Infiltration โดยใช้ไมโครซอฟท์เอกเซล มีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เกี่ยวกับการใช้ฟังก์ชันเพื่อคำนวณค่า

ฟังก์ชัน คือสูตรที่มีการกำหนดไว้แล้วเพื่อทำการคำนวณโดยใช้ค่าเฉพาะที่เรียกว่าอาร์กิวเมนต์ในลำดับเฉพาะที่เรียกว่าไวยากรณ์ ตัวอย่างเช่น ฟังก์ชัน SUM จะเพิ่มค่าหรือช่วงของเซลล์ และฟังก์ชัน PMT จะคำนวณการชำระเงินกู้โดยขึ้นกับอัตราดอกเบี้ย ระยะเวลาของเงินกู้และยอดเงินต้นของเงินกู้

ฟังก์ชัน คือสูตรที่มีการกำหนดไว้แล้วเพื่อทำการคำนวณโดยใช้ค่าเฉพาะที่เรียกว่าอาร์กิวเมนต์ในลำดับเฉพาะที่เรียกว่าไวยากรณ์ ตัวอย่างเช่น ฟังก์ชัน SUM จะเพิ่มค่าหรือช่วงของเซลล์ และฟังก์ชัน PMT จะคำนวณการชำระเงินกู้โดยขึ้นกับอัตราดอกเบี้ย ระยะเวลาของเงินกู้และยอดเงินต้นของเงินกู้

ไวยากรณ์ของฟังก์ชัน จะขึ้นต้นด้วยชื่อฟังก์ชัน ตามด้วยวงเล็บเปิด อาร์กิวเมนต สำหรับฟังก์ชัน แยกด้วบเครื่องหมายจุลภาค และวงเล็บปิด ถ้าฟังก์ชันเป็นตัวเริ่มสูตร ให้พิมพ์เครื่องหมายเท่ากับ (=) หน้าชื่อฟังก์ชัน เมื่อคุณสร้างสูตรที่มีฟังก์ชันแผ่นสูตรจะช่วยคุณ

เกี่ยวกับฟังก์ชันวันที่และเวลา

คุณสามารถวิเคราะห์และทำงานกับค่าวันและเวลาในสูตรด้วยฟังก์ชันวันและเวลา ตัวอย่างเช่น ถ้าคุณจำเป็นต้องใช้วันที่ปัจจุบันในสูตร ให้ใช้ฟังก์ชันแผ่นงาน TODAY ที่คืนวันที่ปัจจุบันโดยยึดระบบเวลาของคอมพิวเตอร์ของคุณเป็นหลัก

ฟังก์ชันแผ่นงาน DATE

ฟังก์ชันแผ่นงาน DATEVALUE

ฟังก์ชันแผ่นงาน DAY

ฟังก์ชันแผ่นงาน DAYS360

ฟังก์ชันแผ่นงาน EDATE

ฟังก์ชันแผ่นงาน EOMONTH

ฟังก์ชันแผ่นงาน HOUR

ฟังก์ชันแผ่นงาน MINUTE

ฟังก์ชันแผ่นงาน MONTH

ฟังก์ชันแผ่นงาน NETWORKDAYS

ฟังก์ชันแผ่นงาน NOW

ฟังก์ชันแผ่นงาน SECOND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันแผ่นงาน TIME

ฟังก์ชันแผ่นงาน TIMEVALUE

ฟังก์ชันแผ่นงาน TODAY

ฟังก์ชันแผ่นงาน WEEKDAY

ฟังก์ชันแผ่นงาน WORKDAY

ฟังก์ชันแผ่นงาน YEAR

ฟังก์ชันแผ่นงาน YEARFRAC

ขอยกตัวอย่างเฉพาะ ฟังก์ชัน HOUR และ MINUTE ดังนี้

ฟังก์ชันแผ่นงาน HOUR

คืนค่าชั่วโมงที่ตรงกับ ตัวเลขเชิงอันดับ จะให้ชั่วโมงเป็นจำนวนเต็ม ในช่วงตั้งแต่ 0 (12:00 A.M.) ถึง 23 (11:00 P.M.)

ไวยากรณ์:

HOUR(ตัวเลขเชิงอันดับ)

ตัวเลขเชิงอันดับ คือรหัสเวลา-วันที่ที่ใช้โดย Microsoft Excel สำหรับการคำนวณวันที่และเวลา คุณสามารถให้ ตัวเลขเชิงอันดับ เป็นข้อความ เช่น "16:48:00" หรือ "4:48:00 PM" แทนที่จะเป็นตัวเลข และจะแปลงข้อความให้เป็นตัวเลขเชิงอันดับโดยอัตโนมัติ สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวเลขเชิงอันดับ ให้ดูที่ NOW

หมายเหตุ : Microsoft Excel สำหรับ Windows และ Microsoft Excel สำหรับ Macintosh ใช้ระบบวันที่เริ่มต้นแตกต่างกัน สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม ให้ดูที่ NOW

ตัวอย่าง

HOUR(0.7) เท่ากับ 16

HOUR(29747.7) เท่ากับ 16

HOUR("3:30:30 PM") เท่ากับ 15

ฟังก์ชันแผ่นงาน MINUTE

คืนค่านาทีที่ตรงกับตัวเลขเชิงอันดับ นาทีถูกกำหนดให้เป็นเลขจำนวนเต็มที่มีช่วงระหว่าง 0 ถึง 59

ไวยากรณ์:

MINUTE(ตัวเลขเชิงอันดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลขเชิงอันดับ คือรหัสวันที่เวลาที่ใช้โดย Microsoft Excel สำหรับการคำนวณวันที่และเวลา คุณสามารถให้ ตัวเลขเชิงอันดับ เป็นข้อความ เช่น "16:48:00" หรือ "4:48:00 PM" แทนที่จะเป็นตัวเลข ข้อความจะทำการแปลงเป็นตัวเลขเชิงอันดับ สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ ตัวเลขเชิงอันดับ ให้ดูที่ NOW

ข้อสังเกต: Microsoft Excel สำหรับ Windows และ Microsoft Excel สำหรับ Macintosh ใช้ระบบวันที่ที่เริ่มต้นแตกต่างกัน สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม ให้ดูที่ NOW

ตัวอย่าง

MINUTE("4:48:00 PM") เท่ากับ 48

MINUTE(0.01) เท่ากับ 14

MINUTE(4.02) เท่ากับ 28

การคำนวณเป็นกระบวนการในการคำนวณสูตรแล้วแสดงผลลัพธ์เป็นค่าในเซลล์ที่มีสูตร โดยค่าเริ่มต้น Microsoft Excel จะคำนวณสมุดงานที่เปิดอยู่ทั้งหมดโดยอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม คุณสามารถควบคุมเมื่อมีการคำนวณเกิดขึ้น

เมื่อใดก็ตามที่เป็นไปได้ Microsoft Excel จะปรับปรุงเฉพาะเซลล์ที่ขึ้นกับเซลล์อื่นซึ่งมีค่าที่เปลี่ยนไปแล้ว การคำนวณประเภทนี้ช่วยหลีกเลี่ยงการคำนวณที่ไม่จำเป็น Microsoft Excel ยังคำนวณสมุดงานทุกครั้งที่เปิดหรือบันทึกเช่นกัน

Microsoft Excel คำนวณค่าที่เป็นฐานหรือที่จัดเก็บไว้ในเซลล์ ค่าที่คุณเห็นบนหน้าจอขึ้นกับวิธีที่คุณเลือกจัดรูปแบบและแสดงค่าที่จัดเก็บไว้ ตัวอย่างเช่น เซลล์ที่แสดงวันที่เป็น "6/22/96" มีเลขลำดับซึ่งเป็นค่าที่เก็บไว้สำหรับวันที่ในเซลล์ด้วย คุณสามารถเปลี่ยนการแสดงวันที่เป็นรูปแบบอื่นได้ (ตัวอย่างเช่น เป็น "22-Jun-96") แต่การเปลี่ยนการแสดงค่าบนแผ่นงานไม่เปลี่ยนค่าที่เก็บไว้

เมื่อการคำนวณดำเนินการ คุณสามารถเลือกคำสั่งหรือทำการดำเนินการเช่นการป้อนตัวเลขหรือสูตร Microsoft Excel จะขัดจังหวะการคำนวณชั่วคราวเพื่อทำคำสั่งอื่นหรือการดำเนินการอื่นแล้วทำการคำนวณอีกครั้ง กระบวนการคำนวณจะใช้เวลานานกว่าถ้าในสมุดงานมีสูตรจำนวนมาก ถ้าแผ่นงานมี ตารางข้อมูล หรือถ้าแผ่นงานมีฟังก์ชัน ที่ทำการคำนวณใหม่ทุกครั้งโดยอัตโนมัติเมื่อมีการคำนวณสมุดงานใหม่

2. การเปลี่ยนแปลงวิธีการที่ Microsoft Excel คำนวณสูตร

Microsoft Excel จะคำนวณสูตรใหม่โดยอัตโนมัติเมื่อค่าที่ขึ้นกับเซลล์เปลี่ยน ถ้าในสมุดงานมีสูตรหลายสูตร คุณสามารถควบคุมเมื่อการคำนวณเกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนกระบวนการคำนวณให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการคำนวณด้วยตนเอง เมื่อสูตรดำเนินการคำนวณ Microsoft Excel มักจะใช้ค่าที่เก็บไว้ในเซลล์ที่สูตรอ้างอิงถึง ตัวอย่างเช่น ถ้ามีเซลล์สองเซลล์ที่แต่ละเซลล์มีค่า 10.005 และได้จัดรูปแบบให้แสดงค่าในรูปแบบสกุลเงิน ก็จะแสดงค่า $10.01 ในแต่ละเซลล์ ถ้าคุณรวมสองเซลล์เข้าด้วยกัน ผลลัพธ์ก็จะเป็น $20.01 เพราะ Microsoft Excel บวกค่าที่เก็บไว้คือ 10.005 + 10.005 ไม่ใช่ค่าที่แสดง ถ้าการคำนวณของคุณควรยึดค่าที่แสดงเป็นหลัก คุณก็สามารถเปลี่ยนความแม่นยำในการคำนวณเพื่อให้ใช้ค่าที่แสดงแทนค่าที่เก็บไว้ Microsoft Excel ไม่สามารถคำนวณสูตรที่อ้างอิงถึงเซลล์ที่มีสูตรโดยอัตโนมัติ ถ้าสูตรอ้างอิงกลับไปยังเซลล์ของสูตรเองหนึ่งเซลล์ คุณต้องกำหนดจำนวนครั้งที่สูตรควรคำนวณใหม่หรือการคำนวณซ้ำ

3. การสร้างแผนภูมิ

คุณสามารถแสดงข้อมูลของ Microsoft Excel เป็นกราฟในแผนภูมิได้ แผนภูมิต่างๆ จะมีการเชื่อมกับข้อมูลแผ่นงานที่สร้างแผนภูมินั้นและจะมีการปรับปรุงให้ทันสมัยเมื่อคุณเปลี่ยนแปลงข้อมูลของแผ่นงาน

คุณสามารถสร้างแผนภูมิต่างๆ จากเซลล์หรือช่วงต่างๆ ที่ไม่อยู่ใกล้กับอีกแผนภูมิหนึ่ง คุณยังสามารถสร้างแผนภูมิจาก PivotTable ได้ด้วย ดังจะอธิบายรายละเอียดดังนี้

3.1 การสร้างแผนภูมิ

สามารถสร้างทั้งแผนภูมิฝังตัวหรือแผ่นงานแผนภูมิ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกเซลล์ที่บรรจุข้อมูลที่คุณต้องการให้ปรากฏในแผนภูมิถ้าคุณต้องการให้ป้ายชื่อสดมภ์หรือแถวปรากฏในแผนภูมินั้น ให้รวมเซลล์ต่างๆ ที่มีแถบเหล่านี้ไว้ในการเลือก
2. คลิก ตัวช่วยสร้างแผนภูมิ
3. ปฏิบัติตามคำชี้แนะในตัวช่วยสร้างแผนภูมิ

คำแนะนำ : ถ้าแผ่นงานของคุณมีแถบชื่อสดมภ์และแถวหลายระดับ แผนภูมิของคุณสามารถแสดงระดับเหล่านี้ได้ด้วย เมื่อคุณสร้างแผนภูมิ ให้รวมแถบชื่อสดมภ์และแถวของแต่ละระดับในการเลือกของคุณ ในการรักษาลำดับชั้นเมื่อคุณเพิ่มข้อมูลลงในแผนภูมิ ให้เปลี่ยนช่วงเซลล์ที่เคยใช้ในการสร้างแผนภูมิ นั้น

3.2 การสร้างแผนภูมิจากการเลือกที่ไม่ติดกัน

1. เลือกเซลล์กลุ่มแรกที่ประกอบด้วยข้อมูลที่คุณต้องการจะรวม
2. ในขณะที่กดปุ่ม CTRL ค้างไว้ ให้เลือกกลุ่มเซลล์เพิ่มเติมใดๆ ที่คุณต้องการจะรวม
3. ตัวเลือกต่างๆ ที่ไม่อยู่ติดกันจะต้องทำให้มีรูปแบบเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คลิก ตัวช่วยสร้างแผนภูมิ
5. ปฏิบัติตามคำชี้แนะต่างๆ ในตัวช่วยสร้างแผนภูมิ

3.3 การสร้างแผนภูมิที่เป็นค่าเริ่มต้นในขั้นตอนเดียว

ชนิดของแผนภูมิที่เป็นค่าเริ่มต้นสำหรับ Microsoft Excel จะเป็นแผนภูมิประเภทสดมภ์ นอกจากคุณจะทำการเปลี่ยนแปลง สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงประเภทของแผนภูมิ ให้คลิก

เมื่อต้องการสร้างแผ่นงานแผนภูมิที่ใช้ประเภทแผนภูมิที่กำหนดเอง ให้เลือกข้อมูลที่คุณต้องการจะลงจุดแล้วกด F11

เมื่อต้องการสร้างแผนภูมิฝังตัว ที่ใช้ประเภทแผนภูมิที่กำหนดเอง ให้เลือกข้อมูลที่คุณต้องการจะลงจุด แล้วคลิก

3.4 การสร้างแผนภูมิจาก PivotTable

1. บนเมนู PivotTable ของแถบเครื่องมือ PivotTable ให้ชี้ไปที่ เลือก แล้วคลิก Enable Selection เพื่อไม่ให้ปุ่มนั้นถูกกดลงไป
2. ลบผลรวมย่อยใดๆ จาก PivotTable
3. เลือกข้อมูลที่คุณต้องการจะสร้างแผนภูมิในส่วนหลักของ PivotTable โดยรวมเขตข้อมูลสดมภ์และเขตข้อมูลแถว อย่าเลือกผลรวมทั้งหมดหรือเขตข้อมูลหน้า เมื่อต้องการรวมแถวและสดมภ์แรกของ PivotTable ในการเลือก ให้เริ่มลากจากมุมล่างขวาของข้อมูล
4. คลิก ตัวช่วยสร้างแผนภูมิ
5. ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำในตัวช่วยสร้างแผนภูมิ

หมายเหตุ: แผนภูมิที่สร้างจาก PivotTable เปลี่ยนแปลงเมื่อคุณซ่อนรายการ แสดงรายละเอียด หรือจัดเรียงเขตข้อมูล ใน PivotTable ต้นฉบับใหม่ ถ้า PivotTable ของคุณมีเขตข้อมูลหน้า แผนภูมินั้นจะเปลี่ยนแปลงเมื่อคุณแสดงหน้าที่ต่างกัน เมื่อคุณแสดงแต่ละรายการในรายชื่อของเขตข้อมูลหน้า Microsoft Excel จะปรับปรุงแผนภูมินั้นเพื่อแสดงข้อมูลปัจจุบัน

เมื่อต้องการบันทึกและพิมพ์แผนภูมิสำหรับเขตข้อมูลหน้าทั้งหมดใน PivotTable ให้คลิก แสดงหน้า บนแถบเครื่องมือ PivotTable เพื่อแสดงแต่ละหน้าบนแผ่นงานที่แยกต่างหาก แล้วคุณสามารถลงจุดแต่ละหน้าในแต่ละแผนภูมิ

ถ้า PivotTable ที่เป็นฐานยึดข้อมูลภายนอกเป็นหลักและคุณใช้ Microsoft Query ในการเพิ่มหรือลบเขตข้อมูลจากข้อมูลภายนอก ต้องแน่ใจว่าคุณฟื้นฟู PivotTable ใหม่ด้วย มิฉะนั้น Microsoft Excel จะไม่ปรับปรุงแผนภูมินั้น

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เส้นแนวโน้มในแผนภูมิ

เส้นแนวโน้มถูกใช้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาของการคาดการณ์ การวิเคราะห์เช่นนี้ยังเรียกว่าวิเคราะห์การถดถอย ด้วยการใช้การวิเคราะห์การถดถอย คุณสามารถขยายเส้นแนวโน้มในแผนภูมิไปข้างหน้าหรือข้างหลังเหนือข้อมูลที่แท้จริงเพื่อแสดงแนวโน้ม คุณยังสามารถสร้างค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ซึ่งช่วยขจัดความผันผวนในข้อมูลและแสดงรูปแบบหรือแนวโน้มได้เด่นชัดยิ่งขึ้น

คุณสามารถเพิ่มเส้นแนวโน้มให้กับชุดข้อมูล ในพื้นที่ 2 มิติที่ไม่กองซ้อนกัน แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งแนวตั้ง แผนภูมิเส้น แผนภูมิฐาน แผนภูมิ xy (กระจาย) และ แผนภูมิฟอง คุณไม่สามารถเพิ่มเส้นแนวโน้มให้กับชุดข้อมูลในแผนภูมิ 3 มิติ แผนภูมิซ้อน แผนภูมิเรดาร์ แผนภูมิวงกลม หรือแผนภูมิโดนัท หากคุณเปลี่ยนแผนภูมิหรือชุดข้อมูลเพื่อที่ว่าแผนภูมิหรือชุดข้อมูลเหล่านั้นจะไม่สนับสนุนเส้นแนวโน้มที่เกี่ยวข้องอีกต่อไป ยกตัวอย่างเช่น ด้วยการเปลี่ยนชนิดของแผนภูมิเป็นแผนภูมิ 3 มิติ คุณจะสูญเสียเส้นแนวโน้ม

4.1 การเพิ่มเส้นแนวโน้มไปยังชุดข้อมูล

1. คลิกชุดข้อมูล ที่คุณต้องการเพิ่มเส้นแนวโน้ม หรือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่
2. บนเมนู แผนภูมิ คลิก เพิ่มเส้นแนวโน้ม
3. บนแท็บ ชนิด คลิกชนิดของเส้นแนวโน้มความถดถอยหรือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่คุณต้องการ ถ้าเลือก โพลิโนเมียล บันทึกกำลังสูงสุดสำหรับตัวแปรอิสระในกล่อง ลำดับ ถ้าเลือกค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ บันทึก จำนวนของคาบจะใช้เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ลงในกล่อง คาบ

หมายเหตุ: กล่อง ค่าพื้นฐานชุดข้อมูล จะแสดงรายการชุดข้อมูลทั้งหมดในแผนภูมิที่สนับสนุนเส้นแนวโน้ม ในการเพิ่มเส้นแนวโน้มลงในชุดข้อมูลอีกชุดหนึ่ง คลิกชื่อในช่อง แล้วจึงเลือกตัวเลือกที่คุณต้องการ

หากคุณเพิ่มค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ลงไปที่แผนภูมิ xy (กระจาย) ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่จะขึ้นกับลำดับของค่า x ที่ลงจุดอยู่ในแผนภูมิ หากคุณต้องการได้แผนภูมิเช่นนี้ คุณอาจจำเป็นต้องจัดเรียงค่า x ก่อนเพิ่มค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

4.2 การเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าเส้นแนวโน้ม

การตั้งค่าเส้นแนวโน้มส่วนใหญ่จะใช้ได้เฉพาะในเส้นแนวโน้มความถดถอย

1. คลิกเส้นแนวโน้มที่คุณต้องการเปลี่ยน
2. บนเมนู รูปแบบ คลิก เส้นแนวโน้ม
3. บนแท็บ ตัวเลือก เลือกตัวเลือกที่คุณต้องการ

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการเปลี่ยนชื่อเส้นแนวโน้มหรือค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ พิมพ์ชื่อในกล่อง กำหนดเอง

5. สมการสำหรับการคำนวณเส้นแนวโน้ม

5.1 เส้นตรง

คำนวณหาค่ากำลังสองน้อยที่สุดในแบบเส้นตรงแทนด้วยสมการดังต่อไปนี้

$$y = mx + b$$

โดย m คือความลาดเอียงและ b คือจุดตัดแกน

5.2 โพลีโนเมียล

คำนวณหาค่ากำลังสองน้อยที่สุดใช้ค่าจุดต่างๆ โดยการใช้สมการดังต่อไปนี้

$$y = b + c1x + c2x^2 + c3x^3 + ... + c6x^6$$

โดยb c1...c6 คือค่าคงที่

5.3 ลอการิธึม

คำนวณหาค่ากำลังสองน้อยที่สุดใช้ค่าจุดต่างๆ โดยการใช้สมการดังต่อไปนี้

$$y = c \ln x + b$$

โดย c และ b คือค่าคงที่และ c คือฟังก์ชันลอการิทึมธรรมชาติ

5.4 ยกกำลัง

คำนวณหาค่ากำลังสองน้อยที่สุดในใช้ค่าจุดต่างๆ โดยการใช้สมการดังต่อไปนี้

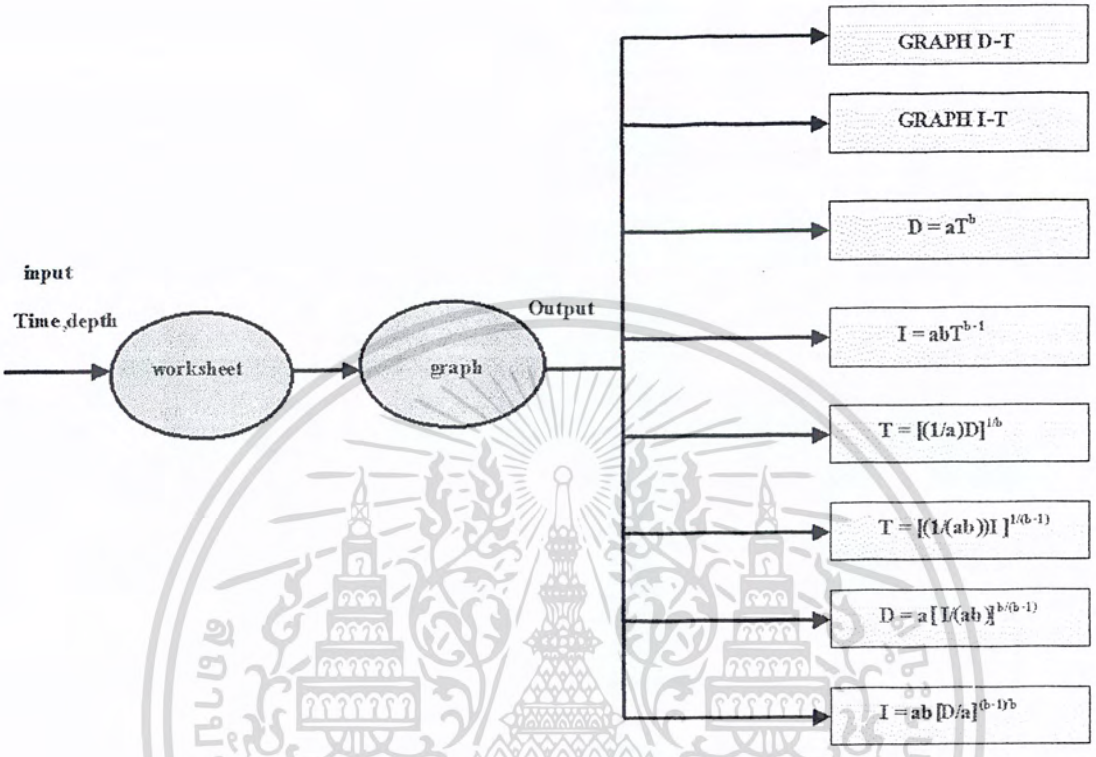
$$y = ce^{bx}$$

โดย c และ b คือค่าคงที่และ e คือฐานของลอการิทึมธรรมชาติ

6.3 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม Infiltration

จากหลักการเขียนโปรแกรม Infiltration ที่กล่าวไปแล้วนั้น จะขอกล่าวถึงการทำงานของโปรแกรมโดยจะดูได้ดังรูป 6.2 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.2 ผังการทำงานของโปรแกรม Infiltration

(Flowchart Infiltration Software)

จากรูป 6.2 เมื่อเราป้อนค่า time และ depth ลงไปใน worksheet แล้ว โปรแกรมจะนำข้อมูลที่เราป้อนใน worksheet ไปเขียนเป็นกราฟ(graph) จะได้กราฟ D-T และกราฟ I-T จากนั้นจึงทำการสร้างสมการของ I และ D เมื่อสร้างสมการเสร็จแล้ว โปรแกรมจะให้เรานำสมการที่สร้างได้ไปใช้งาน โดยสามารถป้อนค่า T แล้วได้ I กับ D หรือ ป้อนค่า D แล้วได้ I กับ T หรือป้อนค่า I ได้ D กับ T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการพัฒนาเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

การพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่ผ่านมาจะสรุปได้ว่า ได้เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบใช้วาล์วลูกลอยที่มีประสิทธิภาพ สามารถถอดประกอบได้ และติดตั้งได้สะดวก แล้วยังสามารถขนย้ายได้ง่ายอีกด้วย และยังใช้แทนฮุกเกจได้

ในส่วนของโปรแกรมหาอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่สร้างขึ้นมาสำเร็จถือได้ว่า เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ และความสามารถในการประมวลผลสูง ใช้งานง่าย และติดตั้งได้ง่าย และยังมีขนาดเล็กอีกด้วย โดยโปรแกรมจะแสดงเป็นกราฟ,สมการ และป้อนค่าที่เราจะทำการคำนวณ นอกจากนั้นยังสมารถนำผลการทดลองป้อนค่าเข้าไปในโปรแกรมได้อีกด้วย

7.2 ข้อเสนอแนะและสิ่งที่ควรปรับปรุง

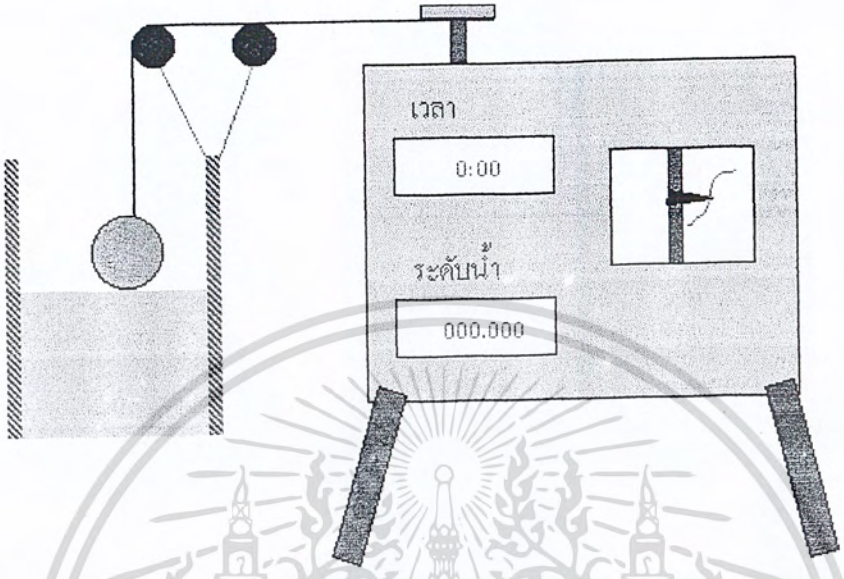
สำหรับเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีดังต่อไปๆนี้

1. ถังเติมน้ำจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน
2. ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินควรมีขนาดใหญ่กว่านี้ โดยอาจจะใหญ่เป็นสองเท่าของที่กำลังใช้อยู่
3. ลูกลอยที่ใช้เป็นลูกลอยที่มีอายุการใช้งานสั้น ดังนั้นจึงต้องใช้ลูกลอยที่ทำจากทองเหลืองที่ใช้กันทั่วไปในการเติมน้ำในถังเก็บน้ำจึงจะดี
4. ในการทดลอง ควรจะมีการทดลองมากกว่า 1 แห่ง และควรจะทดลองหาความไวในการตอบสนองของลูกลอยด้วย
5. โปรแกรมที่เขียนขึ้นมานี้ยังเป็นโปรแกรมที่ไม่สำเร็จรูป เพราะ ใช้ ไมโครซอฟท์เอกเซลในการเขียน ดังนั้นจึงควรที่จะใช้โปรแกรมภาษาในการเขียน เช่น ปาสคาล,ซี,วิชวลเบสิก,ฟอร์แทรน เป็นต้น จึงจะสามารถทำเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปได้

สำหรับข้อเสนอแนะที่ดีกว่าสำหรับการพัฒนาเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน มีด้วยกันหลายแนวทางคือ

1. ใช้ระบบการอ่าค่าอัตโนมัติโดยใช้ลูกลอยแล้วสามารถเขียนออกมาเป็นกราฟได้เลย ดังรูป 7.1

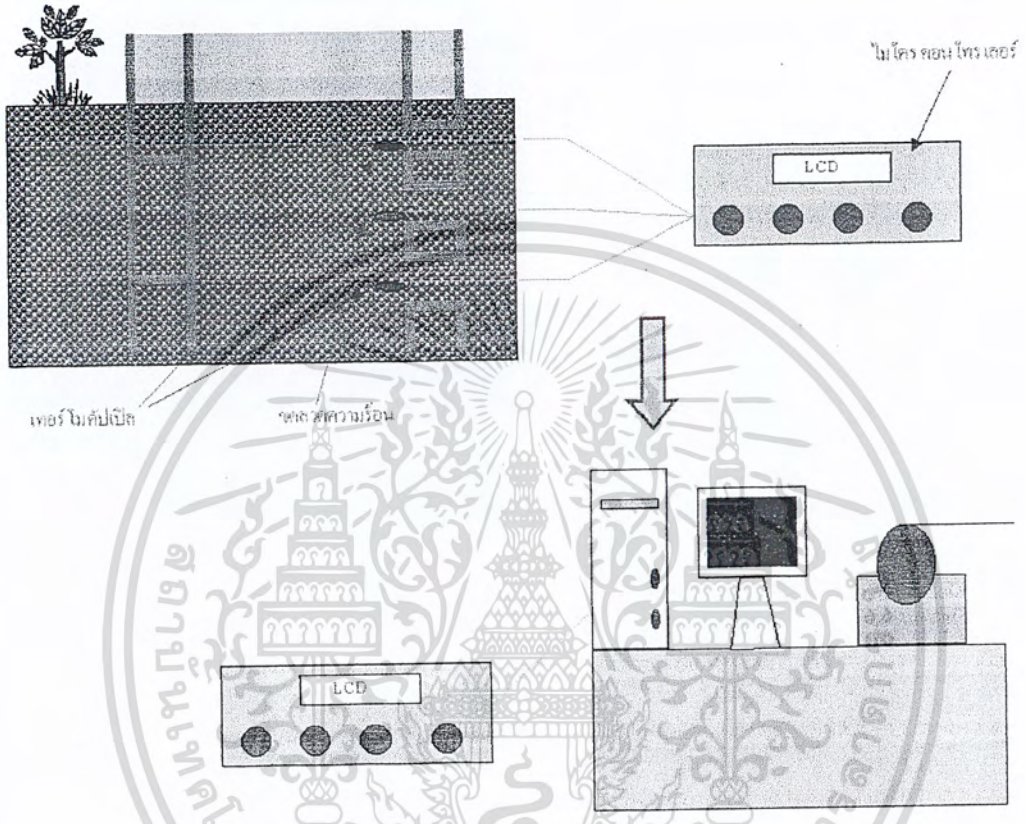
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 7.1 ระบบการอ่านค่าอัตโนมัติโดยใช้ลูกลอย

2. ใช้ระบบการอ่านค่าแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และใช้ตัวกำเนิดความร้อน โดยความร้อนจะถ่ายเทผ่านน้ำแล้ว น้ำจะพาความร้อนไปที่เซนเซอร์ แล้วรับค่าเข้าไปยังไมโครคอนโทรเลอร์ แล้วทำการประมวลผลออกมาเป็นสมการ,ค่าของการคำนวณ และเวลา ออกทางจอภาพ LCD(เอล-ซี-ดี) ดังรูป 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 7.2 ระบบการอ่านค่าแบบถ่ายเทความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

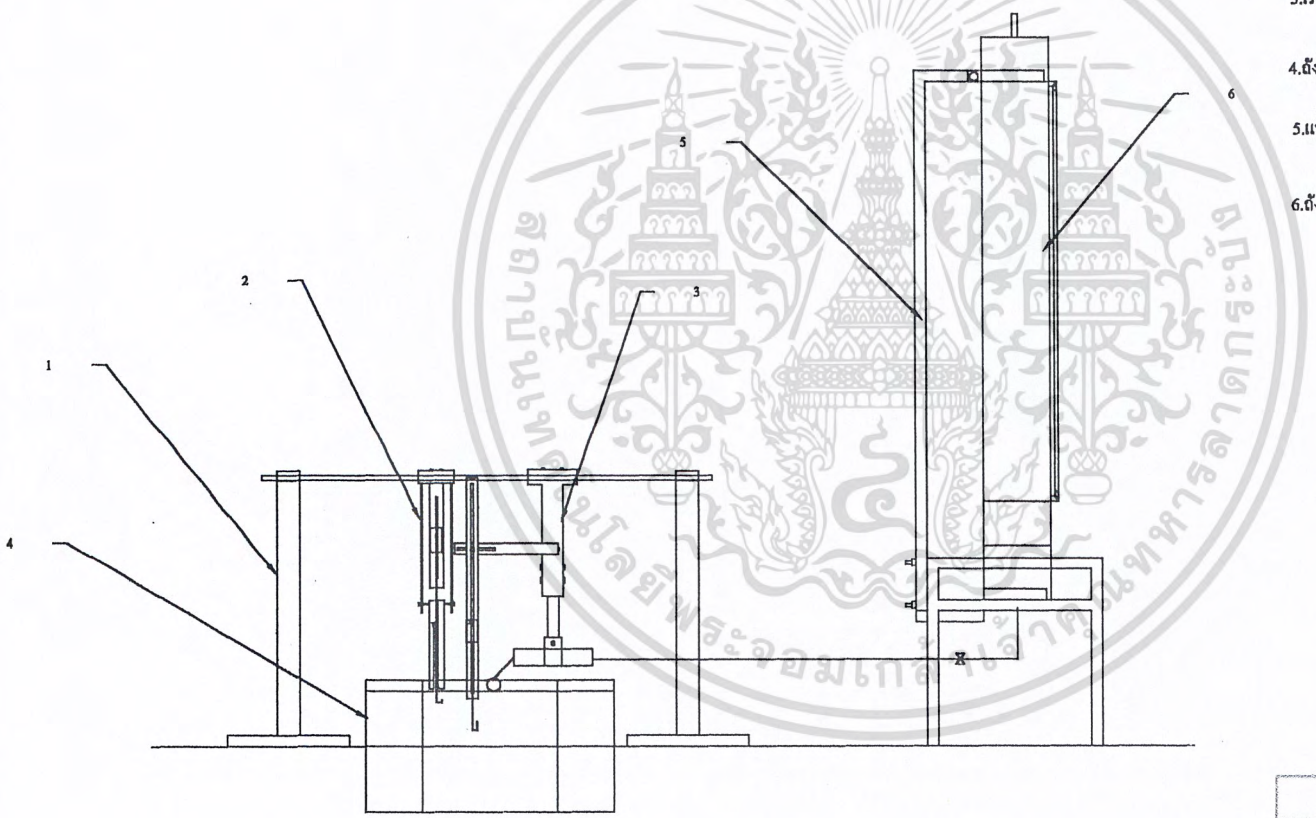
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของแบบเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน

1. แบบของเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินโดยรวม
2. แบบของถังวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน
3. แบบของราวแขวนลูกลอยและฮุกเกจ
4. แบบของแท่นตั้งถังเติมน้ำ
5. แบบของถังเติมน้ำ
6. แบบของเรือนยึดวาล์วลูกลอย
7. แบบของฮุกเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.ราวแขวนลูกลอยและสุกเกจ

2.สุกเกจ(Hook Gauge)

3.เรือนยึดวาล์วลูกลอย

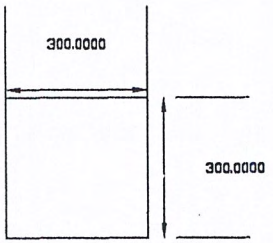
4.ถังวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน

5.แท่นตั้งถังเติมน้ำ

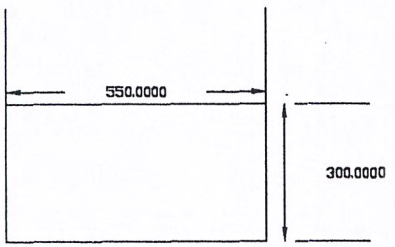
6.ถังเติมน้ำ(Mariotte Tank)

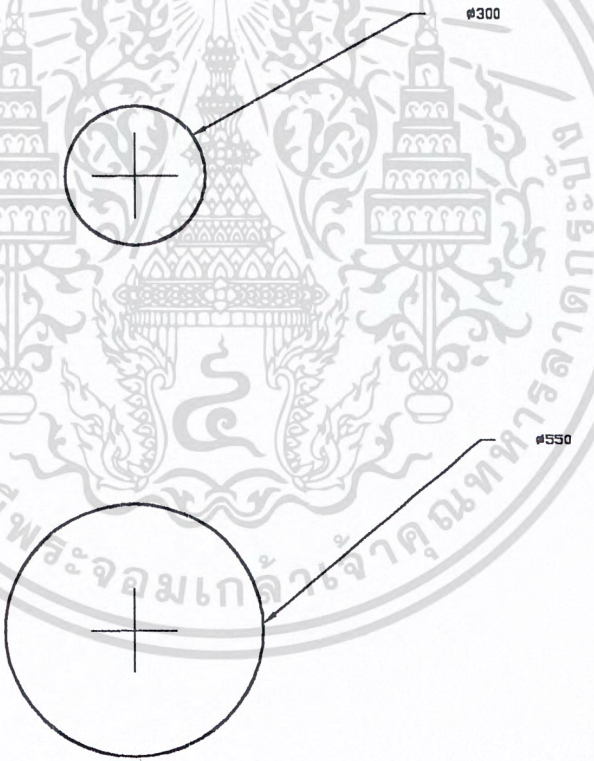
เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	
แสดง: ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง	
กลุ่มการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	แผ่นที่ 1
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	

ถังใบใน



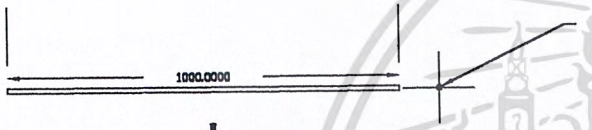
ถังใบนอก



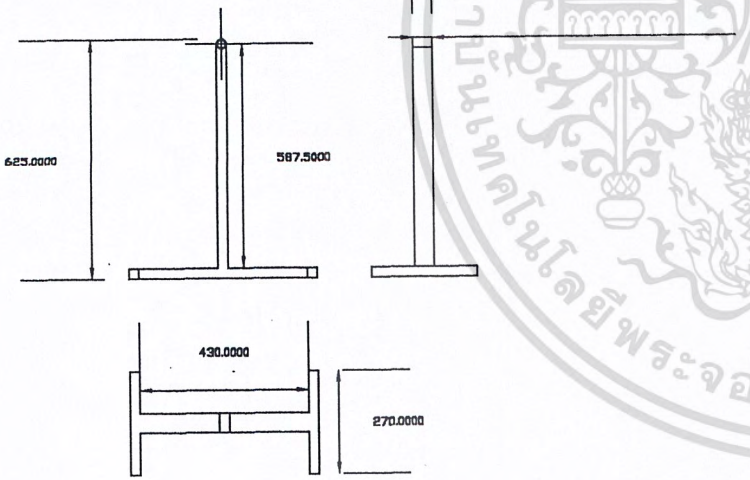


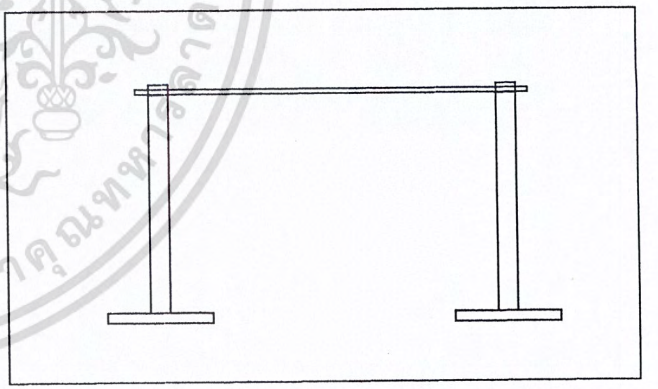
เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	
แสดง: ถังวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	
กลุ่มการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	แผ่นที่ 2
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	

ราว

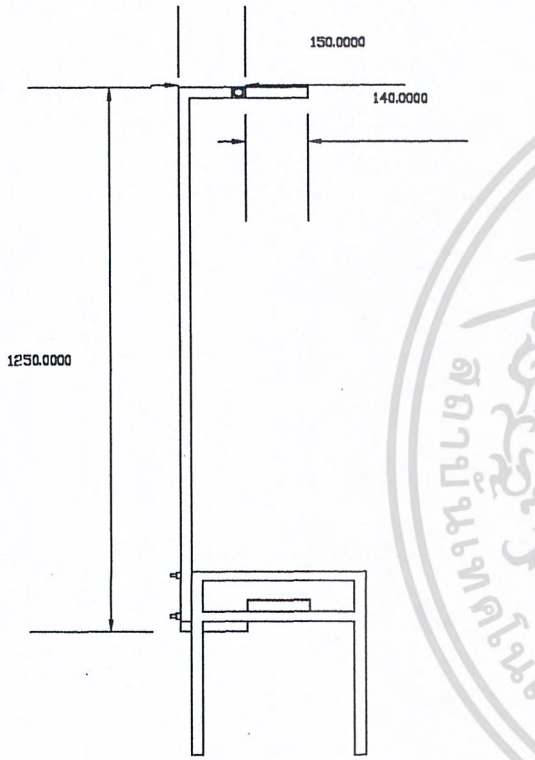


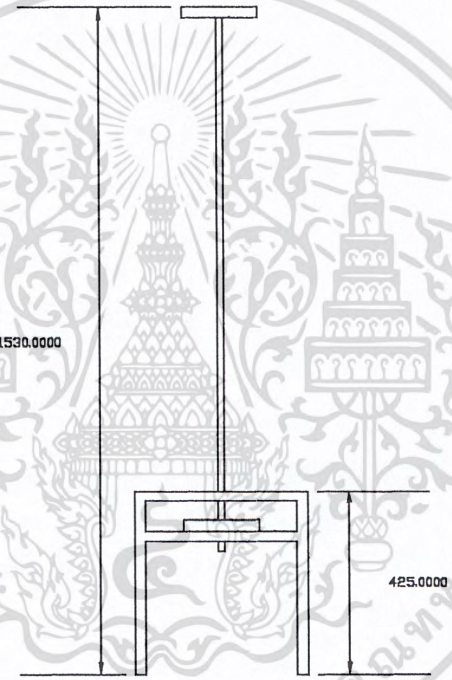
แท่นยึน

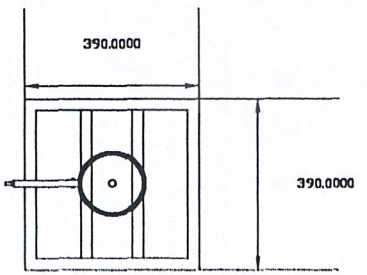




เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	
แสดง: ราวแขวนถูกลอยและลูกเกย	
กลุ่มการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	แผ่นที่ 3
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	

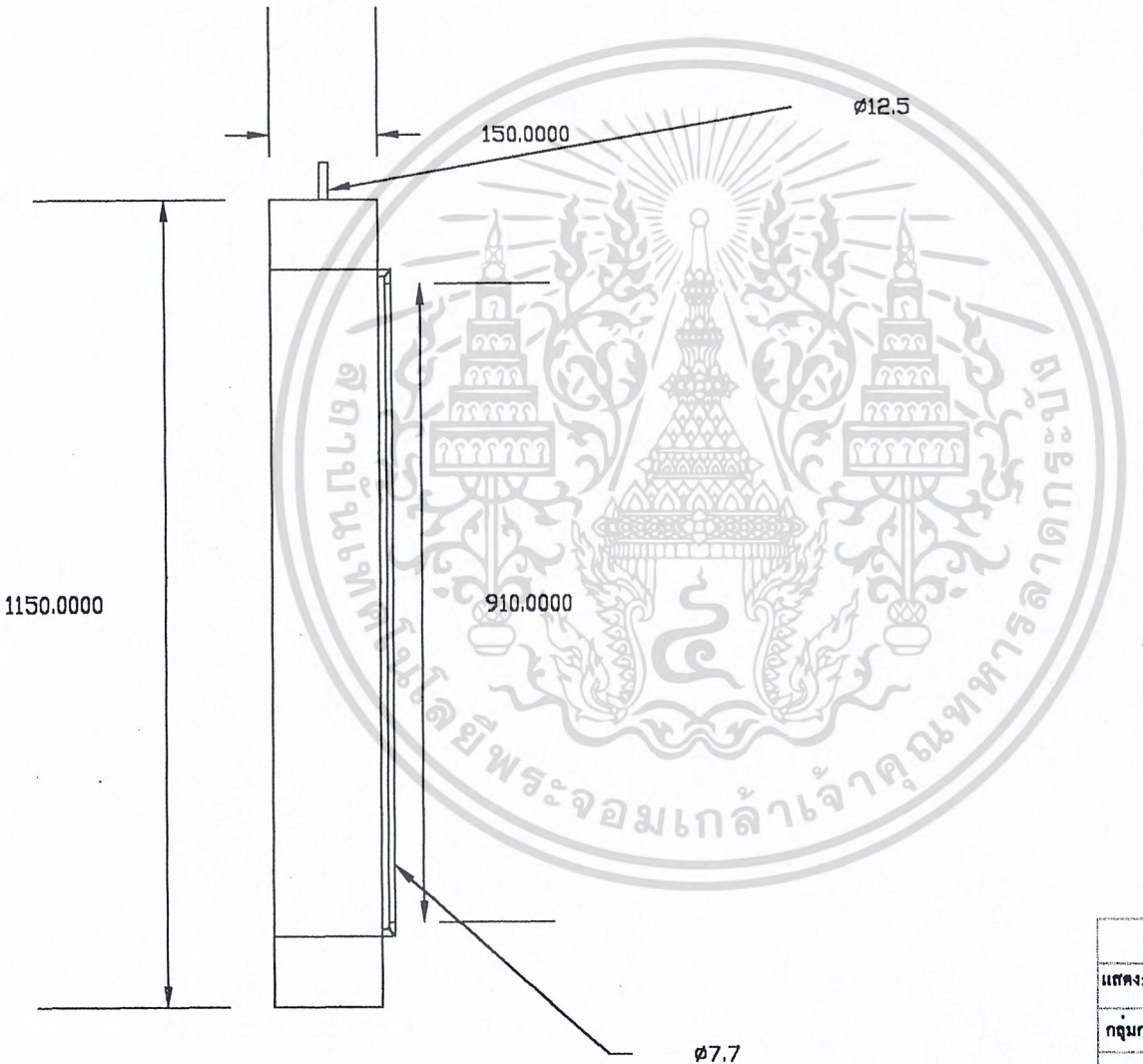




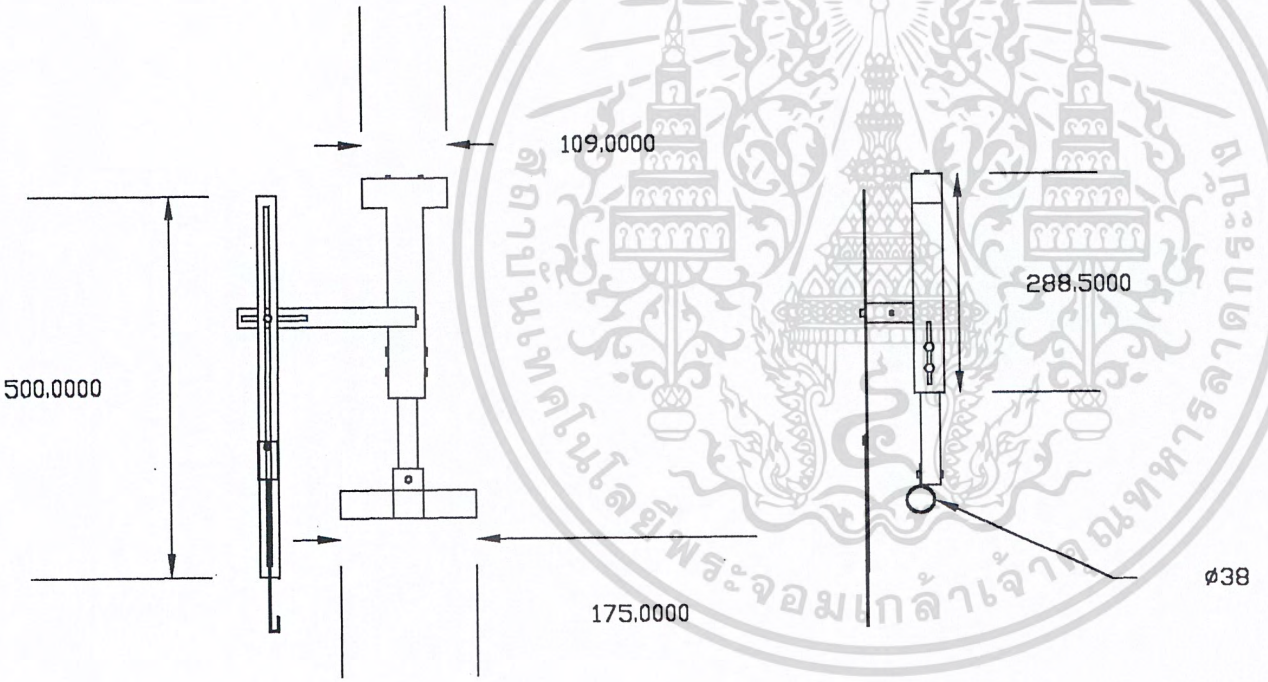


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

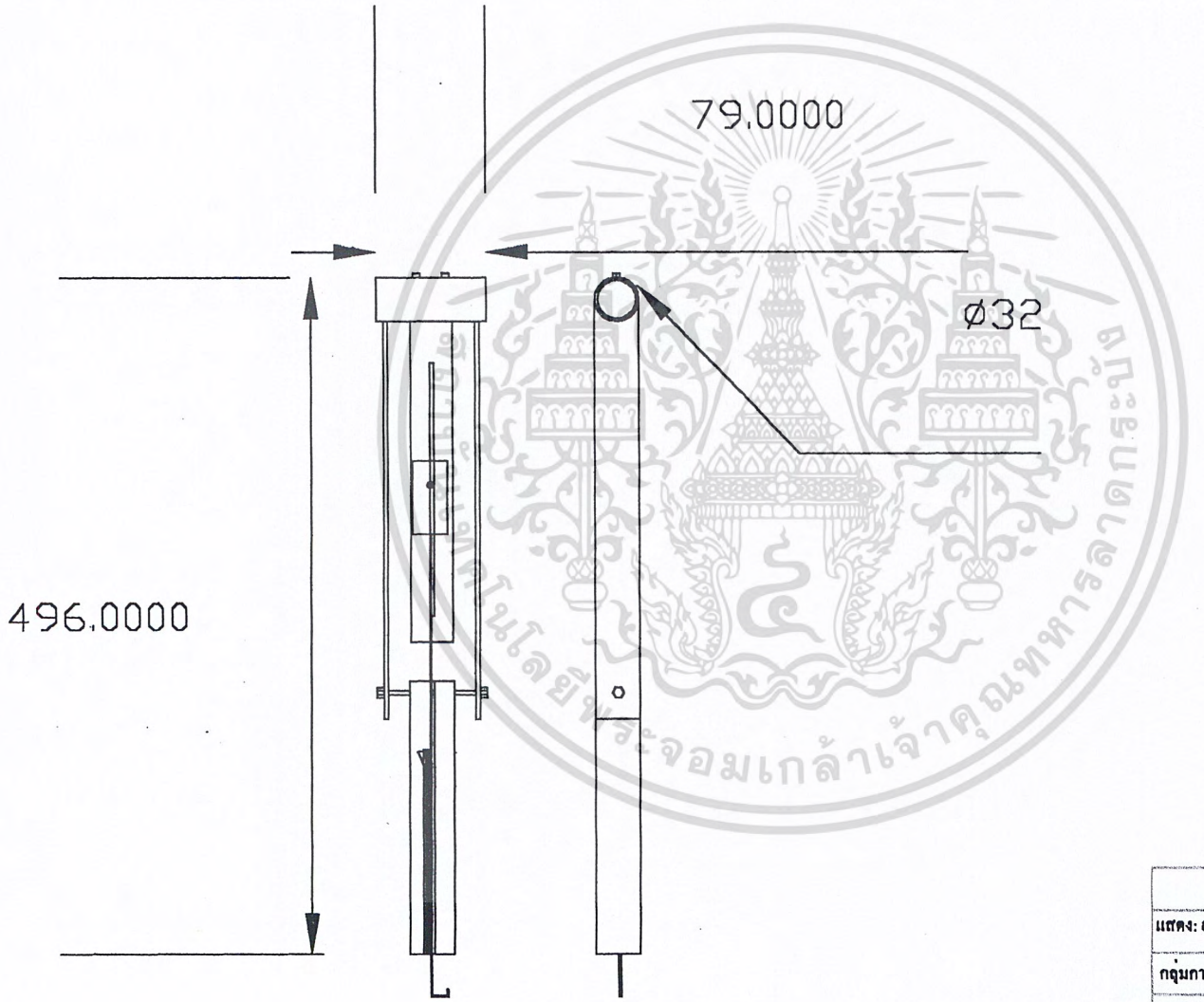
เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	
แสดง:แท่นตั้งถังเติมน้ำ	
กลุ่มการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	แผ่นที่ 4
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	



เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	
แสดง: ถังเดิมน้ำ(Mariotte Tank)	
กลุ่มการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	แผ่นที่ 5
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	



เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	
แสดง:เรือนยึดวาล์วลูกลอย	
กลุ่มการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	แผ่นที่ 6
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	



เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	
แสดง: ลูกเกจ(Hook Gauge)	
กลุ่มการพัฒนาเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน	แผ่นที่ 7
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง และ ผลการคำนวณ

1.ผลการทดลองที่ได้จากฮุกเกจ

- ตารางผลการทดลอง
- กราฟผลการทดลองแบบกราฟธรรมดา
- กราฟผลการทดลองแบบกราฟลอการิธึม
- กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตั้งแต่ครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แบบกราฟธรรมดา
- กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตั้งแต่ครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แบบกราฟลอการิธึม
- ตารางการคำนวณหาสมการความลึกสะสม

2.ผลการทดลองที่ได้จากวาล์วลูกลอย

- ตารางผลการทดลอง
- กราฟผลการทดลองแบบกราฟธรรมดา
- กราฟผลการทดลองแบบกราฟลอการิธึม
- กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตั้งแต่ครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แบบกราฟธรรมดา
- กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตั้งแต่ครั้งที่ 1 ถึง ครั้งที่ 5 แบบกราฟลอการิธึม
- ตารางการคำนวณหาสมการความลึกสะสม

3.ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้จากฮุกเกจและวาล์วลูกลอย

- ตารางการหาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมที่ได้จากวาล์วลูกลอยและฮุกเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากสุกเกจ

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 15-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

ครั้งที่ 1 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.		
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม
1	2	3	4	5	6
14:31		0	10		0
14:36	5	5	21	11	11
14:41	5	10	33	12	23
14:46	5	15	45	12	35
14:51	5	20	54	9	44
14:56	5	25	64	10	54
15:01	5	30	75	11	65
15:06	5	35	81	6	71
15:11	5	40	86	5	76
15:16	5	45	93	7	83
15:21	5	50	99	6	89
15:26	5	55	105	6	95
15:31	5	60	111	6	101
15:36	5	65	116	5	106
15:41	5	70	123	7	113
15:46	5	75	127	4	117
15:51	5	80	132	5	122
15:56	5	85	136	4	126
16:01	5	90	139	3	129

หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จาก Hook Gauge ซึ่งติดตั้งที่ปากถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากฮุกเกจ

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 16-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

ครั้งที่ 2 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.		
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม
1	2	3	4	5	6
16:05		0	21		0
16:15	10	10	25	4	4
16:25	10	20	28	3	7
16:35	10	30	31	3	10
16:45	10	40	35	4	14
16:55	10	50	38	3	17
17:05	10	60	40	2	19
17:15	10	70	44	4	23
17:25	10	80	47	3	26
17:35	10	90	50	3	29
17:45	10	100	53	3	32
17:55	10	110	55	2	34
18:05	10	120	59	4	38

หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จาก Hook Gauge ซึ่งติดตั้งที่ปากถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากฮุกเกจ

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 19-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

ครั้งที่ 3 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.		
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม
1	2	3	4	5	6
16:10		0	21		0
16:20	10	10	24	3	3
16:30	10	20	27	3	6
16:40	10	30	31	4	10
16:50	10	40	34	3	13
17:00	10	50	37	3	16
17:10	10	60	41	4	20
17:20	10	70	44	3	23
17:30	10	80	47	3	26
17:40	10	90	50	3	29
17:50	10	100	52	2	31
18:00	10	110	56	4	35
18:10	10	120	59	3	38

หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จาก Hook Gauge ซึ่งติดตั้งที่ปากถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากฮุกเกจ

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 29-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

ครั้งที่ 4 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.		
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม
1	2	3	4	5	6
15:10		0	14		0
15:20	10	10	20	6	6
15:30	10	20	25	5	11
15:40	10	30	29	4	15
15:50	10	40	34	5	20
16:00	10	50	37	3	23
16:10	10	60	42	5	28
16:20	10	70	46	4	32
16:30	10	80	49	3	35
16:40	10	90	52	3	38
16:50	10	100	55	3	41
17:00	10	110	57	2	43
17:10	10	120	59	2	45

หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จาก Hook Gauge ซึ่งติดตั้งที่ปากถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากฮุกเกจ

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 2-Feb-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

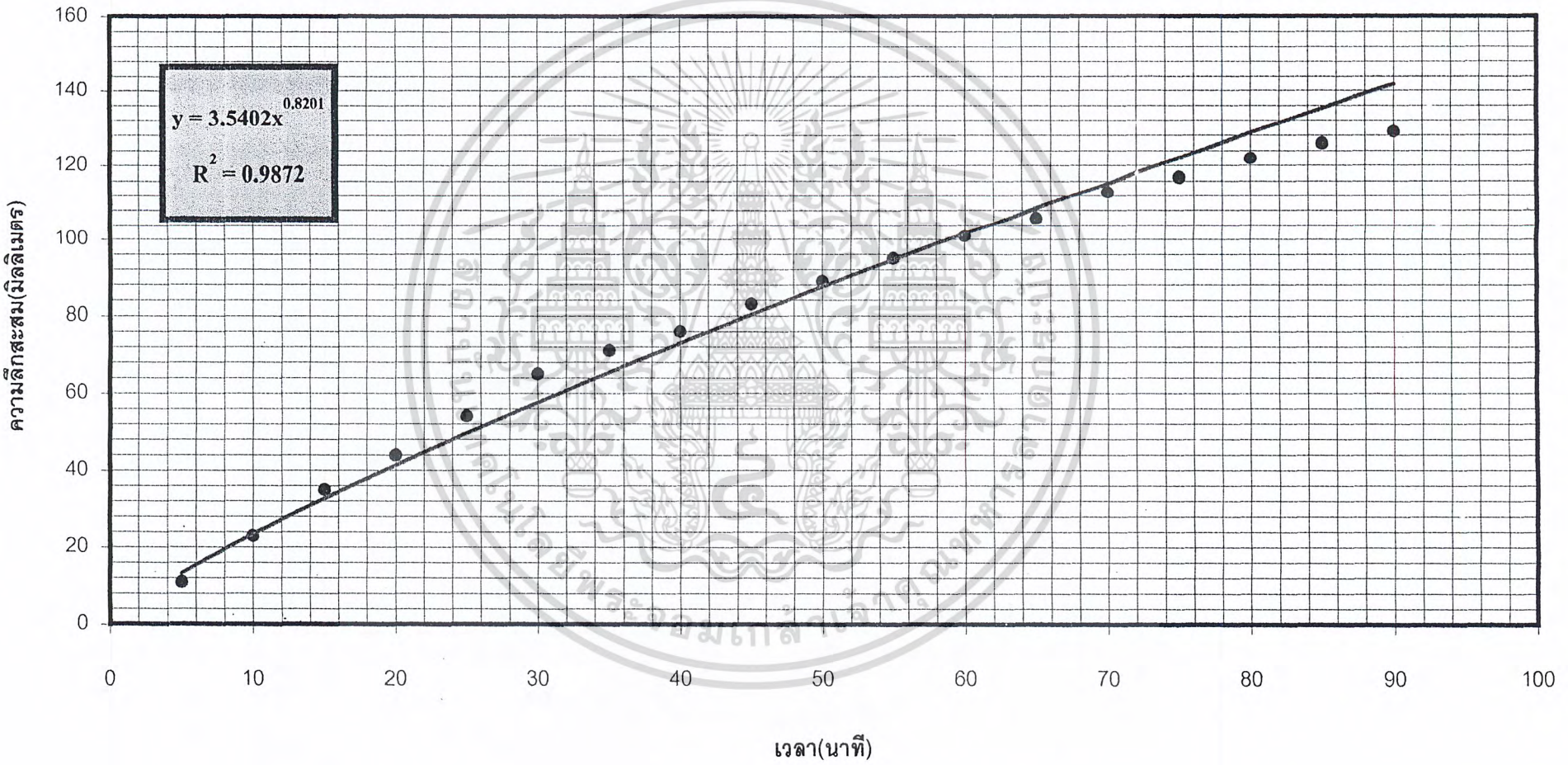
ครั้งที่ 5 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.		
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม
1	2	3	4	5	6
16:15		0	17		0
16:25	10	10	22	5	5
16:35	10	20	26	4	9
16:45	10	30	30	4	13
16:55	10	40	33	3	16
17:05	10	50	37	4	20
17:15	10	60	41	4	24
17:25	10	70	43	2	26
17:35	10	80	47	4	30
17:45	10	90	49	2	32
17:55	10	100	52	3	35
18:05	10	110	55	3	38
18:15	10	120	56	1	39

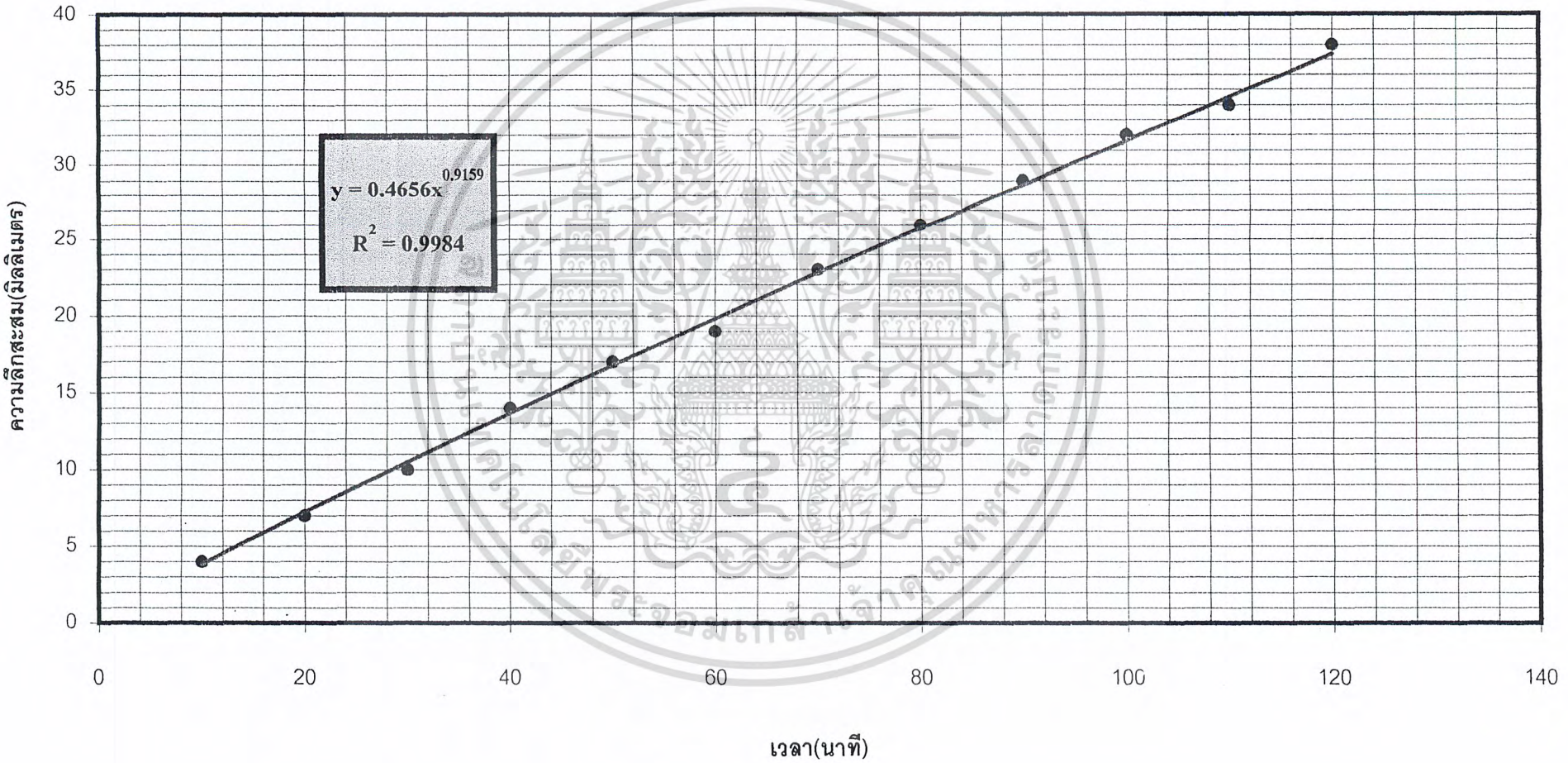
หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จาก Hook Gauge ซึ่งติดตั้งที่ปากถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

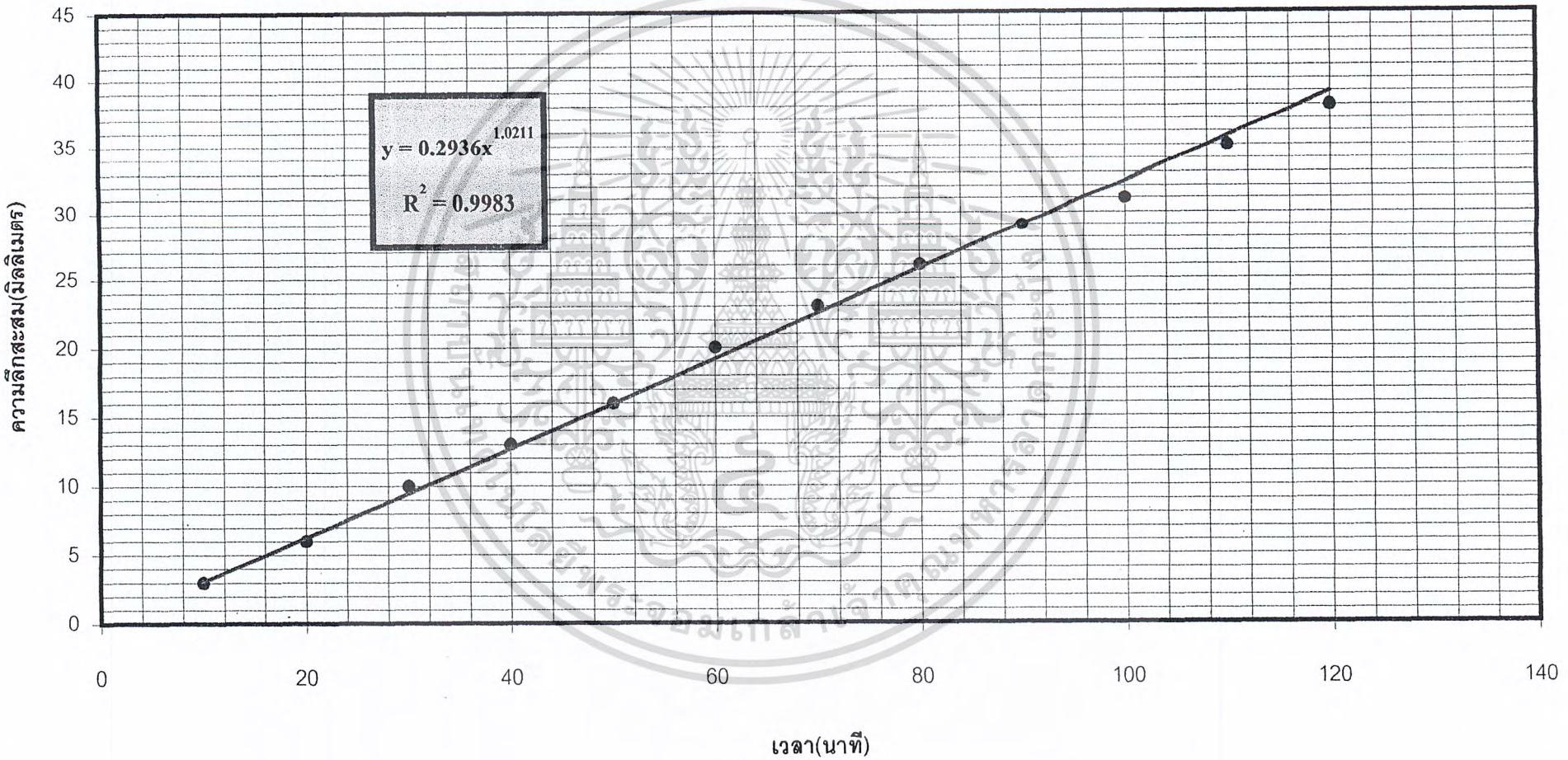
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 1



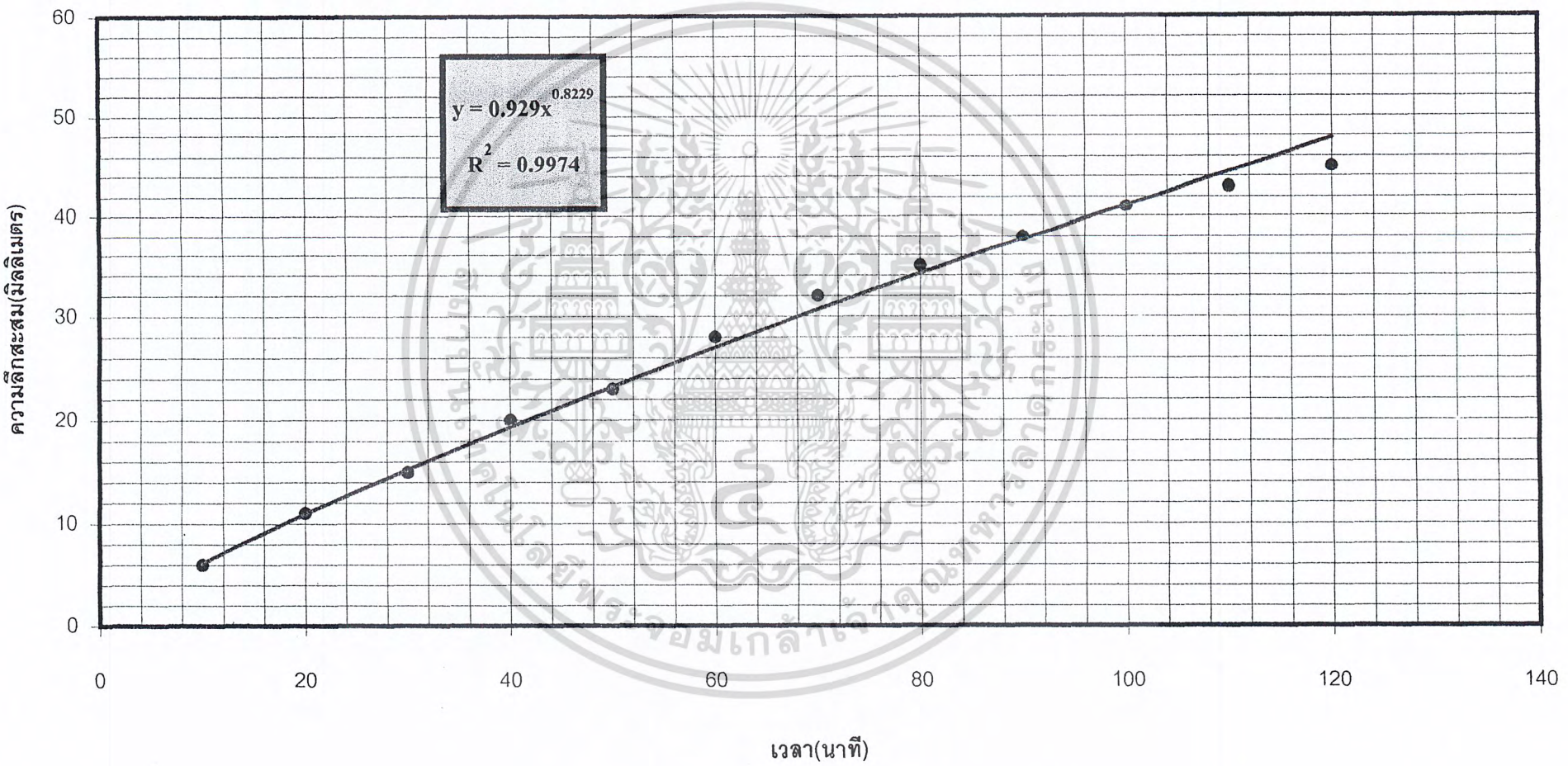
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 2



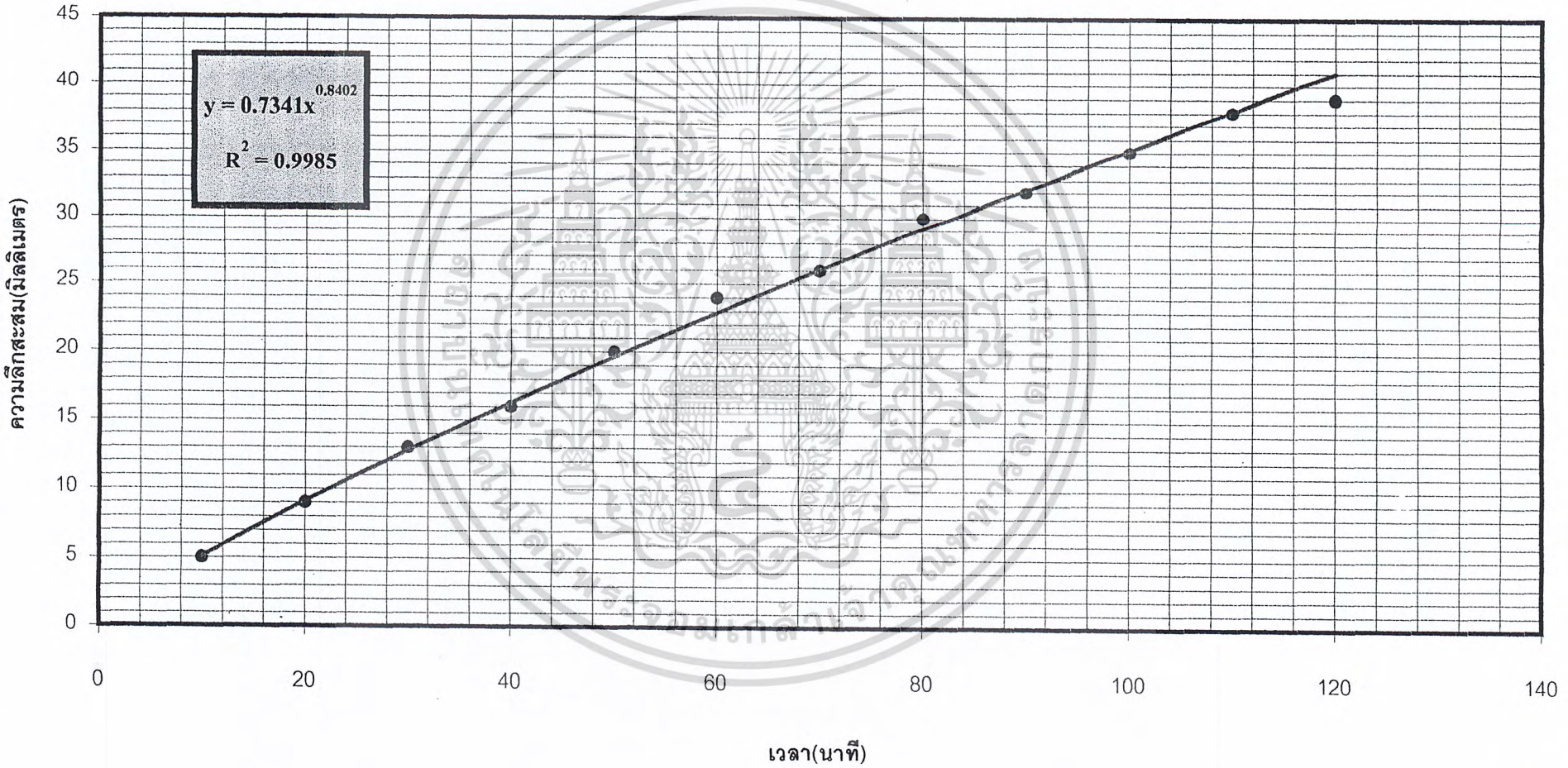
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 3



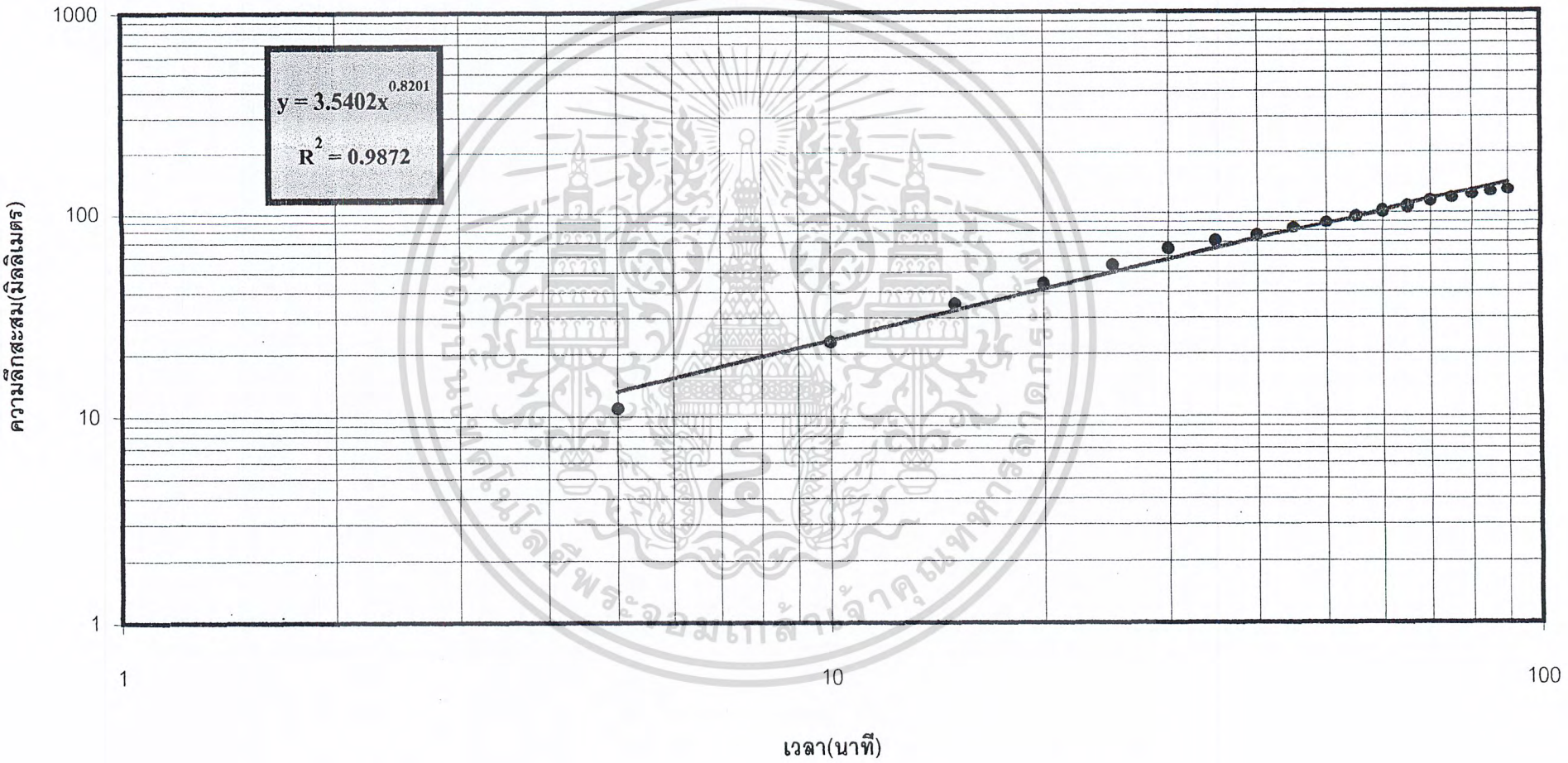
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 4



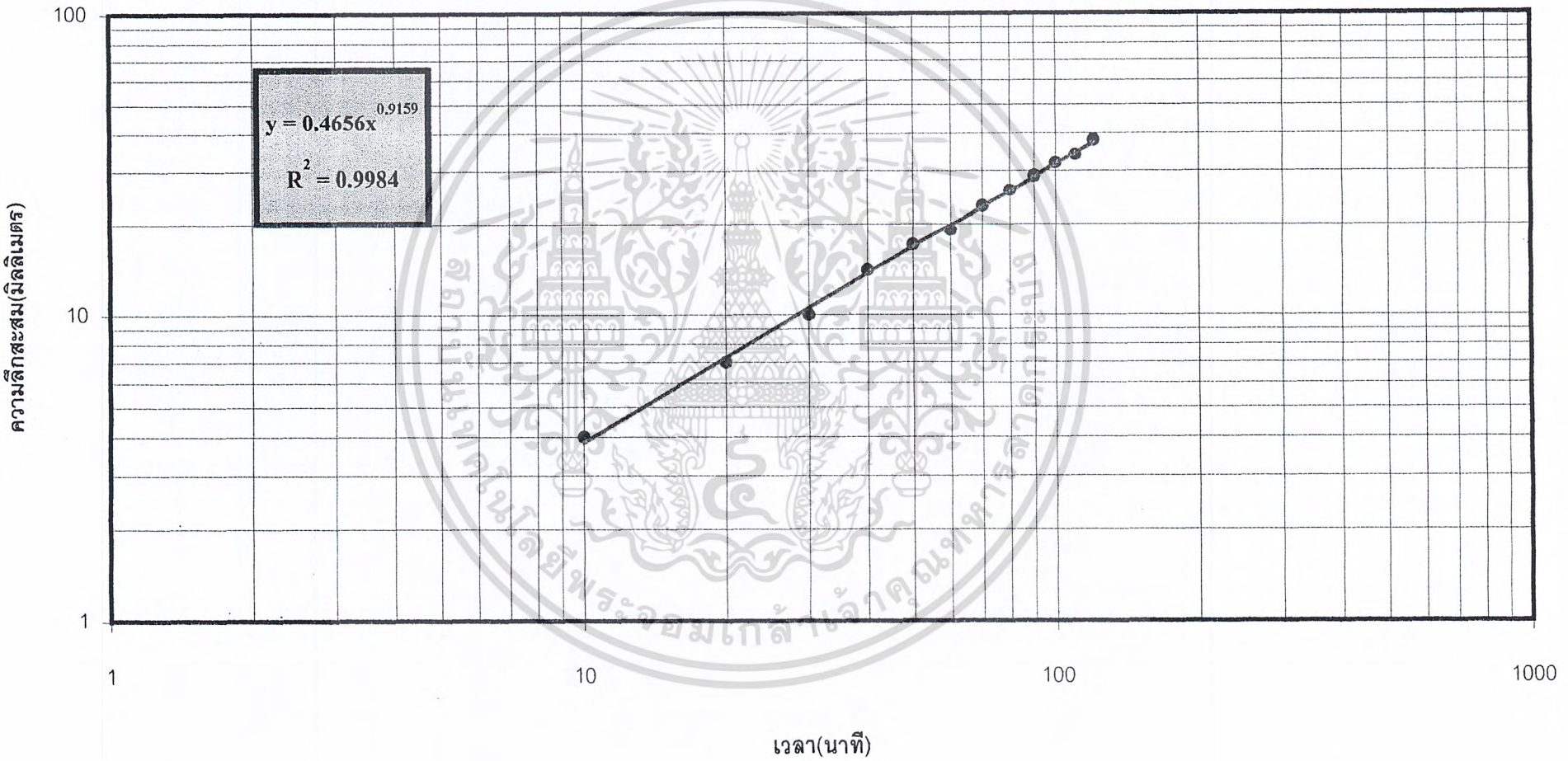
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 5



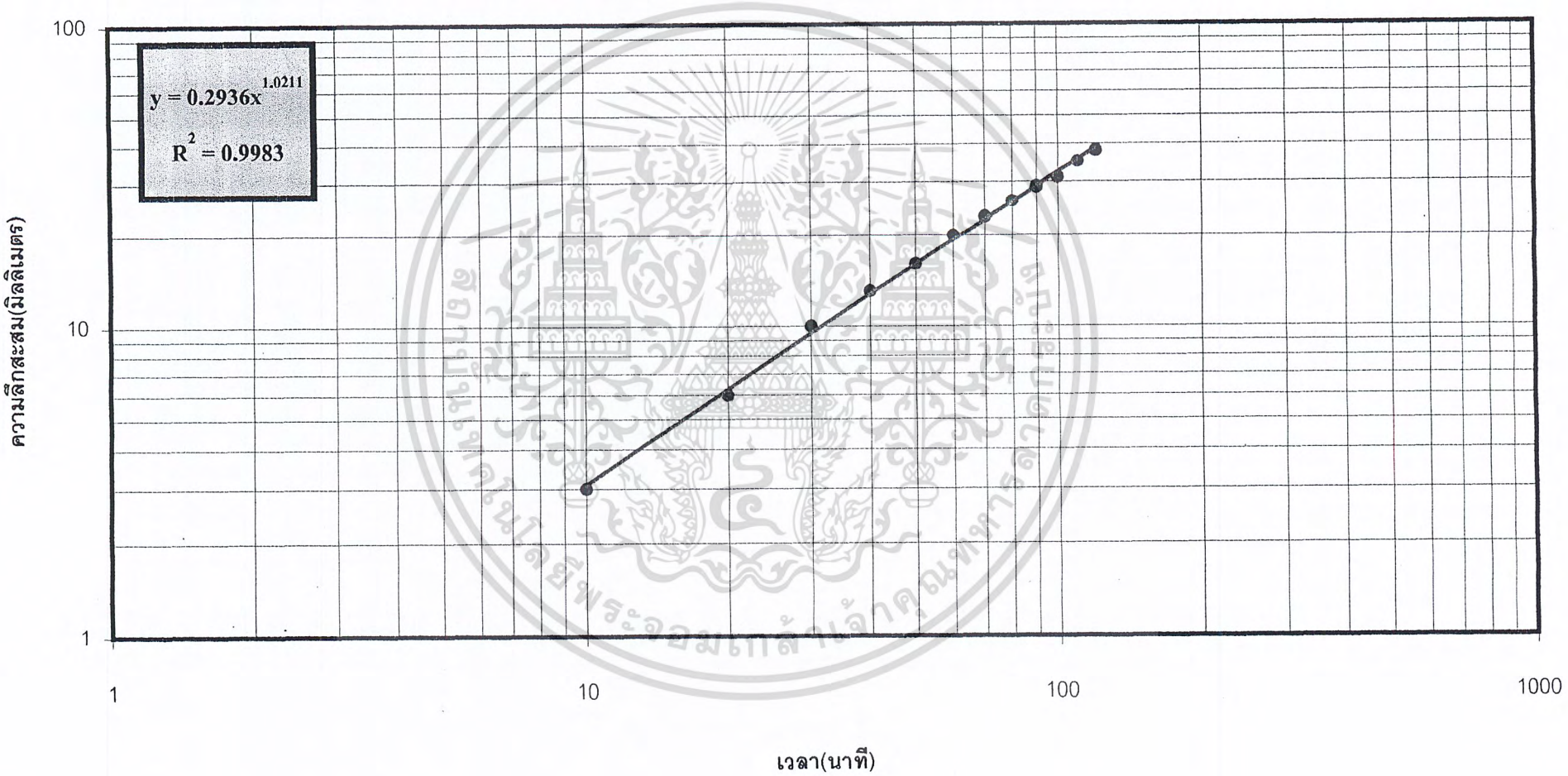
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 1



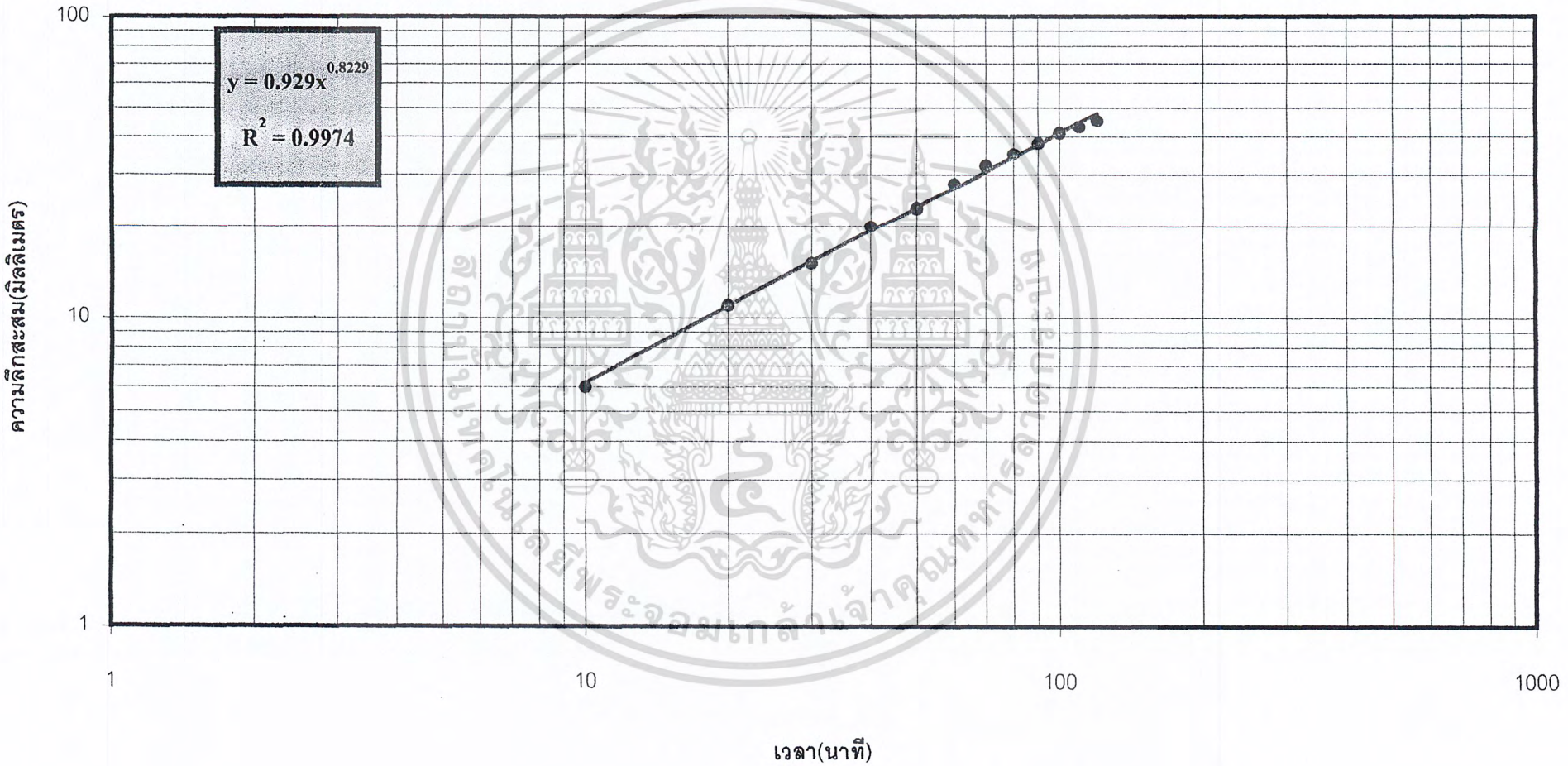
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 2



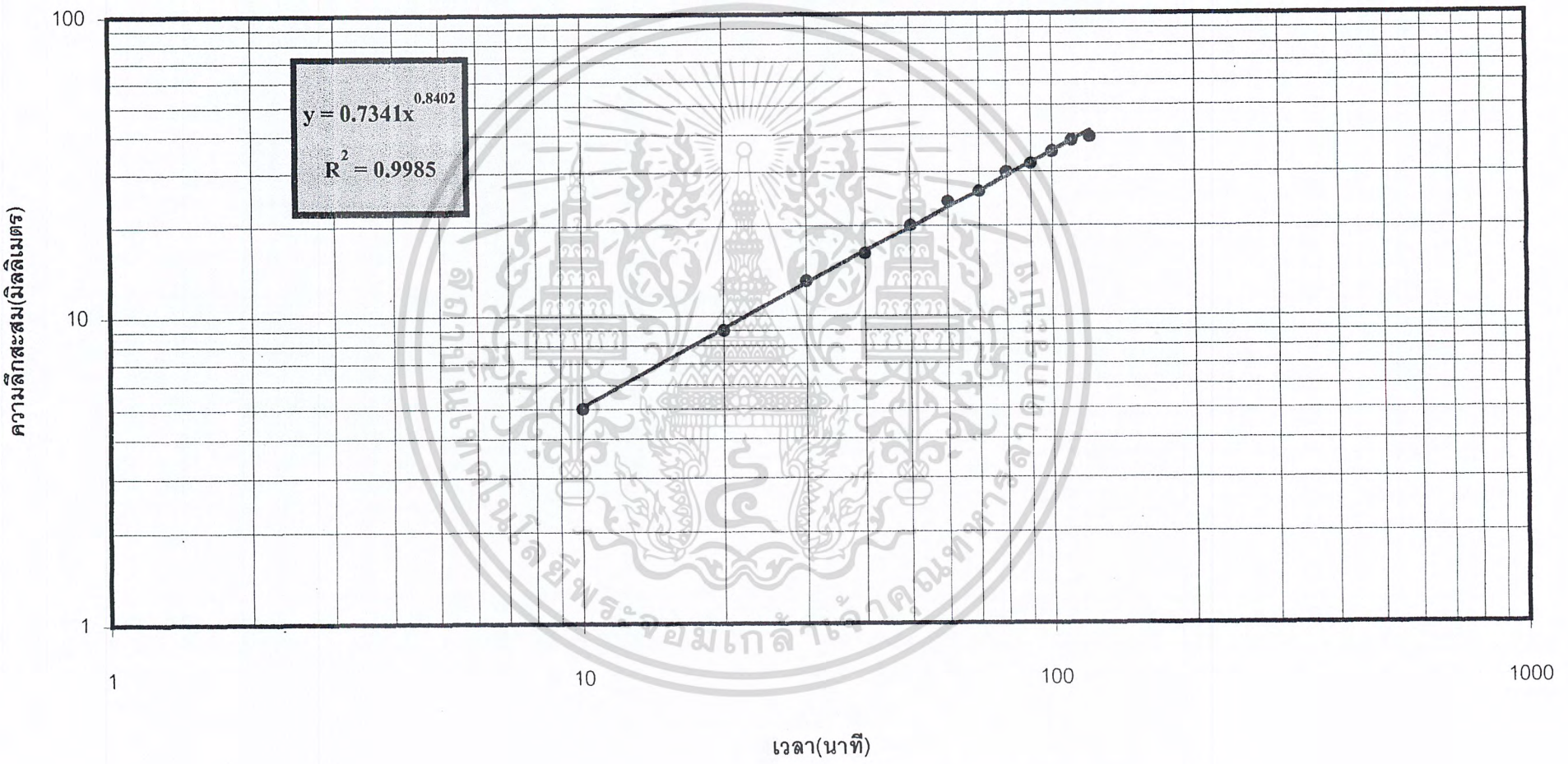
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 3



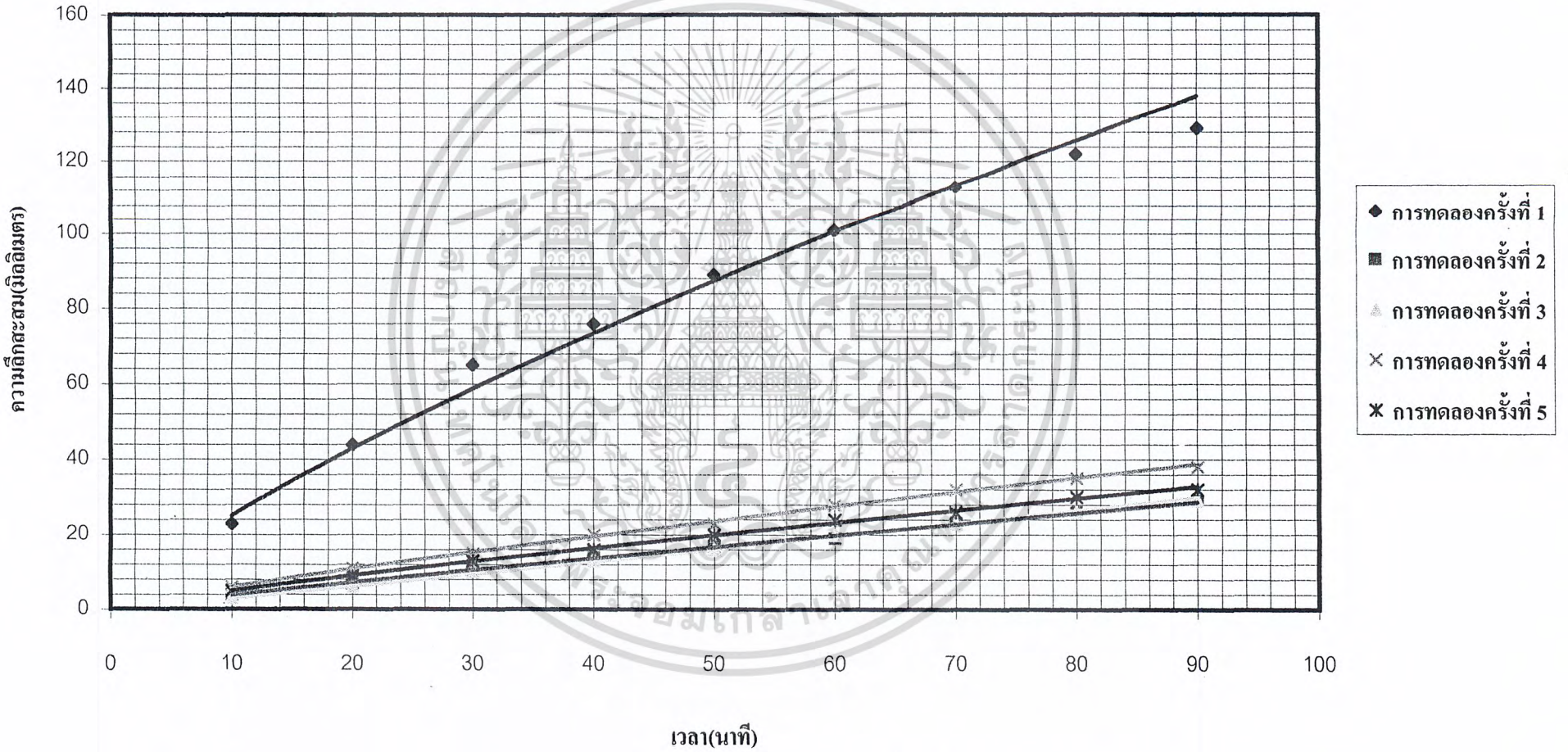
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 4



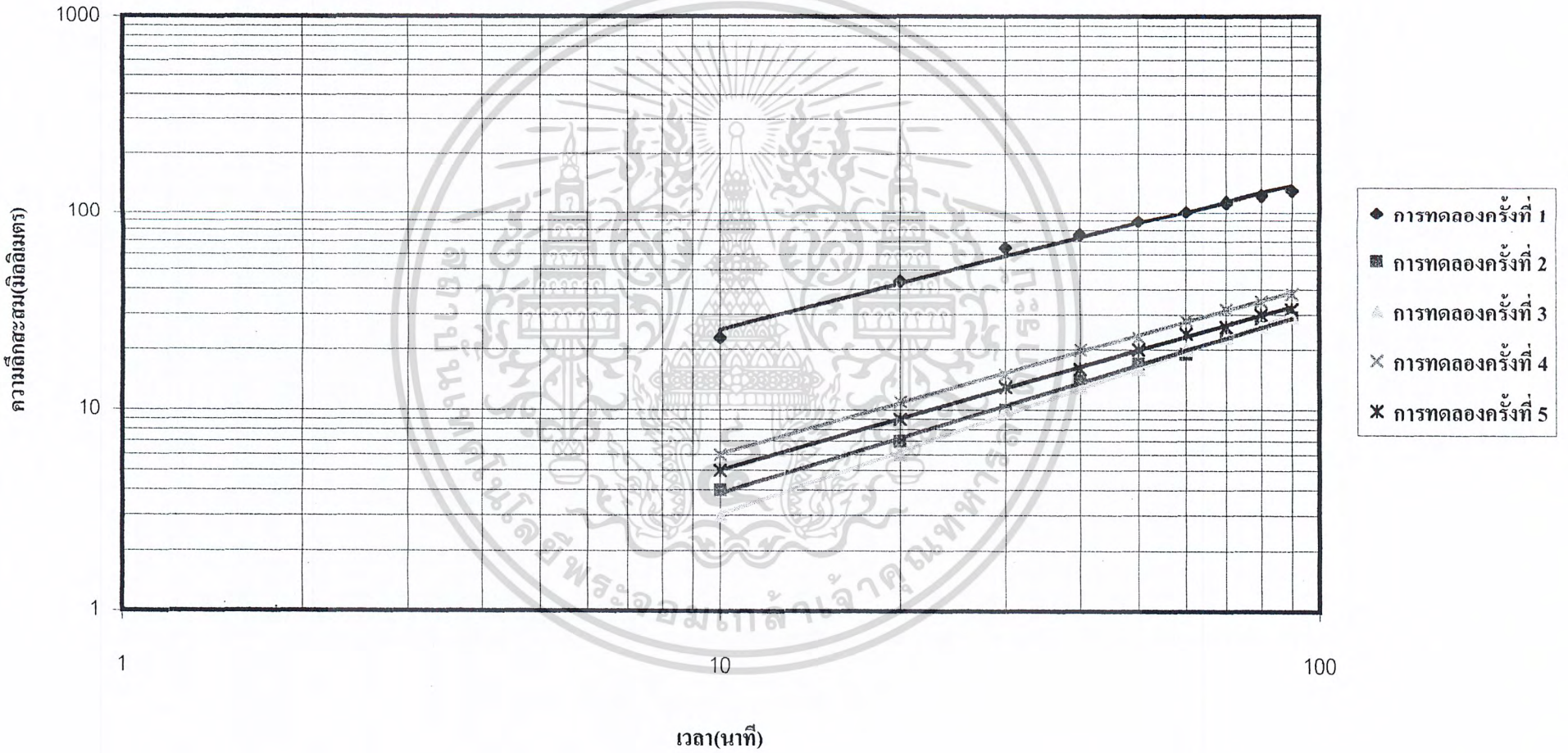
ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากฮุกเกจ ครั้งที่ 5



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของฮุกเกจ ครั้งที่ 1 ถึง 5



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของฮุกเกจ ครั้งที่ 1 ถึง 5



ตารางสร้างสมการของสุกเกจครั้งที่ 1

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	5	11	0.69897	1.0413927	0.4885591	0.7279022
2	10	23	1	1.3617278	1	1.3617278
3	15	35	1.1760913	1.544068	1.3831906	1.8159649
4	20	44	1.30103	1.6434527	1.692679	2.1381812
5	25	54	1.39794	1.7323938	1.9542363	2.4217825
6	30	65	1.4771213	1.8129134	2.1818872	2.6778929
7	35	71	1.544068	1.8512583	2.3841461	2.8584689
8	40	76	1.60206	1.8808136	2.5665962	3.0131762
9	45	83	1.6532125	1.9190781	2.7331116	3.1726439
10	50	89	1.69897	1.94939	2.8864991	3.3119551
11	55	95	1.7403627	1.9777236	3.0288623	3.4419564
12	60	101	1.7781513	2.0043214	3.1618219	3.5639866
13	65	106	1.8129134	2.0253059	3.2866548	3.6717041
14	70	113	1.845098	2.0530784	3.4043868	3.788131
15	75	117	1.8750613	2.0681859	3.5158547	3.8779752
16	80	122	1.90309	2.0863598	3.6217515	3.9705305
17	85	126	1.9294189	2.1003705	3.7226574	4.0524947
18	90	129	1.9542425	2.1105897	3.8190638	4.1246041
รวม	855	1460	28.387801	33.162424	46.831958	53.991078

logt-avg	1.5771001
logD-avg	1.8423569
nlog t*log D	52.30046
logt-avg^2	2.4872446
nlogt-avg^2	44.770403
b	0.820069
c	0.5490259
a	3.5401848

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างสมการของฮุกเกจครั้งที่ 2

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	10	4	1	0.60206	1	0.60206
2	20	7	1.30103	0.845098	1.692679	1.0994979
3	30	10	1.4771213	1	2.1818872	1.4771213
4	40	14	1.60206	1.146128	2.5665962	1.8361659
5	50	17	1.69897	1.2304489	2.8864991	2.0904958
6	60	19	1.7781513	1.2787536	3.1618219	2.2738173
7	70	23	1.845098	1.3617278	3.4043868	2.5125214
8	80	26	1.90309	1.4149733	3.6217515	2.6928216
9	90	29	1.9542425	1.462398	3.8190638	2.8578803
10	100	32	2	1.50515	4	3.0103
11	110	34	2.0413927	1.5314789	4.1672841	3.1263499
12	120	38	2.0791812	1.5797836	4.3229947	3.2846564
รวม	780	253	20.680337	14.958	36.824964	26.863688

logt-avg	1.7233614
logD-avg	1.2465
nlog t*log D	25.77804
logt-avg^2	2.9699746
$n\text{logt-avg}^2$	35.639695
b	0.9159497
c	-0.3320123
a	0.4655729

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างสมการของฮุกเกจครั้งที่ 3

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	10	3	1	0.4771213	1	0.4771213
2	20	6	1.30103	0.7781513	1.692679	1.0123981
3	30	10	1.4771213	1	2.1818872	1.4771213
4	40	13	1.60206	1.1139434	2.5665962	1.7846041
5	50	16	1.69897	1.20412	2.8864991	2.0457637
6	60	20	1.7781513	1.30103	3.1618219	2.3134281
7	70	23	1.845098	1.3617278	3.4043868	2.5125214
8	80	26	1.90309	1.4149733	3.6217515	2.6928216
9	90	29	1.9542425	1.462398	3.8190638	2.8578803
10	100	31	2	1.4913617	4	2.9827234
11	110	35	2.0413927	1.544068	4.1672841	3.1520492
12	120	38	2.0791812	1.5797836	4.3229947	3.2846564
รวม	780	250	20.680337	14.728678	36.824964	26.593089

logt-avg	1.7233614
logD-avg	1.2273899
nlog t*log D	25.382836
logt-avg^2	2.9699746
nlogt-avg^2	35.639695
b	1.0210783
c	-0.5322971
a	0.2935641

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างสมการของฮุกเกจครั้งที่ 4

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	10	6	1	0.7781513	1	0.7781513
2	20	11	1.30103	1.0413927	1.692679	1.3548831
3	30	15	1.4771213	1.1760913	2.1818872	1.7372294
4	40	20	1.60206	1.30103	2.5665962	2.0843281
5	50	23	1.69897	1.3617278	2.8864991	2.3135347
6	60	28	1.7781513	1.447158	3.1618219	2.5732659
7	70	32	1.845098	1.50515	3.4043868	2.7771493
8	80	35	1.90309	1.544068	3.6217515	2.9385004
9	90	38	1.9542425	1.5797836	3.8190638	3.0872803
10	100	41	2	1.6127839	4	3.2255677
11	110	43	2.0413927	1.6334685	4.1672841	3.3345506
12	120	45	2.0791812	1.6532125	4.3229947	3.4373285
รวม	780	337	20.680337	16.634018	36.824964	29.641769

logt-avg	1.7233614
logD-avg	1.3861681
nlog t*log D	28.666424
logt-avg^2	2.9699746
$n\text{logt-avg}^2$	35.639695
b	0.822889
c	-0.0319671
a	0.9290368

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างสมการของฮุกเกจครั้งที่ 5

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	10	5	1	0.69897	1	0.69897
2	20	9	1.30103	0.9542425	1.692679	1.2414981
3	30	13	1.4771213	1.1139434	2.1818872	1.6454294
4	40	16	1.60206	1.20412	2.5665962	1.9290724
5	50	20	1.69897	1.30103	2.8864991	2.2104109
6	60	24	1.7781513	1.3802112	3.1618219	2.4542243
7	70	26	1.845098	1.4149733	3.4043868	2.6107646
8	80	30	1.90309	1.4771213	3.6217515	2.8110947
9	90	32	1.9542425	1.50515	3.8190638	2.9414281
10	100	35	2	1.544068	4	3.0881361
11	110	38	2.0413927	1.5797836	4.1672841	3.2249587
12	120	39	2.0791812	1.5910646	4.3229947	3.3081117
รวม	780	287	20.680337	15.764678	36.824964	28.164099

logt-avg	1.7233614
logD-avg	1.3137232
nlog t*log D	27.168238
logt-avg^2	2.9699746
$n\text{logt-avg}^2$	35.639695
b	0.8401983
c	-0.1342422
a	0.7341044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากวาล์วลูกลอย

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 15-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

ครั้งที่ 1 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.			
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม	ปรับแก้
1	2	3	4	5	6	7
16:10		0.00	0		0	0
16:15	5.00	5.00	104	104	104	26.06864
16:20	5.00	10.00	126	22	126	31.58316
16:25	5.00	15.00	152	26	152	38.10032
16:30	5.00	20.00	183	31	183	45.87078
16:35	5.00	25.00	197	14	197	49.38002
16:40	5.00	30.00	218	21	218	54.64388
16:45	5.00	35.00	249	31	249	62.41434
16:50	5.00	40.00	274	25	274	68.68084
16:55	5.00	45.00	284	10	284	71.18744
17:00	5.00	50.00	324	40	324	81.21384
17:05	5.00	55.00	340	16	340	85.2244
17:10	5.00	60.00	369	29	369	92.49354
17:15	5.00	65.00	378	9	378	94.74948
17:20	5.00	70.00	395	17	395	99.0107
17:25	5.00	75.00	470	75	470	117.8102
17:30	5.00	80.00	645	175	645	161.6757
17:35	5.00	85.00	780	135	780	195.5148
17:40	5.00	90.00	860	80	860	215.5676

หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จากถังน้ำที่ส่งน้ำไปยังลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากวาล์วลูกลอย

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 16-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

ครั้งที่ 2 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.			
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม	ปรับแก้
1	2	3	4	5	6	7
14:00		0.00	75		0	0
14:10	10.00	10.00	100	25	25	6.2665
14:20	10.00	20.00	130	30	55	13.7863
14:30	10.00	30.00	148	18	73	18.29818
14:40	10.00	40.00	165	17	90	22.5594
14:50	10.00	50.00	197	32	122	30.58052
15:00	10.00	60.00	205	8	130	32.5858
15:10	10.00	70.00	219	14	144	36.09504
15:20	10.00	80.00	235	16	160	40.1056
15:30	10.00	90.00	258	23	183	45.87078
15:40	10.00	100.00	261	3	186	46.62276
15:50	10.00	110.00	273	12	198	49.63068
16:00	10.00	120.00	285	12	210	52.6386

หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จากถังน้ำที่ส่งน้ำไปยังลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากวาล์วลูกลอย

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 19-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

ครั้งที่ 3 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.			
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม	ปรับแก้
1	2	3	4	5	6	7
14:10		0.00	30		0	0
14:20	10.00	10.00	59	29	29	7.26914
14:30	10.00	20.00	80	21	50	12.533
14:40	10.00	30.00	98	18	68	17.04488
14:50	10.00	40.00	120	22	90	22.5594
15:00	10.00	50.00	134	14	104	26.06864
15:10	10.00	60.00	150	16	120	30.0792
15:20	10.00	70.00	175	25	145	36.3457
15:30	10.00	80.00	194	19	164	41.10824
15:40	10.00	90.00	214	20	184	46.12144
15:50	10.00	100.00	229	15	199	49.88134
16:00	10.00	110.00	242	13	212	53.13992
16:10	10.00	120.00	257	15	227	56.89982

หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จากถังน้ำที่ส่งน้ำไปยังลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากวาล์วลูกลอย

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 23-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

ครั้งที่ 4 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.			
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม	ปรับแก้
1	2	3	4	5	6	7
13:15		0.00	69		0	0
13:25	10.00	10.00	115	46	46	11.53036
13:35	10.00	20.00	155	40	86	21.55676
13:45	10.00	30.00	195	40	126	31.58316
13:55	10.00	40.00	230	35	161	40.35626
14:05	10.00	50.00	263	33	194	48.62804
14:15	10.00	60.00	296	33	227	56.89982
14:25	10.00	70.00	324	28	255	63.9183
14:35	10.00	80.00	354	30	285	71.4381
14:45	10.00	90.00	384	30	315	78.9579
14:55	10.00	100.00	410	26	341	85.47506
15:05	10.00	110.00	428	18	359	89.98694
15:15	10.00	120.00	452	24	383	96.00278

หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จากถังน้ำที่ส่งน้ำไปยังลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจากวาล์วลูกลอย

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา **ผู้ทำการวัด** กลุ่มการพัฒนาเครื่องฯ **วันที่** 26-Jan-44

เนื้อดิน ดินร่วนปนเหนียว **ความชื้น** **พืชที่ปลูก**

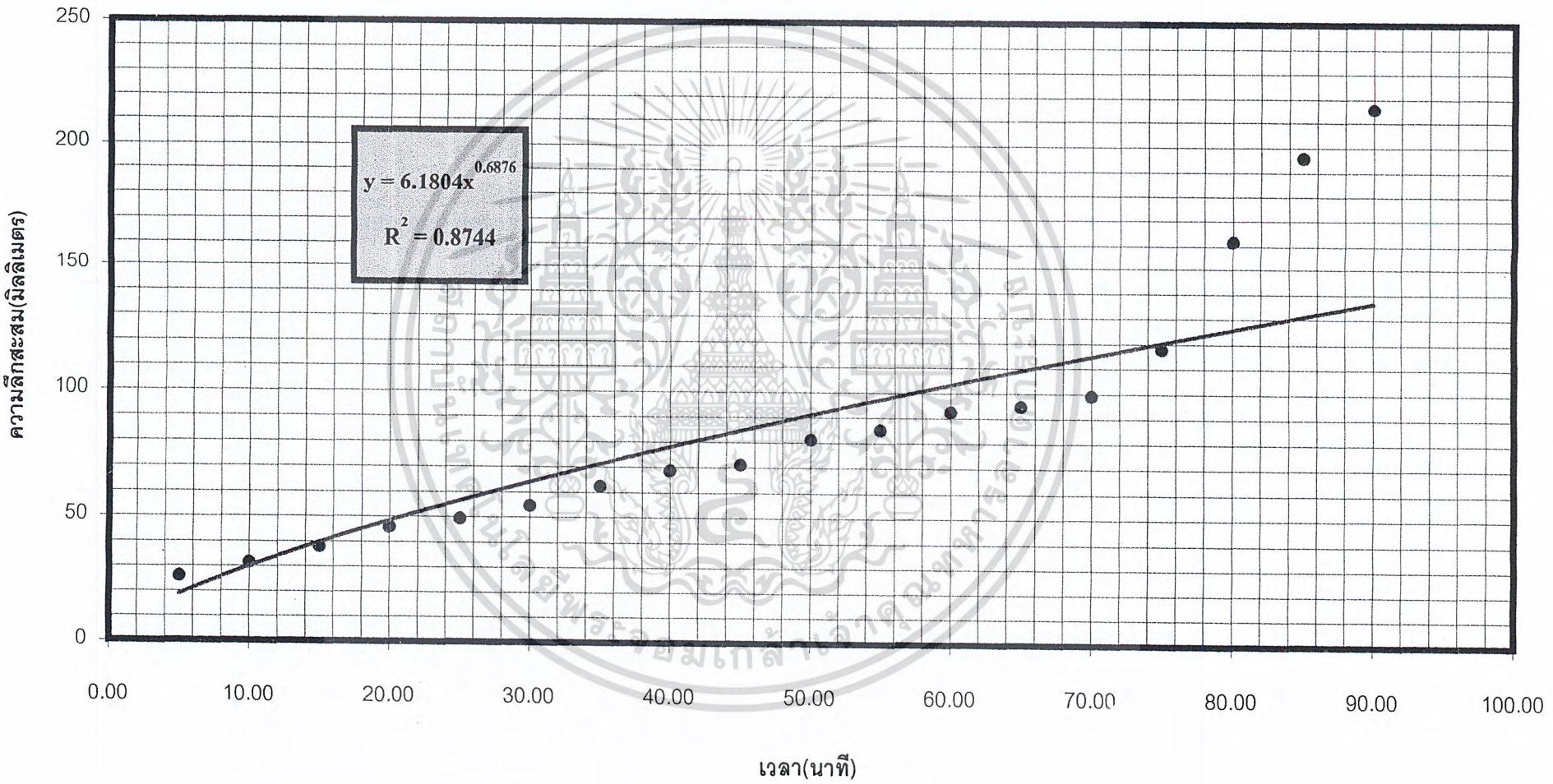
ครั้งที่ 5 **หมายเหตุ**

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.			
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม	ปรับแก้
1	2	3	4	5	6	7
13:35		0.00	85		0	0
13:45	10.00	10.00	150	65	65	16.2929
13:55	10.00	20.00	190	40	105	26.3193
14:05	10.00	30.00	228	38	143	35.84438
14:15	10.00	40.00	270	42	185	46.3721
14:25	10.00	50.00	301	31	216	54.14256
14:35	10.00	60.00	335	34	250	62.665
14:45	10.00	70.00	369	34	284	71.18744
14:55	10.00	80.00	397	28	312	78.20592
15:05	10.00	90.00	422	25	337	84.47242
15:15	10.00	100.00	448	26	363	90.98958
15:25	10.00	110.00	472	24	387	97.00542
15:35	10.00	120.00	492	20	407	102.0186

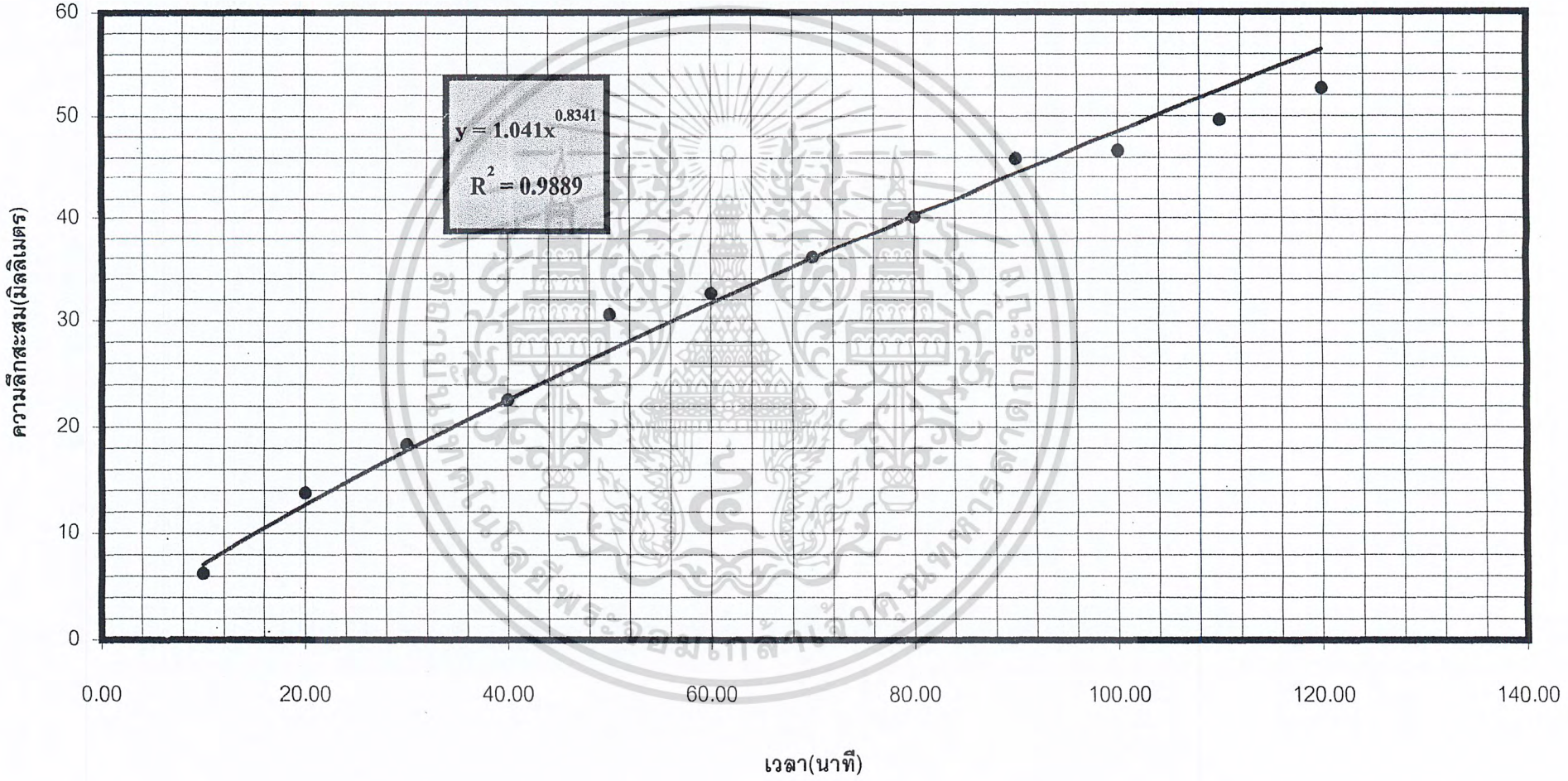
หมายเหตุ * ค่าที่อ่านได้จากถังน้ำที่ส่งน้ำไปยังลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

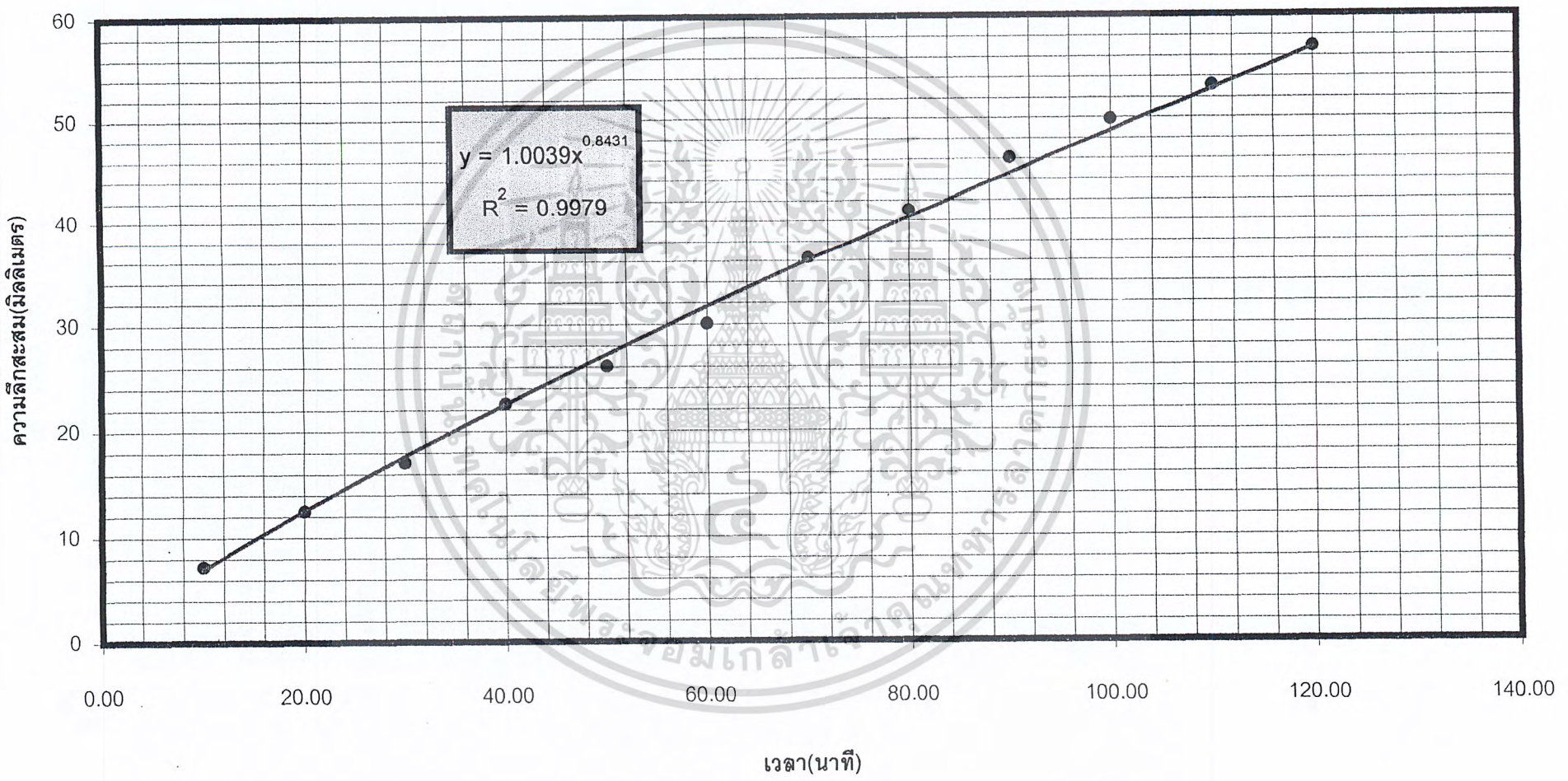
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 1



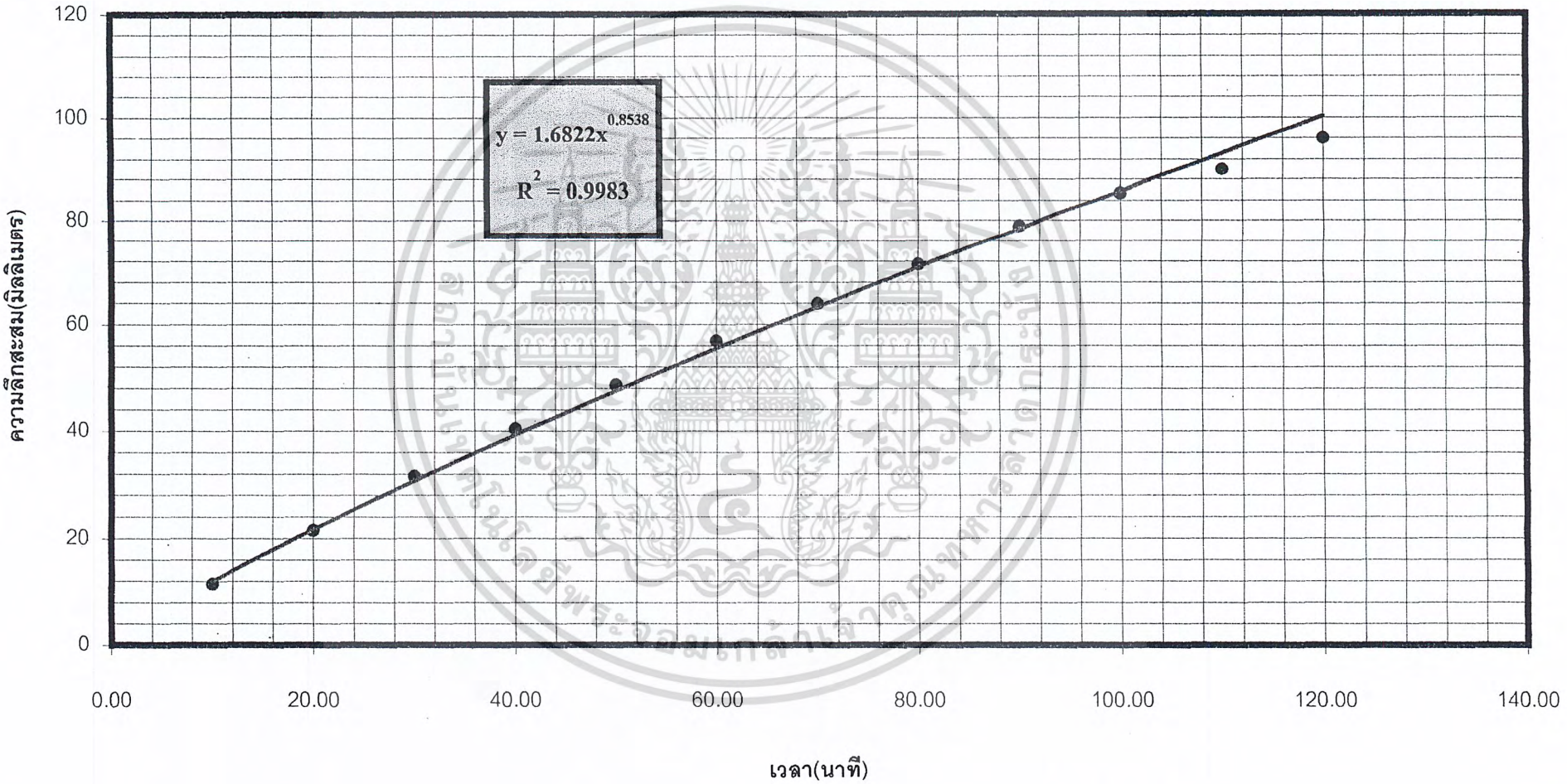
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 2



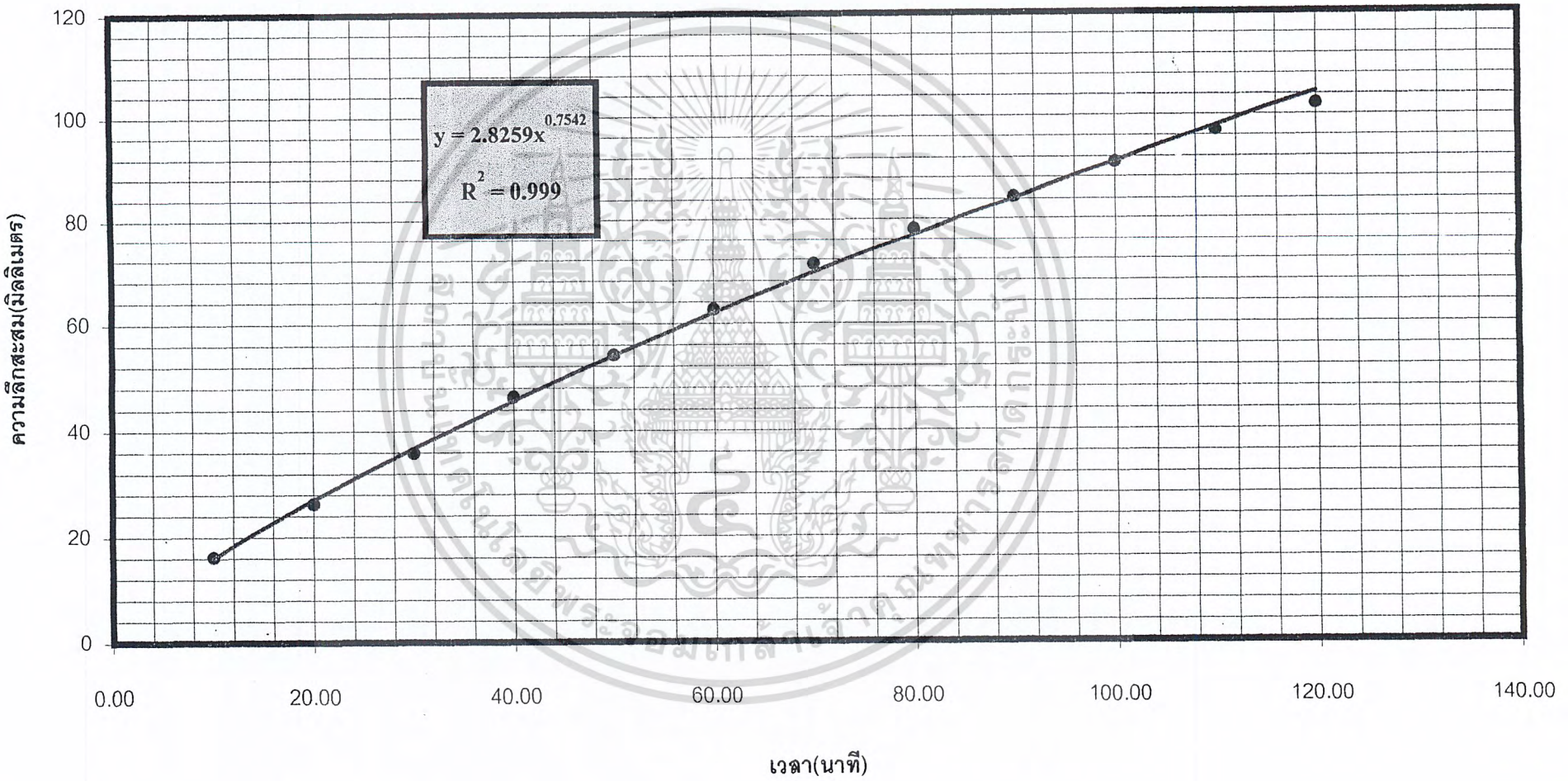
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 3



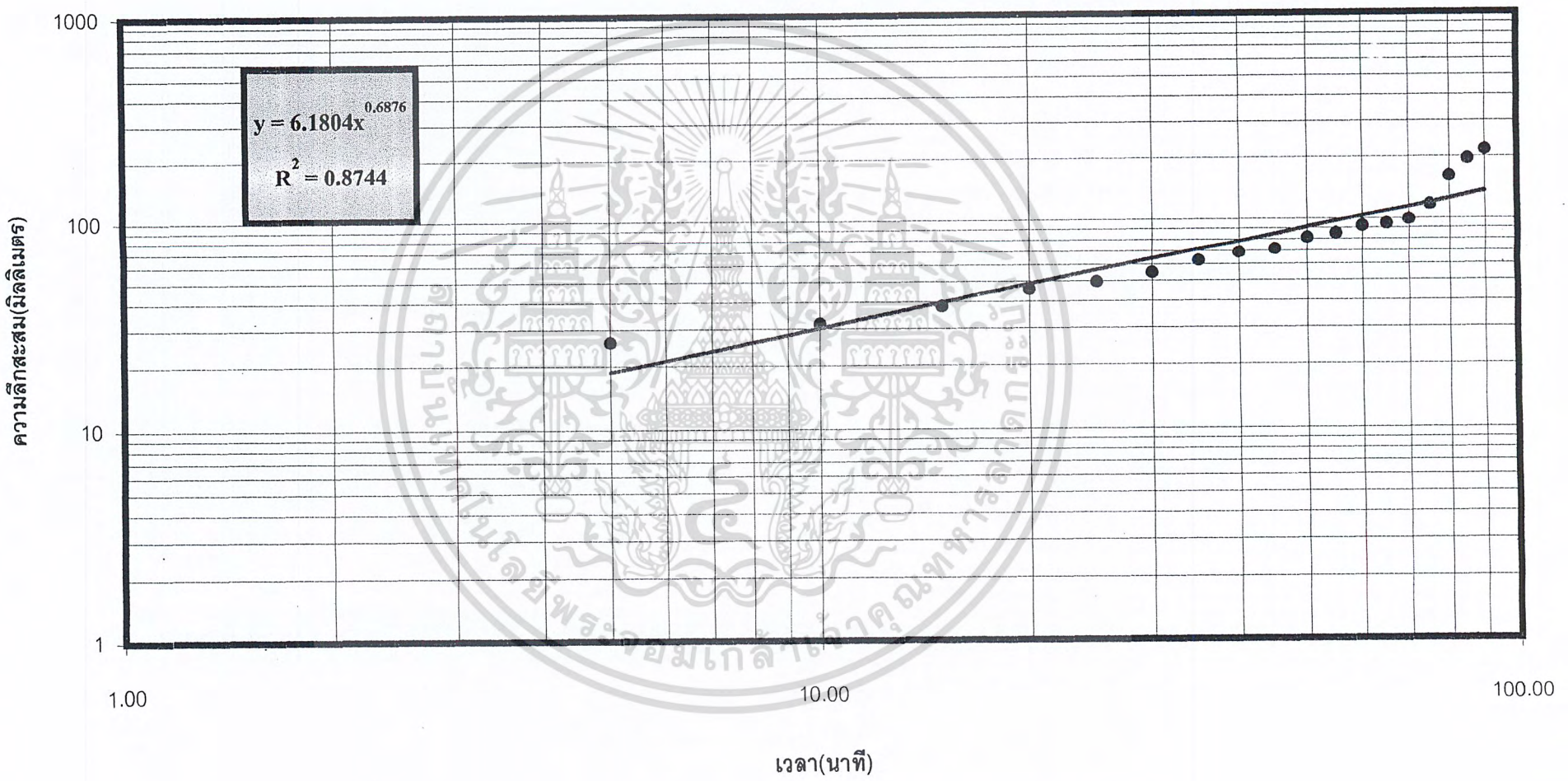
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 4



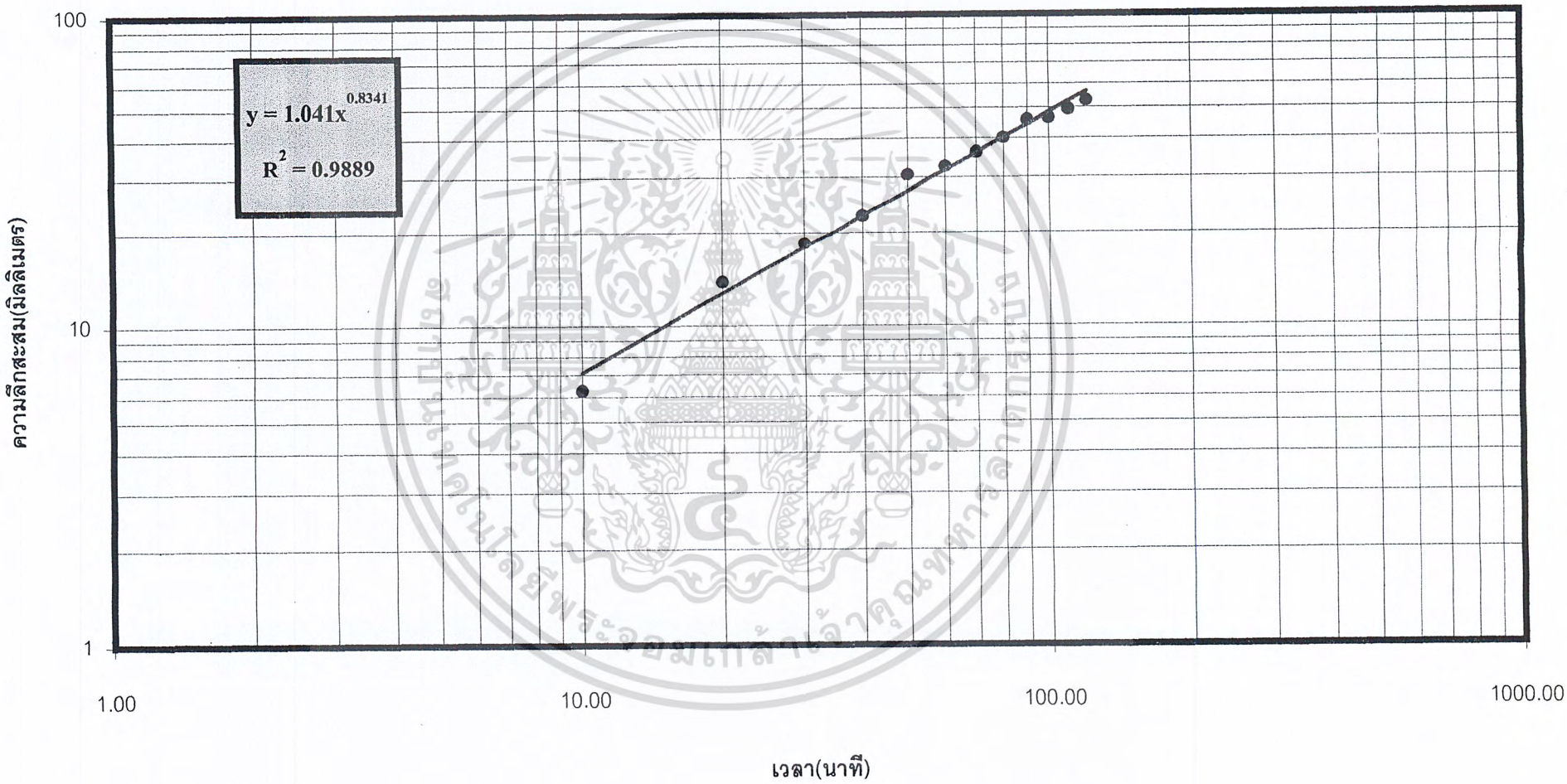
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 5



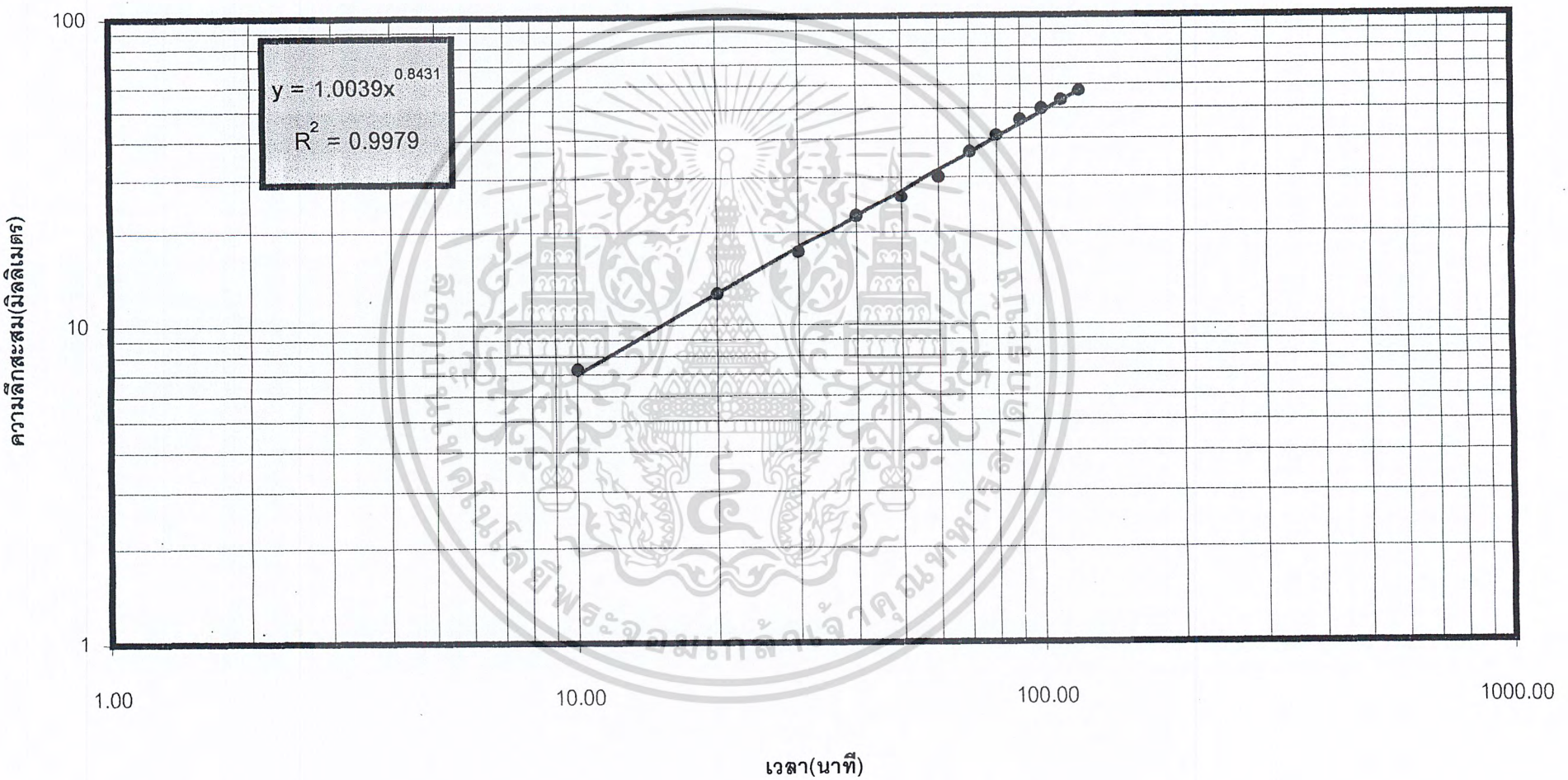
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 1



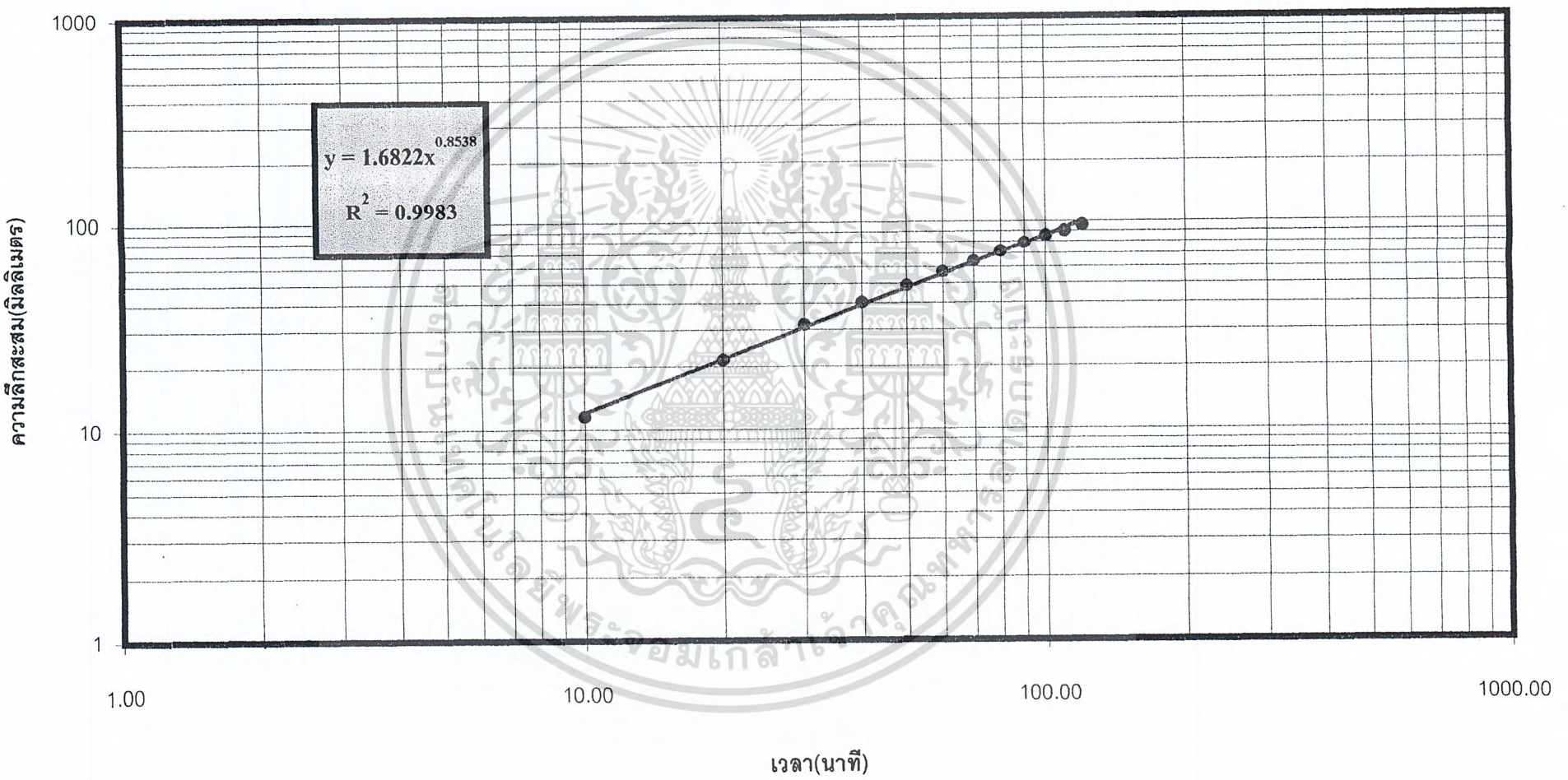
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 2



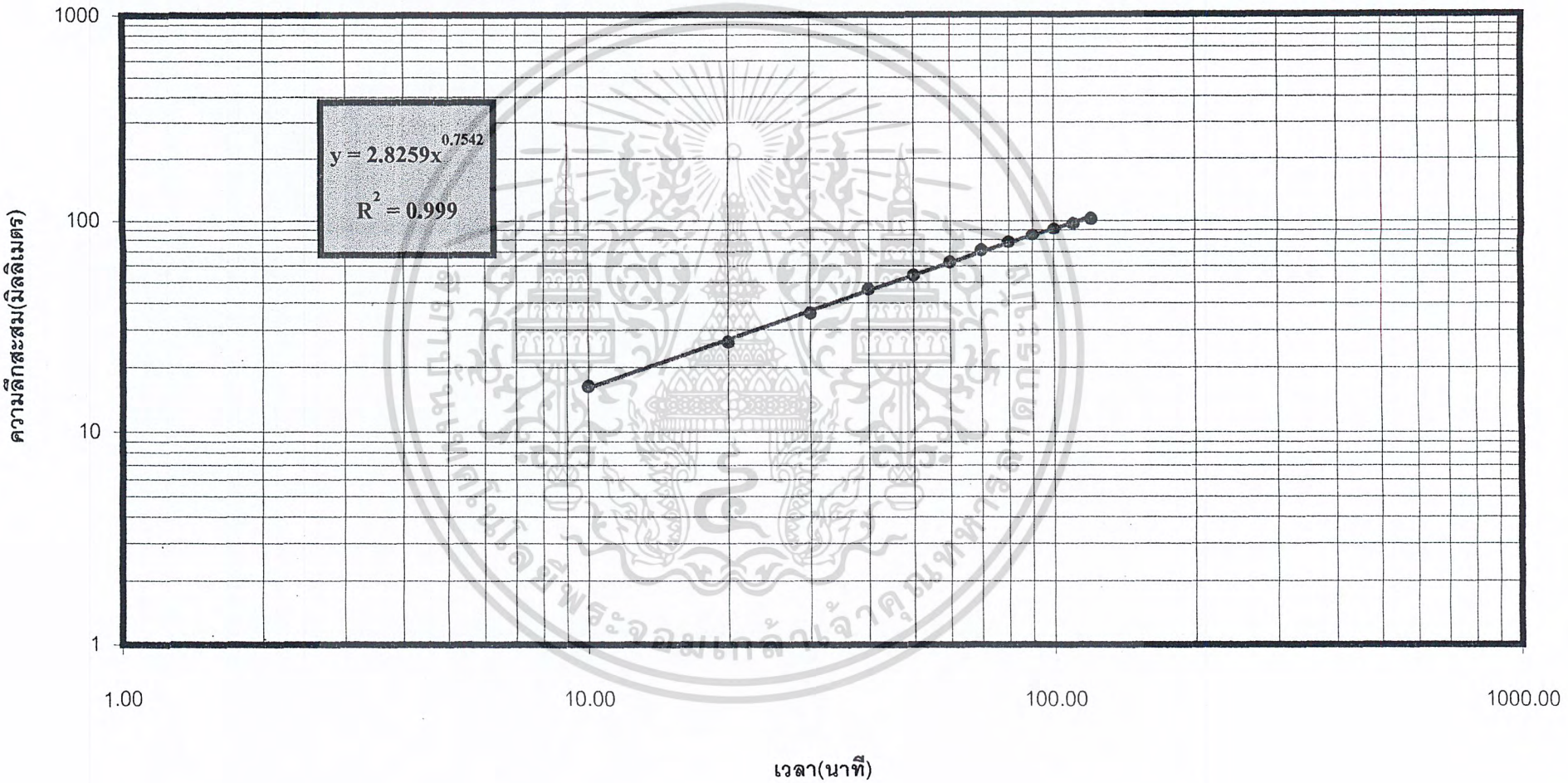
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 3



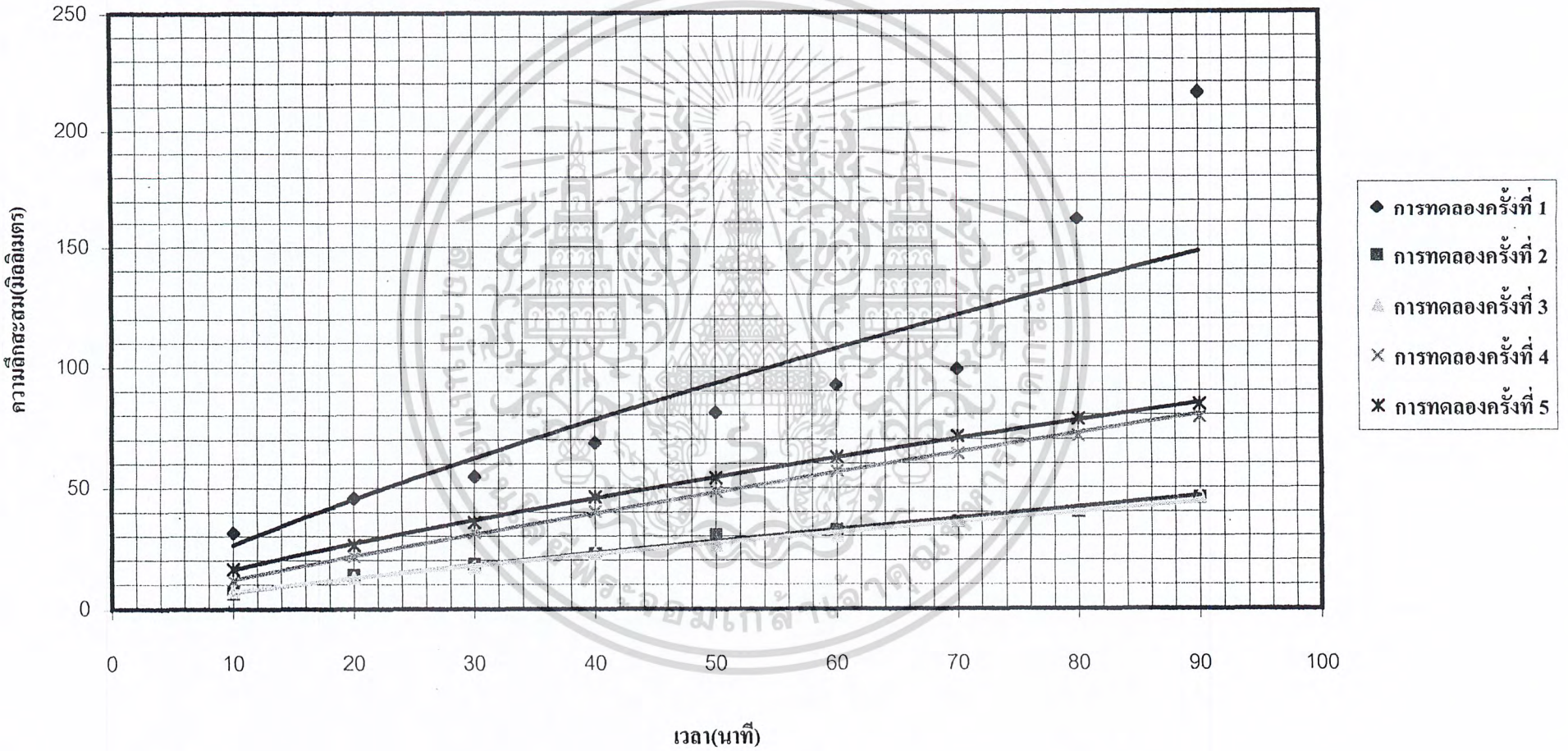
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 4



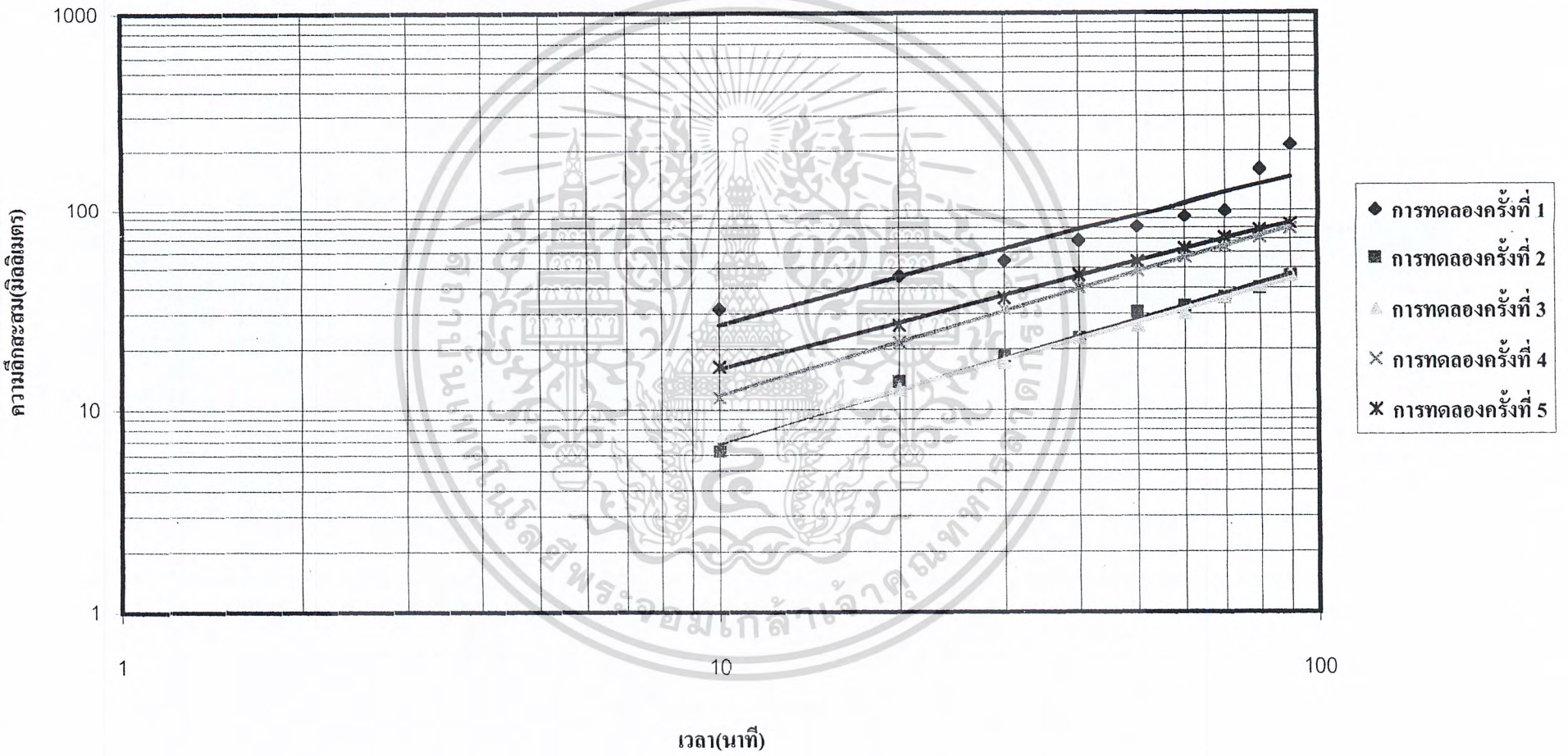
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกสะสมกับเวลาที่ได้จากลูกลอย ครั้งที่ 5



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของวาล์วลูกลอย ครั้งที่ 1 ถึง 5



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของวาล์วลูกลอย ครั้งที่ 1 ถึง 5



ตารางสร้างสมการของวาล์วลูกลอยครั้งที่ 1

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	5	26.0686	0.69897	1.4161184	0.4885591	0.9898243
2	10	31.5832	1	1.4994556	1	1.4994556
3	15	38.1003	1.1760913	1.5809286	1.3831906	1.8593163
4	20	45.8708	1.30103	1.6615361	1.692679	2.1617083
5	25	49.38	1.39794	1.6935513	1.9542363	2.3674831
6	30	54.6439	1.4771213	1.7375415	2.1818872	2.5665595
7	35	62.4143	1.544068	1.7952844	2.3841461	2.7720412
8	40	68.6808	1.60206	1.8368356	2.5665962	2.9427208
9	45	71.1874	1.6532125	1.8524034	2.7331116	3.0624164
10	50	81.2138	1.69897	1.90963	2.8864991	3.2444042
11	55	85.2244	1.7403627	1.930564	3.0288623	3.3598815
12	60	92.4935	1.7781513	1.9661114	3.1618219	3.4960434
13	65	94.7495	1.8129134	1.9765768	3.2866548	3.5833625
14	70	99.0107	1.845098	1.9956821	3.4043868	3.6822292
15	75	117.81	1.8750613	2.0711829	3.5158547	3.8835948
16	80	161.676	1.90309	2.2086447	3.6217515	4.2032497
17	85	195.515	1.9294189	2.2911796	3.7226574	4.4206454
18	90	215.568	1.9542425	2.3335835	3.8190638	4.560388
รวม	855	1591.19	28.387801	33.75681	46.831958	54.655324

logt-avg	1.5771001
logD-avg	1.8753783
nlog t*log D	53.237867
logt-avg^2	2.4872446
nlogt-avg^2	44.770403
b	0.6875668
c	0.7910166
a	6.1804007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างสมการของวาล์วลูกลอยครั้งที่ 2

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	10	6.2665	1	0.797025	1	0.797025
2	20	13.7863	1.30103	1.1394477	1.692679	1.4824557
3	30	18.2982	1.4771213	1.2624079	2.1818872	1.8647295
4	40	22.5594	1.60206	1.3533275	2.5665962	2.1681119
5	50	30.5805	1.69897	1.4854449	2.8864991	2.5237263
6	60	32.5858	1.7781513	1.5130284	3.1618219	2.6903933
7	70	36.095	1.845098	1.5574475	3.4043868	2.8736434
8	80	40.1056	1.90309	1.603205	3.6217515	3.0510434
9	90	45.8708	1.9542425	1.6615361	3.8190638	3.2470445
10	100	46.6228	2	1.668598	4	3.337196
11	110	49.6307	2.0413927	1.6957502	4.1672841	3.4616921
12	120	52.6386	2.0791812	1.7213043	4.3229947	3.5789037
รวม	780	395.04	20.680337	17.458523	36.824964	31.075965

logt-avg	1.7233614
logD-avg	1.4548769
nlog t*log D	30.087344
logt-avg^2	2.9699746
nlogt-avg^2	35.639695
b	0.8340892
c	0.0174397
a	1.0409735

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างสมการของวาล์วลูกลอยครั้งที่ 3

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	10	7.26914	1	0.861483	1	0.861483
2	20	12.533	1.30103	1.098055	1.692679	1.4286025
3	30	17.0449	1.4771213	1.2315939	2.1818872	1.8192136
4	40	22.5594	1.60206	1.3533275	2.5665962	2.1681119
5	50	26.0686	1.69897	1.4161184	2.8864991	2.4059426
6	60	30.0792	1.7781513	1.4782663	3.1618219	2.628581
7	70	36.3457	1.845098	1.560453	3.4043868	2.8791888
8	80	41.1082	1.90309	1.6139289	3.6217515	3.0714519
9	90	46.1214	1.9542425	1.6639029	3.8190638	3.2516697
10	100	49.8813	2	1.6979381	4	3.3958762
11	110	53.1399	2.0413927	1.7254209	4.1672841	3.5222616
12	120	56.8998	2.0791812	1.7551109	4.3229947	3.6491937
รวม	780	399.051	20.680337	17.455599	36.824964	31.081577

logt-avg	1.7233614
logD-avg	1.4546332
nlog t*log D	30.082306
logt-avg^2	2.9699746
nlogt-avg^2	35.639695
b	0.843075
c	0.0017103
a	1.0039459

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างสมการของวาล์วลูกลอยครั้งที่ 4

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	10	11.5304	1	1.0618429	1	1.0618429
2	20	21.5568	1.30103	1.3335835	1.692679	1.7350321
3	30	31.5832	1.4771213	1.4994556	2.1818872	2.2148777
4	40	40.3563	1.60206	1.6059109	2.5665962	2.5727656
5	50	48.628	1.69897	1.6868868	2.8864991	2.86597
6	60	56.8998	1.7781513	1.7551109	3.1618219	3.1208526
7	70	63.9183	1.845098	1.8056252	3.4043868	3.3315555
8	80	71.4381	1.90309	1.8539299	3.6217515	3.5281954
9	90	78.9579	1.9542425	1.8973956	3.8190638	3.7079711
10	100	85.4751	2	1.9318394	4	3.8636788
11	110	89.9869	2.0413927	1.9541795	4.1672841	3.9892477
12	120	96.0028	2.0791812	1.9822838	4.3229947	4.1215273
รวม	780	696.333	20.680337	20.368044	36.824964	36.113517

logt-avg	1.7233614
logD-avg	1.697337
nlog t*log D	35.101501
logt-avg^2	2.9699746
nlogt-avg^2	35.639695
b	0.8538277
c	0.2258832
a	1.6822217

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างสมการของวาล์วลูกลอยครั้งที่ 5

I	t	D	log t	log D	$(\log t)^2$	log t*log D
1	10	16.2929	1	1.2119984	1	1.2119984
2	20	26.3193	1.30103	1.4202743	1.692679	1.8478195
3	30	35.8444	1.4771213	1.5544207	2.1818872	2.2960679
4	40	46.3721	1.60206	1.6662568	2.5665962	2.6694433
5	50	54.1426	1.69897	1.7335388	2.8864991	2.9452304
6	60	62.665	1.7781513	1.797025	3.1618219	3.1953823
7	70	71.1874	1.845098	1.8524034	3.4043868	3.4178658
8	80	78.2059	1.90309	1.8932396	3.6217515	3.6030054
9	90	84.4724	1.9542425	1.9267149	3.8190638	3.7652682
10	100	90.9896	2	1.9589917	4	3.9179833
11	110	97.0054	2.0413927	1.986796	4.1672841	4.0558308
12	120	102.019	2.0791812	2.0086794	4.3229947	4.1764085
รวม	780	765.516	20.680337	21.010339	36.824964	37.102304

logt-avg	1.7233614
logD-avg	1.7508616
nlog t*log D	36.208408
logt-avg^2	2.9699746
nlogt-avg^2	35.639695
b	0.7541714
c	0.4511517
a	2.8258669

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสร้างความสัมพันธ์ระหว่างวาล์วลูกลอยและฮุกเกจ

t	$D_H=0.93t^{0.82}$ (มม./นาที)	$D_M=1.04t^{0.83}$ (มม./นาที)	$\log D_H$	$\log D_M$	$(\log D_H)^2$	$\log D_H * \log D_M$
0	0	0	0	0	0	0
5	3.493072865	3.985134702	0.5432076	0.600443	0.2950745	0.326165231
10	6.179052955	7.104424018	0.7909219	0.8515289	0.6255575	0.673492849
15	8.626318264	9.963334043	0.9358255	0.9984047	0.8757693	0.934332547
20	10.93040337	12.66527844	1.0386362	1.1026147	1.0787651	1.145215574
25	13.13355729	15.25619873	1.1183824	1.1834463	1.2507791	1.323545523
30	15.25948053	17.76194658	1.1835397	1.2494906	1.4007663	1.478821744
35	17.32325611	20.19901323	1.2386295	1.3053302	1.5342031	1.61682047
40	19.33527981	22.57878719	1.2863505	1.3537006	1.6546975	1.741333405
45	21.30312469	24.90957839	1.3284433	1.3963664	1.7647616	1.854993571
50	23.2325374	27.19770166	1.3660966	1.4345322	1.86622	1.959709633
55	25.12801776	29.448108	1.4001582	1.4690574	1.9604431	2.056912806
60	26.99317818	31.66477656	1.431254	1.5005764	2.0484881	2.147706047
65	28.8309781	33.85097056	1.4598594	1.5295711	2.1311894	2.232958749
70	30.64388319	36.00941135	1.4863438	1.556416	2.2092179	2.313369302
75	32.43397705	38.14240059	1.5110002	1.581408	2.2831216	2.389507847
80	34.20304198	40.25190867	1.5340647	1.6047865	2.3533546	2.461846342
85	35.95261859	42.3396401	1.5557305	1.6267472	2.4202975	2.530780221
90	37.68405088	44.40708288	1.5761576	1.6474522	2.4842727	2.596644346
100	41.0970754	48.48619166	1.6138109	1.6856181	2.6043857	2.72026885
105	42.78064797	50.50005363	1.6312474	1.7032918	2.6609679	2.778490313
110	44.45007545	52.49806128	1.6478725	1.7201433	2.7154838	2.834576787
115	46.10611215	54.48105225	1.6637585	1.7362455	2.7680924	2.888693191
120	47.7494412	56.4497855	1.6789683	1.7516623	2.8189345	2.940985456
รวม	612.8691812	720.15084	31.020259	32.588833	43.804843	45.9471708

$\log D_H$-avg	1.295108	m	1.0309712
$\log D_M$-avg	1.3578681	log c	0.0253267
$n\log D_H * \log D_M$	42.121419	c	1.060051
$\log D_H\text{-avg}^2$	1.6705842		
$n\log D_H\text{-avg}^2$	40.09402		

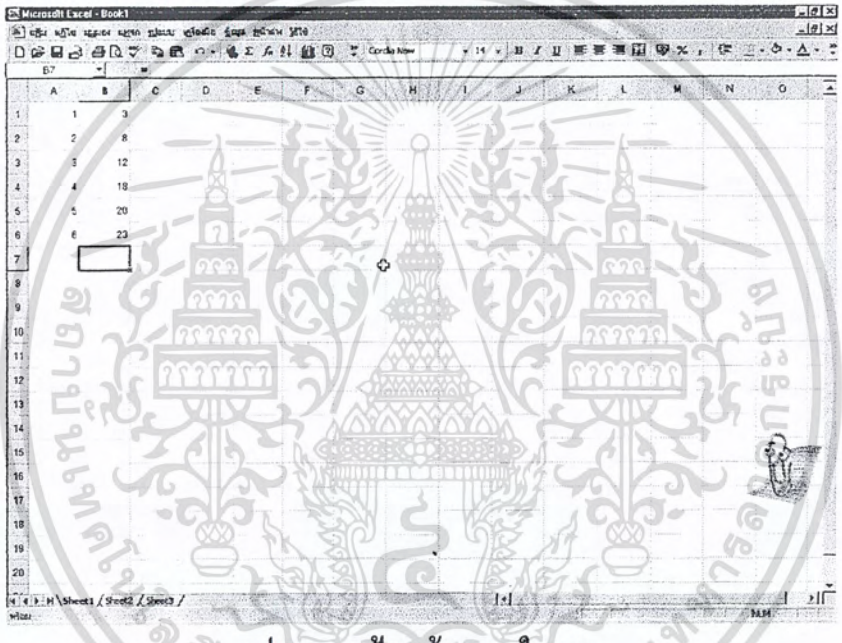
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การสร้างกราฟลอการิธึมโดยใช้ไมโครซอฟท์เอกเซล

การสร้างกราฟลอการิธึมที่ง่ายที่สุด คือ จะใช้ไมโครซอฟท์เอกเซลในการสร้างกราฟลอการิธึม ดังขั้นตอนต่อไปนี้

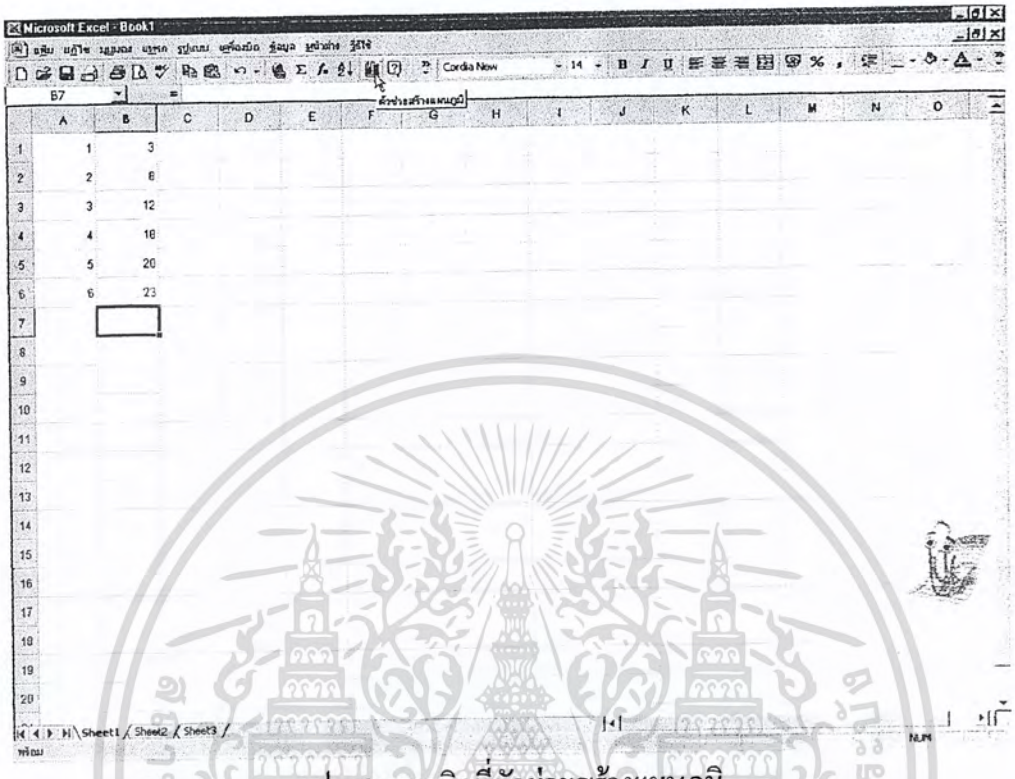
1.เมื่อเรียกไมโครซอฟท์เอกเซลขึ้นมาใช้งาน ให้ทำการป้อนข้อมูลลงในเซล อย่างน้อย 2 คอลัมน์ ดังรูป ค.1



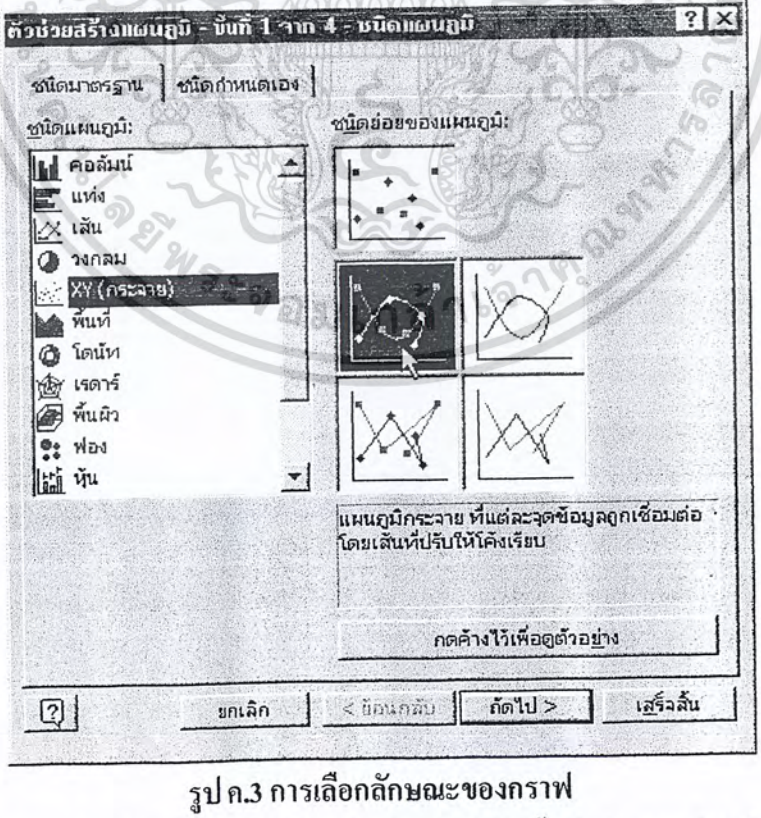
รูป ค.1 การป้อนข้อมูลลงในเซล

2.คลิกที่ตัวช่วยสร้างแผนภูมิแล้วจึงเลือกแผนภูมิ XY กระจาย จากนั้นทำการเลือกลักษณะของกราฟ ที่ต้องการดังรูป ค.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



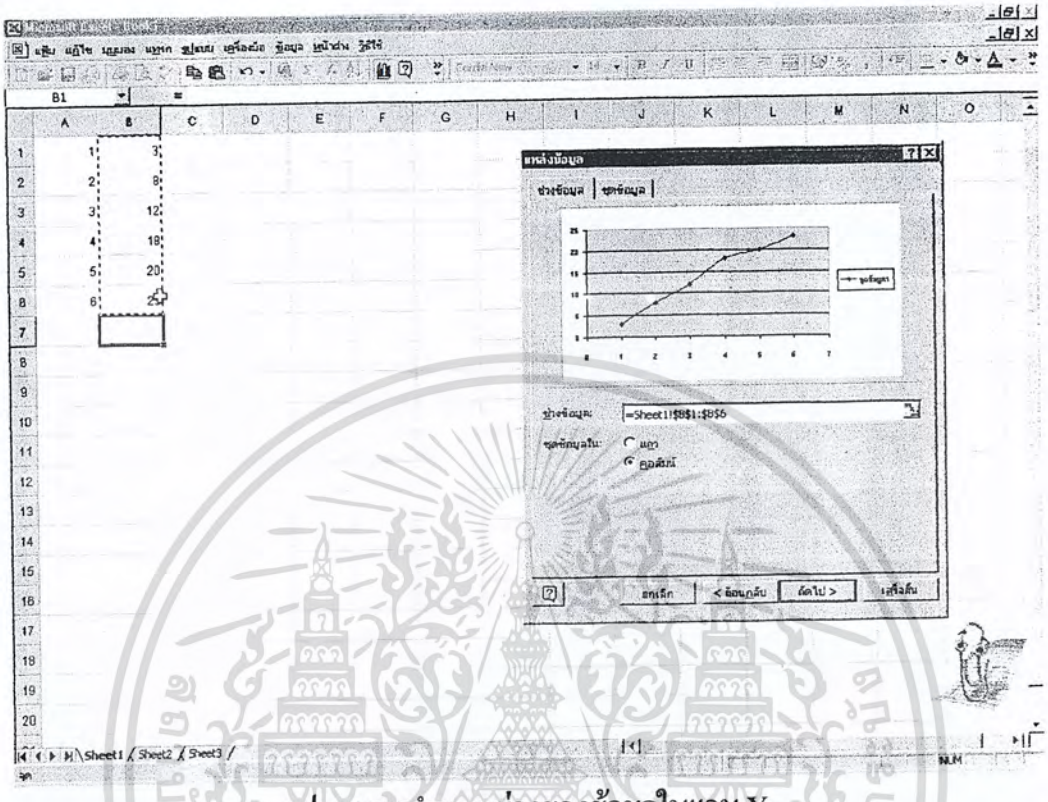
รูป ค.2 การคลิกที่ตัวช่วยสร้างแผนภูมิ



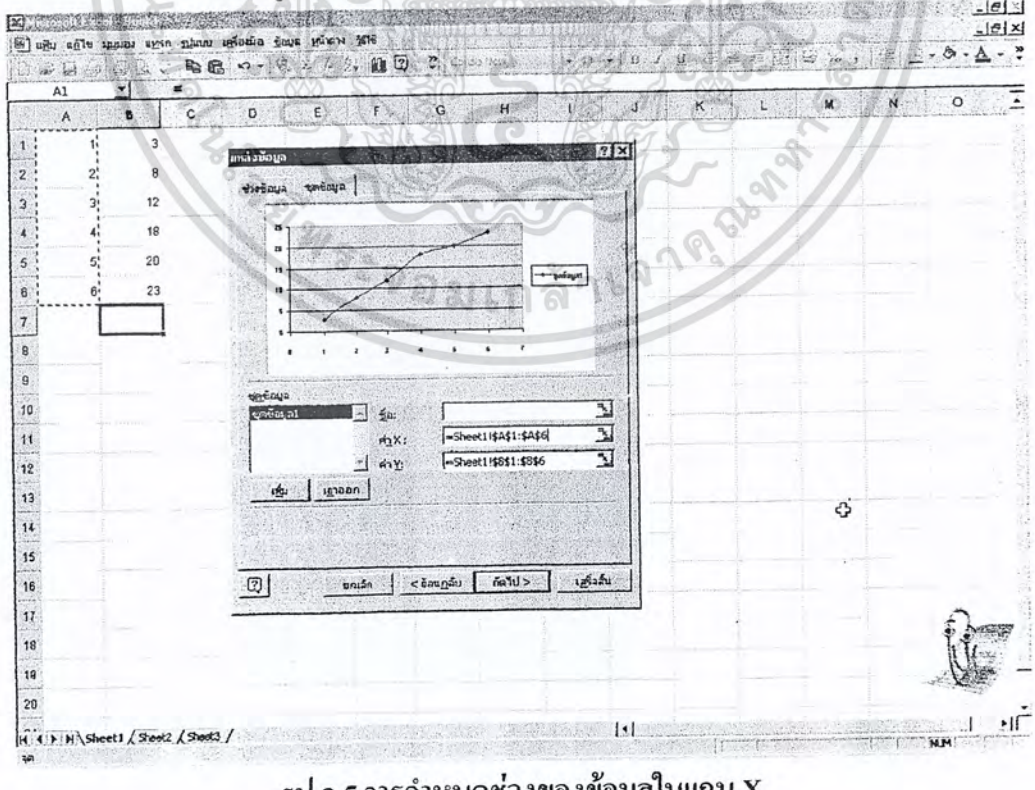
รูป ค.3 การเลือกลักษณะของกราฟ

3.ทำการกำหนดช่วงข้อมูลในแกน X และแกน Y หลังจากนั้นจึงทำการสร้างเส้นตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

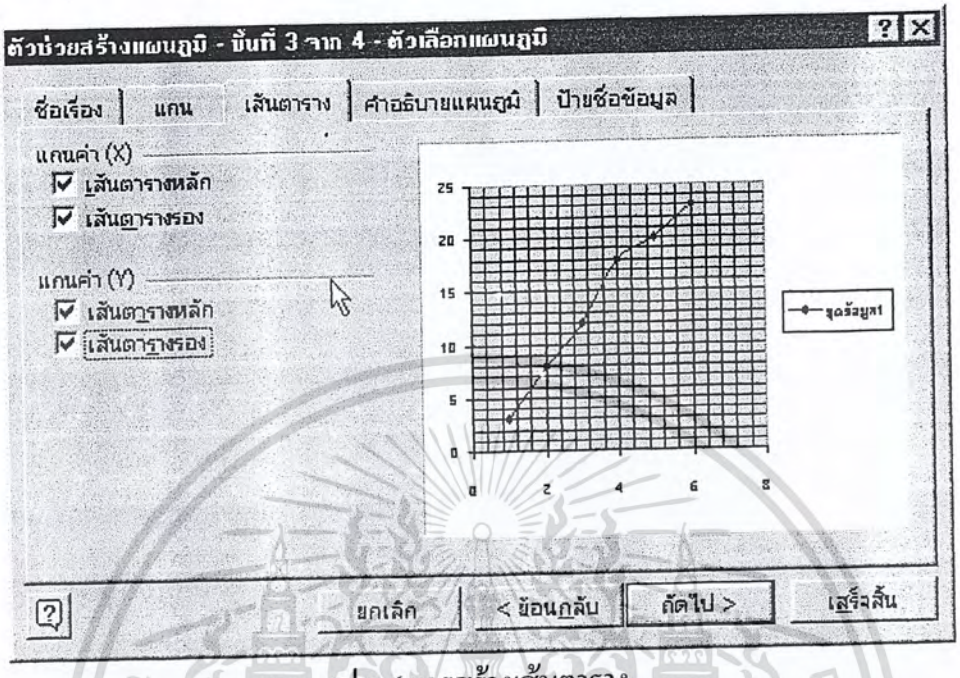


รูป ค.4 การกำหนดช่วงของข้อมูลในแกน Y



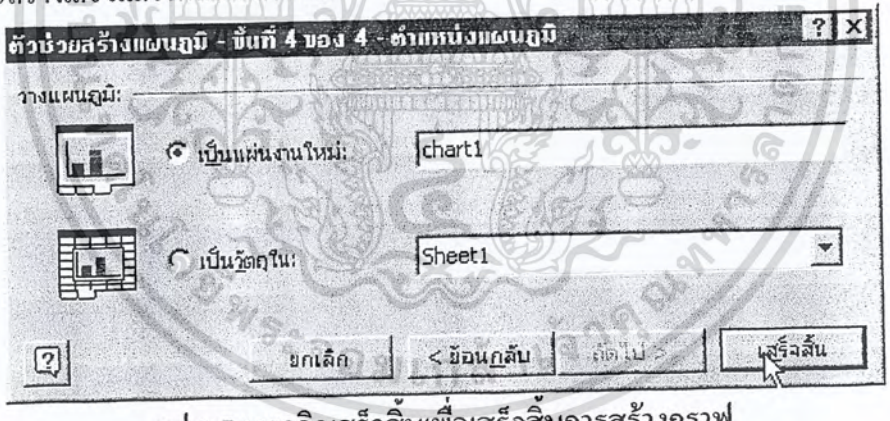
รูป ค.5 การกำหนดช่วงของข้อมูลในแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ค.6 การสร้างเส้นตาราง

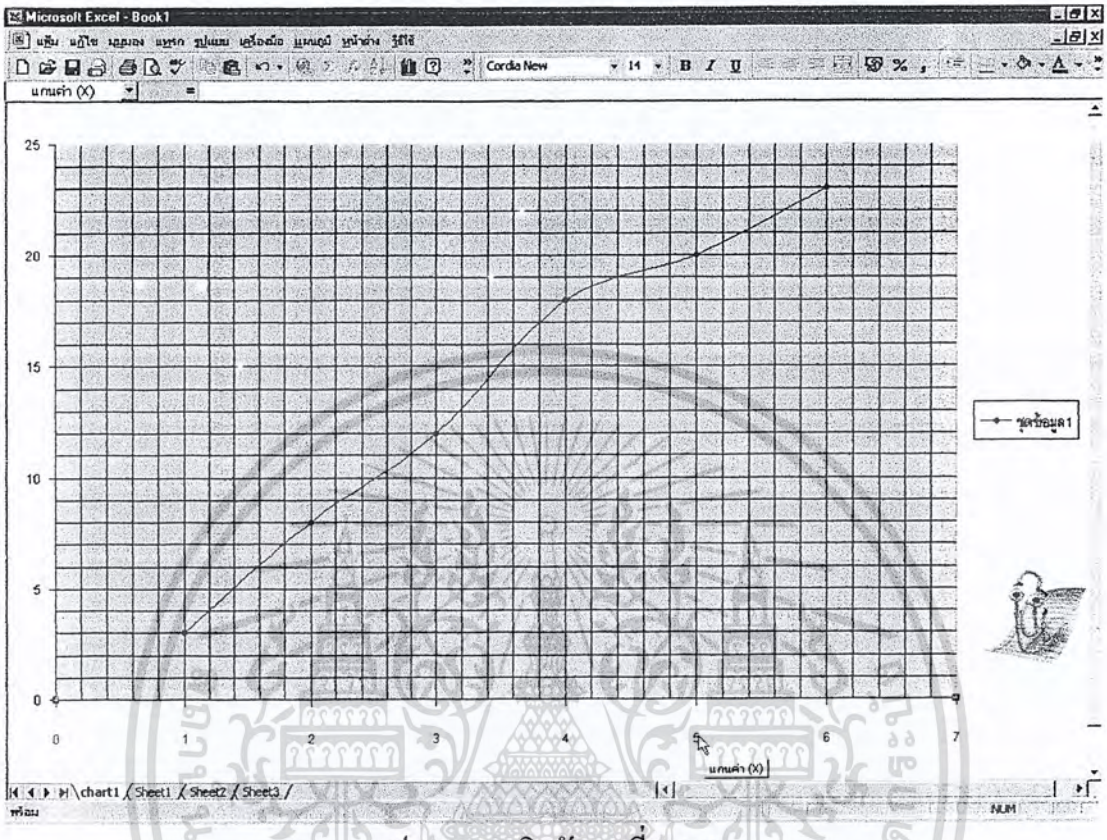
4.เมื่อสร้างเสร็จแล้วให้คลิกเสร็จสิ้น



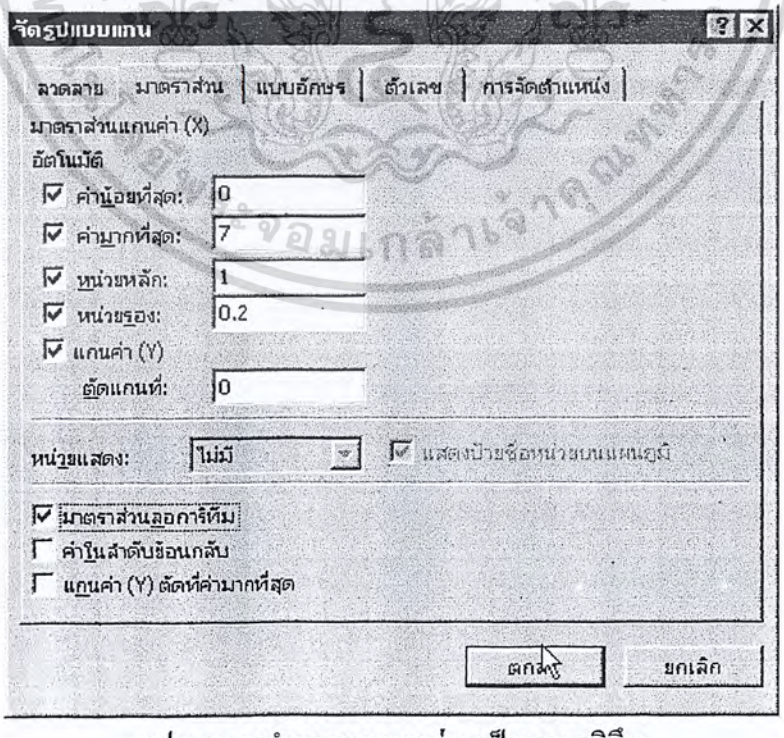
รูป ค.7 การคลิกเสร็จสิ้นเพื่อเสร็จสิ้นการสร้างกราฟ

5.ให้ทำการคลิกตัวเลขที่แกน X 2 ครั้งแล้วคลิกที่มาตราส่วน จากนั้นคลิกไปที่มาตราส่วนลอการิธึมแล้วตอบตกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



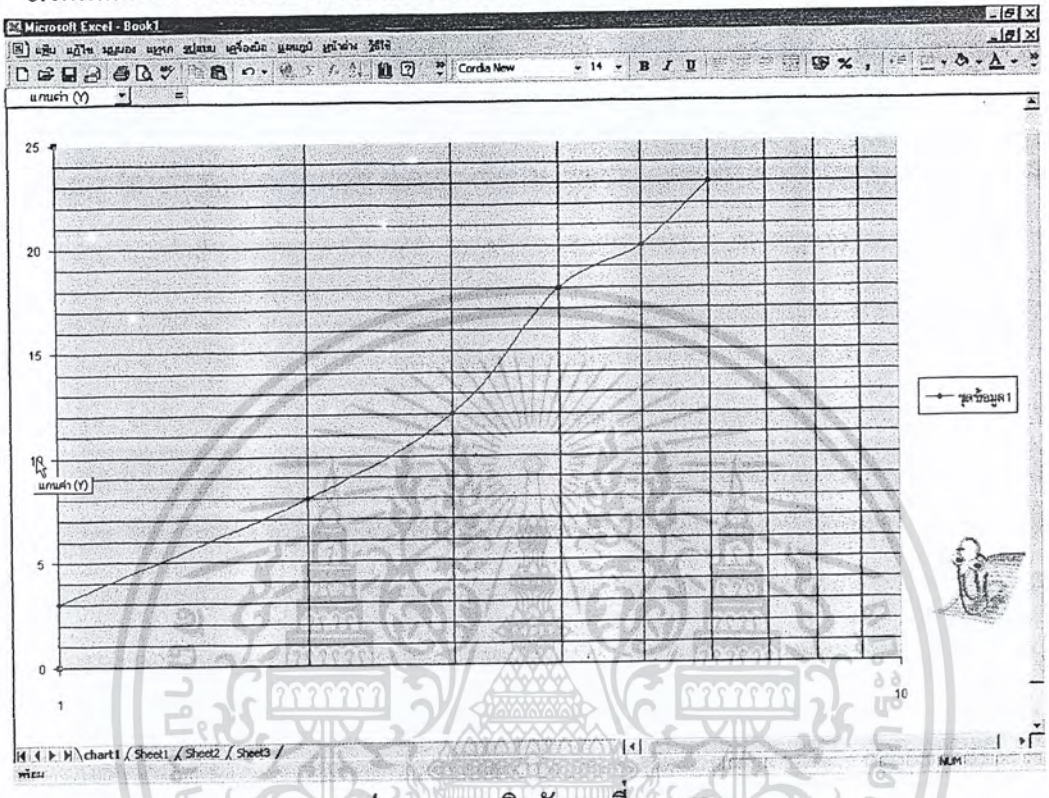
รูป ค.8 การคลิกตัวเลขที่แกน X



รูป ค.9 การกำหนดมาตราส่วนเป็นลอการิธึม

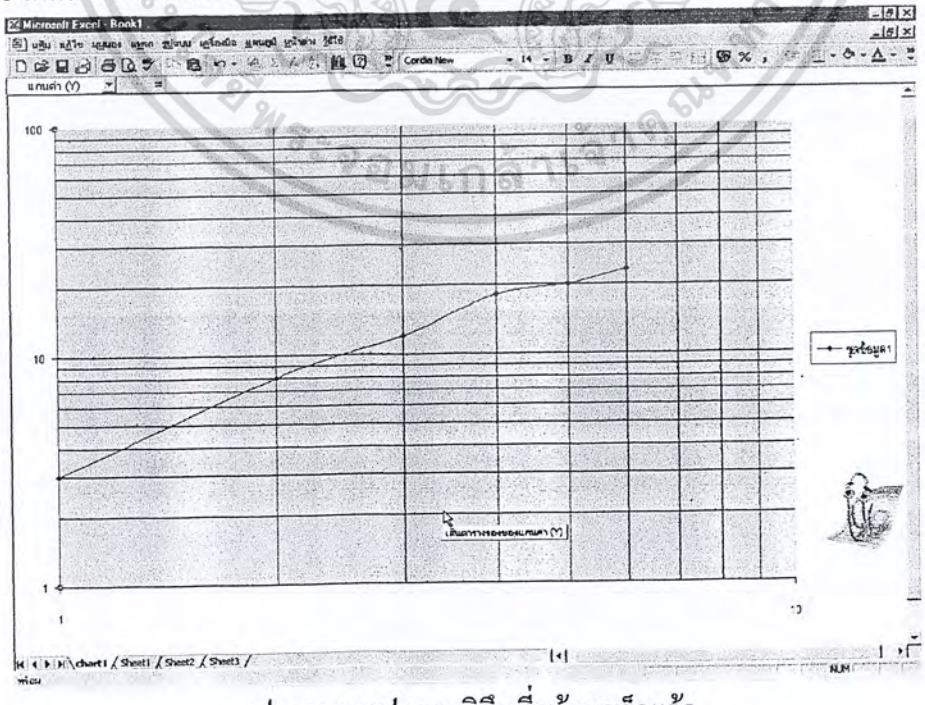
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.ให้คลิกตัวเลขที่แกน Y แล้วทำเหมือนข้อ 5.



รูป ค.10 การคลิกตัวเลขที่แกน Y

7.จะได้กราฟลอการิธึมตามต้องการ



รูป ค.11 กราฟลอการิธึมที่สร้างเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ปัญหาของการประมาณแบบกำลังสองน้อยที่สุด คือ การเลือกค่าตัวแปรเสริม $a_0,a_1,a_2,\ldots,a_m$ ซึ่งมีอยู่ m+1 ตัว ที่ทำให้

$$E(a_0,a_1,a_2,\ldots,a_m) = \sum e_r^2$$
$$= \sum [f_r - F(x_r ;a_0,a_1,\ldots,a_m)]^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

มีค่าน้อยที่สุด โดยที่ $m < n$

โดยปกติแล้ว จะเลือกให้ตัวแปรเสริมมีจำนวนน้อยเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

จาก (1) ก็คือ พิจารณา E เป็นฟังก์ชันของตัวแปร $a_0,a_1,\ldots,a_m$ โดยมี $x_0,x_1,\ldots,x_n$ และ $f_0,f_1,\ldots,f_n$ เป็นค่าคงที่ และจากเงื่อนไขการหาค่าปลายสุดของฟังก์ชันหลายตัวแปร ค่าที่ต้องการคือ ค่าตัวแปรที่ทำให้

$$\partial E/\partial a_k = 0 ; k = 0,1,\ldots,m$$

จาก (1) $\partial E/\partial a_k = -2\sum[f_r-F(x_r ; a_0,a_1,\ldots,a_m)]\partial F/\partial a_k$

จาก $\partial F/\partial a_k = \phi_k(x_k)$ .....(2)

แล้ว $\partial E/\partial a_k = -2\sum[f_r-F(x_r;a_0,a_1,\ldots,a_m)]\phi_k(x_k)$

เมื่อ $k = 0,1,\ldots,m$

แล้วพารามิเตอร์ที่ต้องการคือ $a_0,a_1,\ldots,a_m$ ที่ทำให้

$\sum[f_r-a_0\phi_0(x_r) - a_1\phi_1(x_r) - \ldots - a_m\phi_m(x_r)]\phi_k(x_r) = 0$ .....(3)

เมื่อ $k = 0,1,\ldots,m$

สามารถจัดรูปสมการ (3) ได้ใหม่คือ

$a0\sum\phi_k(x_r)\phi_0(x_r) + \ldots + a_m\sum\phi_k(x_r)\phi_m(x_r) = \sum\phi_k(x_r)f_r$ .....(4)

เมื่อ $k = 0,1,\ldots,m$

ระบบสมการ (4) นี้มี m+1 สมการ และระบบสมการจะให้ผลเฉลย $a_0,a_1,\ldots,a_m$ ชุดเดียว ไม่ว่าจะเลือกฟังก์ชัน $\phi_k(x)$ อย่างไร สำหรับกรณีพิเศษเลือก $\phi_k(x) = x^k$, $k = 0,1,\ldots,m$ นั่นคือ

$$F(x) = a_0 + a_1x + \ldots + a_mx^m ; 1 \leq m < n$$

แล้วจาก (4) จะได้ระบบสมการดังนี้

$$(n+1)a_0 + (\sum x_r)a_1 + \ldots + (\sum x_r^m)a_m = \sum f_r$$
$$(\sum x_r)a_0 + (\sum x_r^2)a_1 + \ldots + (\sum x_r^{m+1})a_m = \sum x_r f_r$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....

$(\sum x_r^m)a_0 + (\sum x_r^{m+1})a_1 + \ldots + (\sum x_r^{2m})a_m = \sum x_r^m f_r$

สำหรับการประมาณด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดของสมการเส้นตรง จะมีวิธีการดังต่อไปนี้

รูป ง.1 การกระจายตัวของข้อมูลเป็นเส้นตรง

$F(x) = a_1x + a_0$

แล้ว $E = \sum[f_r - F(x_r)]^2$

$= \sum[f_r - a_1x_r - a_0]^2$

ดังนั้น

$\partial E/\partial a_0 = \sum 2[f_r - a_1x_r - a_0](-1) = 0$

และ

$\partial E/\partial a_1 = \sum 2[f_r - a_1x_r - a_0](-x_r) = 0$

นั่นคือ

$(n+1)a_0 + (\sum x_r)a_1 = \sum f_r$ .....(5)

$(\sum x_r)a_0 + (\sum x_r^2)a_1 = \sum x_r f_r$ .....(6)

จาก (5) และ (6) ได้ว่า

$a_0 = [\sum f_r \sum x_r^2 - \sum x_r \sum x_r f_r]/[(n+1)\sum x_r^2 - (\sum x_r)^2]$

$a_1 = [(n+1)\sum x_r f_r - \sum x_r \sum f_r]/[(n+1)\sum x_r^2 - (\sum x_r)^2]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

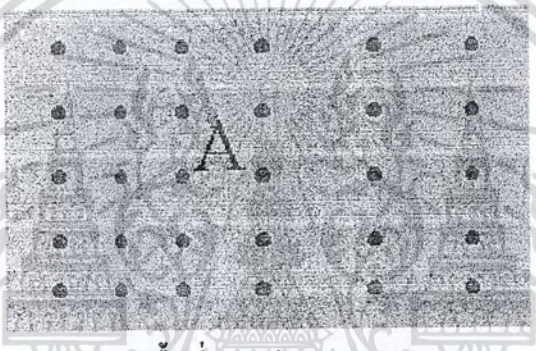
ภาคผนวก จ

การนำเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ

สำหรับเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลายด้าน ดังจะกล่าวต่อไปนี้

1.การประยุกต์ใช้ในการให้น้ำพืช

สำหรับการให้น้ำพืชนั้น เราจะต้องทราบพื้นที่ที่จะต้องให้น้ำพืช และระยะเวลาที่จะให้น้ำพืช ดังนี้



รูป จ.1 พื้นที่เพาะปลูก A ตารางเมตร

สมมติว่า เรามีพื้นที่เพาะปลูก A ตร.ม. แล้วเราใช้เวลาในการให้น้ำพืช t ชม. ดังนั้นเราจะทราบปริมาณน้ำที่ให้แก่พืช คือ

$$\text{ปริมาณน้ำ} = A \cdot D$$

$$\text{ปริมาณน้ำ} = A \cdot (a \cdot t^{b}) \quad \text{ลบ.ม.} \quad \text{.....(1)}$$

จากนั้นเราจะต้องทราบว่า อัตราการให้น้ำเข้าแปลงเป็นเท่าไร เราจะต้องนำมาคิดดังนี้

$$\text{อัตราการให้น้ำเข้าแปลง} = A \cdot I$$

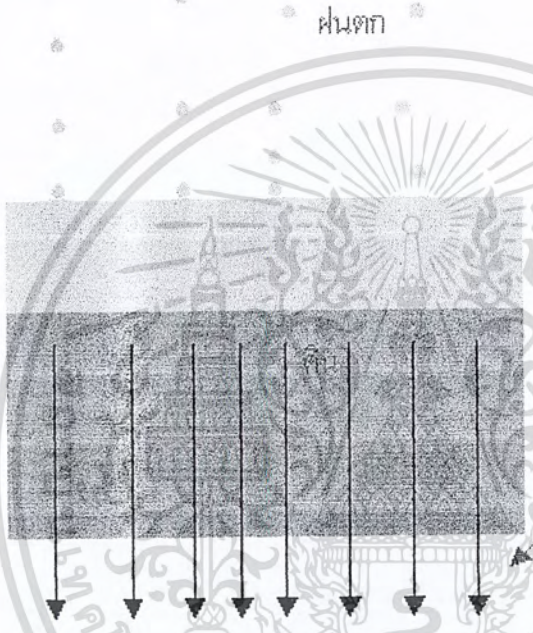
$$\text{อัตราการให้น้ำเข้าแปลง} = A \cdot (a \cdot b \cdot t^{b-1}) \quad \text{ลบ.ม./ชม.} \quad \text{.....(2)}$$

ซึ่งจากสมการที่ (1) และ (2) ถ้าเป็นการให้น้ำในนาข้าว เราก็จะสามารถเลือกเครื่องสูบน้ำที่จะสูบน้ำเข้านาข้าวได้ ถ้าเป็นระบบสปริงเกลอร์และน้ำหยด เราสามารถที่จะกำหนดขนาดและจำนวนของสปริงเกลอร์และน้ำหยดได้

2.การแก้ปัญหาอุทกภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการแก้ปัญหาอุทกภัยถือเป็นเรื่องใหญ่ และยากต่อการแก้ปัญหา แต่อย่างไรก็ตามเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินก็ยังมีประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาอุทกภัย ดังนี้



รูป จ.2 แสดงการวิเคราะห์ปัญหาอุทกภัย

ถ้าใน 1 ปี ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาเป็น R มม./วัน แต่ใน 1 ปี ฝนตกลงมา E วัน ดังนั้น

ปริมาณน้ำฝนตลอดทั้งปี = $R \times E$ มม.

แต่ความลึกของการซึม = $a \cdot t^b$ มม.

$t = 24 \times E$ ชม.

เพราะฉะนั้น ความลึกในการซึม E วัน = $a \cdot (24 \cdot E)^b$ มม.

แต่ถ้าปริมาณน้ำในการซึมน้อยกว่าฝนที่ตกลงมามาก จะทำให้เกิดน้ำท่า นั่นคือ น้ำจะต้องท่วม ดังนั้น

ปริมาณน้ำท่าที่ล้นออกมา = $(R \times E) - (a \cdot (24 \cdot E)^b)$ มม.

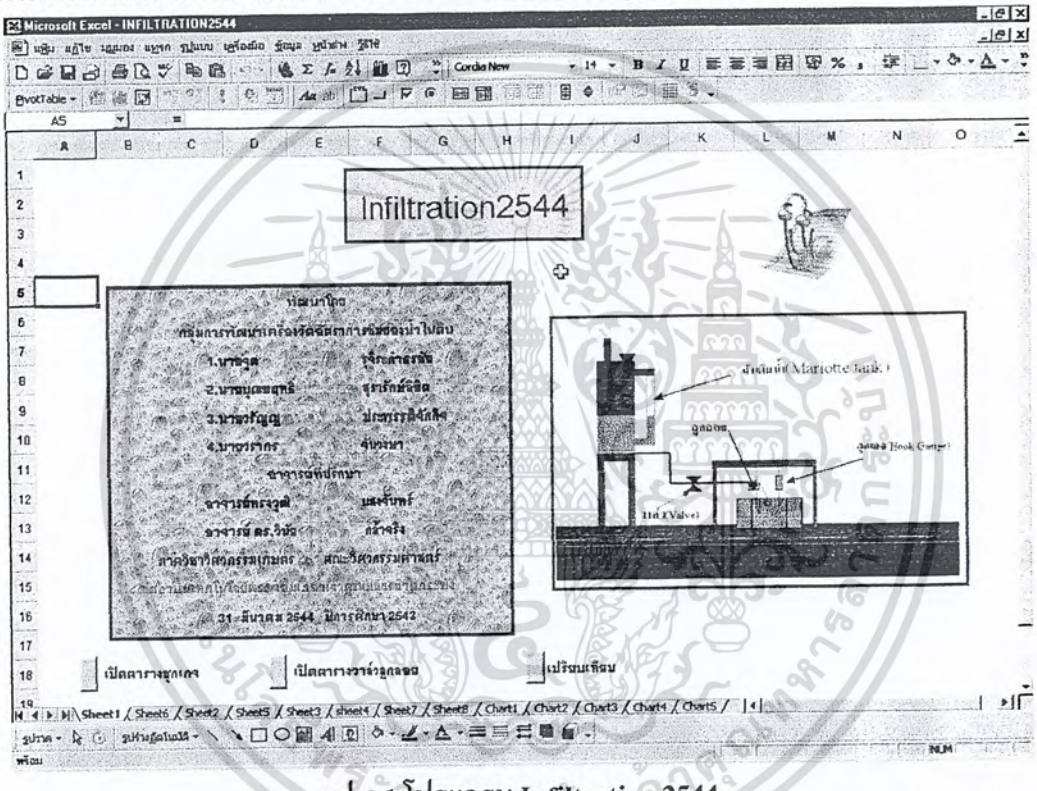
ซึ่งปริมาณน้ำที่ล้นออกมาตรงนี้ถือเป็นปริมาณน้ำที่จะต้องหาทางจัดการโดยวิธีทางวิศวกรรม ซึ่งวิธีการจัดการน้ำเหล่านี้ จะไม่ขอกล่าวถึงในที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

วิธีการใช้โปรแกรม Infiltration 2544

โปรแกรม Infiltration 2544 เป็นโปรแกรมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง และเพิ่มความแม่นยำในการสร้างสมการ และการคำนวณมากยิ่งขึ้น โดยจะสามารถลดเวลาในการวิเคราะห์ผลการทดลองและการคำนวณลงได้มากกว่าใช้สมองของมนุษย์ทำการวิเคราะห์เอง



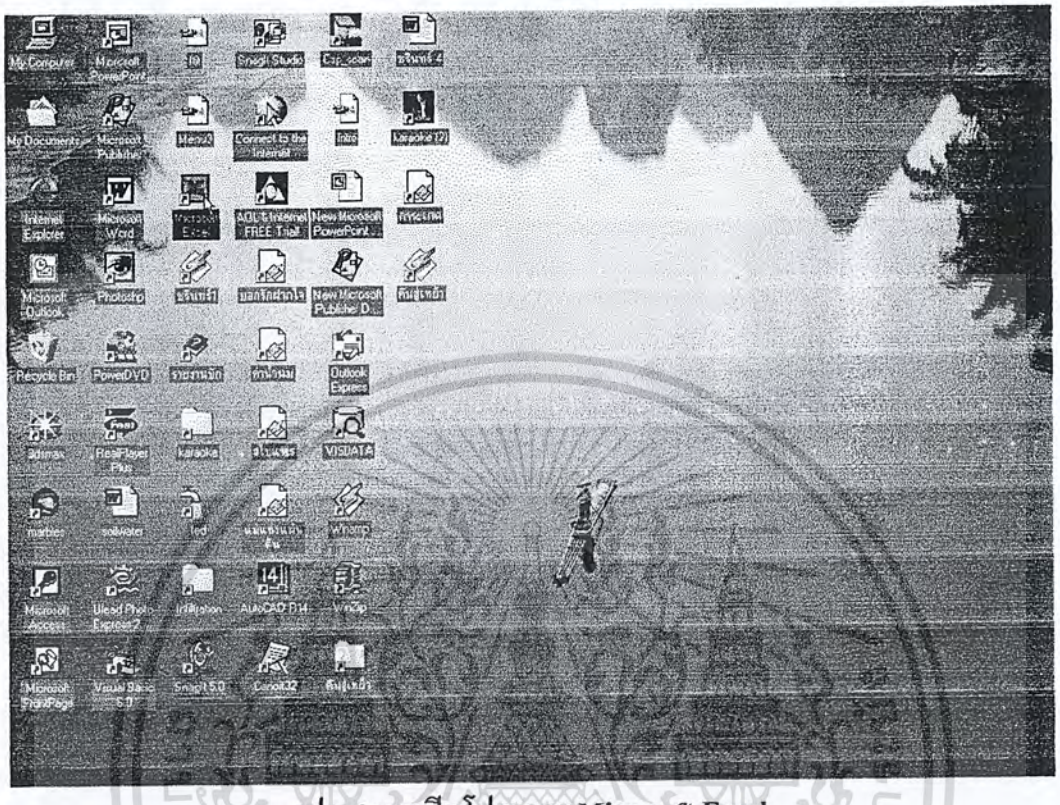
รูป ฉ.1 โปรแกรม Infiltration 2544

ในการใช้โปรแกรม Infiltration 2544 นั้น สิ่งที่จะต้องทราบก่อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ควรมีอะไรบ้าง

1. ระบบปฏิบัติการ Window 98 ขึ้นไป
2. คอมพิวเตอร์ Pentium III ความเร็ว 550 เมกะเฮิร์ตซ์ ขึ้นไป
3. Microsoft Excel 2000 ขึ้นไป
4. แผ่นดิสก์ของโปรแกรม Infiltration 2544
5. ผลการทดลองจากการอ่านค่าอัตราการซึมของน้ำในดินจากสนาม

เมื่อเราทราบอุปกรณ์ที่จะใช้สำหรับโปรแกรม Infiltration 2544 แล้ว เราจะนำเข้าสู่การติดตั้งโปรแกรมดังต่อไปนี้

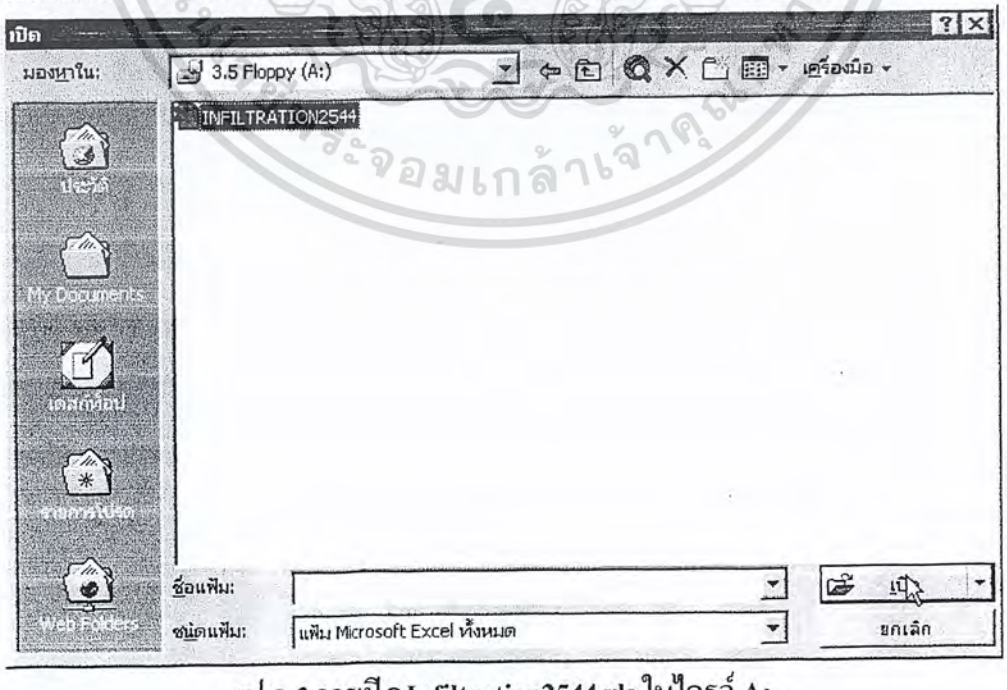
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ฉ.2 การเปิดโปรแกรม Microsoft Excel

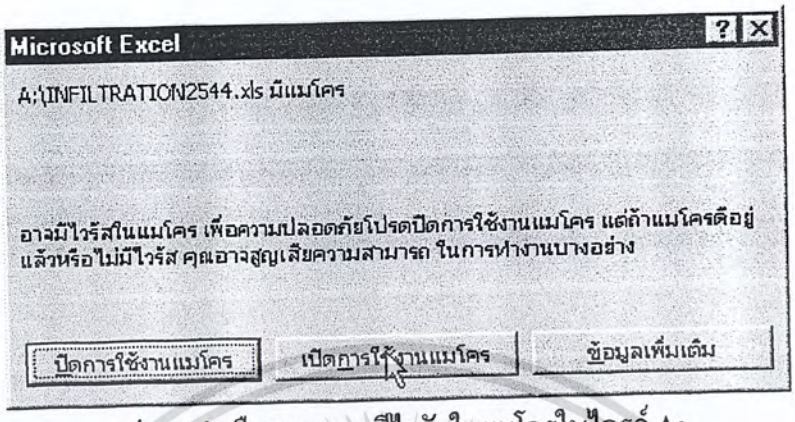
1.เปิดโปรแกรม Microsoft Excel

2. นำแผ่นดิสก์ของโปรแกรม Infiltration 2544 ใส่เข้าไปในช่องใส่แผ่นดิสก์



รูป ฉ.3 การเปิด Infiltration2544.xls ในไดรว์ A:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

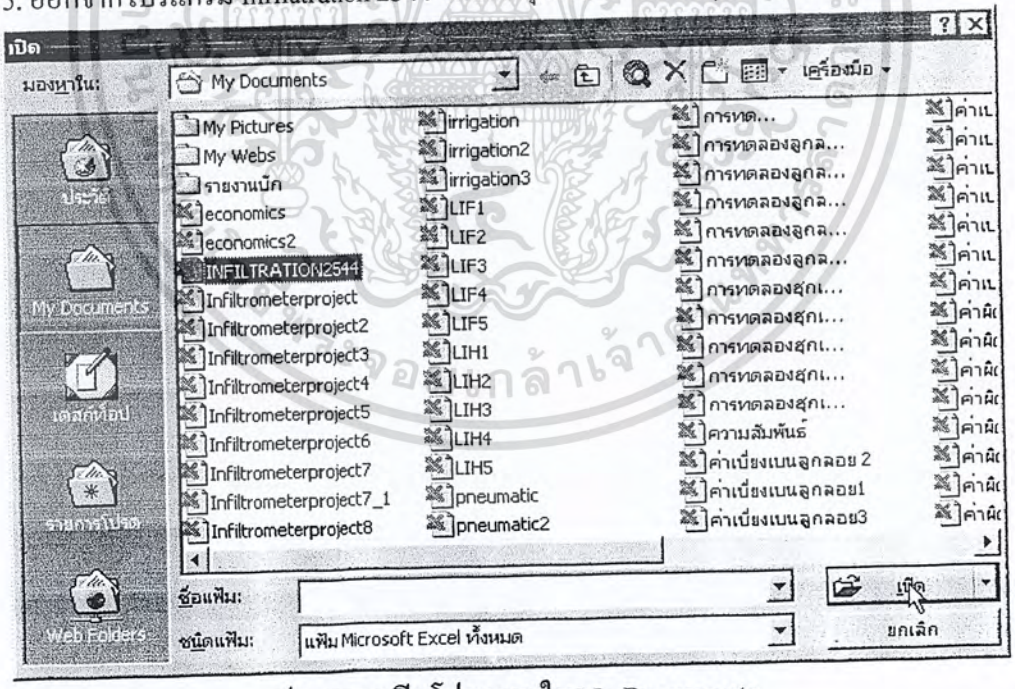


รูป ฉ.4 คำเตือนของการมีไวรัสในแมโครในไดรว์ A:

3. เข้าไปที่ไดรว์ A: แล้วเปิดโปรแกรม Infiltration2544.xls จะเห็นว่า มีคำเตือนบอกถึงว่า แมโครอาจจะมีไวรัส เพราะ มีบางคนใช้แมโครในการสร้างไวรัส จากนั้นคลิกปุ่มเปิดใช้แมโคร

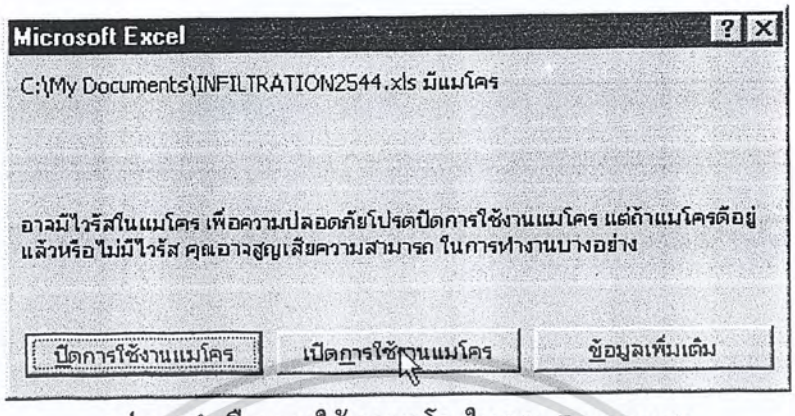
4.ให้ทำการบันทึกใหม่ โดยการบันทึกลงไปใน My Documents แล้วใช้ชื่อว่า Infiltration2544 เพื่อสะดวกต่อการนำมาใช้งาน

5. ออกจากโปรแกรม Infilatration 2544 โดยกดปุ่มกากบาททางมุมขวาด้านบนตัวที่สอง



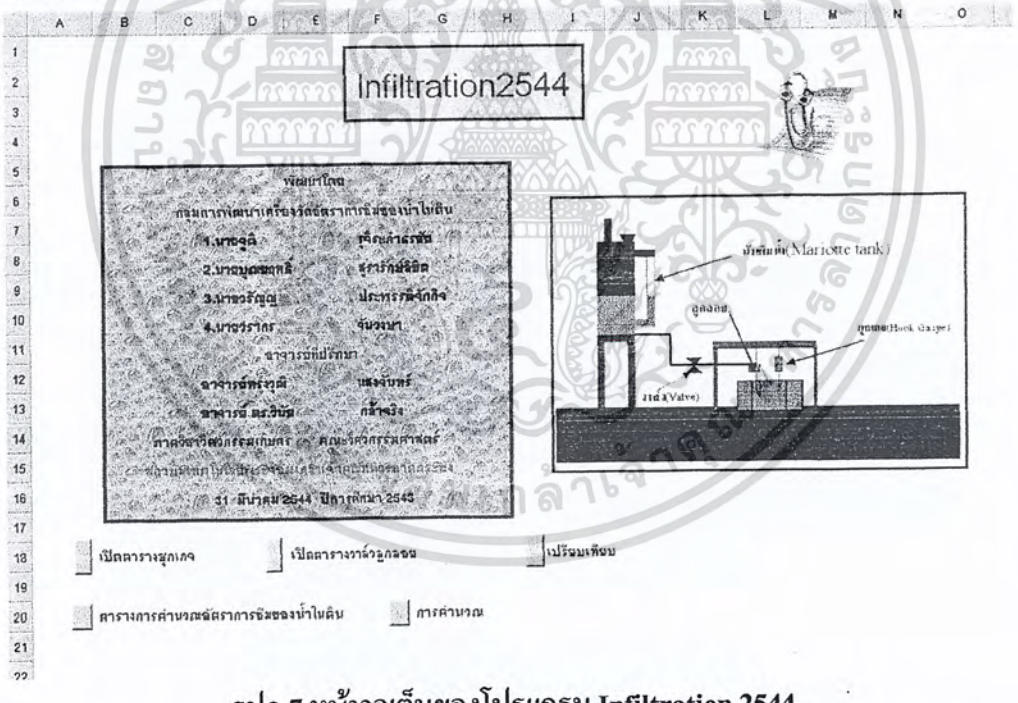
รูป ฉ.5 การเปิดโปรแกรมใน My Documents

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ฉ.6 คำเตือนการใช้งานแมโครใน My Documents

6.ให้ทำการเปิดโปรแกรมแล้วโดยเข้าไปที่ My Documents แล้วคลิกที่ Infiltration2544.xls ดูว่าโปรแกรมใช้งานจริงหรือไม่ แต่ก็มีคำเตือนเกี่ยวกับไวรัสในแมโคร ไม่ต้องสนใจ ให้ทำการกดปุ่มเปิดใช้แมโคร ถ้าหน้าจอโปรแกรมออกมา แสดงว่า โปรแกรมใช้งานได้



รูปฉ.7 หน้าจอเต็มของโปรแกรม Infiltration 2544

เมื่อเราทำการติดตั้งโปรแกรมและเปิดโปรแกรมเสร็จแล้ว เราจะมาลองใช้โปรแกรมโดยดูตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง ฉ.1 นายบุณยฤทธิ์ ซึ่งเป็นวิศวกรการเกษตรชลประทาน ได้ทำการทดลองวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน โดยเขาได้ทดลองจากการอ่านค่าความลึกสะสมจากสุกเกจและเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบวาล์วลูกลอย เพื่อทำการเปรียบเทียบ ณ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยดินเป็นดินร่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปนเหนียว มีความชื้นปานกลาง เส้นผ่านศูนย์กลางของถังวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน เท่ากับ 30 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางของถังเติมน้ำ เท่ากับ 15 ซม. และเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อดูระดับน้ำ เท่ากับ 0.77 ซม. โดยทดลองวันที่ 26 มกราคม 2544 เวลา 13.00 น. ถึง 15.00 น. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือ 120 นาที โดยเว้นช่วงการอ่านค่าช่วงละ 10 นาที ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ฉ.1.1 ผลการทดลองที่อ่านได้จากฮุกเกจ

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.		
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม
1	2	3	4	5	6
13:00		0	14		0
13:10	10	10	20	6	6
13:20	10	20	25	5	11
13:30	10	30	29	4	15
13:40	10	40	34	5	20
13:50	10	50	37	3	23
14:00	10	60	42	5	28
14:10	10	70	46	4	32
14:20	10	80	49	3	35
14:30	10	90	52	3	38
14:40	10	100	55	3	41
14:50	10	110	57	2	43
15:00	10	120	59	2	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ฉ.1.2 ผลการทดลองที่อ่านได้จากเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบวาล์วลูกลอย

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มม.			
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก*	ความลึกต่าง	สะสม	ปรับแก้
1	2	3	4	5	6	7
13:00		0.00	75		0	0
13:10	10.00	10.00	100	25	25	6.2665
13:20	10.00	20.00	130	30	55	13.7863
13:30	10.00	30.00	148	18	73	18.29818
13:40	10.00	40.00	165	17	90	22.5594
13:50	10.00	50.00	197	32	122	30.58052
14:00	10.00	60.00	205	8	130	32.5858
14:10	10.00	70.00	219	14	144	36.09504
14:20	10.00	80.00	235	16	160	40.1056
14:30	10.00	90.00	258	23	183	45.87078
14:40	10.00	100.00	261	3	186	46.62276
14:50	10.00	110.00	273	12	198	49.63068
15:00	10.00	120.00	285	12	210	52.6386

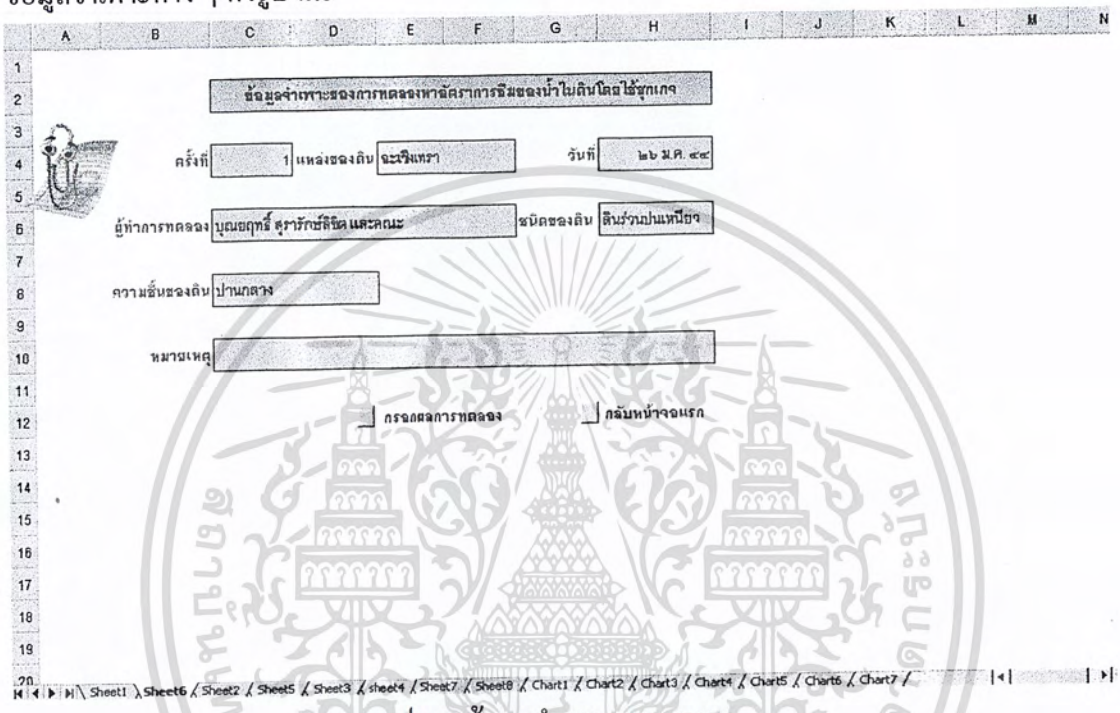
จากผลการทดลองนั้น วิศวกรผู้นี้ต้องการที่จะลดเวลาการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยเขาต้องการใช้โปรแกรม Infiltration 2544 แต่เขาไม่ทราบถึงวิธีการใช้ ทราบเพียงแค่ว่า โปรแกรมนี้ทำอะไรได้บ้าง โดยเขาต้องการกรอกผลการทดลองลงไปในโปรแกรม แล้วหาสมการความลึกสะสมของน้ำในดิน และสมการอัตราการซึมสะสมของน้ำในดิน และต้องการทราบอีกว่า เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบใช้วาล์วลูกลอยจะใช้แทนฮุกเกจได้หรือไม่ และต้องการทราบถึงลักษณะของกราฟต่าง ๆ เช่น กราฟเปรียบเทียบระหว่างฮุกเกจ และเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบวาล์วลูกลอย,กราฟผลการทดลอง,กราฟสมการความลึกสะสมและอัตราการซึมของน้ำในดิน จงแนะนำวิธีการใช้โปรแกรม และให้แสดงถึงผลลัพธ์ที่วิศวกรผู้นี้อยากทราบ โดยนำผลการทดลองนี้ไปป้อนเข้าสู่โปรแกรม Infiltration 2544 ?

วิธีทำ จากโจทย์ เราจะสามารถแนะนำวิธีใช้และตอบคำถามให้วิศวกรผู้นี้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ทำการเปิดโปรแกรม Microsoft Excel และเปิดโปรแกรม Infiltration2544.xls ตามลำดับ

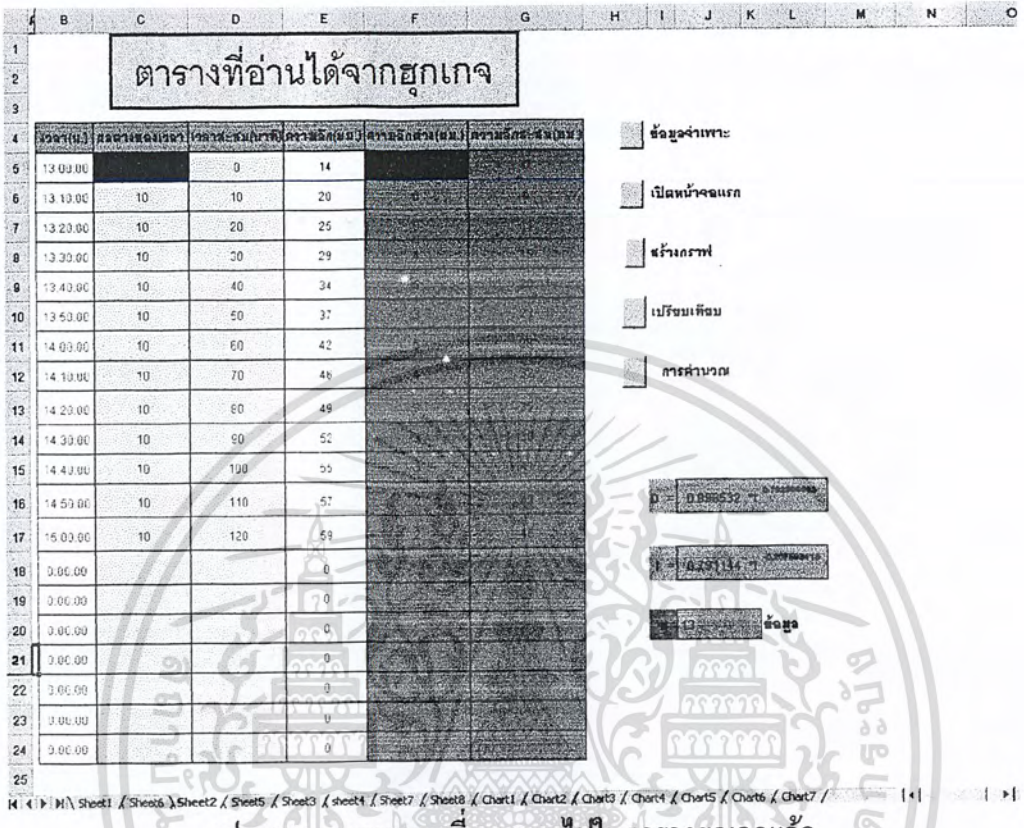
2.เมื่อทำการเปิดโปรแกรมแล้วให้ทำการกดปุ่มตารางฮุกเกจ(ดูรูป ฉ.6 และ ฉ.7)แล้วจากนั้นเติมข้อมูลจำเพาะต่าง ๆ ดังรูป ฉ.8



รูป ฉ.8 ข้อมูลจำเพาะของฮุกเกจ

3.กดปุ่มกรอกข้อมูลการทดลองแล้ว กรอกเวลาและความลึกสะสม(จากผลการทดลองตาราง ฉ.1.1 ช่อง 1 และช่อง 4)ลงไปในช่องสีขาว ดังรูป ฉ.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ฉ.9 ผลการทดลองที่กรอกลงไปในตารางฮุกเกจแล้ว

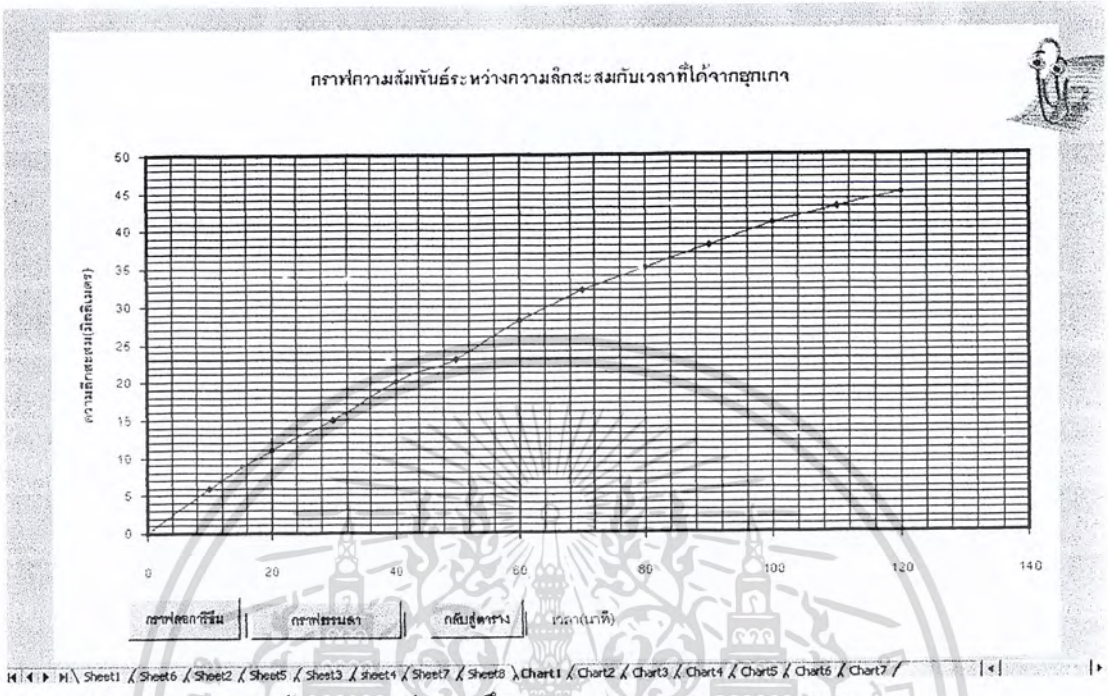
4.จากรูป ฉ.9 เราจะเห็นได้ว่าสมการความลึกสะสมของน้ำในดิน และสมการอัตราการซึมของน้ำในดินของฮุกเกจเป็นดังนี้

$$D = 0.998532t^{0.792306582}$$

$$I = 0.791144t^{-0.207693418}$$

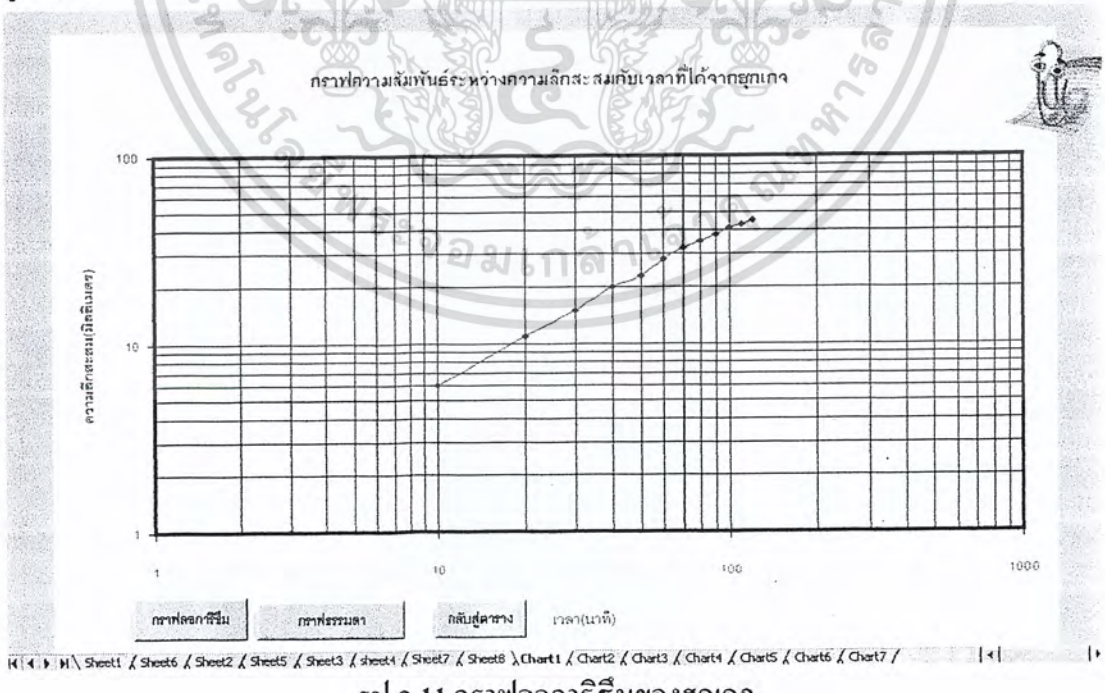
5.กดปุ่มสร้างกราฟจะได้ดังรูป ฉ.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ฉ.10 กราฟความลึกสะสมของฮุกเกจแบบธรรมดา

6.ให้กดปุ่มกราฟลอการิธึม เพื่อดูว่ากราฟมีการกระจายของข้อมูลเป็นเส้นตรงหรือไม่ จะได้ดัง รูป ฉ.11



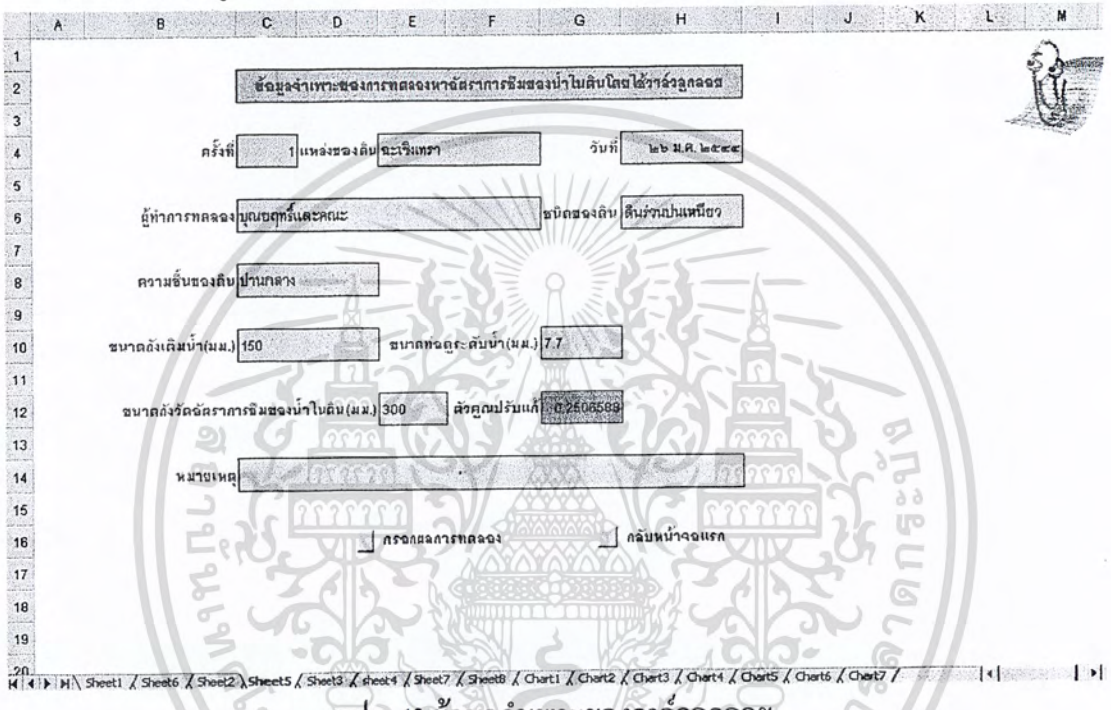
รูป ฉ.11 กราฟลอการิธึมของฮุกเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.จากรูป ฉ.11 จะเห็นได้ว่า ผลการทดลองมีการกระจายตัวเป็นเส้นตรง ดังนั้นผลการทดลองนี้ใช้ได้ จากนั้นกดปุ่มกราฟธรรมดาและกดปุ่มกลับสู่ตาราง เพื่อเข้าสู่ตารางสุกเกจ

8. จากรูป ฉ.9 กดปุ่มเปิดหน้าจอแรก และจากรูป ฉ.7 ให้กดปุ่มเปิดตารางวาล์วลูกลอย

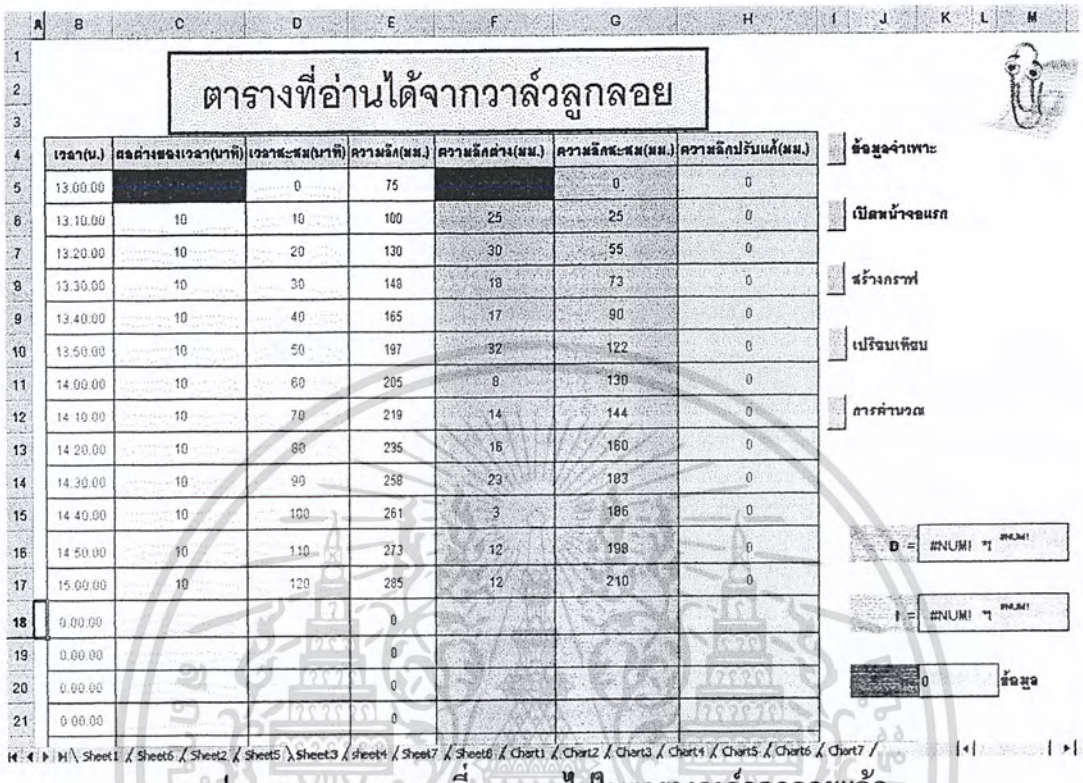
9.ให้กรอกข้อมูลจำเพาะของวาล์วลูกลอย ดังรูป ฉ.12



รูป ฉ.12 ข้อมูลจำเพาะของวาล์วลูกลอย

10.จากรูป ฉ.12 ให้กดปุ่มกรอกข้อมูลการทดลอง และทำการกรอกผลการทดลองจากตาราง ฉ.1.2 (ช่อง 1 และช่อง 4) ดังรูป ฉ.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่อ่านได้จากวาล์วลูกลอย

เวลา(น.)	ผลต่างของเวลา(นาที)	เวลาสะสม(นาที)	ความลึก(มม.)	ความลึกต่าง(มม.)	ความลึกสะสม(มม.)	ความลึกปรับแก้(มม.)
13.00.00		0	75		0	0
13.10.00	10	10	100	25	25	0
13.20.00	10	20	130	30	55	0
13.30.00	10	30	148	18	73	0
13.40.00	10	40	165	17	90	0
13.50.00	10	50	197	32	122	0
14.00.00	10	60	205	8	130	0
14.10.00	10	70	219	14	144	0
14.20.00	10	80	235	16	160	0
14.30.00	10	90	258	23	183	0
14.40.00	10	100	261	3	186	0
14.50.00	10	110	273	12	198	0
15.00.00	10	120	285	12	210	0
0.00.00			0			
0.00.00			0			
0.00.00			0			
0.00.00			0			

ข้อมูลจำเพาะ
เปิดหน้าจอแรก
สร้างกราฟ
เปรียบเทียบ
การคำนวณ
D = #NUM!
I = #NUM!
0 ข้อมูล

Sheet1 / Sheet6 / Sheet2 / Sheet5 / Sheet3 / Sheet4 / Sheet7 / Sheet8 / Chart1 / Chart2 / Chart3 / Chart4 / Chart5 / Chart6 / Chart7 /

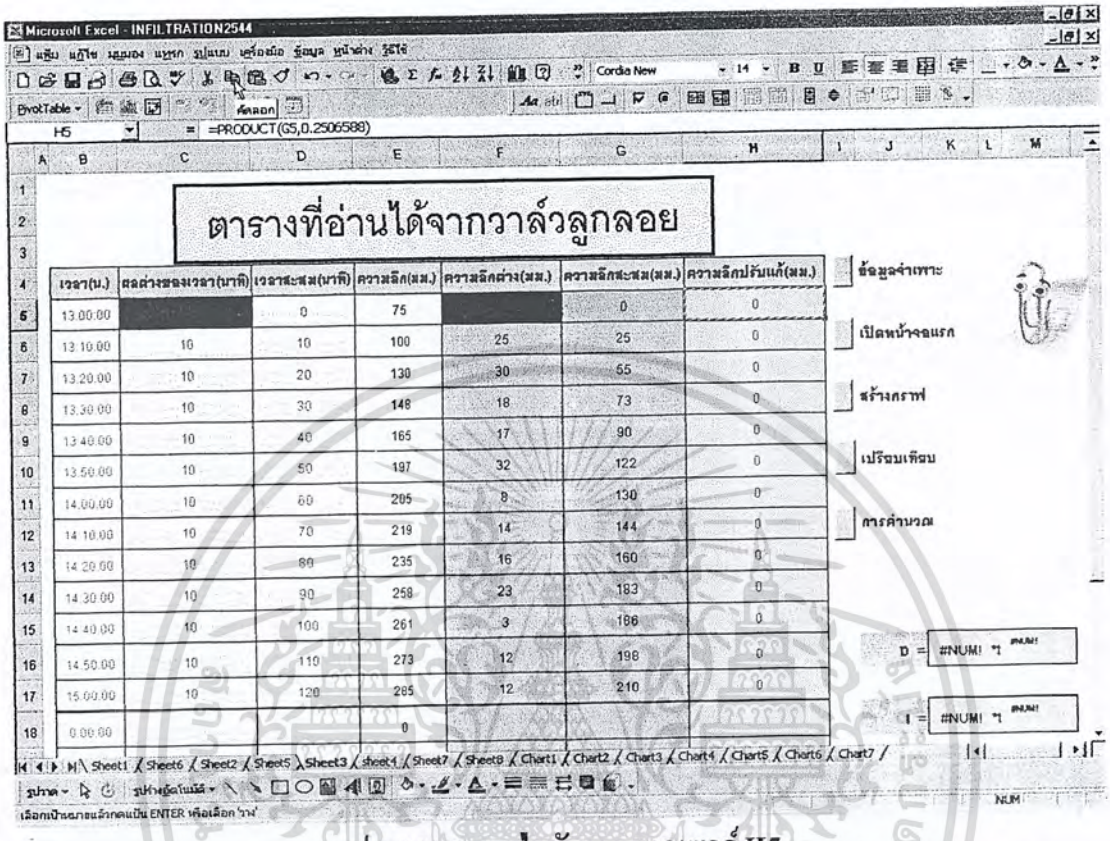
รูป ฉ.13 ผลการทดลองที่กรอกลงไปในตารางวาล์วลูกลอยแล้ว

11. จากรูป ฉ.13 ให้ทำการแก้สูตรที่ช่องความลึกปรับแก้ปรับแก้(หรือเซลล์ H5)ให้เป็นสูตรดังต่อไปนี้

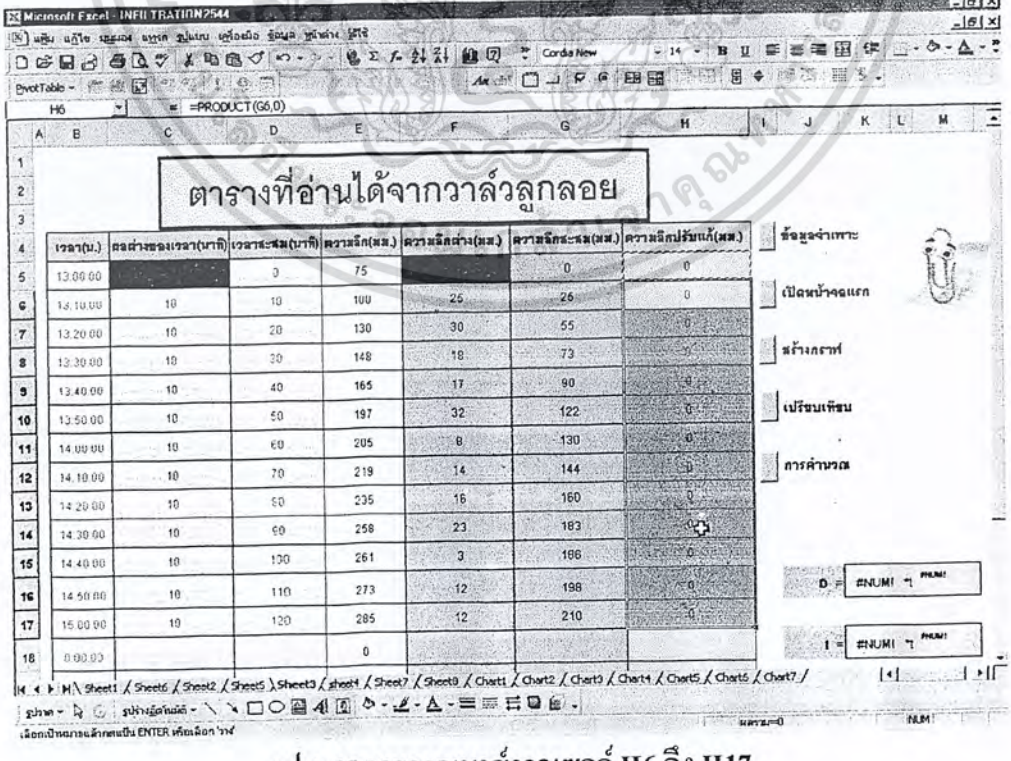
```
=PRODUCT(G5,0.2506588)
```

จากนั้นให้ทำการคลิกที่เซลล์ H5 แล้วทำการคัดลอก โดยกดปุ่มคัดลอกหรือกด Ctrl Control + C แล้วจึงคลิกที่เซลล์ H6 แล้วลากเมาส์จนถึงเซลล์ H17 แล้วจึงกด Enter Return

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

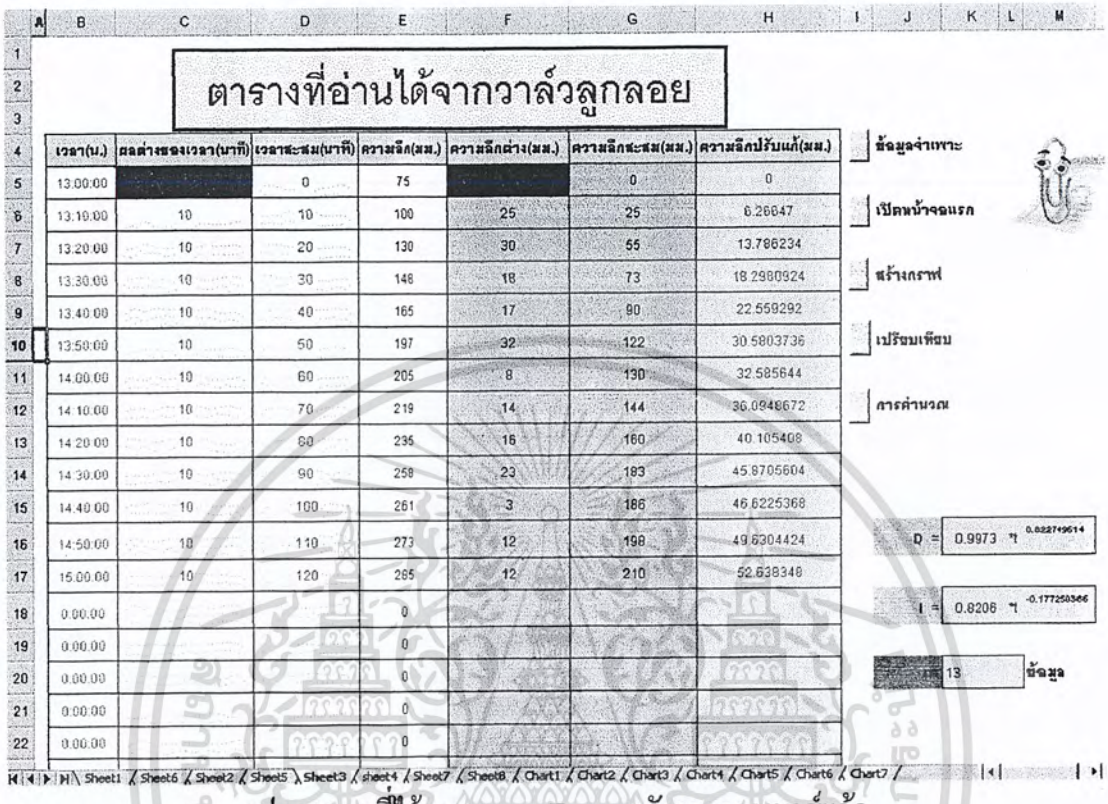


รูป ฉ.14 การกดปุ่มคัดลอกจากเซลล์ H5



รูป ฉ.15 การลากเมาส์จากเซลล์ H6 ถึง H17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่อ่านได้จากวาล์วลูกลอย

เวลา(น.)	ผลต่างของเวลา(นาที)	เวลาสะสม(นาที)	ความลึก(มม.)	ความลึกต่าง(มม.)	ความลึกสะสม(มม.)	ความลึกปรับแก้(มม.)
13:00:00		0	75		0	0
13:10:00	10	10	100	25	25	6.26647
13:20:00	10	20	130	30	55	13.786234
13:30:00	10	30	148	18	73	18.2980924
13:40:00	10	40	165	17	90	22.559292
13:50:00	10	50	197	32	122	30.5803736
14:00:00	10	60	205	8	130	32.585644
14:10:00	10	70	219	14	144	36.0948672
14:20:00	10	80	235	16	160	40.105408
14:30:00	10	90	259	23	183	45.8705604
14:40:00	10	100	261	3	186	46.6225368
14:50:00	10	110	273	12	198	49.6304424
15:00:00	10	120	285	12	210	52.638348
0:00:00			0			
0:00:00			0			
0:00:00			0			
0:00:00			0			
0:00:00			0			

ข้อมูลจำเพาะ

เปิดหน้าจอแรก

สร้างกราฟ

เปรียบเทียบ

การคำนวณ

D = 0.9973 t^0.822749614

I = 0.8206 t^-0.177250386

13 ข้อมูล

Sheet1 / Sheet6 / Sheet2 / Sheet5 / Sheet3 / Sheet4 / Sheet7 / Sheet8 / Chart1 / Chart2 / Chart3 / Chart4 / Chart5 / Chart6 / Chart7 /

รูป ฉ.16 ผลที่ได้จากการกด Enter หลังจากลากเมาส์แล้ว

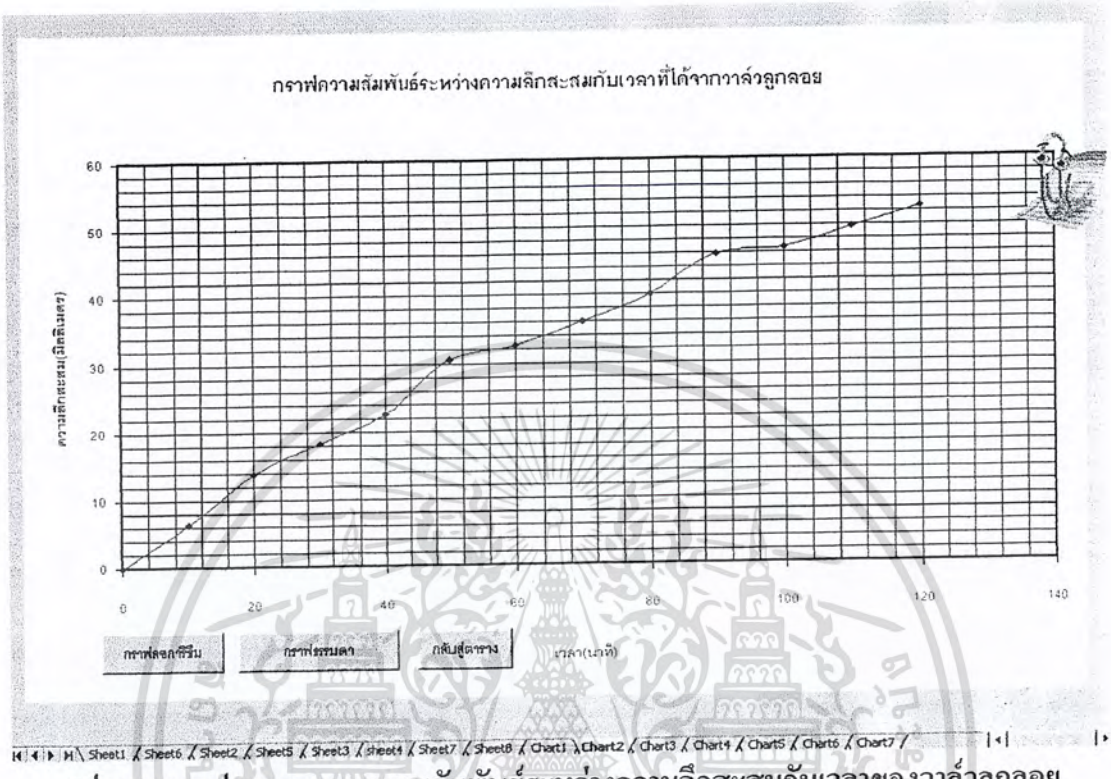
12. จากรูป ฉ.16 จะเห็นได้ว่า สมการความลึกสะสมและสมการอัตราการซึมของน้ำในดิน เป็นดังนี้

$$D = 0.9973t^{0.822749614}$$

$$I = 0.8206t^{-0.177250386}$$

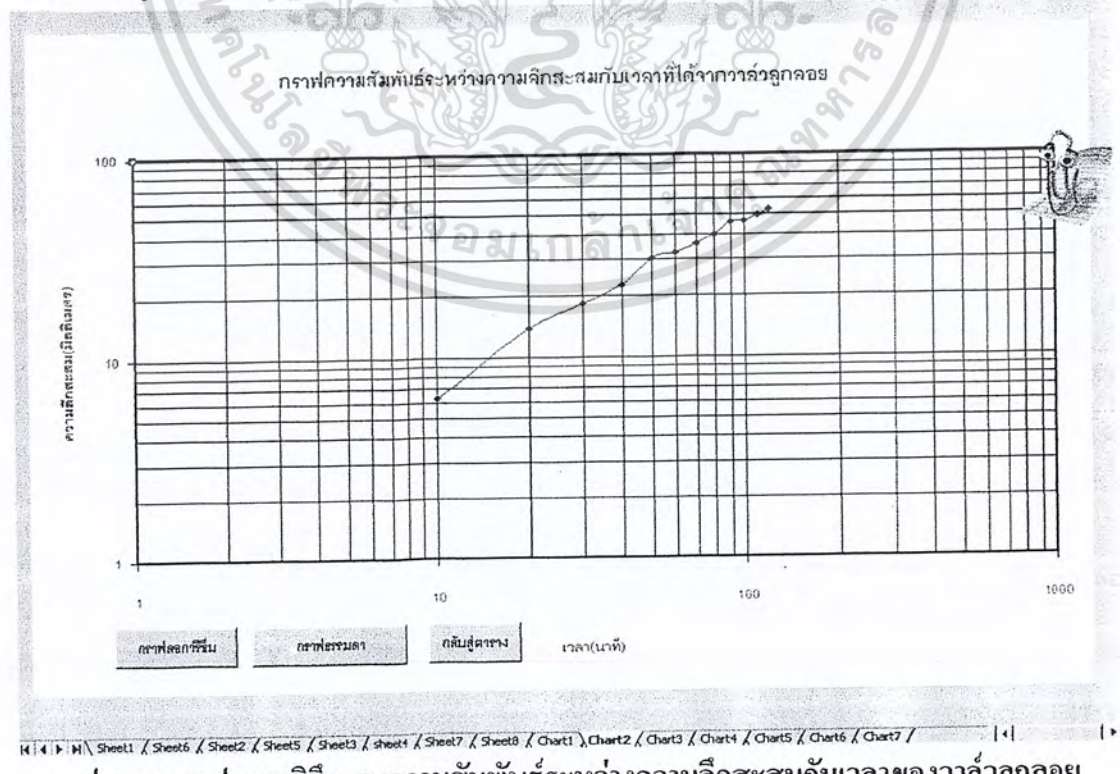
13. กดปุ่มสร้างกราฟ จะได้กราฟความลึกสะสมของวาล์วลูกลอย ดังรูป ฉ.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ฉ.17 กราฟธรรมดาของความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของวาล์วลูกลอย

14.จากรูป ฉ.17 ให้กดปุ่มกราฟลอการิธึมจะได้กราฟดังรูป ฉ.18



รูป ฉ.18 กราฟลอการิธึมของความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของวาล์วลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.จากรูป ฉ.18 จะเห็นได้ว่าผลการทดลองของวาล์วลูกลอยมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ดังนั้นเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบวาล์วลูกลอยจึงใช้งานได้ แล้วจึงกดปุ่มกลับสู่ตาราง เพื่อเข้าไปยังตารางวาล์วลูกลอย

16.จากรูป ฉ.16 กดปุ่มเปรียบเทียบ เพื่อเข้าสู่ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองจะได้ดังรูป ฉ.19

ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมที่ได้จากฮุกเกจ และวาล์วลูกลอย

เวลา(นาที)	ความลึกสะสมที่ได้จากฮุกเกจ(มิลลิเมตร)D_H	ความลึกสะสมที่ได้จากวาล์วลูกลอย(มิลลิเมตร)D_M
1	0.998532417	0.997334338
2	1.7292995	1.764058912
3	2.384451425	2.462589935
4	2.994871992	3.120221301
5	3.574050661	3.749022727
6	4.129491026	4.355764718
7	4.665937409	4.944755809
8	5.186642448	5.518965893
9	5.693984961	6.0805579
10	6.189687899	6.631173422
11	6.675202548	7.172097778
12	7.151622362	7.704362799
13	7.619956968	8.228813796
14	8.080662268	8.746155025
15	8.534675532	9.256981619
16	8.982440666	9.761802637
17	9.424426865	10.26105811
18	9.861042654	10.7551319
19	10.29264666	11.24436161
20	10.71955602	11.72904625
21	11.14205299	12.20945241
22	11.56039026	12.68581911
23	11.97479526	13.1583618
24	12.38547368	13.62727557
25	12.79261234	14.09273789

ตารางฮุกเกจ
ตารางวาล์วลูกลอย
เปิดหน้าจอแรก
สร้างกราฟ
กราฟฮุกเกจ
กราฟวาล์วลูกลอย

$D_M = 0.999952 D_H^{1.037993392}$

Sheet1 / Sheet6 / Sheet2 / Sheet5 / Sheet3 / sheet4 / Sheet7 / Sheet8 / Chart1 / Chart2 / Chart3 / Chart4 / Chart5 / Chart6 / Chart7

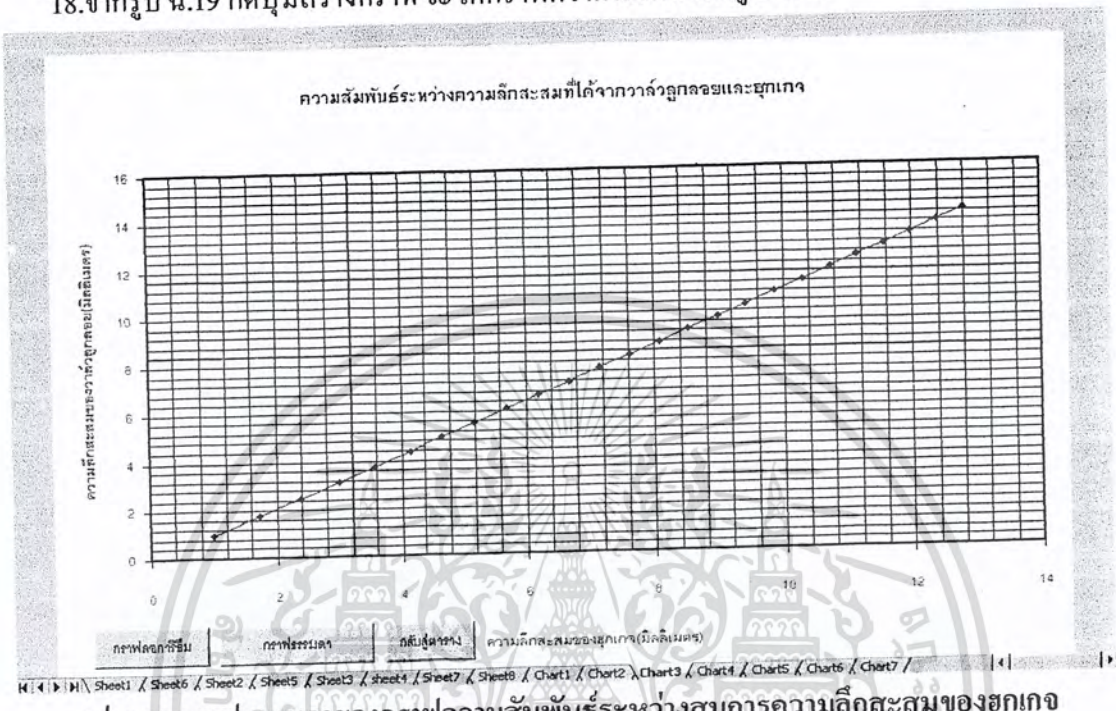
รูป ฉ.19 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมที่ได้จากฮุกเกจและวาล์วลูกลอย

17.จากรูป ฉ.19 จะเห็นได้ว่าสมการของความสัมพันธ์ระหว่างสมการความลึกสะสมของฮุกเกจและวาล์วลูกลอยจะเป็นดังนี้

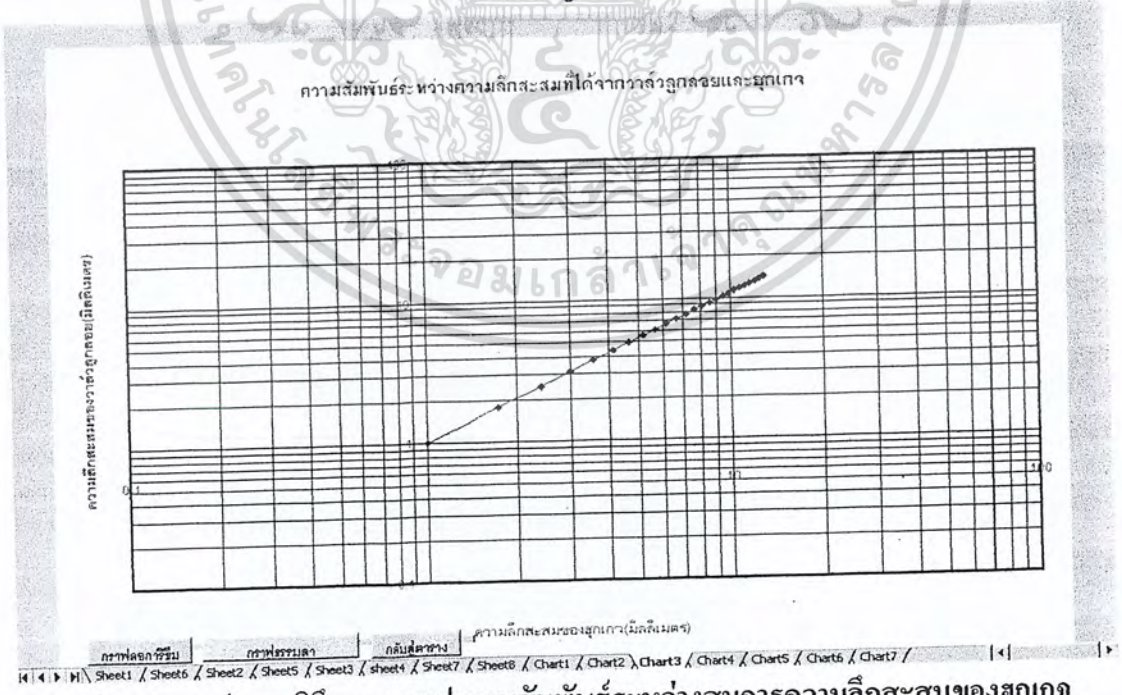
$$D_M = 0.999952 D_H^{1.037993392}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18.จากรูป ฉ.19 กดปุ่มสร้างกราฟ จะได้กราฟความสัมพันธ์ดังรูป ฉ.20



รูป ฉ.20 กราฟธรรมดาของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสมการความลึกสะสมของฮุกเกจและวาล์วลูกลอย



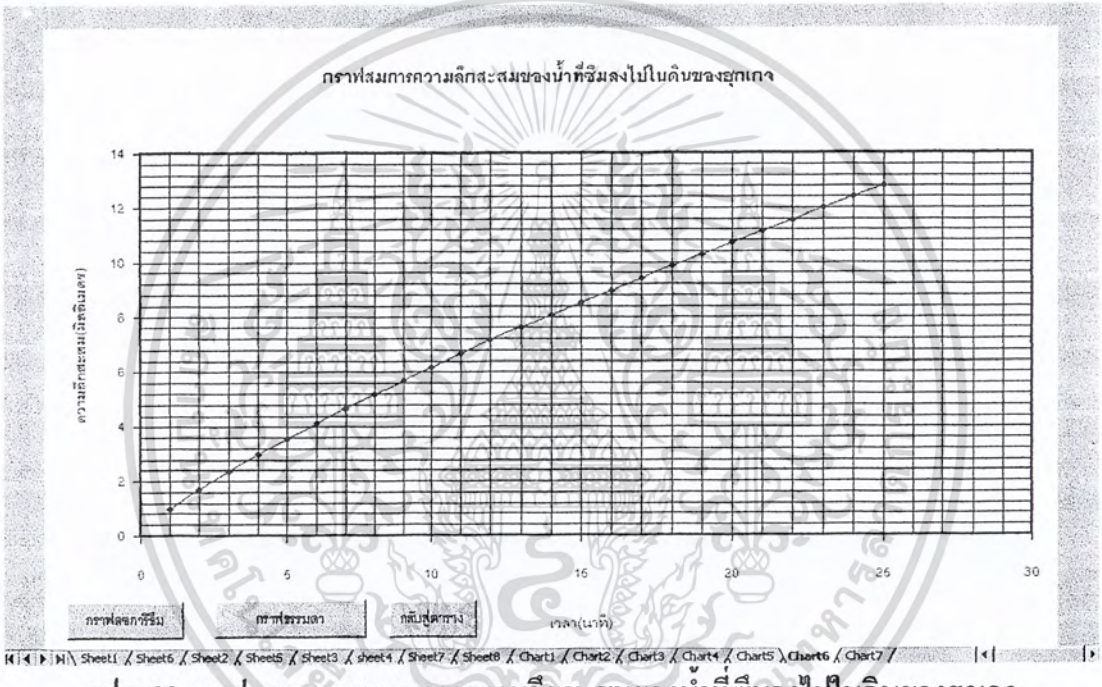
รูป ฉ.21 กราฟลอการิธึมของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสมการความลึกสะสมของฮุกเกจและวาล์วลูกลอย

19.จากรูป ฉ.20 กดปุ่มกราฟลอการิธึมจะได้กราฟดังรูป ฉ.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

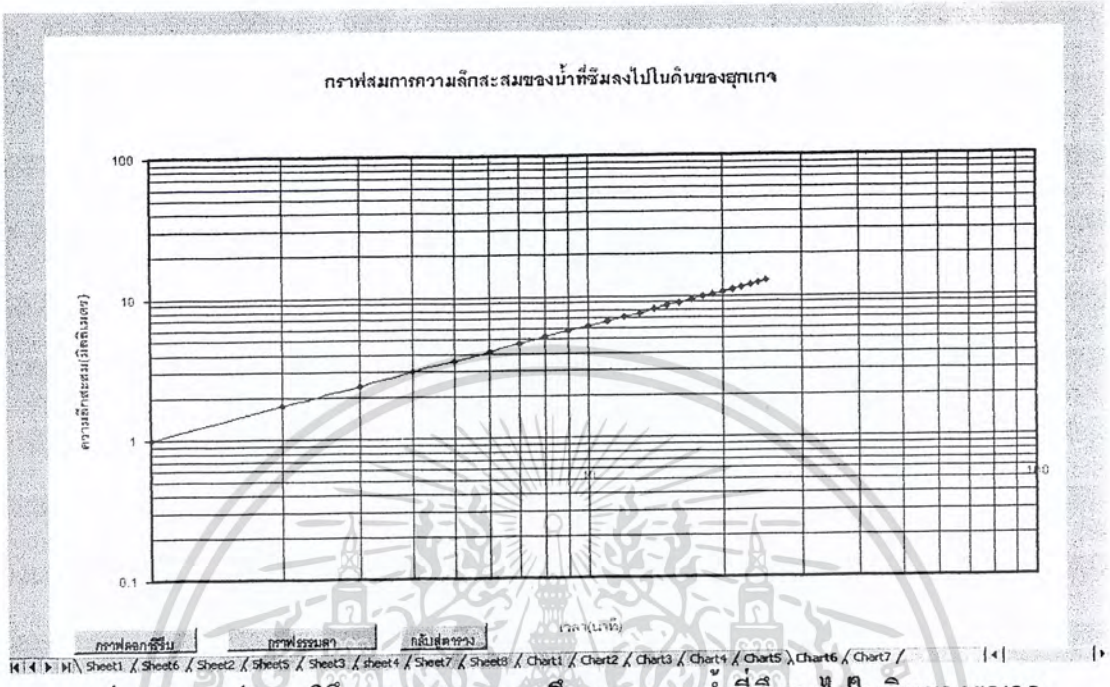
20.จากสมการในข้อ 17. และรูป ฉ.21 จะเห็นได้ว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง และสมการของวาล์วลูกลอยใกล้เคียงกับฮุกเกจ ดังนั้นเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบวาล์วลูกลอยใช้แทนฮุกเกจได้

21.จากรูป ฉ.21 กดปุ่มกราฟธรรมดา แล้วจึงกดปุ่มกลับสู่ตารางแล้วกดปุ่มกราฟฮุกเกจจะได้กราฟสมการความลึกสะสมดังรูป ฉ.22 และรูป ฉ.23 และกดปุ่มกราฟธรรมดาจากนั้นกดปุ่มกลับสู่ตาราง



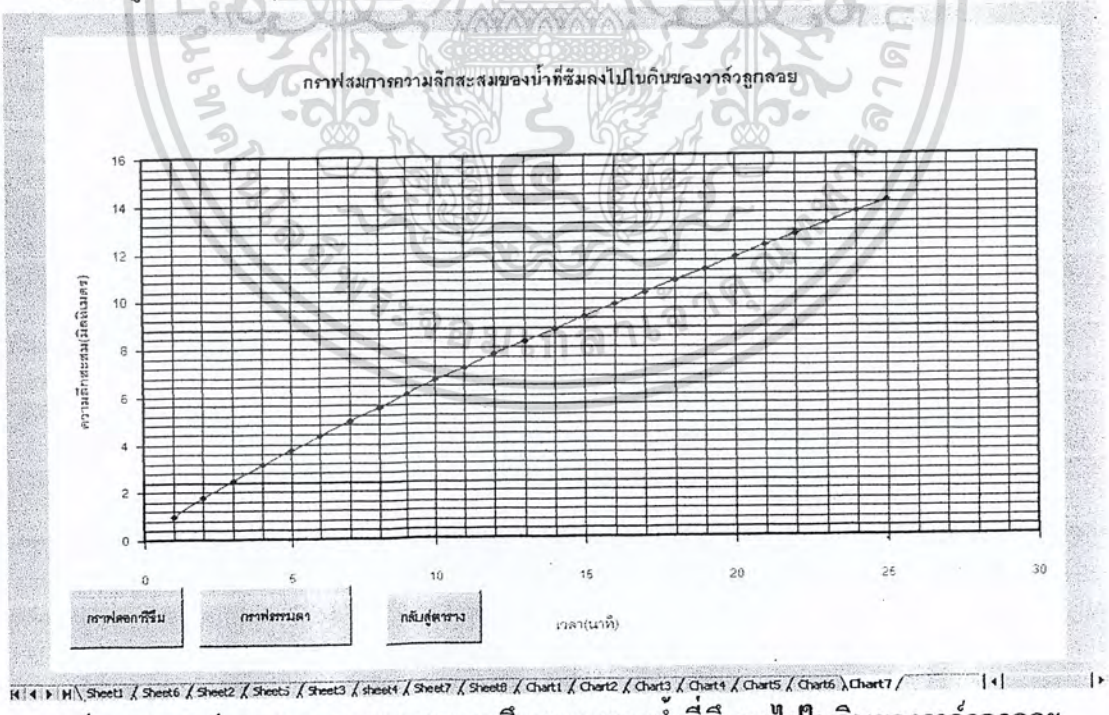
รูป ฉ.22 กราฟธรรมดาของสมการความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินของฮุกเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



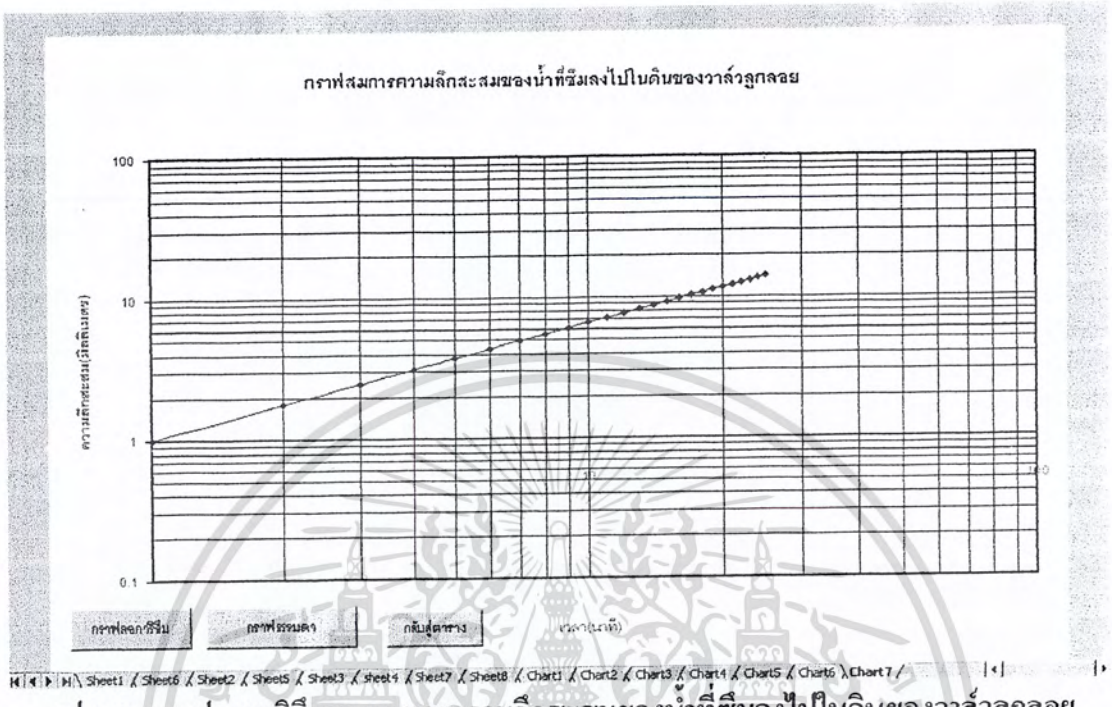
รูป ฉ.23 กราฟลอการิธึมของสมการความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินของฮุกเกจ

22.จากรูป ฉ.19 กดปุ่มกราฟวาล์วลูกลอยแล้วทำตามข้อ 21 จะได้ดังรูป ฉ.24 และ รูป ฉ.25



รูป ฉ.24 กราฟธรรมดาของสมการความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินของวาล์วลูกลอย

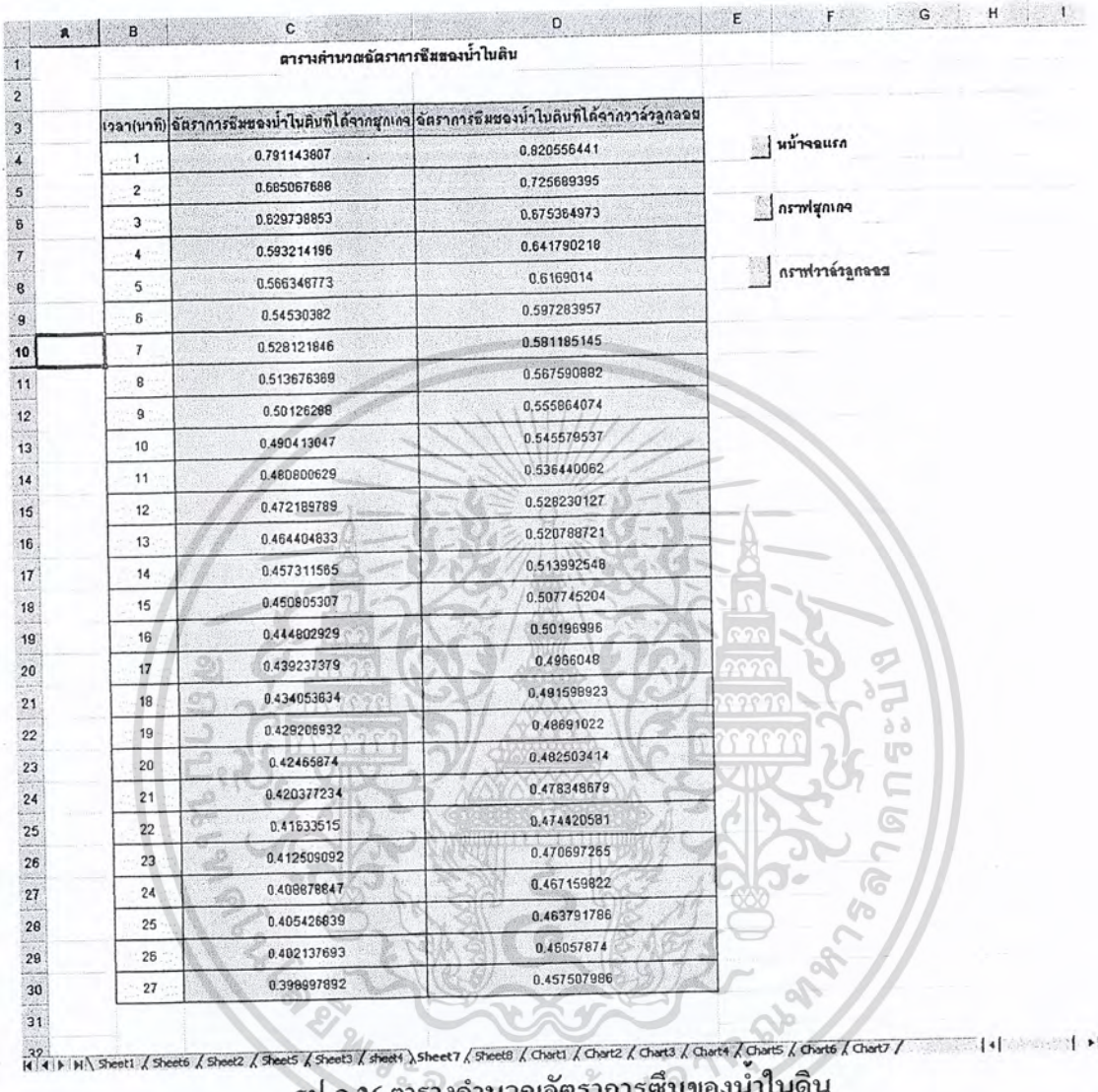
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ฉ.25 กราฟลอการิธึมของสมการความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินของวาล์วลูกลอย

23.จากรูป ฉ.19 และรูป ฉ.7 กดปุ่มเปิดหน้าจอแรกแล้วจึงกดปุ่มตารางการคำนวณอัตราการซึมของน้ำในดิน เพื่อเข้าสู่ตารางสมการอัตราการซึมของน้ำในดินของวาล์วลูกลอยและฮุกเกจ ดังรูป ฉ.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางคำนวณอัตราการซึมของน้ำในดิน

เวลา(นาที)	อัตราการซึมของน้ำในดินที่ได้จากสุกเกจ	อัตราการซึมของน้ำในดินที่ได้จากวาล์วลูกลอย
1	0.791143807	0.820556441
2	0.685067688	0.725689395
3	0.629738853	0.675364973
4	0.593214196	0.641790218
5	0.566348773	0.6169014
6	0.54530382	0.597283957
7	0.528121846	0.581185145
8	0.513676389	0.567590882
9	0.50126288	0.555864074
10	0.490413647	0.545579537
11	0.480800629	0.536440062
12	0.472189789	0.528230127
13	0.464404833	0.520788721
14	0.457311565	0.513992548
15	0.450805307	0.507745204
16	0.444802929	0.50196996
17	0.439237379	0.4966048
18	0.434053634	0.491598923
19	0.429205932	0.48691022
20	0.42465874	0.482503414
21	0.420377234	0.478348679
22	0.41633515	0.474420581
23	0.412509092	0.470697265
24	0.408878647	0.467159822
25	0.405426639	0.463791786
26	0.402137693	0.46057874
27	0.399997892	0.457507986

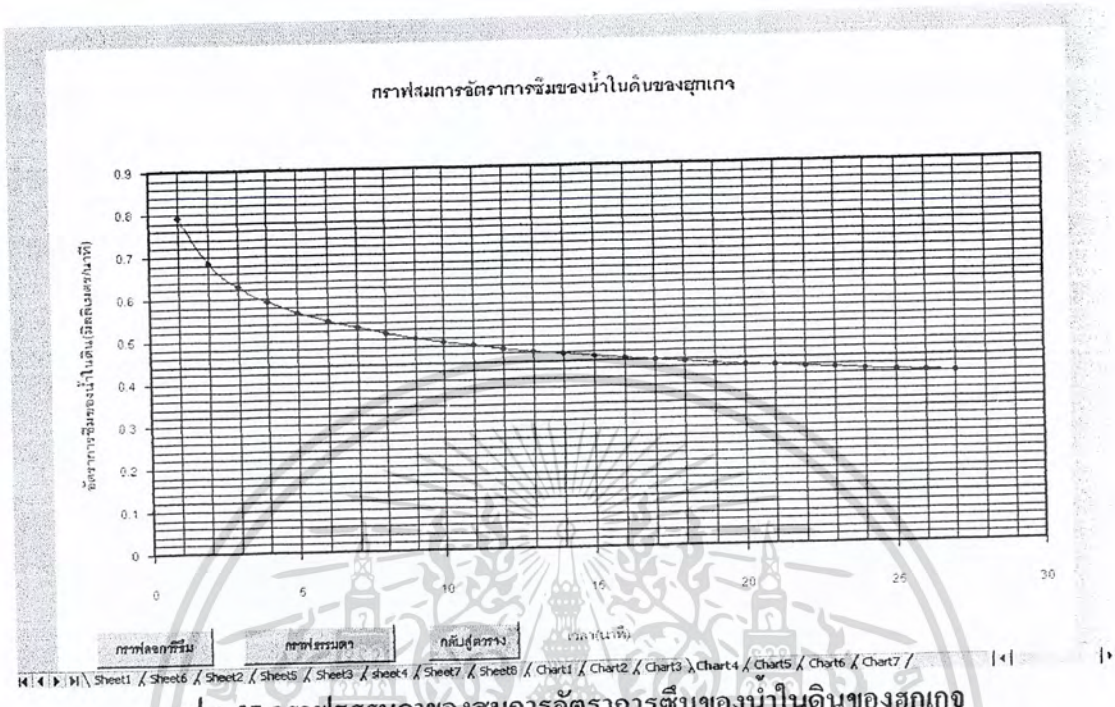
หน้าจอแรก
กราฟสุกเกจ
กราฟวาล์วลูกลอย

Sheet1 / Sheet6 / Sheet2 / Sheet5 / Sheet3 / Sheet4 / Sheet7 / Sheet8 / Chart1 / Chart2 / Chart3 / Chart4 / Chart5 / Chart6 / Chart7 /

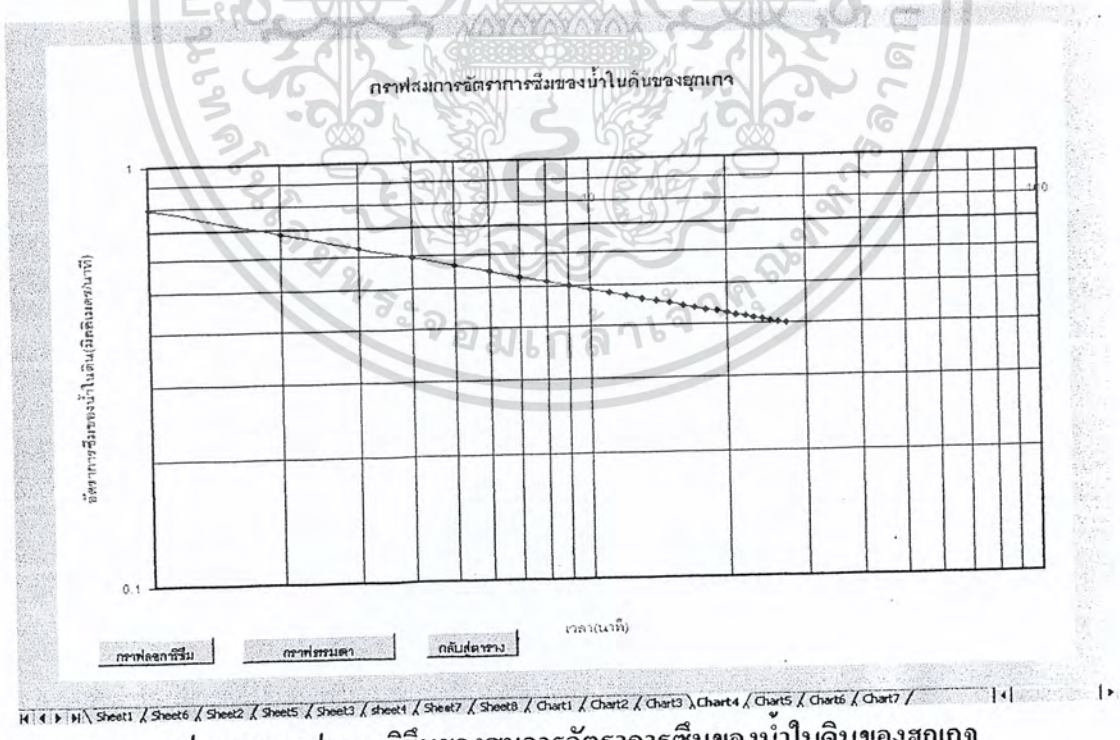
รูป ฉ.26 ตารางคำนวณอัตราการซึมของน้ำในดิน

24.จากรูป ฉ.26 กดปุ่มกราฟสุกเกจแล้วทำตามข้อ 21. จากนั้นจึงกดปุ่มกราฟวาล์วลูกลอยแล้วทำตามข้อ 21. จะได้กราฟดังรูป ฉ.27,รูป ฉ.28,รูป ฉ.29 และรูป ฉ.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

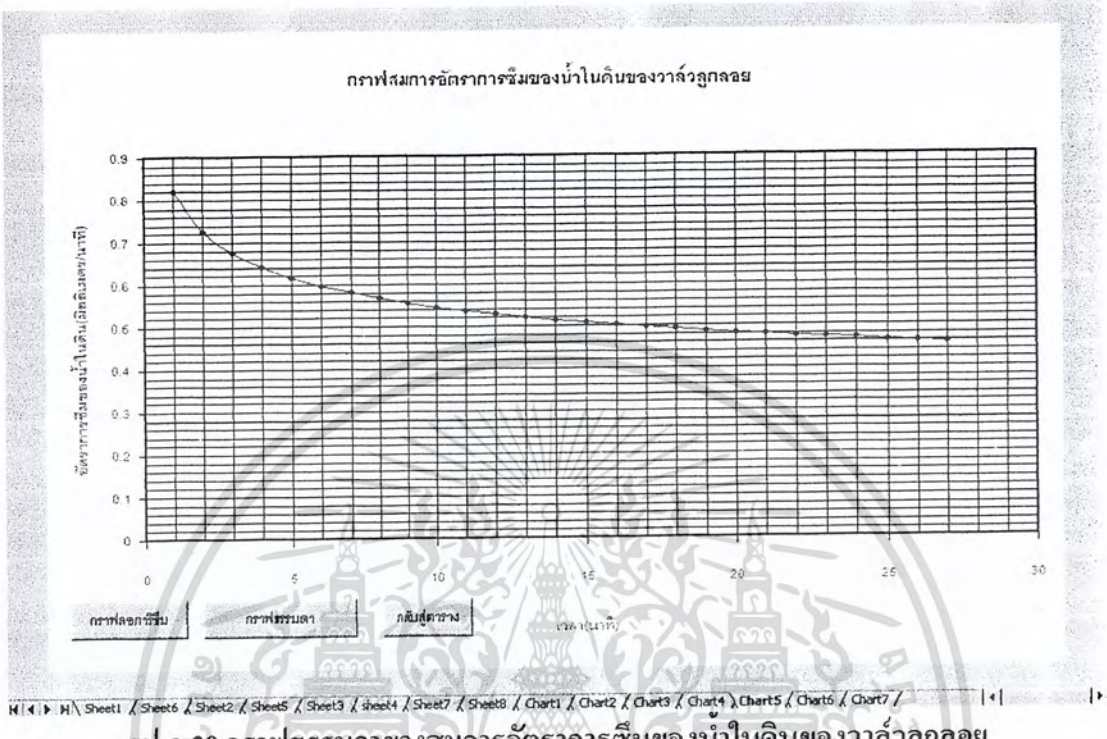


รูป ฉ.27 กราฟธรรมดาของสมการอัตราการซึมของน้ำในดินของฮุกเกจ

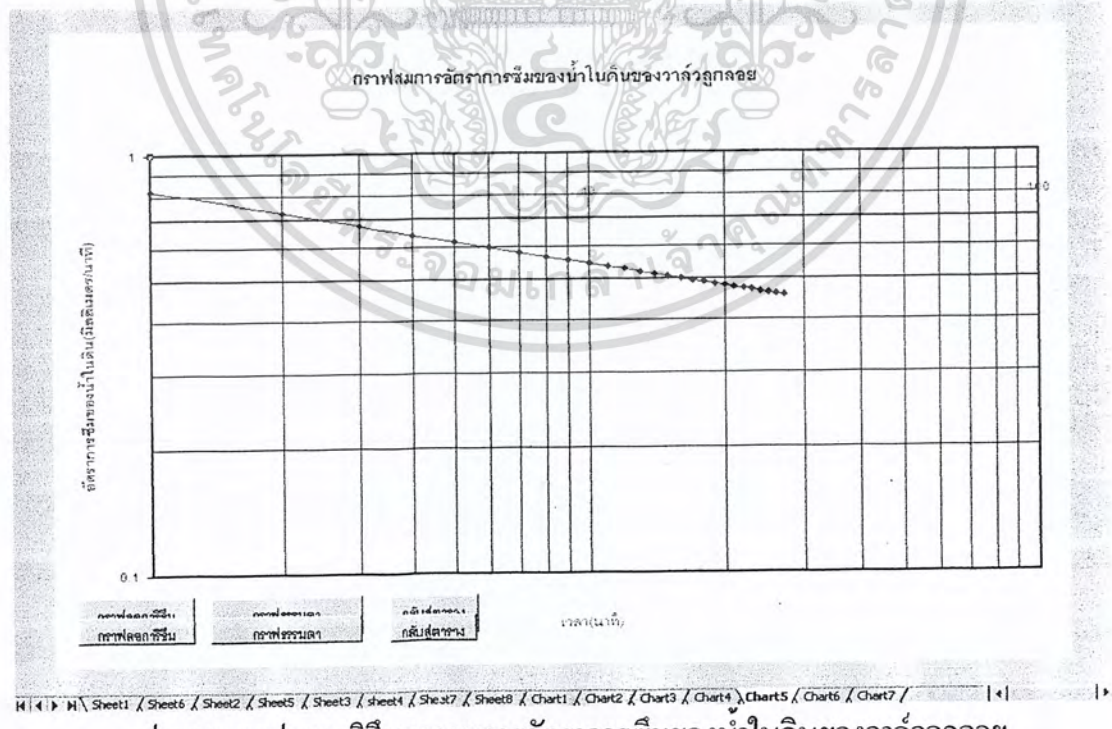


รูป ฉ.28 กราฟลอการิธึมของสมการอัตราการซึมของน้ำในดินของฮุกเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



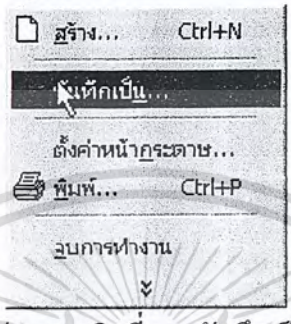
รูป ฉ.29 กราฟธรรมดาของสมการอัตราการซึมของน้ำในดินของวาล์วลูกลอย



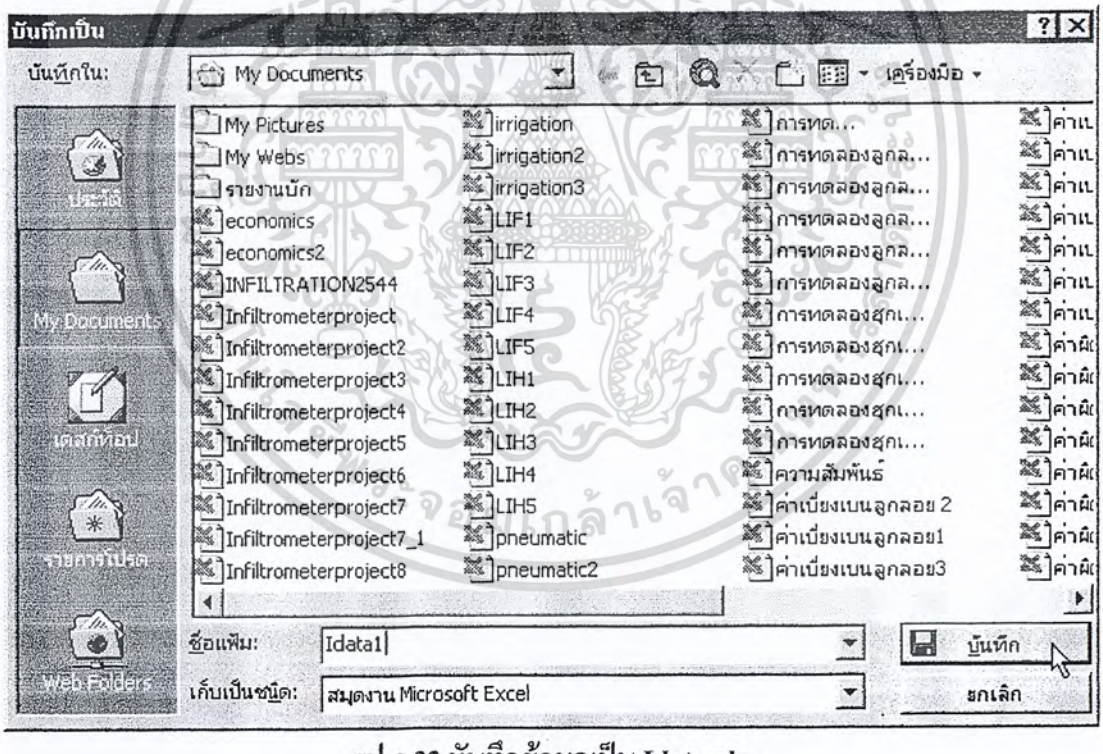
รูป ฉ.30 กราฟลอการิธึมของสมการอัตราการซึมของน้ำในดินของวาล์วลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25.จากรูป ฉ.26 ให้กดปุ่มหน้าจอแรกแล้วทำการบันทึกเป็นชื่อ Idata1.xls ลงใน My Documents โดยกดเมนูบาร์แฟ้มข้อมูล แล้วคลิกที่บันทึกเป็น จากนั้นจึงใส่ชื่อ Idata1 แล้วคลิกปุ่มบันทึก ก็จะเสร็จกระบวนการที่วิศวกรผู้นั้นต้องการ



รูป ฉ.31 คลิกที่แถบบันทึกเป็น



รูป ฉ.32 บันทึกข้อมูลเป็น Idata.xls

ตัวอย่าง ฉ.2 จากตัวอย่าง ฉ.1 จากผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Infiltration 2544 วิศวกรผู้นี้พบว่า เครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบใช้วาล์วลูกลอยใช้แทนฮุกเกจได้ ดังนั้นเขาจึงนำผลการวิเคราะห์ผลการทดลองของเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบใช้วาล์วลูกลอย โดยเขาต้องการที่จะออกแบบอ่างเก็บน้ำเพื่อการวางแผนเกษตรทฤษฎีใหม่ โดยเขาต้องสร้างอ่างเก็บน้ำใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

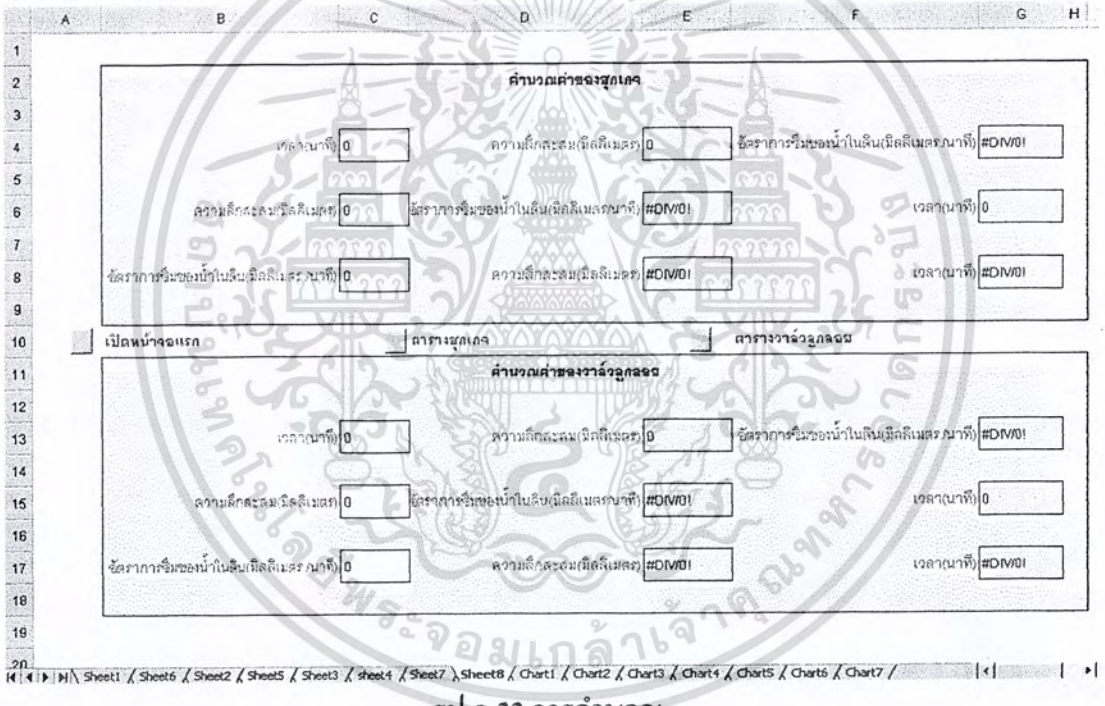
พื้นที่ 10 ไร่ โดยใช้เวลาเก็บน้ำ 1 ปี หรือ 365 วัน จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้ โดยใช้โปรแกรม Infiltration 2544 ดังนี้

1. ค่าความลึกสะสมของน้ำในดิน(มม.)

2.อัตราการซึมของน้ำในดิน(มม./นาที)

วิธีทำ จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ ฉ.1 เราจะมาทำการคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยข้อ 1. และข้อ 2. ใช้โปรแกรม Infiltration2544 โดยมีวิธีการดังนี้

1.เปิดโปรแกรม Infiltration 2544 แล้วเปิดไฟล์ Idata1.xls จากนั้นจึงกดปุ่มการคำนวณจะได้ดังรูป ฉ.33



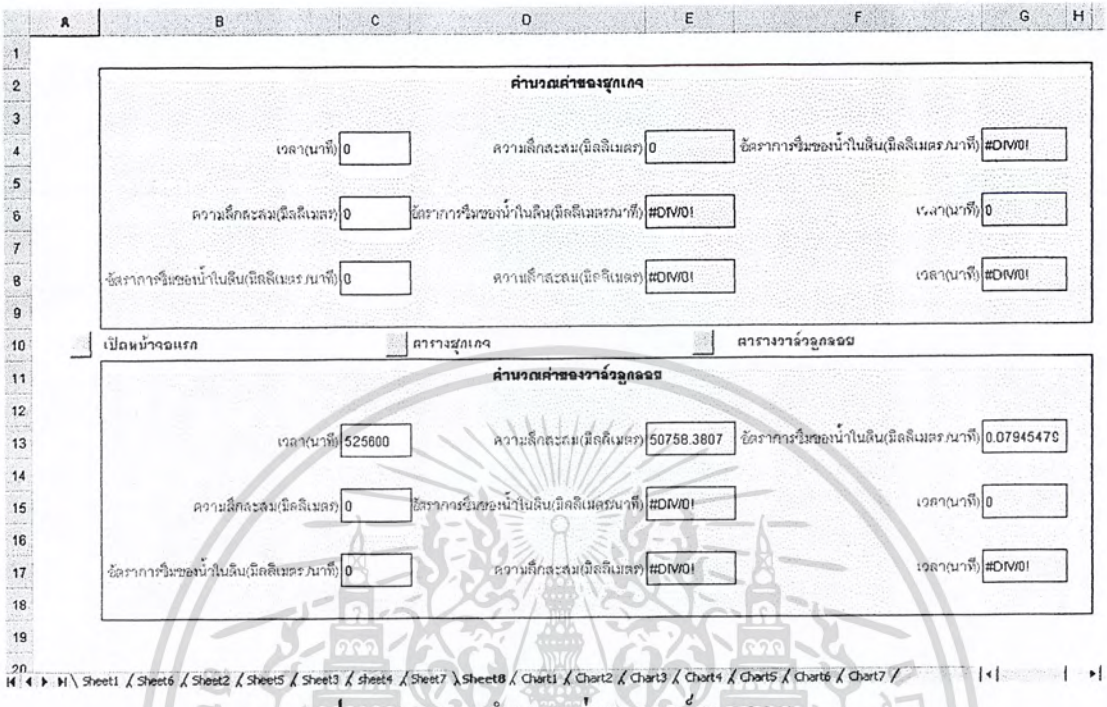
รูป ฉ.33 การคำนวณ

2.จากโจทย์ต้องการใช้ผลการทดลองของเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบใช้วาล์วลูกลอย ดังนั้นจึงทำการใส่ค่าเวลา โดยใส่ค่าเวลาลงในช่องเวลาสีขาว ดังต่อไปนี้

```
=365*24*60
```

จะได้ผลดังรูป ฉ.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ฉ.34 ผลการคำนวณค่าของวาล์วลูกลอย

3.จากรูป ฉ.34 เราจะได้ว่า

ค่าความลึกสะสมของน้ำในดิน = 50758.3807 มม.

อัตราการซึมของน้ำในดิน = 0.07945479 มม./นาที

จากตังอย่าง ฉ.1 และตัวอย่าง ฉ.2 จะเห็นได้ว่า โปรแกรม Infiltration 2544 มีความสามารถในการใช้งานเป็นอย่างมาก และผู้ใช้ยังสามารถที่จะเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมได้เองอีกด้วยโดยใช้ Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

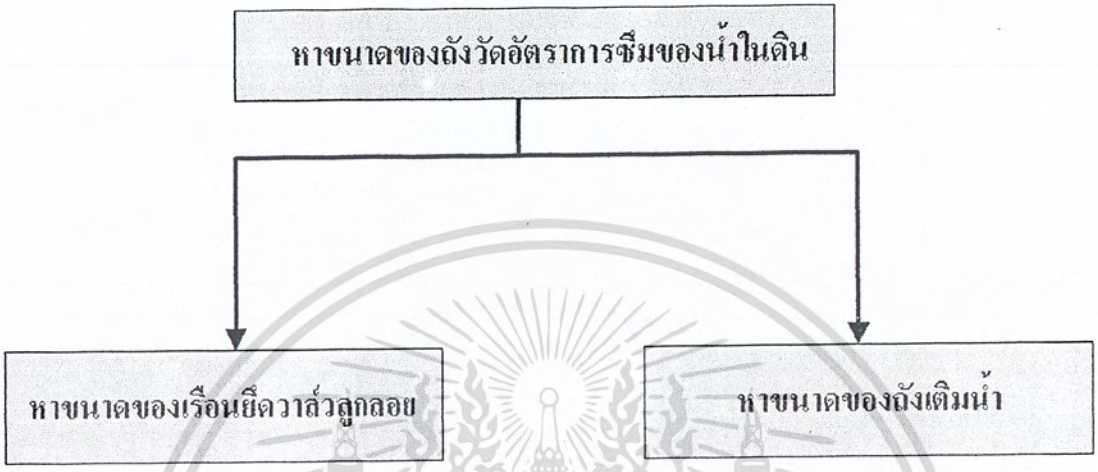
ภาคผนวก ช

แผนผังการออกแบบเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน

1. แผนผังการออกแบบเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบใช้วาล์วลูกลอย
2. แผนผังการออกแบบถังวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน
3. แผนผังการออกแบบถังเติมน้ำ(Marriotte Tank)
4. แผนผังการออกแบบเรือนยึดวาล์วลูกลอย
5. แผนผังการออกแบบฐุกเกจ

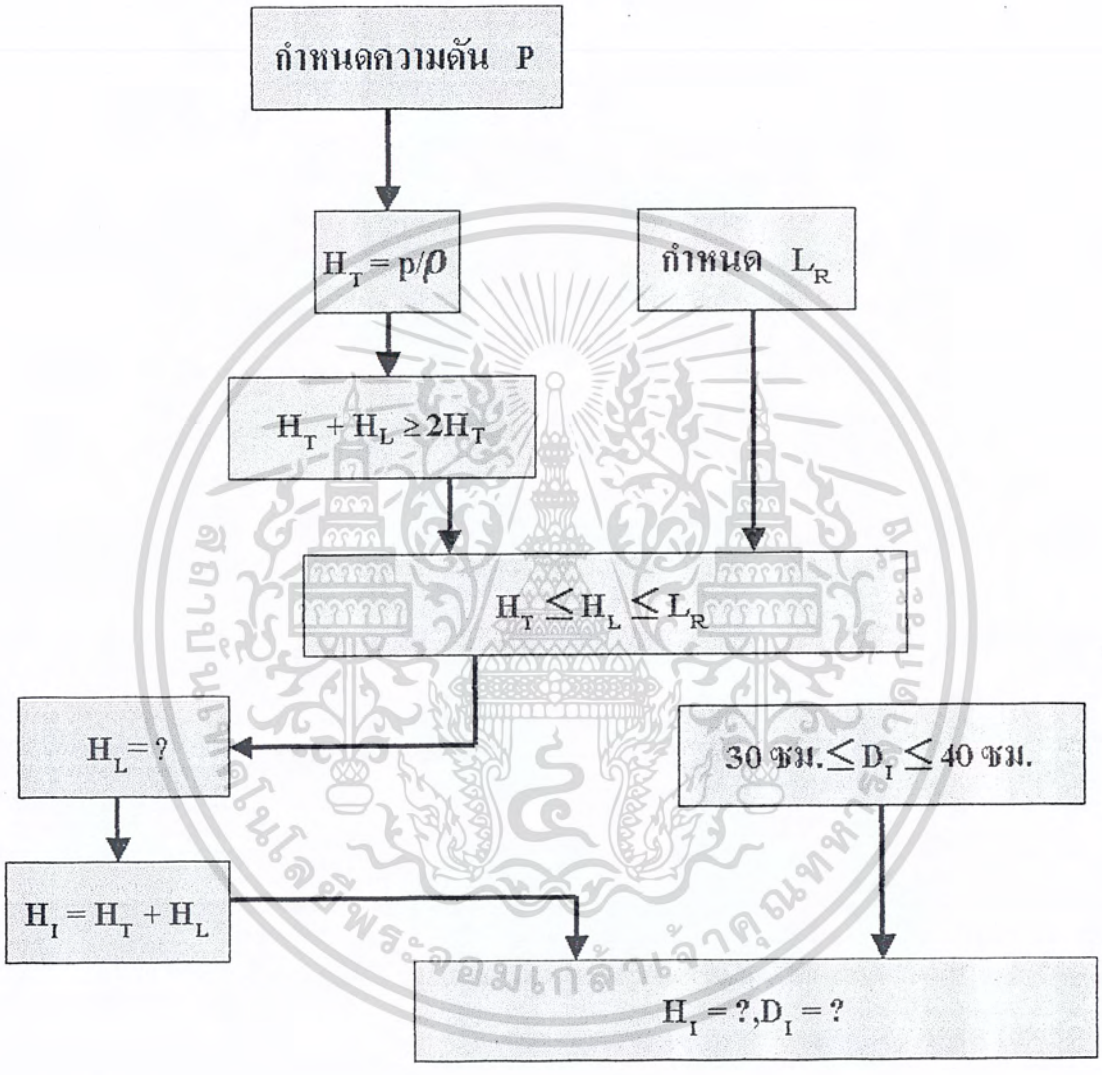
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการออกแบบเครื่องวัดอัตราการซึมของน้ำในดินแบบใช้วาล์วลูกลอย



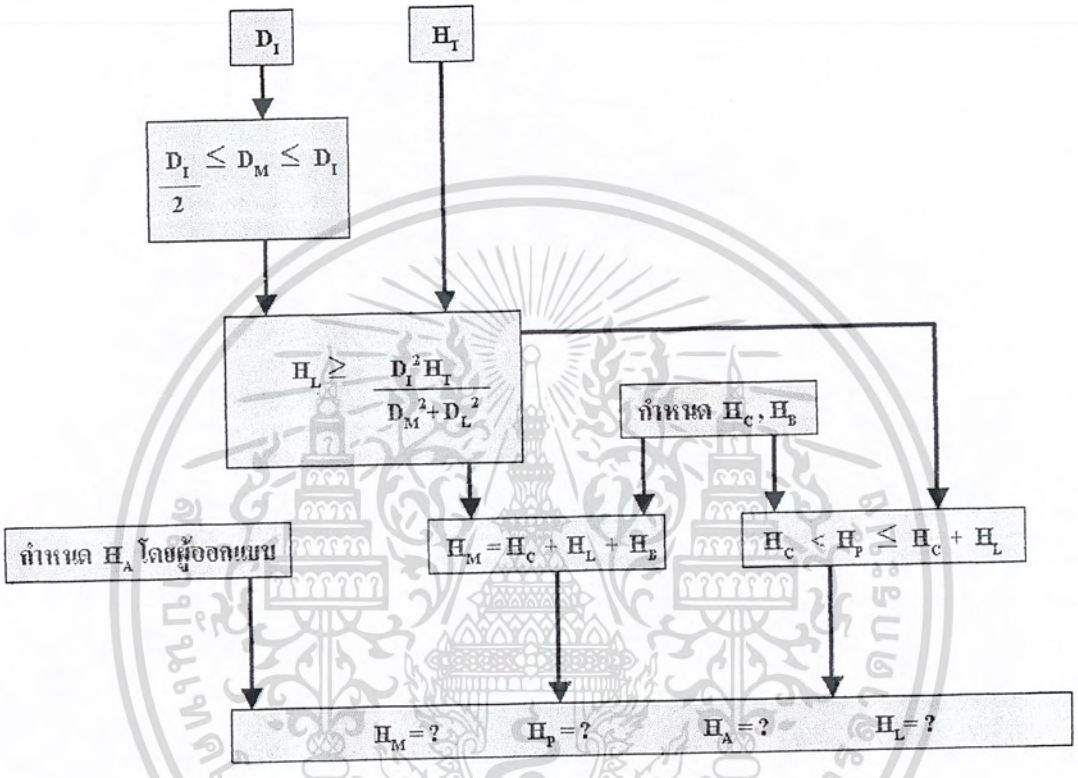
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการออกแบบถังวัดอัตราการซึมของน้ำในดิน



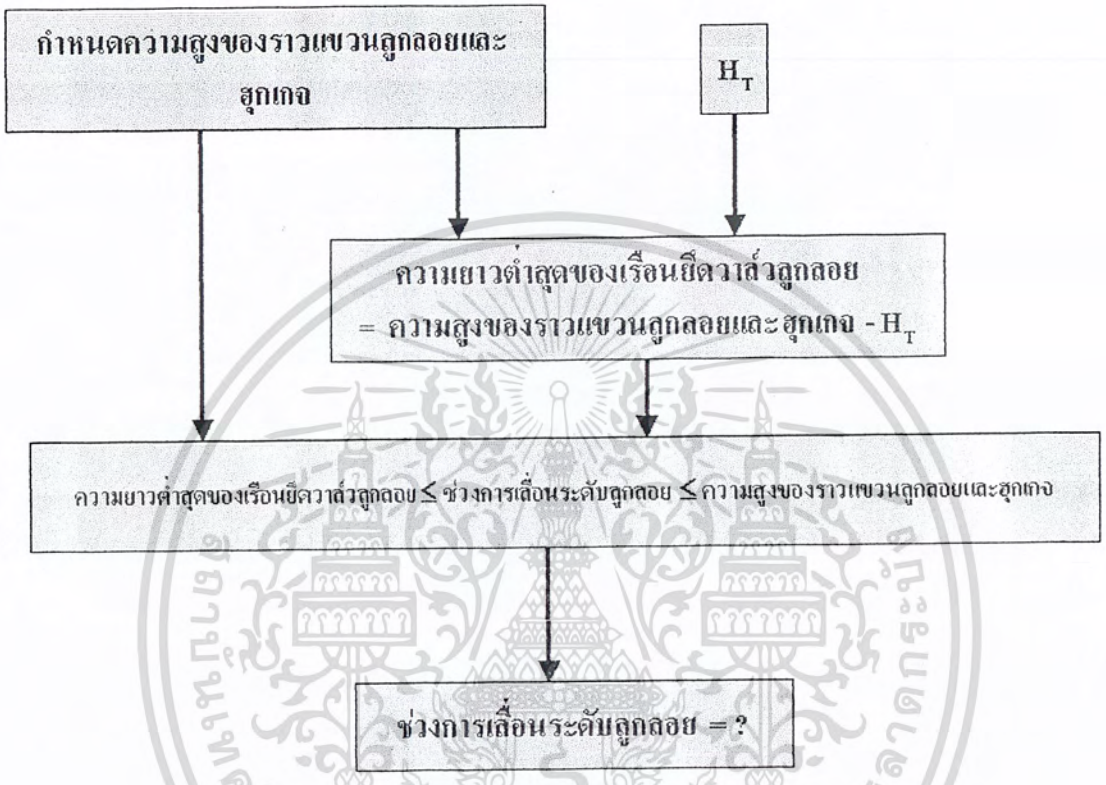
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการออกแบบถังเติมน้ำ(Mariotte Tank)



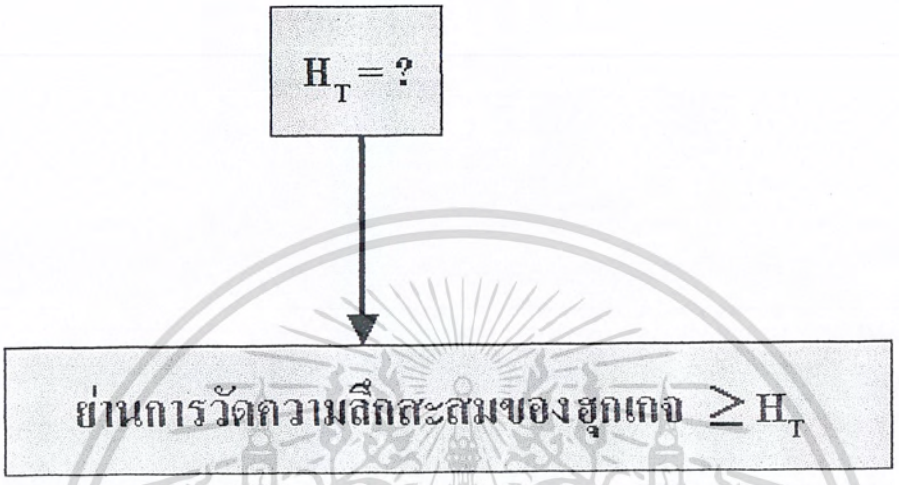
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการออกแบบเรือนยืดวาล์วลูกลอย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังการออกแบบฮุกเกจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ โดยคำแนะนำจาก อาจารย์ทรงวุฒิ แสงจันทร์ และอาจารย์ ดร.วินัย กล้าจริง นอกจากนี้ยังขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมเกษตร และเจ้าหน้าที่ประจำอาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำอยู่ตลอดเวลาในระหว่างการทำโครงงาน และขอขอบคุณทางสำนักหอสมุดกลางที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าหาข้อมูลมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

31 มีนาคม 2544

จุติ รุจิระกำธรชัย

บุณยฤทธิ์ สุรารักษ์ลิขิต

วรัญญู ประพรรติจักกิจ

วรากร จันวงษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1.กุมุท สังขศิลา และคณะ,**ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**,พิมพ์ครั้งที่ 8,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ,2541.

2.ดิเรก ทองอร่าม และคณะ,**การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**,มิตรเกษตรการตลาด และโฆษณา, กรุงเทพ ฯ,2542.

3.พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร,**คู่มือการใช้ Microsoft Excel 2000 ฉบับเพื่อการใช้งานจริง**, พิมพ์ครั้งที่ 2,บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด,กรุงเทพ ฯ,2543.

4.ภัคคินี ยิมเรวัต,**การวิเคราะห์เชิงตัวเลขเบื้องต้น**,ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์,คณะวิทยาศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ,2537.

5.วิบูลย์ บุญยธโรกุล,**หลักการชลประทาน**,ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน,คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพ ฯ,2526.

6.Hansen V.E. ,Israelsen O.W. & Stringham G.E. ,**Irrigation Principles and Practices** ,fourth Edition, John Wiley & Sons ,Inc. , New York , 1980.

7.M.E.Jensen, **Design and Operation of Farm Irrigation Systems** ,American Society of Agricultural Engineers, Michigan,1983.

8.Robert W. Fox & Alan T. McDonald, **Introduction to Fluid Mechanics**, SI Version, fourth edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้