

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดทดสอบการศึกษาคูณสมบัติของดิน

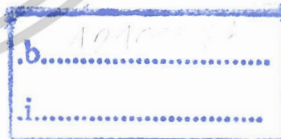
SOIL PROPERTIES TESTING KIT



เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 103081

วัน,เดือน,ปี 2.7.ค.ค. 2552



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน

SOIL PROPERTIES TESTING KIT



นายณัฐ

นางสาวภาภรณ์

นางสาวบุษยา

นางสาวสุณิรัตน์

ศิริ

มโนไพสิฐ

นาคพินิจ

กองเตย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน

SOIL PROPERTIES TESTING KIT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

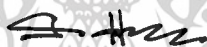
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน

Soil Properties Testing Kit

ผู้จัดทำ

- | | | | |
|--------------------|----------|--------------|----------|
| 1. นายณัฐ | ศิริ | รหัสประจำตัว | 48010244 |
| 2. นางสาวนภภรณ์ | มโนไพสิฐ | รหัสประจำตัว | 48010421 |
| 3. นางสาวบุษยา | นาคพินิจ | รหัสประจำตัว | 48010481 |
| 4. นางสาวสุณิรัตน์ | กองเตย | รหัสประจำตัว | 48010980 |



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ทองวุฒิ

แสงจันทร์)



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.ปรีชานันท์

ศรีแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน

นายณัฐ	ศิริ
นางสาวนภภรณ์	มโนไพสิฐ
นางสาวบุษยา	นาคพิณิจ
นางสาวสุณิรัตน์	กองเตย
ผศ.ดร.ทรงวุฒิ	แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.ปรีชานันท์	ศรีแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน ซึ่งประกอบด้วยเฟรมอลูมิเนียมขนาด 1x2x1.5 เมตรและถาดใส่ดินขนาด 1x1.8x0.3 เมตร โดยจ่ายน้ำ 1.19×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีและ 0.8×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และทำการวัดหาปริมาณค่าความหนาแน่นของน้ำที่จ่ายเท่ากับ 59.75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และ 21.75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ทำการเลือกดิน 3 ชนิดได้แก่ ดินร่วน ดินทรายปนดินร่วนและดินเหนียว เพื่อทำการศึกษาคุณสมบัติของดิน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความชื้นในดินแต่ละชนิด หลังจากการให้น้ำมีค่าแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพของดินแต่ละพื้นที่ ความชื้นในดินร่วนมีค่าลดลงอย่างคงที่ และดินเหนียวสามารถเก็บความชื้นได้มากที่สุด ในการทดสอบการซึมผ่านดิน ปัจจัยที่มีผลต่อค่าอัตราการซึมน้ำผ่านดิน ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้าง และช่องว่างในดิน ผลของการทดลองการพังทลายของดินพบว่าปริมาณการพังทลายของดินพบว่าปริมาณการพังทลายของดินขึ้นอยู่กับโครงสร้างของดิน ความชื้น และปริมาณความหนาแน่นของน้ำที่ตกลงสู่ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soil Properties Testing Kit

Nut	Siri
Napaphon	Manopaisit
Bussaya	Nakpinit
Suneerat	Gongtoey
Assist.Prof.Dr.Songvoot Sangchan Advisor	
Instr.Preechanan	Srikeaw Advisor

Abstract

This thesis aimed to design and construct soil properties testing kit with aluminium frame 1x2x1.5 m and 1x1.8x0.3 m soil tray. By applied $1.19 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ and $0.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. The amount of water was measured, the intensity of water were 59.73 mm/hr and 21.75 mm/hr. These types of soil were selected for soil properties study; there are loam, sand loam and clay. The results of experiment showed that, soil moisture of each soil types after irrigated was different depending on soil types and conditions of each area. The moisture in loam was steady decreased and the most moisture holding capacity was in clay. For infiltration testing, the factors which have effect on infiltration rate were soil texture, structure and pores. The results of soil erosion experiment found that, the amount of soil erosion were depend on soil structure, slope and intensity of water.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์ และ อ.ปรีชาพันธ์ ศรีแก้ว ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำในการทำโครงการ และแก้ไขรูปเล่มปริญญาบัตร ขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ให้ความรู้ ความรัก และอบรมสั่งสอนจนกระทั่งจบการศึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และนายช่างเทคนิคของภาควิชาที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือ ตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้ความเป็นมิตร และกำลังใจในระหว่างที่ศึกษา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาผู้ให้กำเนิด ผู้ให้ความรัก ความหวังใย ตลอดจนกำลังใจจนกระทั่งจบการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เนื้อดินและโครงสร้างของดิน	3
2.2 การไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน	5
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	9
2.4 การวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดิน	12
2.5 การชะล้างพังทลายของดิน	16
2.6 ลักษณะการเก็บน้ำของดิน	20
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน	24
3.1 การออกแบบและการสร้าง	24
3.2 รายละเอียด	24
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	26
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	28
4.1 การทดลองวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน	28
4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	28
4.1.2 วิธีการติดตั้งและการทดลอง	28
4.1.3 ผลที่ได้จากการทดลองวัดอัตราการซึมน้ำผ่านดิน	30
4.2 การทดลองวัดความชื้นในดิน	37
4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2.2 วิธีการติดตั้งและการทดลอง	37
4.2.3 ผลที่ได้จากการทดลองวัดค่าความชื้นในดิน	40
4.3 การทดลองการชะล้างพังทลายของดิน	42
4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	42
4.3.2 วิธีการติดตั้งและการทดลอง	42
4.3.3 ผลที่ได้จากการทดลองการวัดการพังทลายของดิน	44
บทที่ 5 สรุปผล และ ข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผล	51
5.1.1 การวัดอัตราการซึมผ่านดิน	51
5.1.2 การวัดค่าความชื้นในดิน	52
5.1.3 การวัดค่าการชะล้างพังทลาย	53
5.2 ข้อเสนอแนะ	56
ภาคผนวก ก.	57
ภาคผนวก ข.	102
เอกสารอ้างอิง	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของดิน	3
รูปที่ 2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อดิน	4
รูปที่ 2.3 สัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคดิน	5
รูปที่ 2.4 น้ำในดิน และระดับความชื้นของดินที่จุดต่างๆ	7
รูปที่ 2.5 เขตอิมน้ำและช่วงต่อเนื่อง เขตส่งผ่าน เขตเริ่มเปื่อย และแนวเปื่อยน้ำในขณะที่ให้น้ำจากผิวดิน	8
รูปที่ 2.6 ประเภทต่าง ๆ ของโครงสร้างดิน	10
รูปที่ 2.7 ถังวัดอัตราการซึมแบบต่างๆ	12
รูปที่ 2.8 การวัดอัตราการซึมแบบประหยัด	13
รูปที่ 2.9 ถังวัดอัตราการซึมน้ำของบริษัท ELE International	13
รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านผิวดินกับเวลาเมื่อนำมาเขียนในกระดาษกราฟแบบธรรมดา	14
รูปที่ 2.11 กราฟเส้นตรงของสมการ $y = mx + c$	15
รูปที่ 2.12 ความชื้นที่ระยะเวลาต่างกัน	21
รูปที่ 3.1 โครงสร้างชุดทดสอบคุณภาพดิน	24
รูปที่ 3.2 ชุดจ่ายน้ำ	24
รูปที่ 3.3 สปริงเกอร์	25
รูปที่ 3.4 กระบะดิน	25
รูปที่ 3.5 ชุดทดสอบคุณสมบัติของดิน	25
รูปที่ 3.6 ดินทราย ดินร่วน และ ดินเหนียว	26
รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดอัตราการซึมน้ำผ่านดิน	26
รูปที่ 3.8 ตู้อบ	26
รูปที่ 3.9 เครื่องชั่งดิจิตอล	27
รูปที่ 3.10 mesh box	27
รูปที่ 3.11 ถ้วยใส่ดิน	27
รูปที่ 4.1 แสดงการทดลองวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินลงไปดินนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า	28

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
รูปที่ 4.2 การวัดระดับถึงวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยใช้ปรอทวัดระดับ	28
รูปที่ 4.3 ตลับเมตรและปรอทวัดระดับ	29
รูปที่ 4.4 เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินเมื่อติดตั้งเสร็จ	29
รูปที่ 4.5 เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินหลังเติมน้ำ	30
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน ดินร่วน และดินเหนียวที่ปล่อยตกลงกระดาศธรรมชาติ	32
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน ดินร่วน และดินเหนียวที่ปล่อยตกลงกระดาศถ้อยกริซึม	33
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมน้ำผ่านดินกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน ดินร่วน และดินเหนียวที่เขียนลงกระดาศกราฟธรรมชาติ	35
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมน้ำผ่านดินกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน ดินร่วน และดินเหนียวที่ปล่อยตกลงกระดาศถ้อยกริซึม	36
รูปที่ 4.10 นำดินใส่กระดาศทดลอง	37
รูปที่ 4.11 แสดงการต่อสายอย่างเข้ากับชุดทดสอบ	38
รูปที่ 4.12 แสดงการจ่ายน้ำของชุดทดสอบ	38
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างดินก่อนการให้น้ำ (ซ้าย) ตัวอย่างดินหลังการให้น้ำ (ขวา)	39
รูปที่ 4.14 นำตัวอย่างดินที่เก็บจากกระดาศทดลองเข้าเตาอบ	39
รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับวันที่บันทึกผลของดินทราย	40
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับวันที่บันทึกผลของดินร่วน	40
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับวันที่บันทึกผลของดินทราย	41
รูปที่ 4.18 แสดงการเตรียมดินและวางกระดาศดวง	42
รูปที่ 4.19 แสดงการติดตั้งชุดทดสอบคุณสมบัติของดินที่พร้อมใช้งาน	43
รูปที่ 4.20 แสดงการจ่ายน้ำของชุดทดสอบ	43
รูปที่ 4.21 การนำ Mesh Box และตลับเมตรวัดหน้าดินที่เหลือ	44
รูปที่ 4.22 กราฟจำลองผิวดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/ hr ของดินทราย	44
รูปที่ 4.23 กราฟจำลองผิวดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/ hr ของดินทราย	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพ	หน้า
รูปที่ 4.24 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/ hr ของดินทราย	45
รูปที่ 4.25 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/ hr ของดินทราย	46
รูปที่ 4.26 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/ hr ของดินร่วน	46
รูปที่ 4.27 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/ hr ของดินร่วน	47
รูปที่ 4.28 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/ hr ของดินร่วน	47
รูปที่ 4.29 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/ hr ของดินร่วน	48
รูปที่ 4.30 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/ hr ของดินเหนียว	48
รูปที่ 4.31 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/ hr ของดินเหนียว	49
รูปที่ 4.32 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/ hr ของดินเหนียว	49
รูปที่ 4.33 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/ hr ของดินเหนียว	50
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาในดิน 3 ชนิด	51
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาในดิน 3 ชนิด	52
รูปที่ 5.3 กราฟเส้นตรงของสมการความลึกสะสมและอัตราการซึมน้ำผ่านดินของดินทรายปนดินร่วน	52
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินทั้งสามชนิด	53
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่าความลึกสะสมของดินทราย	54
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงค่าความลึกสะสมของดินร่วน	54
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงค่าความลึกสะสมของดินเหนียว	55
รูปที่ 5.8 แผนภูมิเปรียบเทียบความลึกสะสมของดินแต่ละชนิด	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าปัจจัยรวม LS Factor ของชั้นความลาดชัน	19
ตารางที่ 2.2 ตารางจัดชั้นความรุนแรงการสูญเสียดิน	19
ตารางที่ 2.3 แสดงความสามารถในการอุ้มน้ำของดินชนิดต่างๆ	21
ตารางที่ 4.1 สรุปสมการความสึกสละและอัตราการซึมของน้ำผ่านดินของดินแต่ละชนิด	37
ตารางที่ ก.1 ตารางข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน	58
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน	59
ตารางที่ ก.3 ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน	60
ตารางที่ ก.4 ตารางบันทึกผลของดินร่วน	61
ตารางที่ ก.5 บันทึกผลของดินทราย	62
ตารางที่ ก.6 ตารางบันทึกผลของดินเหนียว	63
ตารางที่ ก.7 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินทราย	64
ตารางที่ ก.8 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินทราย	67
ตารางที่ ก.9 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินทราย	70
ตารางที่ ก.10 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินทราย	73
ตารางที่ ก.11 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินร่วน	76
ตารางที่ ก.12 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินร่วน	79
ตารางที่ ก.13 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินร่วน	82
ตารางที่ ก.14 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินร่วน	85
ตารางที่ ก.15 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินเหนียว	88
ตารางที่ ก.16 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินเหนียว	91
ตารางที่ ก.17 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินเหนียว	94
ตารางที่ ก.18 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินเหนียว	97
ตารางที่ ก.19 ค่าความสึกสละของดินทราย	100
ตารางที่ ก.20 ค่าความสึกสละของดินร่วน	100
ตารางที่ ก.21 ค่าความสึกสละของดินเหนียว	101
ตารางที่ ก.22 ตารางเปรียบเทียบค่าความสึกสละของดินทั้ง 3 ชนิด	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

ดินในแต่ละพื้นที่ย่อมมีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดและโครงสร้างของดิน เมื่อดินได้รับน้ำ ปริมาณน้ำจะส่งผลกระทบต่อดินหลายด้าน ซึ่งในที่นี้จะศึกษาผลกระทบของปริมาณที่มีต่อดินชนิดต่างๆ เกี่ยวกับ อัตราการซึมผ่านของดิน การพังทลายของดิน และค่าความชื้นในดิน เช่น Field Capacity

ผลกระทบต่างๆของปริมาณน้ำ ดังที่กล่าวมาข้างต้น จะมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของดินในแต่ละพื้นที่ เพราะดินแต่ละชนิดนั้นมีเนื้อดินและโครงสร้างแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องศึกษาหาค่าต่างๆทางคุณสมบัติของดินเช่น 1) อัตราการไหลซึมผ่านของดิน 2) การพังทลายของดิน 3) การหาค่าความชื้น เช่น ค่า Field Capacity ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเตรียมดิน การเพาะปลูก และการชลประทาน

สำหรับโครงการนี้เป็นการออกแบบชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดินชนิดต่างๆ โดยมีอุปกรณ์จ่ายน้ำที่สามารถจำลองการให้น้ำพืชเพื่อที่จะศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น และสามารถนำชุดทดสอบไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษา และ ออกแบบชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน

1.2.2 ศึกษาอัตราการซึมผ่านของดิน การชะล้างพังทลาย และค่าความชื้นหลังการให้น้ำในดินชนิดต่างๆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาผลกระทบของการให้น้ำพืชที่มีต่อดินชนิดตัวอย่างดังนี้

- ดินเหนียว
- ดินทราย
- ดินร่วน

1.3.2 ออกแบบชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน ทำการทดลองหาอัตราการซึมผ่านของดิน อัตราการชะล้างพังทลายของดิน และความชื้นในดิน ได้แก่ค่าความชื้นที่ Field Capacity

1.3.3 เก็บข้อมูลการทดสอบ และประเมินผลหลังการให้น้ำที่มีต่อดินชนิดต่างๆ

1.3.4 วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดสอบ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 การออกแบบและสร้างชุดทดสอบคุณสมบัติของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 ทดลองและศึกษาผลกระทบจากการให้น้ำที่มีต่อดินชนิดต่างๆ

1.4.3 เก็บข้อมูลการทดลอง และประเมินผล

1.4.4 วิเคราะห์ข้อมูล และ สรุปผลการทดลอง

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน

1.5.2 ทราบคุณสมบัติต่างๆของดินแต่ละชนิด

1.5.3 เพื่อใช้ข้อมูลให้เป็นประโยชน์ในการเตรียมดิน , การเพาะปลูก และการให้น้ำพืช

1.5.4 ผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาผลผลิตในการเกษตรได้ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎี และ หลักการ

2.1 เนื้อดินและโครงสร้างของดิน

ดิน (Soil) คือ วัสดุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บางๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่ และอินทรีย์วัตถุผสมคลุกเคล้ากัน โดยมีส่วนประกอบดังนี้

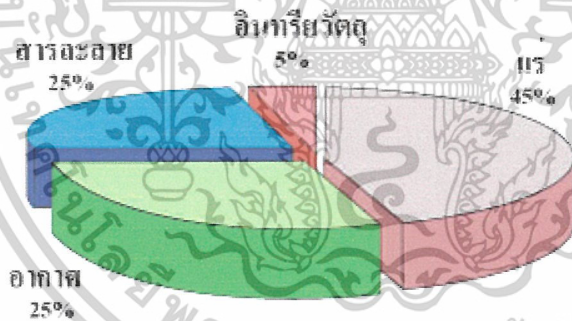
อินทรีย์วัตถุ (Mineral matter) ได้แก่ส่วนของแร่ต่างๆ ภายในดินซึ่งผุพังสักร่อนเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย โดยทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวเคมี

อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ได้แก่ส่วนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังหรือสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกัน มีอยู่ประมาณ

น้ำ ในสารละลายซึ่งพบอยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน (Aggregate) หรืออนุภาคดิน (Particle)

อากาศ อยู่ในที่ว่างระหว่างเม็ดดินหรืออนุภาคดิน ก๊าซส่วนใหญ่ที่พบทั่วไปในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

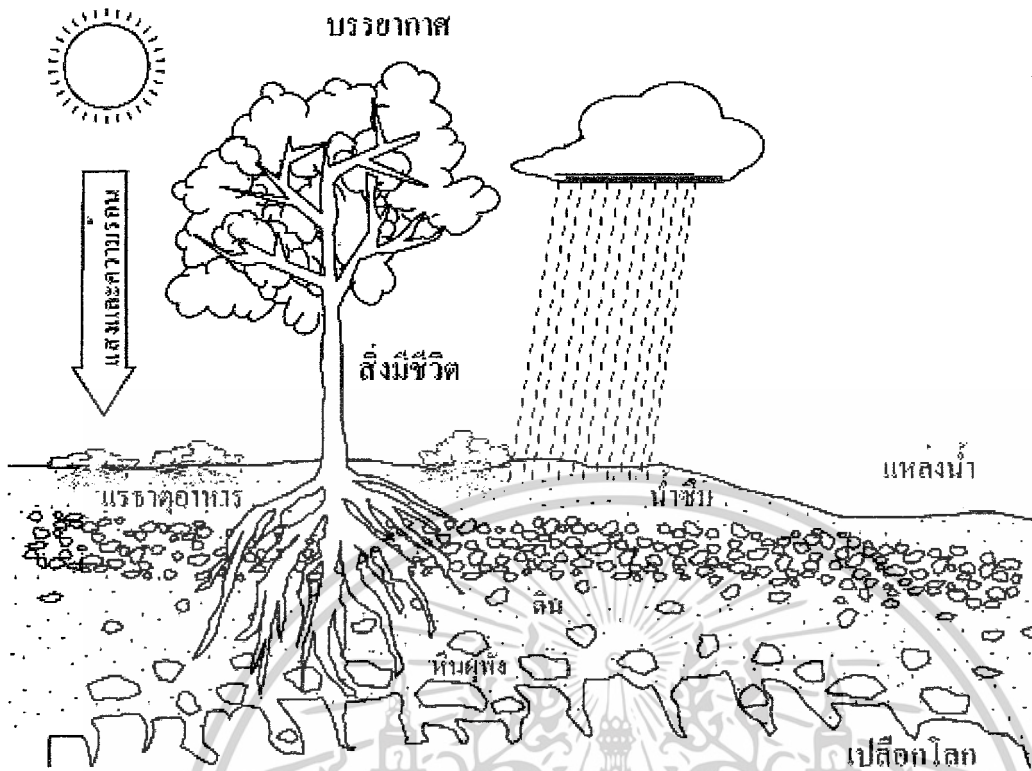
ปริมาณของแต่ละส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก โดยทั่วไปจะมีแร่ 45% อินทรีย์วัตถุ 5% น้ำ 25% และอากาศ 25% ดังภาพที่ 1



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของดิน

แม้ว่าเราจะเห็นว่าไม่มีดินอยู่โดยทั่วไป ทว่าความจริงดินมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบสัดส่วนปริมาณกับหินที่อยู่บนเปลือกโลก แต่กระนั้นดินก็มีความสำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก ดินตรึงธาตุไนโตรเจนและคาร์บอนจากบรรยากาศมาสร้างธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิต ในเวลาเดียวกันสิ่งมีชีวิตเองก็ทำให้หินผุพังกลายเป็นดิน จะเห็นได้ว่า ดิน สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม มีอิทธิพลซึ่งกันและกันเป็นอย่างมาก ดังที่แสดงใน รูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อดิน

ดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา คุณสมบัติบางประการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น อุณหภูมิ และปริมาณน้ำ (ทุกนาทีก) ในขณะที่คุณสมบัติบางประการเปลี่ยนแปลงช้ามาก เช่น ชนิดของแร่ (อาจต้องใช้เวลานานร้อยหรือพันปี) คุณสมบัติของดินจะเป็นอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. วัตถุดินกำเนิดดิน ดินจะเป็นอย่างไรขึ้นกับวัตถุดินกำเนิดดิน ได้แก่ หินพื้น (Parent rock)

อินทรีย์วัตถุ ผิวดินดั้งเดิม หรือชั้นหินตะกอนที่เกิดจากการพัดพาของน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง ภูเขาไฟ หรือวัตถุที่เคลื่อนที่ลงมาจากพื้นที่ลาดชัน

2. สภาพภูมิอากาศ ความร้อน ฝน น้ำแข็ง หิมะ ลม แสงแดด และแรงกระทบจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งทำให้วัตถุดินกำเนิดผุพัง แตกหัก และมีผลต่อกระบวนการเกิดดินว่า จะเกิดเร็วหรือช้า

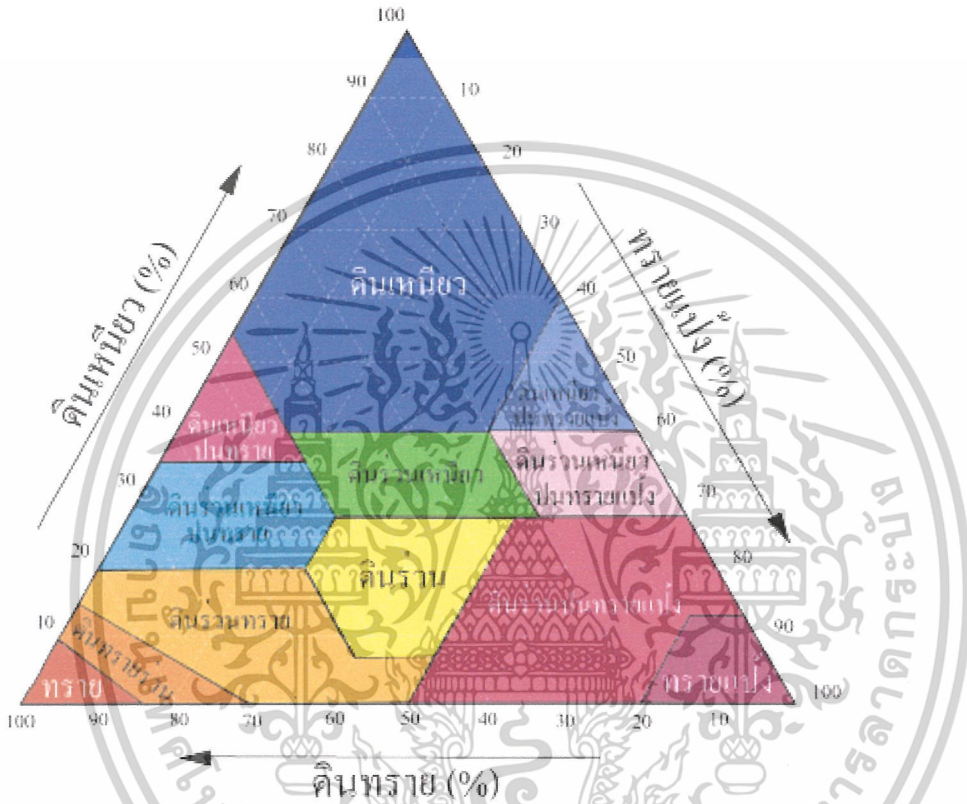
3. สิ่งมีชีวิต พืชและสัตว์ทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในดินหรือบนดิน (รวมถึงจุลินทรีย์ และมนุษย์) ปริมาณน้ำและธาตุอาหารที่พืชต้องการมีผลต่อการเกิดดิน สัตว์ที่อาศัยอยู่ในดินจะช่วยย่อยสลายของเสียและช่วยเคลื่อนย้ายวัตถุต่างๆ ไปตามหน้าตัดดิน ซากพืชและสัตว์ที่ตายแล้วจะกลายเป็นอินทรีย์วัตถุ ซึ่งทำให้ดินสมบูรณ์ขึ้น การใช้ที่ดินของมนุษย์ก็มีผลต่อการสร้างดินด้วยเช่นกัน

4. ภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศจะมีผลต่อดินอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดินตามลักษณะภูมิประเทศเช่น ดินที่เชิงเขาจะมีความชื้นมากกว่าดินในบริเวณพื้นที่ลาด และพื้นที่ที่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงจะทำให้ดินแห้งเร็วขึ้น

5. เวลา ปัจจัยข้างต้นทั้งหมดเกี่ยวข้องกับเวลา เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปการพัฒนาของชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักปฐพีวิทยาแบ่งดินออกเป็น 12 ชนิด โดยการศึกษาสัดส่วนการกระจายอนุภาคของดินตามรูปที่ 6 เช่น ดินทรายร่วนประกอบด้วยอนุภาคทราย 80%, อนุภาคทรายแป้ง 10%, อนุภาคดินเหนียว 10% ดินร่วนประกอบด้วยอนุภาคทราย 40%, อนุภาคทรายแป้ง 40%, อนุภาคดินเหนียว 20% ดินเหนียวประกอบด้วยอนุภาคทราย 20%, อนุภาคทรายแป้ง 20%, อนุภาคดินเหนียว 60%



รูปที่ 2.3 สัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคดิน

2.2 การไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน

ในการชลประทานเกือบทุกประเภท เราให้น้ำแก่พืชทางผิวดินและให้น้ำไหลซึมเข้าไปเก็บไว้ในดินเพื่อที่พืชจะนำไปใช้ในภายหลัง ดังนั้นลักษณะการไหลซึมของน้ำเข้าไปในดินจึงเป็นสิ่งที่ควรจะทำให้ความเข้าใจไว้

2.2.1 น้ำในดินและชนิดของน้ำในดิน

การที่พืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่มีน้ำ พืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้มากพอตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบว่า ดินชนิดหนึ่งๆ นั้นมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยเพียงไรพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงเท่าไร ตลอดจนจะต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินอย่างไร และจะให้ น้ำแก่ดิน เพื่อให้ดินนั้นมีความชื้นพอเหมาะอย่างไร

การเรียงตัวของเม็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำก็จะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของเอกสารินเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินกับโมเลกุลของน้ำ(Adhesive force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่า แรงดูดซับ (Capillary force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่าดินนั้นอิ่มน้ำ(Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาตรสูงสุดที่ดินจะเก็บกักเอาไว้ได้ ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ เนื่องจากว่าสสารทุกอย่างที่อยู่บนผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำที่อยู่ตรงกลางของช่องว่างกับเม็ดดินจะน้อยกว่าในช่องที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและน้ำต่อดินน้อยกว่าว่าแรงดึงดูดของโลก น้ำก็จะไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า น้ำในดินที่ไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำอิสระ (Gravitational Water หรือ Free Water) เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะระบายออกโดยใช้เวลา 2-3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี น้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำในช่องว่างที่มีขนาดเล็กดังกล่าวนี้นี้ เรียกว่า น้ำซับ (Capillary Water) ซึ่งมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ช้ากว่าน้ำอิสระ และจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้ โดยเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอ

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดินและจากที่พืชดูดเอาไปใช้จะทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่า แรงที่น้ำหรือความชื้นจับยึดติดแน่นเป็นแผ่นบางๆรอบเม็ดดินจะมากจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดเอาไปใช้ได้ พืชก็จะเหี่ยวเฉา และถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืช ในตอนนี้แล้ว เรียกว่า น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water)

หลังจากที่น้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้ว ความชื้นในดินก็จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะน้ำที่เหลืออยู่มีการเคลื่อนที่ช้ามาก ปริมาณความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปหมดแล้วนี้เรียกว่า เป็นความชื้นที่ Field Capacity

จำนวนความชื้นที่ Field Capacity นี้ไม่อาจหาเป็นค่าตัวเลขที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่ายังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำซับอยู่ตลอดเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นไม่มากนัก ในทางปฏิบัติมักจะถือว่า ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี ปริมาณความชื้นหลังจากที่มีฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นที่ Field Capacity

ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ให้เพียงพอสำหรับการคายน้ำและพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เรียกว่าเป็นความชื้นที่ จุดเหี่ยวเฉาถาวร(Permanent Wilting Point)

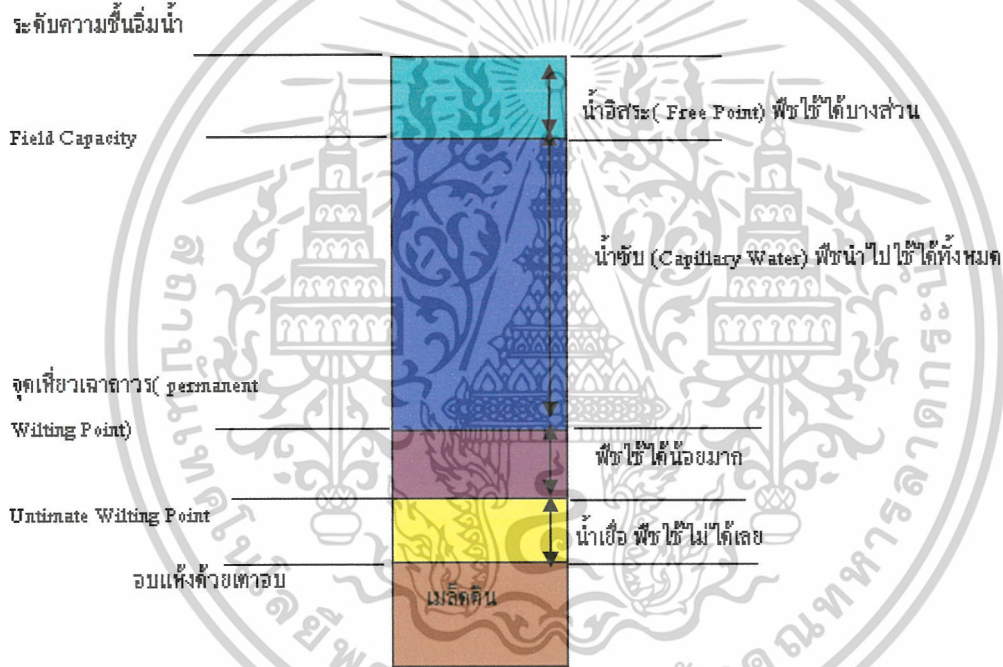
อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้ง ก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เช่น ตอนกลางวันที่มีอากาศร้อนจัด ความชื้นของอากาศต่ำ ลมแรง พืชมีใบกว้าง ลักษณะของอากาศและพืชเช่นที่ว่ามันจะทำให้พืชมีการสูญเสียน้ำโดยการคายออกทางใบมาก และเมื่ออัตราการที่พืชดูดน้ำจากดินน้อยกว่าที่คายออกทางใบ พืชก็จะเหี่ยวเฉาถึงแม้ว่าขณะนั้นดินจะมีความชุ่มชื้นอยู่มากก็ตาม แต่เมื่ออากาศเย็นลง พืชก็จะสดชื่นตามเดิม จะเห็นได้ว่า อาการเหี่ยวเฉาของพืชไม่จำเป็นที่จะเป็นการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรหรือชั่วคราวหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความลึกและการแผ่กระจายของราก จำนวนความชื้นในดิน ตลอดจนความสามารถของดินที่จะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ เราถือว่าพืชมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร ถ้าหากว่าน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญาติเห็นไปไซประเขยขนดานการค้ำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชที่เฉาขึ้นไปไว้ในห้องที่มีอากาศเย็นและมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 100% ซึ่งพืชจะมีการสูญเสียให้น้อยมาก หรือไม่มีการสูญเสียเลย แล้วพืชนั้นยังไม่สดขึ้น

หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดที่เหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชอาจยังดูดความชื้นจากดินได้อีก ถึงแม้ว่าจะเป็นปริมาณไม่มากนักก็ตาม กล่าวคือความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชเจริญเติบโตขึ้น แต่จะสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตพืชให้อยู่ต่อไปได้อีกช่วงสั้นๆ ช่วงเวลาหนึ่งจนกว่าจะได้รับน้ำมาเพิ่มเติม ถ้าหากไม่ให้ น้ำแก่พืชน้ำในดินก็จะเหลือแต่น้ำเยื่อ ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้และจะตายไปในที่สุดความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้เรียกว่า เป็นความชื้นที่ Ultimate Wilting Point ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉาถาวร ถึง Ultimate Wilting Point เรียกว่า Wilting Range ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉาจากใบที่แก่ที่สุด จนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อความชื้นในดินถึง Ultimate Wilting Point น้ำในดิน และระดับความชื้นของดินที่จุดต่างๆ ดังรูป 2.1



รูปที่ 2.4 น้ำในดิน และระดับความชื้นของดินที่จุดต่างๆ

2.2.2 ลักษณะการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน

การหาทิศทางการไหลของน้ำในดินนั้นเป็นเรื่องค่อนข้างยุ่งยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินนั้นไม่อิ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำที่ไหลนั้นอาจจะอยู่ในสภาพของเหลวหรือไอน้ำ และแรงที่ทำให้เกิดการไหลอาจจะเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซึบ หรือเนื่องมาจากความร้อนก็ได้ กล่าวคือแรงดึงดูดของโลกจะทำให้ให้น้ำไหลลงในแนวตั้ง แรงดูดซึบทำให้น้ำไหลในช่องว่างเม็ดดินในทิศทางใดก็ได้และความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอและแพร่กระจายผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

การไหลซึมของน้ำมีอยู่ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ การซึมลงเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

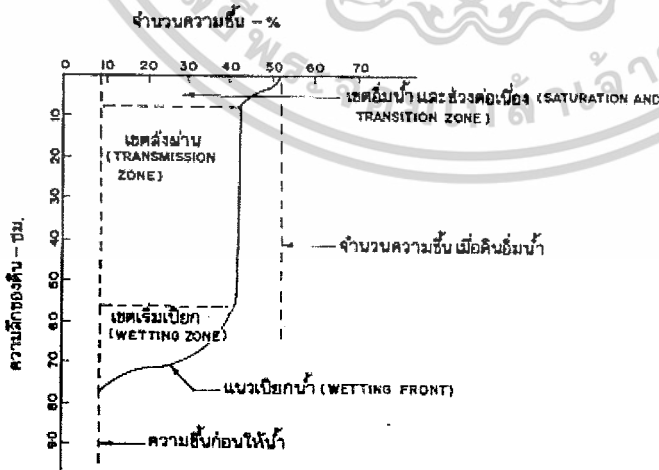
1. การซึมผ่านผิวดิน(Infiltration) คือการที่น้ำไหลซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน รอยแตกระแหง และรูโพรงที่เกิดจากการเนาผุของรากพืชหรือที่เกิดจากการเตรียมดิน
2. การซึมในดิน(Percolation) คือการที่น้ำไหลซึมมาแล้วมันจะไหลต่อไปด้วยแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับ และจากความกดดันของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน หรือการไหลซึมของน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดินที่เกิดขึ้นจากแรงดึงดูดของโลกและความกดดันของน้ำในขณะที่ให้น้ำ หรือการไหลซึมของน้ำที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลกเพียงอย่างเดียว

การซึมผ่านผิวดินและการซึมในดินมีอิทธิพลต่อการให้น้ำแก่พืชมาก กล่าวคืออัตราที่น้ำซึมผ่านผิวดินเข้าไปในดิน จะมีผลต่อปริมาณน้ำที่ซึมเข้าไปเก็บไว้ในดินในขณะที่ให้น้ำ อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน จะมีผลต่อการแผ่กระจายของน้ำในดินและที่สูญเสียไปโดยการไหลซึมเลยเขตรากพืช(Deep percolation) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพืชแต่ละชนิดที่ต้องการน้ำ โดยที่เขตรากพืชของพืชแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน

2.2.3 การไหลซึมของน้ำ

จากการทดลองให้น้ำไหลลงไปดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอจนตลอดความลึกปรากฏว่าเราอาจแบ่งดินในขณะที่มีน้ำไหลซึมลงไปออกเป็นส่วนๆตามลักษณะการไหลซึมและจำนวนความชื้นได้เป็น

1. เขตอิมน้ำและช่วงต่อเนื่อง (Saturation and Transition Zone) คือ ส่วนที่เป็นชั้นดินบางๆตอนผิวบนของดินซึ่งสัมผัสกับน้ำ
2. เขตส่งผ่าน (Transmission Zone) คือ ส่วนที่เป็นตัวนำน้ำจากบริเวณที่ให้น้ำไปสู่บริเวณที่แห้งกว่า
3. เขตเริ่มเปียก (Wetting Zone) คือ ส่วนที่ได้รับน้ำจากเขตส่งผ่าน ความชื้นในดินส่วนนี้จะอยู่ระหว่างความชื้นของดินเดิมและความชื้นของดินในเขตส่งผ่าน
4. แนวเปียกน้ำ (Wetting Font) คือ แนวเขตที่ความชื้นในเขตเริ่มเปียกแผ่ไปถึง แนวเปียกน้ำนี้จะมองเห็นได้ชัดถ้าดินเดิมนั้นแห้งมาก



รูปที่ 2.5 เขตอิมน้ำและช่วงต่อเนื่อง เขตส่งผ่าน เขตเริ่มเปียก และแนวเปียกน้ำในขณะที่ให้น้ำจากผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการให้น้ำไหลซึมจากผิวดินเข้าไปในดิน จะพบว่าเราไม่สามารถทำให้ดินนั้นอิ่มน้ำตลอดความลึกของชั้นดินได้ ทั้งนี้เพราะยังมีฟองอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดินซึ่งน้ำไม่สามารถเข้าไปแทนที่ได้ติดอยู่ ยกเว้นในชั้นบางๆตอนบนผิวดิน ซึ่งฟองอากาศสามารถหลุดออกไปสู่บรรยากาศได้ง่าย ดังนั้นจะมีดินอิ่มน้ำอยู่ชั้นบางๆตอนบนผิวดิน และคามชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วเท่ากับความชื้นในเขตส่งผ่านชั้นดินบางๆ จากผิวดินลงมาถึงชั้นดินที่เป็นเขตส่งผ่านนี้เรียกว่า เขตอิมมูน้ำและช่วงต่อเนื่อง

ในส่วนที่เรียกว่าเขตส่งผ่านนั้น จำนวนความชื้นของดินจะมีค่าเท่ากับตลอดไม่ว่าน้ำจะมีทิศทางไหลไปทางใด จากการทดลองพบว่าดินในส่วนนี้จะมีน้ำขังอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรช่องว่างระหว่างเม็ดดิน หรือจะมีความอิ่มตัว (Degree of Saturation) เท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ (ดินที่อิ่มน้ำมีความอิ่มตัว 100 เปอร์เซ็นต์) และเนื่องจากว่าดินมีความชื้นเท่ากันตลอด แรงดึงดูดความชื้นที่จุดสองจุดในเขตส่งผ่านจึงเท่ากันด้วย ดังนั้นแรงที่ทำให้เกิดการไหลของน้ำในดินส่วนนี้จึงมีแรงดึงดูดของโลกและความกดดันของน้ำที่ขังบนผิวดินเท่านั้น ถ้าหากความกดดันของน้ำมีค่าคงที่ อัตราที่น้ำไหลผ่านดินในเขตส่งผ่านจะมีค่าคงที่ด้วย

ความชื้นของดินในเขตเริ่มเปียกตอนบนจะมีค่าใกล้เคียงกับความชื้นของดินในเขตส่งผ่านและจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าไปใกล้แนวเปียกน้ำ และเนื่องจากว่าความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ขึ้นอยู่กับจำนวนความชื้นในดิน ดังนั้นจะพบว่า แนวเปียกน้ำเคลื่อนที่ในดินชั้นใต้เร็วกว่าในดินแห้ง

จากการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของน้ำในแนวเปียกน้ำ ปรากฏว่า ถ้าความชื้นของดินเดิมมีค่าคงที่แล้วพลังงานที่ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำในดินชนิดเดียวกันจะมีค่าคงที่ด้วย ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าจะต้องใช้แรงทำให้น้ำเคลื่อนที่ในดินแห้งมากกว่าในดินเปียก หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า เนื่องจากดินแห้งมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ พลังงานที่สูญเสียไปในการให้น้ำเคลื่อนที่ต่อหนึ่งหน่วยระยะทางจึงมีค่ามากและเป็นผลให้น้ำซึมลงไปดินแห้งได้ดีกว่าในดินเปียก

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

1. ความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนดิน ความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนดินจะก่อให้เกิดแรงดันให้น้ำไหลซึมลงไปดิน ถ้าน้ำขังอยู่บนผิวดินมาก จะก่อให้เกิดแรงดันมาก น้ำจะไหลซึมผ่านผิวดินไปได้อย่างรวดเร็ว ถ้าความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดินน้อย แรงดันก็จะน้อย น้ำจะซึมลงไปดินได้ช้า

2. โครงสร้างของดิน ดินเนื้อละเอียดซึ่งมีความพรุนสูงแต่มีขนาดช่องเล็กเป็นส่วนใหญ่จะมีการระบายน้ำและอากาศเหลว ความสามารถการระบายน้ำและอากาศของดินเนื้อละเอียด รวมทั้งการกระจายของรากพืชอาจปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ถ้าหากอนุภาคของดินเหล่านี้จับตัวกันเป็นเม็ดหรือเกิดเม็ดดิน

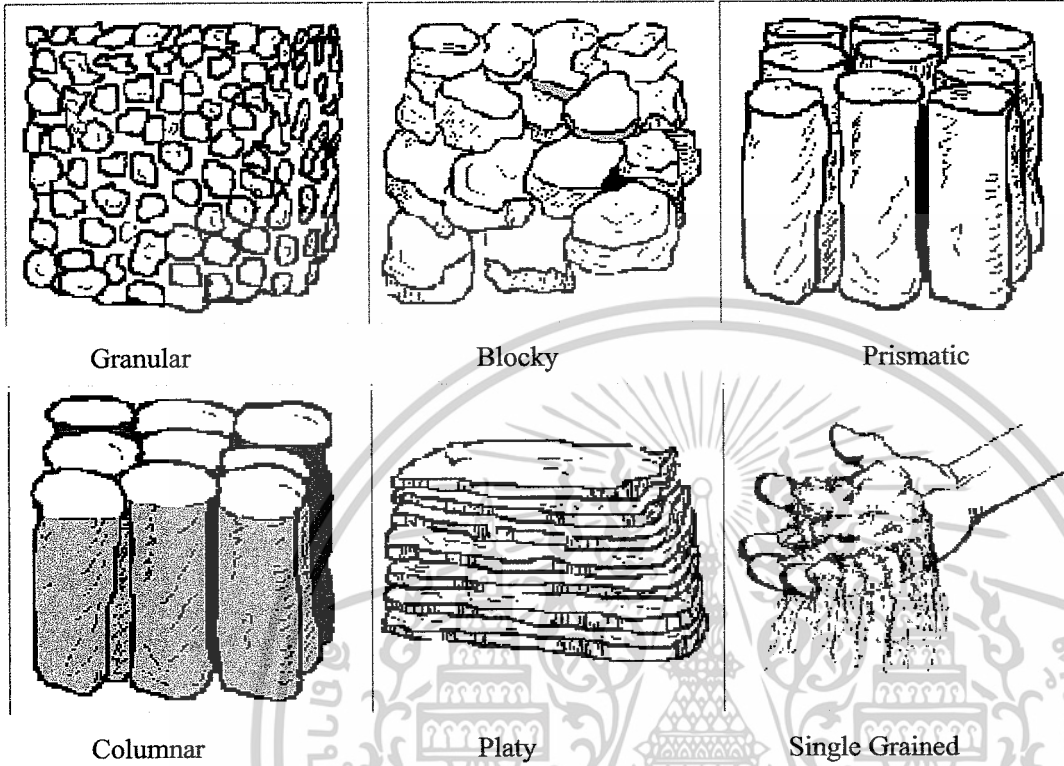
(Aggregation) ทั้งนี้เพราะการจับตัวเป็นเม็ดทำให้

1. เกิดช่องขนาดใหญ่ระหว่างเม็ดดิน ช่วยในการระบายน้ำและอากาศ

2. ความแข็งของมวลดินลดลง เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินมีค่าต่ำกว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเดี่ยวภายในเม็ดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเหตุดังกล่าว การส่งผ่านน้ำและอากาศในดินเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างจะดำเนินไปได้ดีโดยอาศัยช่องขนาดใหญ่ ในขณะที่ความสามารถในการอุ้มน้ำยังคงมีค่าสูง และการกระจายของรากเป็นไปได้ง่ายเพราะดินมีความแข็งน้อยลง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงสร้างของดิน ดังจะอธิบายดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.6 ประเภทต่างๆ ของโครงสร้างดิน

1. โครงสร้างดินก้อนกลม (Granular หรือ Crumb structure) รูปร่างคล้ายทรงกลม ขนาดเม็ดดินค่อนข้างเล็ก คือ 1 - 10 มม. ลักษณะค่อนข้างกลม โครงสร้างประเภท Granular จะมีความพรุนภายในเม็ดดินน้อยส่วน 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 (Sub angular blocky) โครงสร้างประเภทนี้เมื่อเรียงตัวเป็นหน้าตัดดินจะมีสภาพให้น้ำและอากาศซึมได้ รวมทั้งการกระจายของรากอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

3. โครงสร้างแบบแผ่น (Platy structure) รูปร่างเป็นแผ่น โครงสร้างประเภทนี้มักพบในดินที่มีการอัดตัว (Compaction) โดยเครื่องจักรกลเกษตร ลักษณะโครงสร้างคล้ายแผ่นเรียงตัวในแนวระนาบ และมักจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ้อนเหลื่อมเป็นชั้นๆ ดังแสดงในรูป 2.3 การเรียงตัวเช่นนี้จะขัดขวางการไหลซึมของน้ำ และการระบายอากาศ รวมทั้งการกระจายของราก

4. โครงสร้างแบบแท่ง (Prism – like structure) รูปร่างเป็นแท่ง หน่วยโครงสร้างมักมีขนาดใหญ่ คือ มีความยาว 10 – 100 มม. เรียงตัวกันในแนวตั้ง ถ้าหน้าตัดของหน่วยโครงสร้างแบนราบจะให้ชื่อว่าแบบแท่งหัวเหลี่ยม (Prismatic) แต่ถ้าหน้าตัดมีลักษณะโค้งมน จะให้ชื่อว่าแบบแท่งหัวมน (Column) โครงสร้างประเภท Prismatic มีสภาพให้น้ำซึมได้ปานกลาง ส่วนโครงสร้างประเภท columnar มีสภาพให้น้ำซึมผ่านได้ค่อนข้างต่ำ

3. เนื้อดิน เนื้อดินแต่ละชนิดมีผลทำให้อัตราการซึมน้ำแตกต่างกันดังจะอธิบายต่อไป

1. ทราย (Sand) เป็นเม็ดเล็กๆของแร่ Quartz หรือ Feldspar ที่สลายตัวผุพังจากหินต้นกำเนิด มีขนาดโตมองเห็นด้วยตาเปล่า สัมผัสทรายมือ ร่วน ไม่เกาะกันเป็นเม็ดดิน ถ้าไม่มีอนุภาคกลุ่มขนาดอื่นๆ อยู่ด้วยจะปรากฏตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว เม็ดทรายเมื่อเรียงตัวกันจะเกิดช่องขนาดใหญ่ การระบายน้ำและการระบายอากาศดี แต่มีความสามารถอุ้มน้ำต่ำ กลุ่มอนุภาคทรายมีเนื้อที่ผิวจำเพาะน้อย จึงมีพื้นที่ผิวสำหรับดูดซับสารต่างๆและธาตุอาหารน้อย

2. ตะกอนทรายหรือทรายแป้ง (Silt) เป็นกลุ่มอนุภาคขนาดปานกลาง มีองค์ประกอบทางแร่เหมือนกลุ่มขนาดทราย อนุภาคมีขนาดเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เหลี่ยมมุมของอนุภาคมีน้อยสัมผัสกันมีคล้ายแป้ง ร่วน ไม่เกาะกันเป็นเม็ดดิน เหมือนทราย ทรายแป้งเมื่อรวมตัวกันเป็นก้อนดินจะเกิดช่องขนาดเหมาะสมที่จะอุ้มน้ำไว้ และพืชสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำในช่องนี้ได้เป็นส่วนใหญ่

3. ดินเหนียว (Clay) กลุ่มอนุภาคดินเหนียว มักหมายถึง Secondary minerals ที่สังเคราะห์ขึ้นจากแร่ดั้งเดิม ที่สลายตัวผุพังและทับถมอยู่ในดิน เป็นกลุ่มอนุภาคขนาดเล็กที่สุด มองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดธรรมดา อนุภาคมีลักษณะเป็นแผ่นของสารประกอบที่เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ สัมผัสเมื่อแห้งจะแข็งกระด้าง สากมือคล้ายเม็ดทราย แต่ถ้าเปียกจะเหนียวลื่นและเกาะติดนิ้ว อนุภาคดินเหนียวเกาะยึดกันเองหรือมีความเชื่อมแน่นได้ดีเมื่อแห้ง เกาะยึดสารอื่นได้ดีเมื่อเปียก เนื่องจากมีเนื้อที่ผิวจำเพาะสูง เมื่อแห้งจึงเกาะกันเป็นก้อนแข็ง เมื่อชื้นพอเหมาะสามารถปั้นเป็นรูปต่างๆ ได้ เมื่อดินเปียกน้ำจะเกาะยึดอุปกรณ์ไถพรวนได้แน่น ดินเหนียวไม่ปรากฏตัวเป็นอนุภาคเดี่ยว แต่จะเกาะกันเป็นกลุ่มก้อน ดินเหนียวบางชนิดสามารถพองตัว เมื่อได้รับน้ำและหดตัวเมื่อสูญเสียอนุภาคดินเหนียวเมื่อเรียงตัวกันเป็นก้อนดินจะเกิดช่องระหว่างอนุภาคที่มีขนาดเล็ก และมีปริมาตรรวมของช่องมาก มีความพรุนสูง จึงอุ้มน้ำได้มาก แต่รากพืชดูดน้ำจากช่องเหล่านั้นได้น้อยเนื่องจากมีแรงดึงน้ำสูง ดินเหนียวมีการระบายน้ำและระบายอากาศเลว เนื่องจากดินเหนียวมีเนื้อที่ผิวมาก และอนุภาคไม่เป็นกลาง อนุภาคดินเหนียวจึงดูดซับสารต่างๆได้ดี เช่น น้ำ และ ธาตุอาหาร พืช ดินเหนียวส่วนมากจึงเป็นดินอุดมสมบูรณ์

4. อุณหภูมิของน้ำและดิน เนื่องจากอุณหภูมิทำให้เกิดความร้อนขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำและดินทำให้เกิดความร้อนที่อยู่ในน้ำและดิน โดยที่ความร้อนทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ ขณะที่ไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

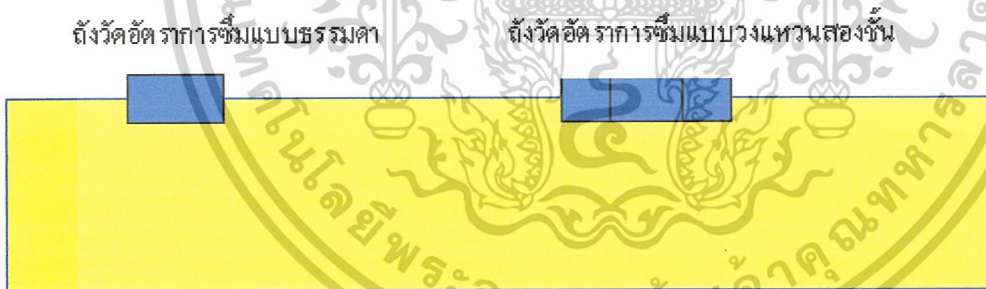
แพร่กระจายผ่านดินตอนผิวดิน มันอาจจะกลั่นตัวเป็นน้ำและขังอยู่ในดิน หรือไหลออกมาสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำก็ได้ ขณะที่น้ำระเหยจากผิวดินมากขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำในลักษณะดังกล่าวก็จะหมดไป

นอกจากนั้นใน 1 วัน ณ ช่วงเวลาต่างๆ ก็จะมีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยตอนเช้าและตอนเย็นอุณหภูมิจจะมีค่าต่ำกว่าตอนกลางวัน ทำให้อัตราการซึมของน้ำตอนกลางวันสูงกว่าตอนเช้าและตอนเย็น

5. **ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำพืช** ถ้าดินแห้งมากหรือมีความชื้นน้อย ก่อนการให้น้ำดินจะมีแรงดึงความชื้นสูง น้ำจะถูกดูดซึมผ่านผิวดินไปอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าดินมีความชื้นสูงมาก ก่อนการให้น้ำแรงดึงความชื้นของดินจะต่ำ อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดินจะลดลง

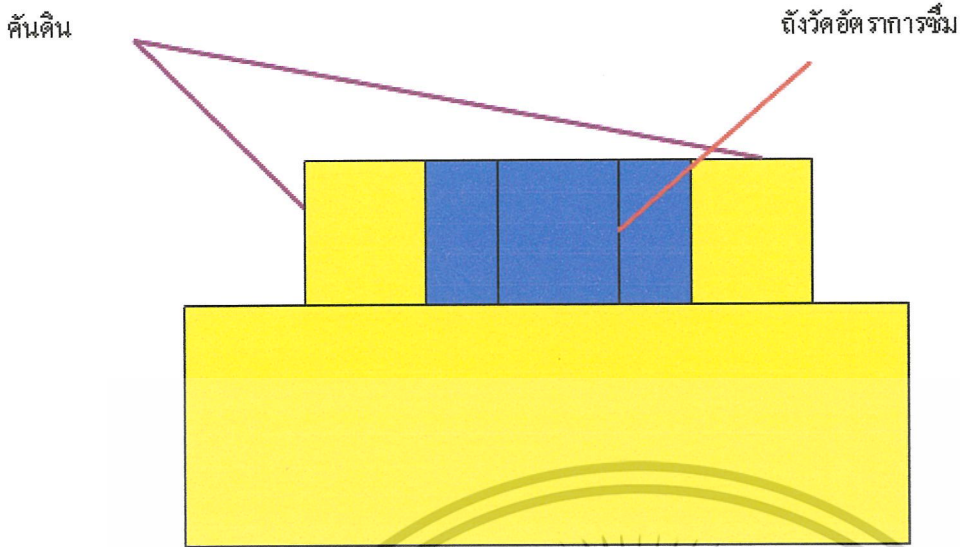
2.4 การวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดิน

อัตราที่น้ำขังบนผิวดินไหลซึมเข้าไปในดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า อัตราการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration Rate) หรืออัตราการดูดซับของดิน (Intake rate) ในการวัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน วิธีที่ดีที่สุดคือ วิธีวัดจากถังหรือบางครั้งเรียกว่า ถังวัดอัตราการซึม (Infiltrometer) ถังที่ใช้วัดส่วนมากเป็นถังกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ถึง 40 เซนติเมตร หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร และยาวไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร เปิดหัวและท้ายทั้ง 2 ด้าน การติดตั้งโดยการกดถังจมลงไปในดินแนวตั้งลึกประมาณ 15 ถึง 20 เซนติเมตร ตรงจุดที่คิดว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพทั่วไปของที่ดินทั้งผืนที่น้ำลงไปในถัง โดยให้ความลึกประมาณเท่ากับที่จะเกิดขึ้นจริงในขณะที่ให้น้ำ แล้วจดบันทึกความลึกของน้ำที่ลดลงที่ระยะเวลาต่างๆหลังจากให้น้ำลงในถังเป็นระยะๆ



รูปที่ 2.7 ถังวัดอัตราการซึมแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การวัดอัตราการซึมแบบประหยัด

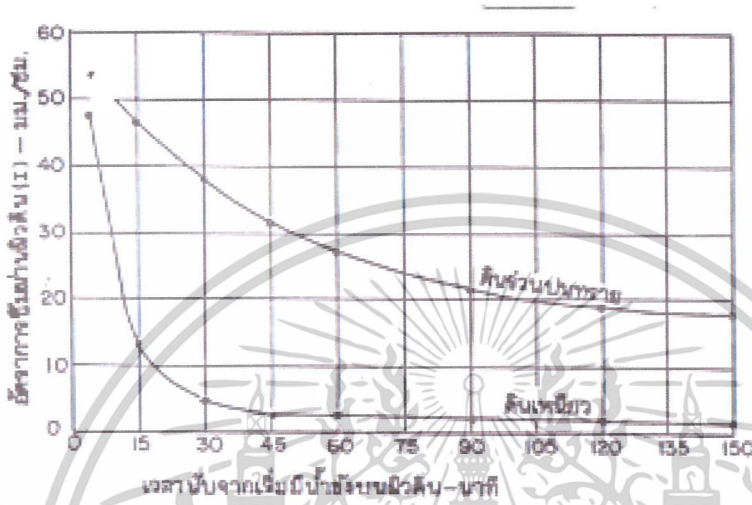
หลังจากที่น้ำซึมลงไปถึงปลายของถังที่ตกลงไปในดินแล้ว มันจะพยายามไหลซึมออกทางด้านข้าง ซึ่งจะทำให้อัตราการซึมผ่านผิวดินที่วัดได้สูงกว่าที่ควร การไหลซึมออกทางด้านข้างนี้อาจจะป้องกันได้โดยการใช้ถังอีกใบหนึ่งที่มีขนาดใหญ่กว่าตกลงไปในดิน โดยให้ถังใบเล็กอยู่ตรงกลางเติมน้ำลงไปในช่วงระหว่างถังทั้ง 2 ใบนั้น โดยให้ระดับน้ำทั้งสองมีขนาดเท่ากัน โดยวิธีนี้ความกดดันของน้ำระหว่างถังทั้งสองใบจะป้องกันมิให้น้ำในถังเล็กซึ่งใช้วัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน ไหลซึมออกทางด้านข้าง ซึ่งจะเป็นผลให้ได้ค่าที่ถูกต้องดีขึ้น ในกรณีที่มีถังเพียงลูกเดียวก็อาจจะใช้ดินกั้นเป็นคันล้อมรอบถังไว้แล้วเติมน้ำในคันดินแบบเดียวกันกับที่มีถังสองลูกก็ได้



รูปที่ 2.9 ถังวัดอัตราการซึมน้ำของบริษัท ELE International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านผิวดินกับเวลา เมื่อนำมาเขียนในกระดาษกราฟแบบธรรมดา

เมื่อนำเอาอัตราการซึมผ่านผิวดินที่วัดได้ และเวลาที่น้ำท่วมผิวดินนับจากเริ่มให้น้ำมาเขียนลงในกระดาษกราฟแบบธรรมดา ก็จะ ได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมกับเวลาดังแสดงในรูป 2.10 ซึ่งจะเห็นการเปลี่ยนแปลงอัตราการซึมผ่านผิวดินกับเวลาอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตาม กราฟที่เขียนบนกระดาษสเกลธรรมดานี้ นำไปใช้งานไม่ได้เต็มที่ เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาที่ต้องการทราบอัตราการซึมมักจะมากกว่าช่วงเวลาที่วัดไว้ แต่ข้อจำกัดนี้อาจแก้ไขได้โดยการนำค่าที่วัดได้มาเขียนลงในกระดาษกราฟ log-log ขนาด 3x3 ไซเคิล ซึ่งจะได้เป็นกราฟเส้นตรงที่สามารถต่อเส้นกราฟออกไปได้อีก กราฟเส้นตรงนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านผิวดิน (I) กับเวลานับจากเริ่มมีน้ำขังบนผิวดิน (t) ในรูปของสมการ

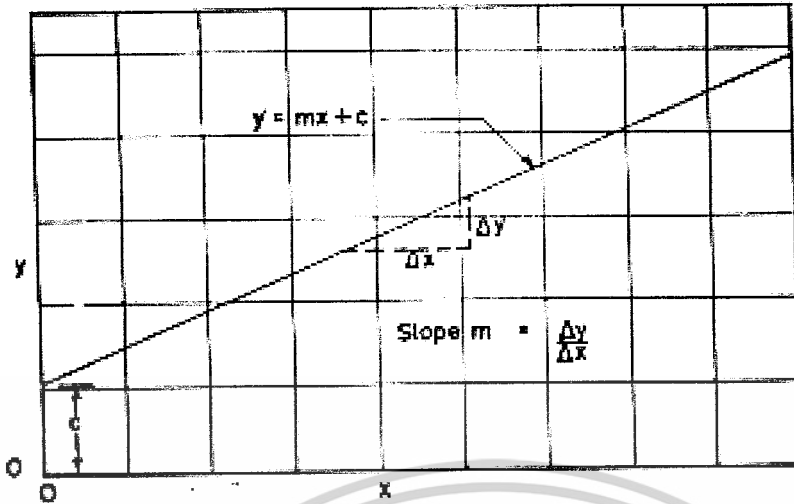
$$I = at^n \dots\dots\dots (1)$$

โดย a และ n เป็นค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินที่ทำการวัด ค่าตัวเลขของมันเทียบหาได้จากกราฟที่เขียนในกระดาษ log-log

เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น สมการข้างบนอาจจะเขียนเสียใหม่ได้เป็น

$$\log I = n \log t + \log a \dots\dots\dots (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 กราฟเส้นตรงของสมการ $y = mx + c$

ซึ่งเทียบได้กับสมการเส้นตรง

$$y = mx + c \dots \dots \dots (3)$$

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

จากเรขาคณิตวิเคราะห์ที่เราทราบว่า 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

n = ความลาดของเส้น และมีค่าเท่ากับระยะทาง (สเกลปกติเพราะ n เทียบได้กับ m) ในแนวตั้งหารด้วยระยะทางในแนวราบระหว่างจุด 2 จุด บนเส้น โดยปกติแล้ว n จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ -1

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

จากสมการ(1) เราอาจจะหาความลึกสะสมของน้ำที่ไหลซึมผ่านผิวดิน(Accumulated Depth ,D)

ที่ระยะเวลาต่างๆหลังจากให้น้ำได้ โดย

$$D = \int_0^t I \cdot dt \dots \dots \dots (4)$$

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการนี้มีลักษณะเดียวกับสมการ(1) คืออยู่ในรูปของ

$$D = At^B \dots\dots\dots (5)$$

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

$$I = \frac{d}{dt}(D) = \frac{d}{dt}(At^B)$$

$$I = A \cdot Bt^{B-1} \dots\dots\dots (6)$$

ในทางปฏิบัติจะพบว่า ถ้าเป็นการวัด โดยให้น้ำขังท่วมผิวดิน เราอาจหาอัตราการซึมผ่านผิวดินที่เวลาใดเวลาหนึ่งได้สะดวกกว่า โดยการหาความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปผิวดินที่ระยะเวลาต่างๆ แล้วนำมาเขียนกราฟในกระดาษ Log-log เพื่อหาสมการของความลึกน้ำซึมสะสม เช่นสมการที่ (5) แล้วจึงหาสมการของอัตราการซึมผ่านผิวดิน โดยใช้สมการที่ (6) แต่ถ้าเป็นการวัดโดยวิธีวัดอัตราที่น้ำไหลเข้าและไหลออกจากแปลงแล้ว ก็จะต้องเริ่มต้นจากสมการที่ (1)

2.5 การชะล้างพังทลายของดิน (Soil erosion)

การชะล้างพังทลายของดิน คือ การที่ดินถูกกัดเซาะเป็นร่องหรือถูกขุดเป็นบริเวณกว้างเป็นการเปลี่ยนแปลงของผิวดินอย่างหนึ่ง ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุ 2 ประการคือ

- การชะล้างพังทลายตามธรรมชาติ เช่น พื้นดินแตกระแหงเนื่องจากลม พื้นดินริมฝั่งน้ำถูกกัดเซาะเนื่องจากน้ำ หน้าดินถูกน้ำฝนพัดพาไป
- การชะล้างพังทลายโดยการกระทำของมนุษย์และสัตว์ เช่น การหักร้างถางป่า การขุดถนน การขุดเหมืองแร่ การระเบิดเขา การขุดที่อยู่อาศัยของสัตว์

2.5.1 การชะล้างพังทลายของดินโดยฝน

การชะล้างพังทลายของดินเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียธาตุอาหารของพืช การชะล้างพังทลายของดินยังส่งผลเสียหายต่อเนื่องถึงคุณภาพของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา การประมง การตื่นเงินของเส้นทางสัญจรทางน้ำ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อเกษตรกรอีกด้วย เนื่องจากผลผลิตจากพืชที่เพาะปลูกลดลงจากเดิม พื้นที่เพาะปลูกเสียความอุดมสมบูรณ์ ทำให้เกิดปัญหาดินเปรี้ยว ดินเค็ม เป็นต้น ปัญหาดังกล่าวนี้นับเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งจากการประเมินของกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2523 พบว่าพื้นที่ประมาณ 1 ใน 3 ของพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมดได้รับผลกระทบจากการชะล้างพังทลายของดิน ที่จัดว่ารุนแรงถึงรุนแรงมากกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการพังทลายของดิน โดยเฉพาะในประเทศที่อยู่เขตร้อน ปริมาณการสูญเสียดินอาจไม่น้อยเพียงใดอาจขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ ความแรงของฝน ปริมาณการปกคลุมดินของพืชและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ อย่างไรก็ตามเราพบว่าภายใต้สภาพแวดล้อมที่คล้ายคลึงกันดินชนิดหนึ่งถูกชะล้างมากกว่าดินอีกชนิดหนึ่ง ทั้งนี้เป็นเพราะคุณสมบัติของดินเองเป็นสำคัญ

บนพื้นที่ราบ การพังทลายของดินอันเนื่องมาจากฝนอาจเป็นไปได้ไม่ชัดเจนนัก แต่ถ้าเป็นที่ลาดเอียงอย่างเช่นตามบริเวณเนินดินที่เป็นลูกคลื่นและพื้นที่เชิงเขา การพังทลายของดินจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วและรุนแรงกว่ามาก มีบ่อยครั้งที่เราอาจได้ฟังข่าวดินถล่มจากภูเขาภายหลังฝนตกหนัก คำอธิบายในเรื่องนี้จะเข้าใจได้ง่ายขึ้นถ้านึกถึงเมื่อเราฉีกน้ำจากสายยางบนพื้นดินที่เป็นพื้นราบในแนวตั้ง จะเห็นว่าน้ำจะกระแทกและกัดเซาะดินให้แตกเป็นโคลนแล้วรวมอยู่กับน้ำข้างนองอยู่ในจุดตรงนั้น ไม่ไหลบ่าไปที่ไหน แต่ถ้าฉีกน้ำบนพื้นที่ลาดเอียงหรือลาดเท นอกจากจะเห็นดินถูกกัดเซาะเป็นโคลนอยู่ในน้ำแล้ว ยังเห็นตะกอนดินถูก น้ำพัดพาไหลลงสู่เบื้องล่างน้ำฝนที่ตกลงยังด้านข้างของภูเขาที่เป็นเช่นเดียวกันนี้ แรงกระแทกของเม็ดฝนและการไหลบ่าของน้ำจะเกิดขึ้นมากพอที่จะทำให้ดินแตกออกเป็นชั้นเล็ก ๆ และทำให้ชั้นส่วนของดินนั้นถูกหอบพัดพาโดยน้ำไหลบ่าลงสู่พื้นเบื้องล่าง

การพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน โดยการใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน เนื่องจากการชะล้างพังทลายของดินเกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในกิจกรรมต่าง ๆ เป็นอย่างมาก โดยธรรมชาติแล้วการชะล้างพังทลายของดินจะเกิดขึ้นทีละน้อย แต่หากมีการใช้ที่ดินในกิจกรรมต่างๆ หรือดินถูกรบกวนโดยมนุษย์หรือ การชะล้างพังทลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในปีหนึ่ง ๆ นั้นเกิดความเสียหายทรัพยากรธรรมชาติและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก นับตั้งแต่การสูญเสียหน้าดินที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุอาหารพืชและอินทรีย์วัตถุตลอดจน โครงสร้างของดินเสื่อมโทรมลง ไม่สามารถให้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน การประเมินการชะล้างพังทลายของดินเป็นข้อมูลที่สำคัญในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2.5.2 สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation : USLE)

Wischmeier and Smith (1978) ได้อาศัยความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1. ปัจจัยเกี่ยวกับฝน (rainfall factor : R)
2. ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ (topographic factor : LS)
3. ปัจจัยความคงทนต่อการสูญเสียดิน(soil erodibility factor : K)
4. ปัจจัยเกี่ยวกับการจัดการพืช (crop management factor : C)
5. ปัจจัยเกี่ยวกับวิธีอนุรักษ์ดินและน้ำ (soil and water conservation practices factor : P)

ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้นำมาสร้างเป็นสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE) ดังนี้

$$A = RKLSCP$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้นำเอกสารนี้ออกหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A = ปริมาณการสูญเสียดินต่อหน่วยของพื้นที่ซึ่งได้จากการ

คำนวณค่าปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย มีหน่วยเป็น ดัน/เฮกแตร์/ปี

R = ปัจจัยของน้ำฝนและการไหลบ่า (rain and run off factor)

K = ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (soil erodibility factor)

L = ปัจจัยความยาวของความลาดชัน (slope-length factor)

S = ปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (slope steepness factor)

C = ปัจจัยการจัดการพืช (crop management factor)

P = ปัจจัยการปฏิบัติการป้องกันการชะล้างพังทลาย (erosion control practice)

ปัจจัยของสมการสูญเสียดินสากล

1. **ปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (R-factor)** เป็นค่าความสัมพัทธ์ของพลังจลน์ของเม็ดฝนที่ตกกระทบผิวหน้าดินกับปริมาณความหนาแน่นของฝน (Rainfall intensity) มนุษย์และคณะ (1984) ได้สร้างสมการเพื่อใช้ประเมินค่า R-factor ขึ้นดังนี้

$$R = 0.4669X - 12.1415$$

R เป็นปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (เมตริกตัน/เฮกแตร์/ปี)

X เป็นปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร/ปี)

2. **ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor)**

ความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil erodibility) เป็นสมบัติเฉพาะตัวของดินเอง การวัดค่า K เป็นตัวเลข เพื่อใช้ในสมการสูญเสียดินสากล เป็นผลได้จากการศึกษาเฉพาะดินชนิดหนึ่งๆ ในแปลงทดลอง ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 6 ฟุต ยาว 72.6 ฟุต บนความลาดเท 9 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพที่มีการไถพรวนขึ้นลงตามความลาดชันและปล่อยดินไว้ว่างเปล่าตลอดเวลาไม่น้อยกว่า 2 ปี ค่า K ที่คำนวณได้เป็นตัวเลขแสดงอัตราส่วนการสูญเสียดินต่อหน่วยปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน

3. **ปัจจัยความลาดชันของพื้นที่ (LS-factor)**

Wischmeier และคณะ (USDA, 1997) ได้นำอัตราส่วนเฉพาะของการสูญเสียดินกับความยาวของความลาดเท (slope length) และเปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน (slope gradient) มาสร้างเป็นแผนภาพแสดงค่าความสัมพัทธ์ของอัตราส่วนการสูญเสียดินกับความยาวและเปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน และสรุปค่าปัจจัยความลาดชันของพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ค่าปัจจัยรวม LS Factor ของชั้นความลาดชัน

ชั้นความลาดชัน	เปอร์เซ็นต์ความชัน (ค่า S)	ความยาวของความลาดเท (ค่า λ เป็นเมตร)	ค่าปัจจัยรวม LS-factor
A	1.2	150	0.226
B	2.0	150	0.323
C	5.0	100	0.567
D	12.0	50	1.927
E	20.0	50	2.753
F(กลุ่มชุดดินที่62)	35.0	50	4.571

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน 2545, การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย

4. ปัจจัยการจัดการพืช (C-factor)

ปัจจัยการจัดการพืชเป็นดัชนีที่ได้จากอัตราส่วนของปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่มีการปลูกพืช และการจัดการพืชชนิดใดชนิดหนึ่งกับปริมาณการสูญเสียดินที่ถูกชะล้างมาจากแปลงทดลองที่ปล่อยให้ว่างเปล่า และไถพรวนขึ้นลงตามแนวความลาดเท

5. ปัจจัยการปฏิบัติการป้องกันการชะล้างพังทลาย (P-factor)

P เป็นปัจจัยแสดงสมรรถนะในการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินที่ได้จากอัตราส่วนของปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากแปลงทดลอง ที่มีการใช้วิธีการอนุรักษ์ประเภทใดประเภทหนึ่งกับปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่ไถพรวนดินขึ้นลงตามความลาดชันในสภาพการอย่างอื่นที่เหมือนกัน

การจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินในประเทศไทย

การจัดชั้นความรุนแรงของดินแบ่งออกเป็น 5 ระดับแสดง โดยตาราง

ตารางที่ 2.2 ตารางจัดชั้นความรุนแรงการสูญเสียดิน

ชั้นความรุนแรงของการชะล้าง พังทลาย	อัตราการสูญเสียดิน	
	ตัน / ไร่ / ปี	มิลลิลิตร / ปี
1.น้อยมาก	0-2	0-0.96
2.น้อย	2-5	0.96 – 2.4
3. ปานกลาง	5-15	2.4 – 7.2
4. รุนแรง	15-20	7.2 – 9.6
5. รุนแรงมาก	มากกว่า20	มากกว่า 9.6

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน, 2545, การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินต่อสิ่งมีชีวิต

มีดังนี้

1. ดินชั้นบนซึ่งอุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุอาหารของพืชถูกเคลื่อนย้าย เป็นผลกระทบต่อเกษตรกรรม
2. ดินถูกพัดพาไปตกตะกอนให้แม่น้ำและอ่างเก็บน้ำตื้นเขิน และทำให้เกิดสันดอนขึ้นเป็นอุปสรรคต่อการคมนาคมทางน้ำ
3. ทำให้เกิดอุทกภัยรุนแรง
4. ส่งผลเสียหายต่อคุณภาพของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา การประมง

2.5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาการชะล้างพังทลาย

1. เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ดิน เช่น การปลูกพืชคลุมดิน
2. เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบทางระบายน้ำให้เหมาะสม
3. เพื่อนเป็นแนวทางในการปรับพื้นที่ให้เหมาะสม

2.6 ลักษณะการเก็บน้ำของดิน

ลักษณะการเก็บน้ำของดินนั้น น้ำจะไหลซึมเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และยึดติดกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของดิน และโมเลกุลของน้ำกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้น้ำสามารถยึดเกาะอยู่ในดินได้ ถ้าหากไม่มีแรงดังกล่าวน้ำที่อยู่ในดินน้ำ ก็จะไหลลงสู่ด้านล่างตามแรงดึงดูดของโลก ทำให้ดินไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้โดยที่ น้ำจะแทรกตัวอยู่ ระหว่างช่องว่างของดิน และยึดเหนี่ยวกันไว้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวของน้ำในดิน ซึ่งประกอบด้วยแรงสองแรงคือ

1. Adhesive Force เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง โมเลกุลของดินกับ โมเลกุลของน้ำ
2. Cohesive Force เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง โมเลกุลของน้ำกับ โมเลกุลของน้ำ รวมเรียกว่า แรงยึดเหนี่ยวของน้ำในดิน (Capillary Force) = Adhesive Force + Cohesive Force

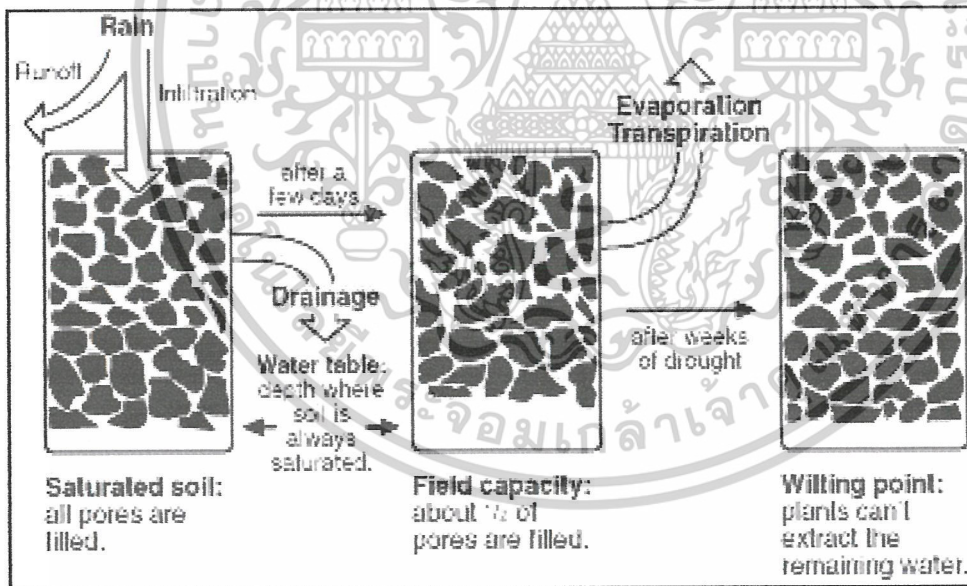
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงความสามารถในการอุ้มน้ำของดินชนิดต่างๆ

ชนิดของดิน	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (ม.ม. น้ำ/ช.ม. ดิน)		
	รวมทั้งหมด	พืชนำไปใช้ได้	พืชนำไปใช้ไม่ได้
ดินทราย	0.65 - 1.50	0.35 - 0.85	0.30 - 0.65
ดินร่วนปนทราย	1.50 - 2.30	0.75 - 1.15	0.75 - 1.15
ดินร่วน	2.30 - 3.40	1.15 - 1.70	1.15 - 1.70
ดินร่วนปนตะกอนทราย	3.40 - 4.00	1.70 - 2.00	1.70 - 2.00
ดินร่วนปนดินเหนียว	3.60 - 4.15	1.50 - 1.80	2.10 - 2.35
ดินเหนียว	3.80 - 4.15	1.50 - 1.60	2.30 - 2.55

2.6.1 ความชื้นที่พอเหมาะสำหรับพืช (Field Capacity)

เป็นจุดที่ความชื้นในดินพอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด ไม่สามารถหาค่าเป็นตัวเลขได้แน่นอนเนื่องจากยังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำซึม โดยทั่วไปจะกำหนดให้ที่ความชื้นหลังฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำ 2-3 วันเป็นความชื้นที่พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด



รูปที่ 2.12 ความชื้นที่ระยะเวลาต่างกัน

จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) เป็นความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดน้ำมาใช้ได้เพียงพอกับการคายน้ำ พืชจะเริ่มมีการจากใบที่อ่อนที่สุดไปยังใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวเฉา อย่างไรก็ตามถึงแม้จะให้น้ำแก่พืชพืชก็จะไม่เจริญเติบโตเช่นเดิม โดยมากความชื้นที่จุดนี้เป็นความชื้นที่มีน้ำอยู่น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชดูดมาใช้ได้แต่ เป็นปริมาณน้อยมากไม่เพียงพอกับการใช้น้ำของพืช จึงแสดงอาการเหี่ยวเฉาแต่เมื่อให้น้ำกับพืชอีกพืชก็ไม่เหี่ยว ดังนั้นก่อนที่ความชื้นจะลดลงจนถึงจุดนี้จำเป็นจะต้องให้น้ำแก่พืช

ความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Level) หรือ จุดวิกฤต (Critical Point) คือ จำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ ที่ยังเหลืออยู่ในระดับที่เริ่มจะกระทบกระเทือน ต่อผลผลิตผลผลิตอาจลดต่ำลงหรือไม่ได้คุณภาพ ยกตัวอย่างเช่น ช่วงที่พืชต้องการน้ำมากในการเจริญเติบโต คือช่วงที่พืชเริ่มออกดอกออกผลซึ่งในช่วงนี้ถ้าพืชขาดน้ำหรือไม่มีการให้น้ำ แก่พืชผลผลิตที่ได้ก็จะลดลง เนื่องจากเป็นช่วงหัวเลี้ยวหัวต่อในการให้ผลผลิต ส่วนจะลดลงมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับว่าพืชที่ปลูกให้ผลผลิตอะไร เช่น ดอก ผล หรือ เมล็ดและระยะเวลาในการขาดน้ำด้วย

อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration Rate) อัตราของน้ำที่ซัง อยู่บนผิวดินไหลซึมเข้าไปในดินต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้กำหนดในการออกแบบเลือกปริมาณการจ่ายน้ำของหัวจ่ายน้ำ โดยเฉพาะการเลือกหัวสปริงเกอร์จำเป็นจะต้องเลือกหัวที่มีอัตราการจ่ายน้ำ ไม่มากกว่าความสามารถของดินที่จะซึมซับน้ำที่ให้ได้ทัน ถ้าหากอัตราการจ่ายน้ำของหัวสปริงเกอร์ มากกว่าความสามารถที่ดินจะดูดซับน้ำได้ทัน ก็จะทำให้เกิดการขังบนผิวดินหรือไหลเลยต้นพืชไปทำให้เกิดการสูญเสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์ ลักษณะที่พืชได้รับน้ำจากดินและการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use of Water) พืชจะใช้น้ำจากดินด้วยสองลักษณะ คือน้ำจากที่ที่มีความชื้นสูงกว่าจะแพร่ไปสู่ที่ที่มีความชื้นต่ำกว่าหรือ แห้งกว่ารอบๆ รากขนด้วยแรงดูดซึบและอีกวิธีหนึ่งคือ รากพืชจะพยายามเจริญเข้าหาบริเวณที่มีความชื้นสูงหรือที่ที่มีน้ำอยู่มาก ส่วนการใช้น้ำของพืชก็จะมีสองลักษณะเช่นกัน คือหนึ่งพืชใช้น้ำไปในการเจริญเติบโต หรือขบวนการลำเลียงแร่ธาตุอาหารจากรากขึ้นสู่ลำต้นแล้วคายออกที่ใบเราเรียกว่า "การคายน้ำหรือการหายใจ (Transpiration)" และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการระเหยของน้ำบริเวณรอบๆ ต้นพืชหรือน้ำที่เกาะอยู่ตามใบและลำต้นพืช เพื่อช่วยลดอุณหภูมิรอบๆ ต้นพืชซึ่งก็คือเป็นการใช้น้ำของพืชด้วย เรียกว่า "การระเหย (Evaporation)" ทั้งสองส่วนรวมกันถือว่าเป็นการใช้น้ำของพืช เรียกว่า "การคายระเหย (Evapotranspiration)"

2.6.2 สมการสำหรับการหาจำนวนความชื้น

เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก

$$P_w = (W_w / W_s) \times 100$$

P_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้น โดยเทียบกับน้ำหนักดินแห้ง

W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_s = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร

$$P_v = (V_w / V) \times 100$$

P_v = เปอร์เซ็นต์ความชื้นเมื่อเทียบกับปริมาตรของดินทั้งก้อน

V_w = ปริมาตรของน้ำในดิน

V = ปริมาตรของก้อนดิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน

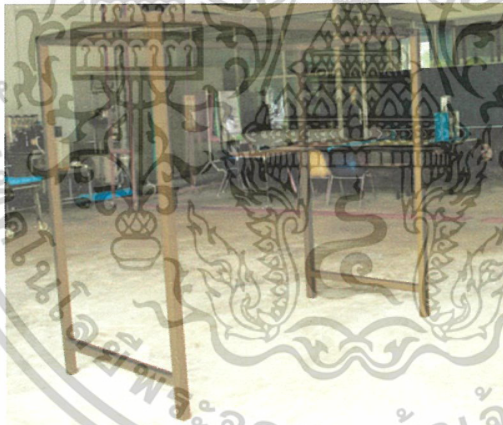
3.1 การออกแบบและการสร้าง

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชุดทดสอบ

1. อลูมิเนียมกล่อง ขนาด $1.6 \times 1.6 \times 1.6$ นิ้ว
2. ท่อ PVC ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว และ $\frac{3}{4}$ นิ้ว
3. มุ้งไนลอน
4. สปริงเกอร์
5. หมุดย้ำ
6. อะลูมิเนียมแผ่น
7. สายยาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว

3.2 รายละเอียด

3.2.1 โครงสร้างชุดทดสอบคุณภาพดินทำจากอลูมิเนียมกล่องขนาด $1.6 \times 1.6 \times 1.6$ นิ้ว ทำโครงสร้างชุดทดสอบคุณภาพดินซึ่งมีขนาด $1 \times 2 \times 1.8$ เมตร ดังรูป 3.1



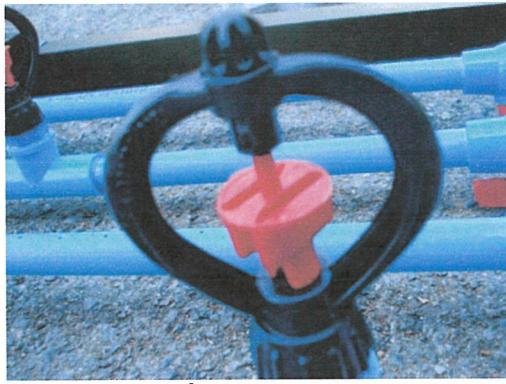
รูปที่ 3.1 โครงสร้างชุดทดสอบคุณภาพดิน

3.1.2 ชุดจ่ายน้ำใช้ท่อ PVC ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว, $\frac{3}{4}$ นิ้ว และ สปริงเกอร์ ดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 ชุดจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 สปริงเกอร์

3.1.3 กระดาษดินทำจากอลูมิเนียมกล่องขนาด $1.6 \times 1.6 \times 1.6$ นิ้ว อลูมิเนียมแผ่น และมุ้งไนลอน

ผังรูป 3.4



รูปที่ 3.4 กระดาษดิน



รูปที่ 3.5 ชุดทดสอบคุณสมบัติของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

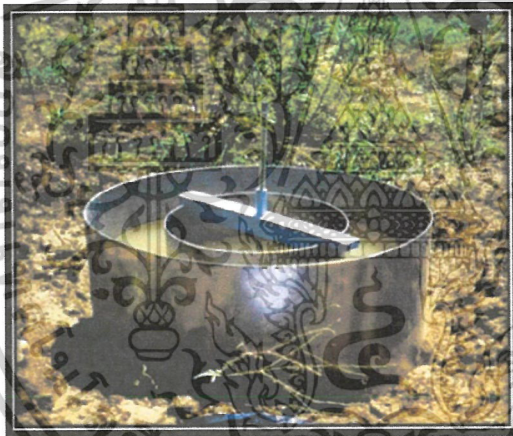
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ดิน มี 3 ชนิด ได้แก่ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว ดังแสดงในรูป 3.6



รูปที่ 3.6 ดินทราย ดินร่วน และ ดินเหนียว

2. เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านดิน (Double Ring Infiltrrometer) ใช้วัดอัตราการซึมน้ำผ่านดิน



รูปที่ 3.7 เครื่องมือวัดอัตราการซึมน้ำผ่านดิน

3. ตู้อบ ใช้การอบดินเพื่อมาคำนวณหาความชื้นในดิน



รูปที่ 3.8 ตู้อบ

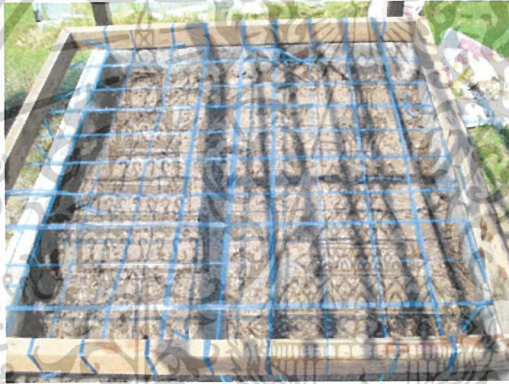
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องชั่งดิจิทัล ใช้ชั่งดินทั้งก่อนและหลังเข้าสู่อบ



รูปที่ 3.9 เครื่องชั่งดิจิทัล

5. mesh box ใช้วัดการชะล้างพังทลายของดิน



รูปที่ 3.10 mesh box

6. ถ้วยใส่ดิน ใช้เก็บดินเข้าสู่อบ



รูปที่ 3.11 ถ้วยใส่ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังต่อไปนี้

- | | |
|--------------------------------------|------------------|
| 1. ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน | 6. นาฬิกาจับเวลา |
| 2. ปروطวัดระดับ | 7. ท่อนไม้ |
| 3. ตลับเมตร | 8. ค้อน |
| 4. กระบะดิน | 9. ถังน้ำ |
| 5. ดิน | |

4.1.2 วิธีการติดตั้งและการทดลอง

1. วิธีการติดตั้ง

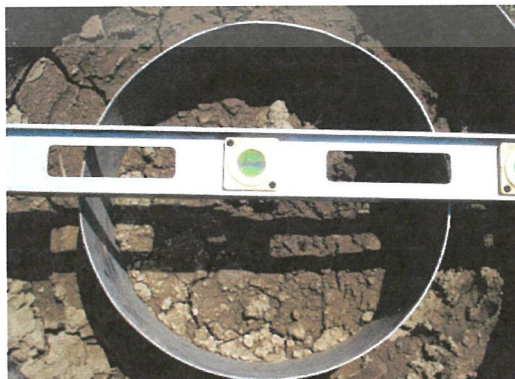
เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

- นำถังวัดอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินตอกลงในดิน โดยนำท่อนไม้ไปวางพาดกับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแล้วใช้ค้อนตอก



รูปที่ 4.1 แสดงการตอกถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินลงไปในดิน

- นำปรอทวัดระดับวางพาดกับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยควรวางทั้งสองใบอยู่ในระดับเดียวกันหรือไม่



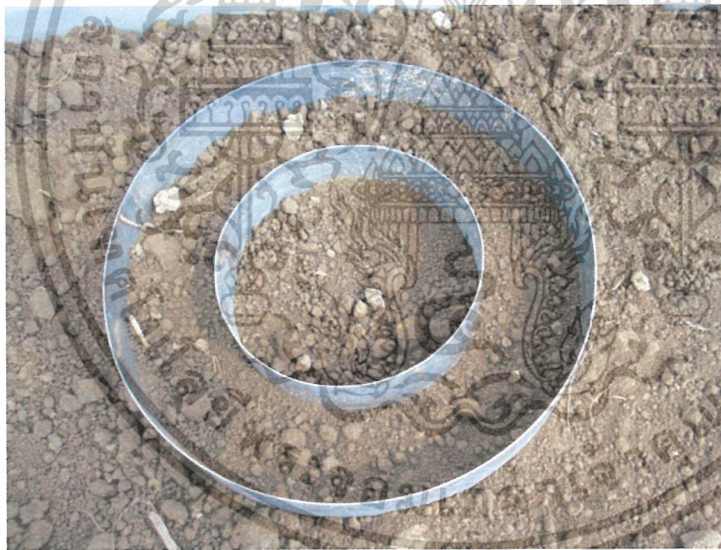
รูปที่ 4.2 การวัดระดับถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินโดยใช้ปรอทวัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำการวัดระดับถึงวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยการใช้ตลับเมตร โดยดูว่าระดับถึงวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่อยู่เหนือพื้นดินเท่ากับ 10 เซนติเมตรหรือไม่ ถ้ายังไม่เท่ากับ 10 เซนติเมตร ให้ตอกจนกว่าจะถึงระดับ 10 เซนติเมตรให้ได้



รูปที่ 4.3 ตลับเมตรและปรอทวัดระดับ



รูปที่ 4.4 เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินเมื่อติดตั้งเสร็จ

2. วิธีการทดลอง

เมื่อทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินเสร็จแล้ว เราจะทำการทดลองโดยมีขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

1. นำถังน้ำใส่น้ำมาเทลงในเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินให้พอดีกับขอบด้านบน และเริ่มจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินหลังเติมน้ำ

2. ทำการวัดค่าของระดับน้ำที่ลดลงและเวลาทุกๆ 1 นาที 5 นาที และ 10 นาที แล้วบันทึกผล
3. ใช้เวลาทดลองประมาณ 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำจะหมด
4. นำผลการทดลองไปวาดกราฟ โดยวาดในกระดาษธรรมดา และกราฟลอการิทึมแล้วจึงสร้างสมการความลึกสะสมของน้ำผ่านผิวดินและสมการอัตราการซึมสะสมของน้ำในดิน ดังนี้

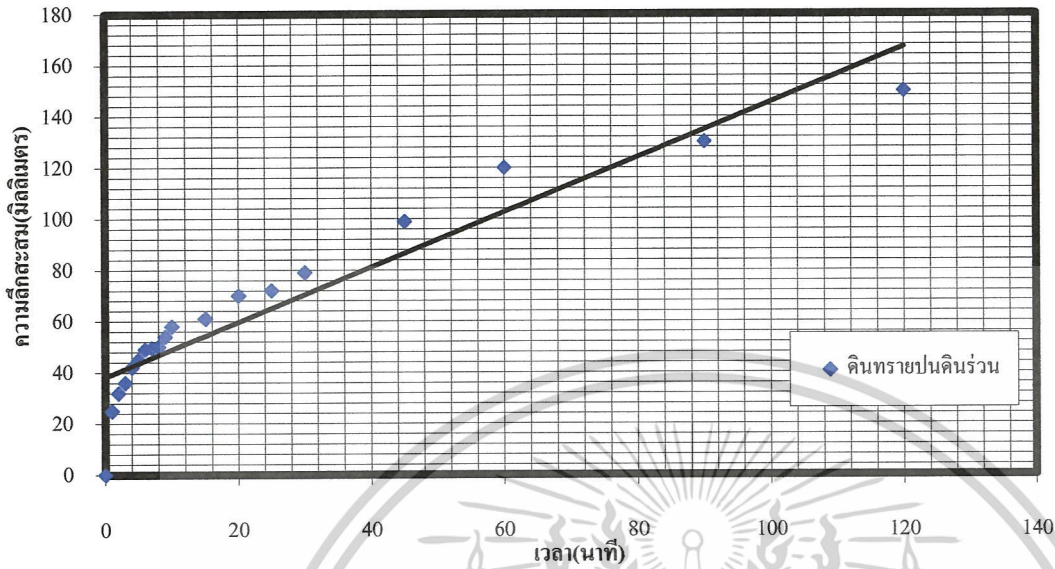
$$D = At^b \dots\dots\dots (1)$$

$$I = Abt^{b-1} \dots\dots\dots (2)$$

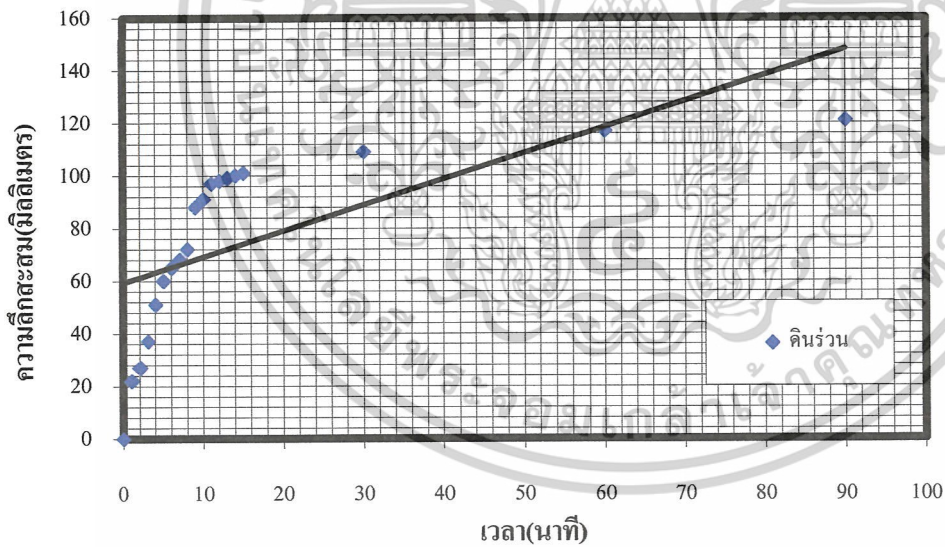
4.1.3 ผลที่ได้จากการทดลองวัดอัตราการซึมน้ำผ่านดิน

จากการทดลองหาสมการความลึกน้ำสะสมที่ได้จากเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ซึ่งเราได้ทำการบันทึกผลการทดลองในตารางที่แสดงในภาคผนวก เราจะนำค่าในตารางมาวาดกราฟในกระดาษกราฟธรรมดา ดังได้แสดงในรูป 4.6

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน

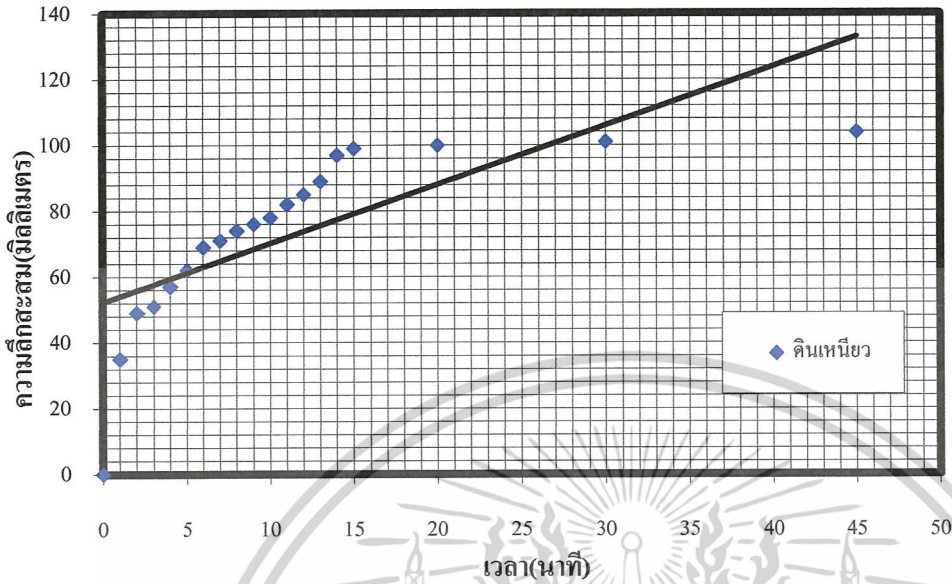


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของดินร่วน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

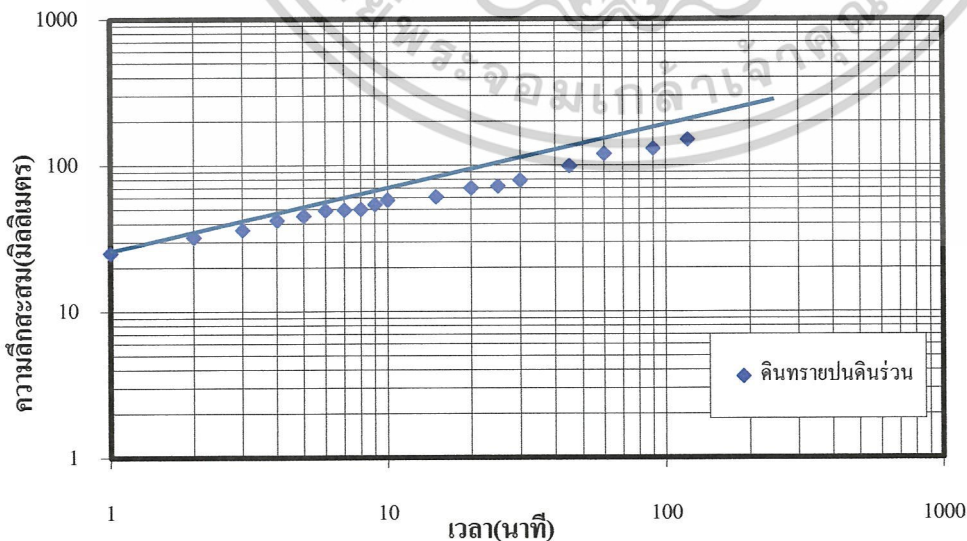
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของดินเหนียว



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน ดินร่วน และดินเหนียวที่พล็อตลงกระดาษธรรมดา

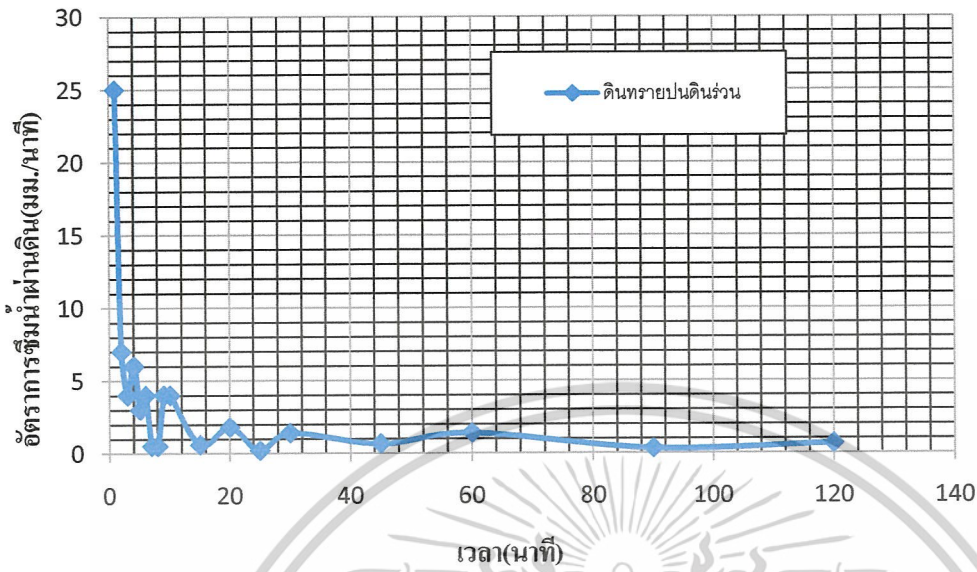
เราจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปช่วงหนึ่ง ความลึกสะสมจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้น และยิ่งเวลามากขึ้นก็จะสูงขึ้นไปเรื่อยๆ แต่ถ้าระยะเวลาในการทดลองมีมากจะทำให้ไม่สามารถวาดกราฟลงในกระดาษธรรมดาเพื่อให้ได้ข้อมูลทุกๆข้อมูล และเราก็จะไม่สามารถที่จะรู้ได้แน่ชัดว่า กราฟที่ได้จากการทดลองเป็นกราฟของฟังก์ชันใด ดังนั้นเราจึงต้องทำการวาดกราฟลงในกระดาษลอการิทึม ดังจะได้แสดงในรูปที่ 4.7 เราจะเห็นว่าข้อมูลส่วนใหญ่เกาะกลุ่มกันเป็นเส้นตรง ดังนั้นเราจะใช้กราฟในกระดาษลอการิทึมไปสร้างสมการเส้นตรง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน

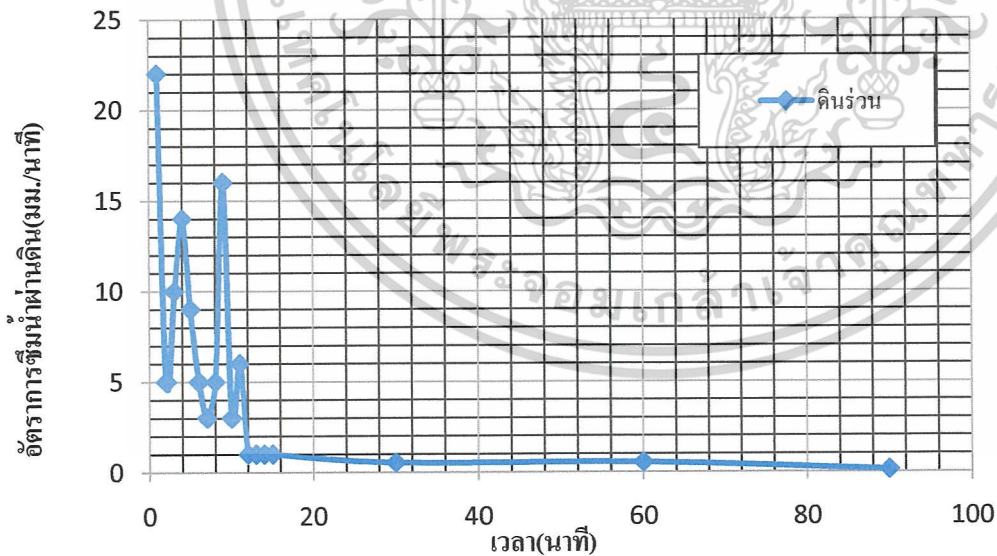


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการซึมผ่านดินกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน

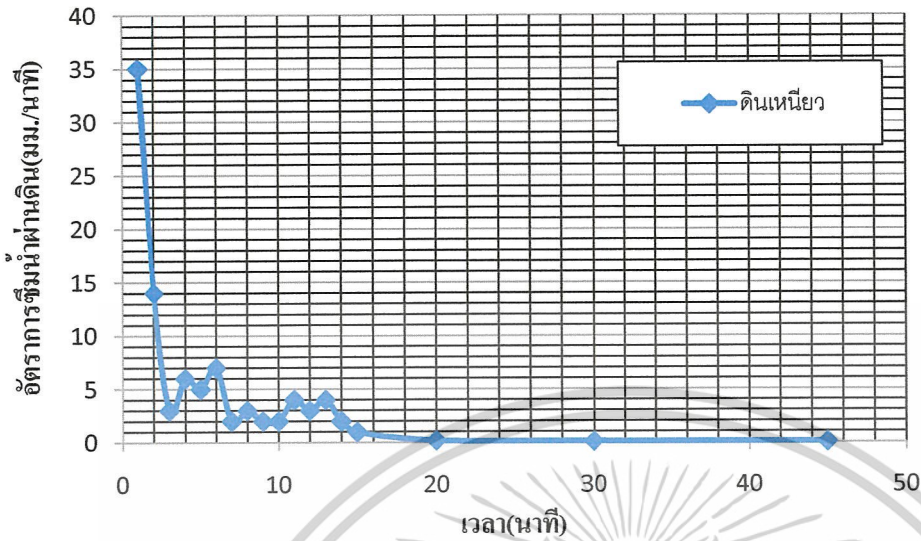


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านดินกับเวลาของดินร่วน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

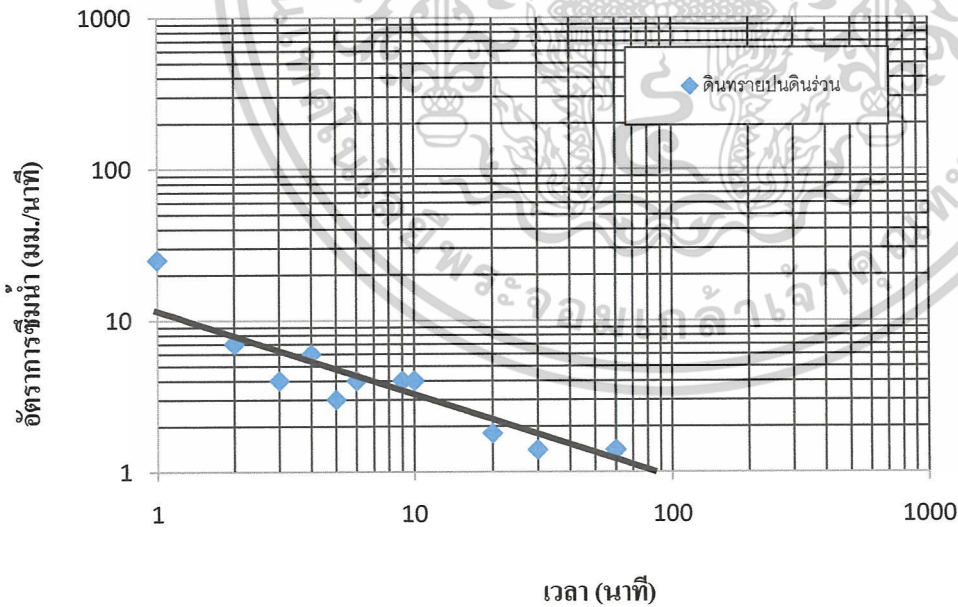
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านดินกับเวลาของดินเหนียว



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านดินกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน ดินร่วน และดินเหนียวที่เขียนลงกระดาษกราฟธรรมดา

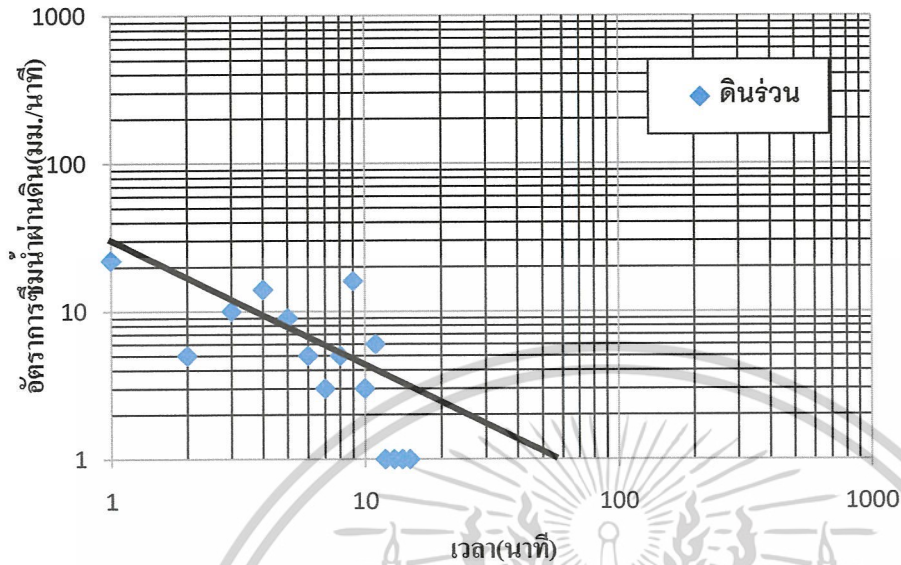
จากกราฟที่ได้พบว่าอัตราการซึมผ่านดินในระยะเวลาแรกมีอัตราการซึมผ่านสูงและน้อยลงเมื่อเวลาผ่านไป เราจึงนำข้อมูลมาเขียนลงกราฟลออการซึมได้ดังนี้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านดินกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน

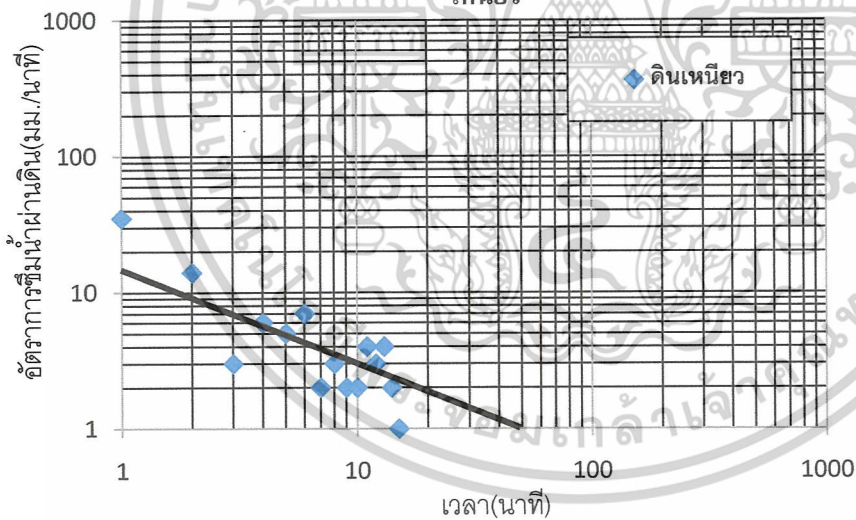


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านดินกับเวลาของดินร่วน



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านดินกับเวลาของดินเหนียว



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมผ่านดินกับเวลาของดินทรายปนดินร่วน ดินร่วน และดินเหนียวที่พล็อตลงกระดาษลอการิทึม

นำค่าจากกราฟแทนลงในสมการ (1) และ (2) ความลึกสะสมของน้ำผ่านผิวดิน และสมการอัตราการซึมของน้ำผ่านดินชนิดต่าง ดังตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปสมการความลึกสะสมและอัตราการซึมของน้ำผ่านดินของดินแต่ละชนิด

ชนิดดิน	a	b	ab	b-1	$D = At^b$	$I = Abt^{b-1}$
ดินทรายปนดินร่วน	25	0.43	10.75	-0.57	$D = 25t^{0.43}$	$I = 10.75t^{-0.57}$
ดินร่วน	27	0.75	20.25	-0.25	$D = 27t^{0.75}$	$I = 20.25t^{-0.25}$
ดินเหนียว	28	0.28	7.84	-0.72	$D = 28t^{0.28}$	$I = 7.84t^{-0.72}$

โดยที่ a คือ จุดตัดแกน y ของกราฟลอการิทึม b คือ ความชันของเส้นตรงบนกราฟ

จากตารางที่ 4.1 สามารถนำมาสร้างกราฟความลึกสะสมและอัตราการซึมของน้ำผ่านดินได้จากการสร้างสมการข้างต้น หลังจากนั้นเราจะวิเคราะห์ผลการทดลองในบทที่ 5 ต่อไป

4.2 การทดลองวัดความชื้นในดิน

4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 1.ชุดทดสอบคุณสมบัติของดิน
- 2.เตาอบ
- 3.ภาชนะเก็บตัวอย่างดิน
- 4.เครื่องชั่ง
- 5.ดิน

4.2.2 วิธีการติดตั้งและการทดลอง

- 1.นำดินที่เตรียมไว้ใส่ในกระเบะดิน โดยเก็บตัวอย่างดินใส่ภาชนะแล้วนำไปชั่ง (น้ำหนักดินก่อนอบ)

จากนั้นนำสายยางต่อเข้ากับชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดิน



รูปที่ 4.10 นำดินใส่กระเบะทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงการต่อสายยางเข้ากับชุดทดสอบ

2.เปิดน้ำทิ้งไว้ประมาณ 90 นาที



รูปที่ 4.12 แสดงการจ่ายน้ำของชุดทดสอบ

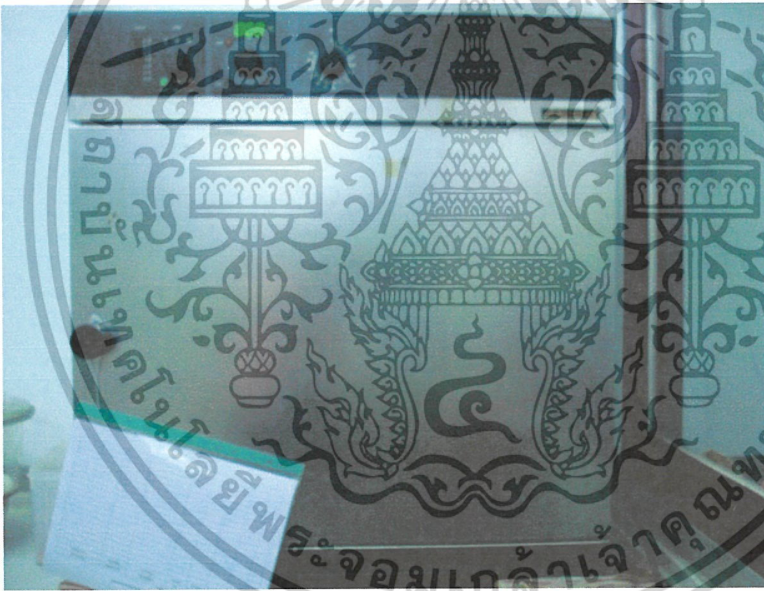
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.เก็บตัวอย่างดินหลังให้น้ำอีกครั้ง



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างดินก่อนการให้น้ำ(ซ้าย) ตัวอย่างดินหลังการให้น้ำ (ขวา)

4.ชั่งตัวอย่างดินก่อนนำเข้าเตาอบ โดยอบตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 105 - 110°C ประมาณ 24 ชั่วโมง



รูปที่4.14 นำตัวอย่างดินที่เก็บจากกระบะทดลองเข้าเตาอบ

5.ชั่งมวลอีกครั้งหนึ่งแล้วทำการเก็บข้อมูล

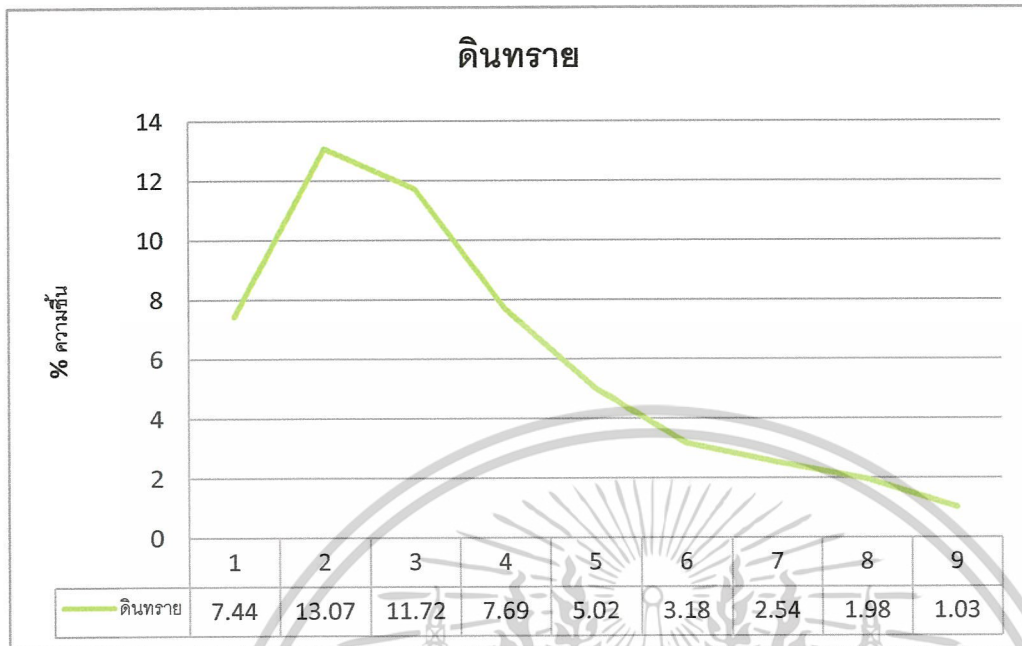
6.เก็บตัวอย่างดินแต่ละชนิด อย่างละหนึ่งสัปดาห์แล้วทำการบันทึกผลในตาราง

7.โดยเราจะใช้สมการ ระดับความชื้นโดยมวล $\theta_m = \frac{\text{มวลน้ำ, } m_w}{\text{มวลดิน, } m_s}$ ในการคำนวณและนำข้อมูลมา

เขียนกราฟ

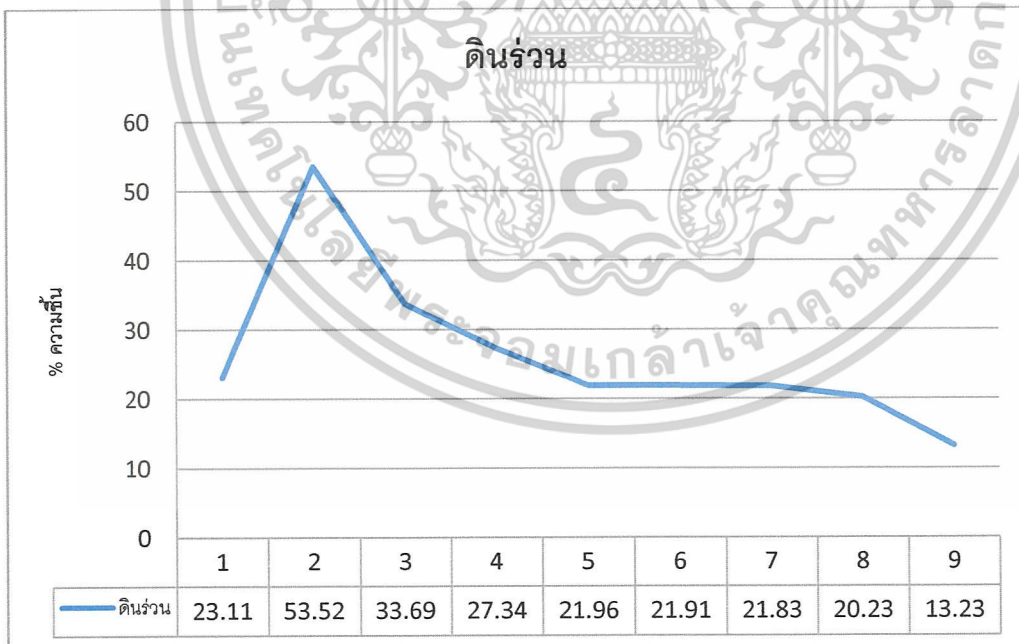
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลที่ได้จากการทดลองวัดค่าความชื้นในดิน



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับวันที่บันทึกผลของดินทราย

จากกราฟจะพบว่าตั้งแต่ช่วงวันที่สี่จนถึงวันที่หก (ในตำแหน่งที่ 6-8) นั้นค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหน้าดินเริ่มมีความคงที่ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกมากที่สุดหรืออยู่ในช่วง Field Capacity นั้นเอง

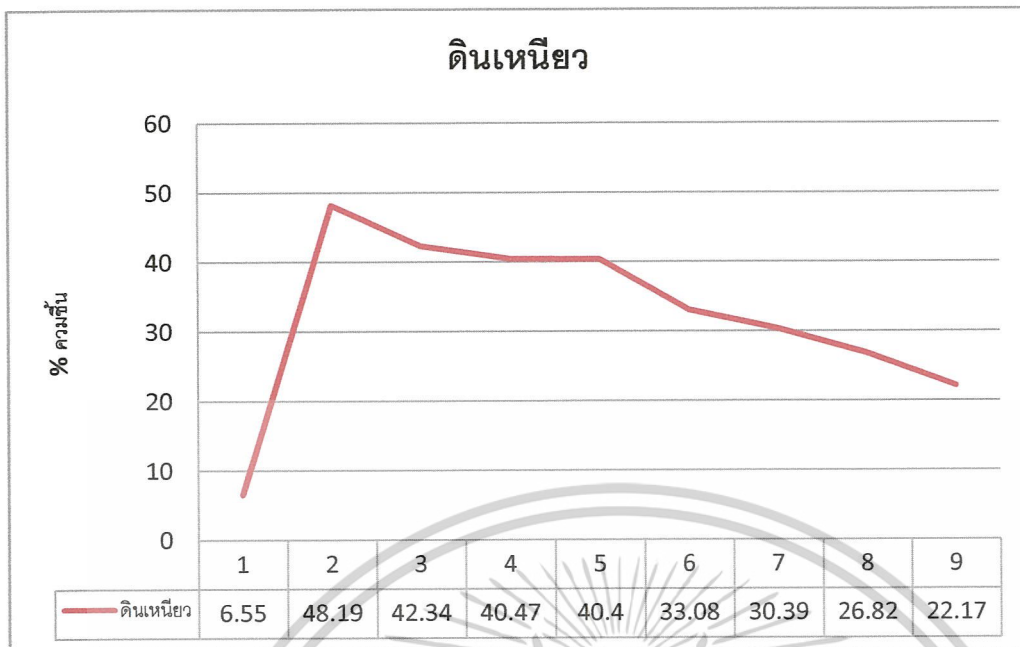


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับวันที่บันทึกผลของดินร่วน

จากกราฟจะพบว่าดินร่วนนั้นจะมีการรับน้ำและอุ้มน้ำในเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าเหมือนกับดินทราย ซึ่งในช่วงวันที่สามถึงวันที่หก (ตำแหน่งที่ 5-8) และช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นคงที่นั้นมีระยะเวลาที่นานมากกว่าของดินทรายด้วย ซึ่งจะลดลงในช่วงวันที่เจ็ด (ตำแหน่งที่ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับวันที่บันทึกผลของดินทราย

จากกราฟจะพบว่าการรับน้ำของดินเหนียวนั้นจะน้อยกว่าดินร่วนแต่มีช่วงระยะเวลาของเปอร์เซ็นต์ที่คงที่ค่อนข้างนานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดินทรายและดินร่วน ในช่วงตั้งแต่วันที่หนึ่งถึงวันที่สาม(ตำแหน่งที่ 3-5) ค่อนข้างจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่คงที่และเริ่มลดลงเรื่อย ๆ อย่างสม่ำเสมอ

- **หมายเหตุ** ตำแหน่งที่ 1 คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินก่อนการให้น้ำ
 ตำแหน่งที่ 2 คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินหลังการให้น้ำ
 ตำแหน่งที่ 3 - 9 คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการชะล้างพังทลายของดิน

4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| 1. ชุดทดสอบคุณสมบัติของดิน | 2. ตลับเมตร |
| 3. Mesh Box ขนาด 90x100 ซม. | 4. กลึง |
| 5. ดิน | 5. กระจับปกระจับ |

4.3.2 วิธีการติดตั้งและการทดลอง

- นำดินที่เตรียมไว้ใส่ในกระบะดิน โดยเกลี่ยดินให้มีหน้าดินที่เรียบและสูง 16 ซม. จากนั้นนำกระจับปกระจับไปวางไว้ตามจุดต่างๆในกระบะ



รูปที่ 4.18 แสดงการเตรียมดินและวางกระจับปกระจับ

- ถ่ายรูปก่อนการทดลองและจัดตั้งชุดทดสอบการศึกษาคุณสมบัติของดินให้พร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดงการติดตั้งชุดทดสอบคุณสมบัติของดินที่พร้อมใช้งาน

3. เปิดน้ำทิ้งไว้จนครบ 15 นาที และปิดน้ำ



รูปที่ 4.20 แสดงการจ่ายน้ำของชุดทดสอบ

4. นำ Mesh Box ขนาด 90x100 ซม. ที่เตรียมไว้มาวางไว้บนกระเบื้องดิน จากนั้นนำ
ตลับเมตรวัดความสูงของหน้าดินที่เหลือจนครบ 90 ช่อง บันทึกผลและถ่ายรูปหน้าดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 การนำ Mesh Box และตลับเมตรวัดหน้าดินที่เหลือ

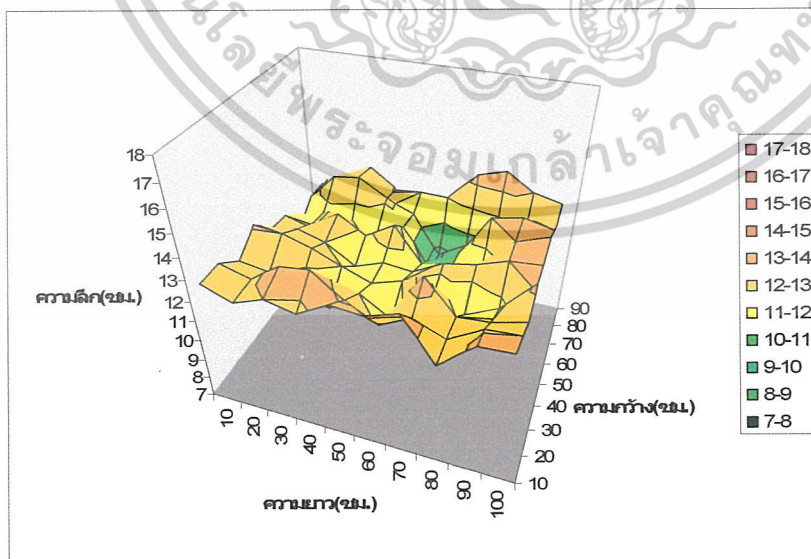
5.เปิดน้ำทิ้งไว้และบันทึกผล(ตามข้อ 3-4)ทุกๆ15นาที จนครบ90นาที โดยจะมีการเปลี่ยนดินจนครบทั้ง3ชนิด และปรับมุมเอียงที่ 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr มุมเอียงที่ 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr และมุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr

6.นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟ

4.3.3ผลที่ได้จากการทดลองการวัดการพังทลายของดิน

จากการทดลองดินทราย

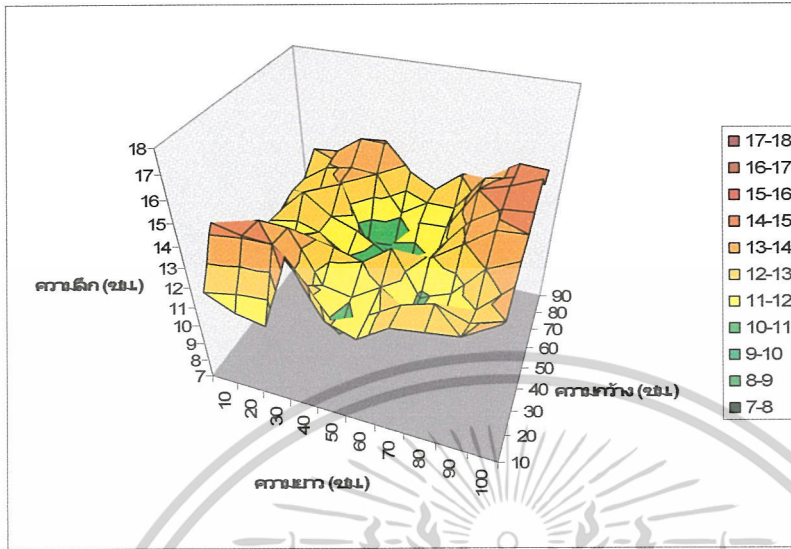
มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้



รูปที่ 4.22 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr ของดินทราย

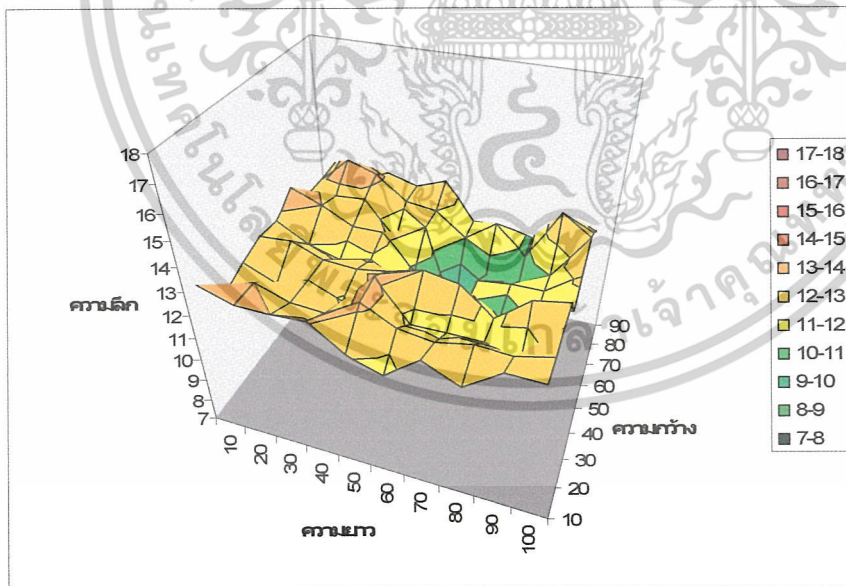
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้



รูปที่ 4.23 กราฟจำลองผิวดินและปริมาณดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr ของดินทราย

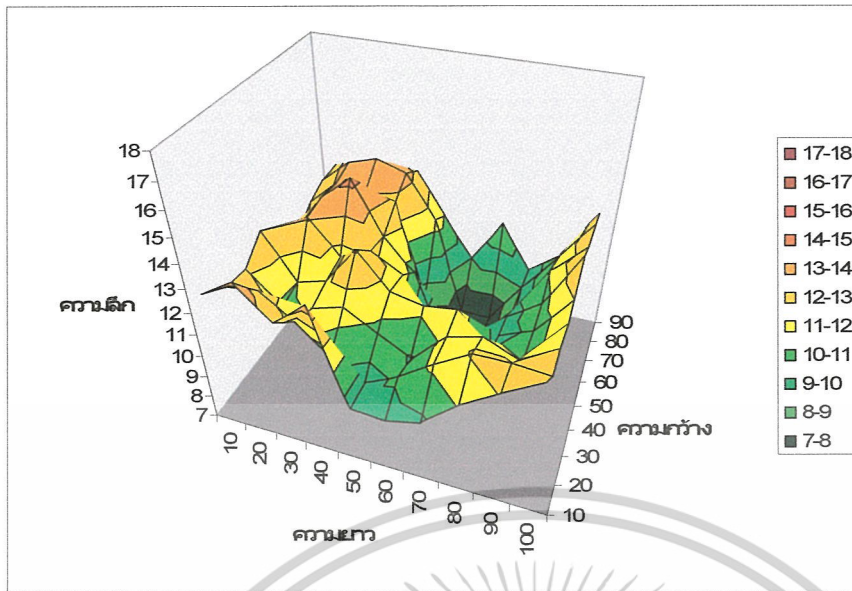
มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้



รูปที่ 4.24 กราฟจำลองผิวดินและปริมาณดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr ของดินทราย

มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้

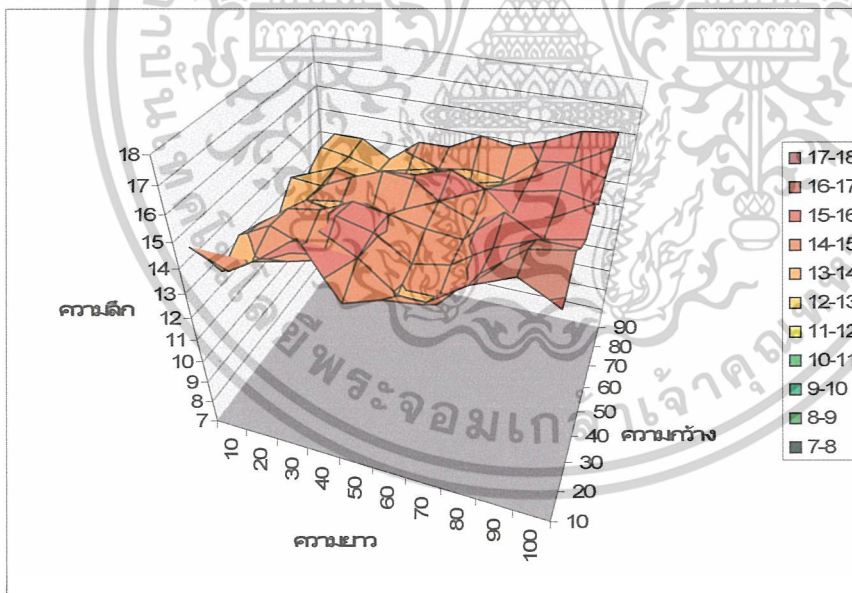
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr ของดินทราย

จากการทดลองดินร่วน

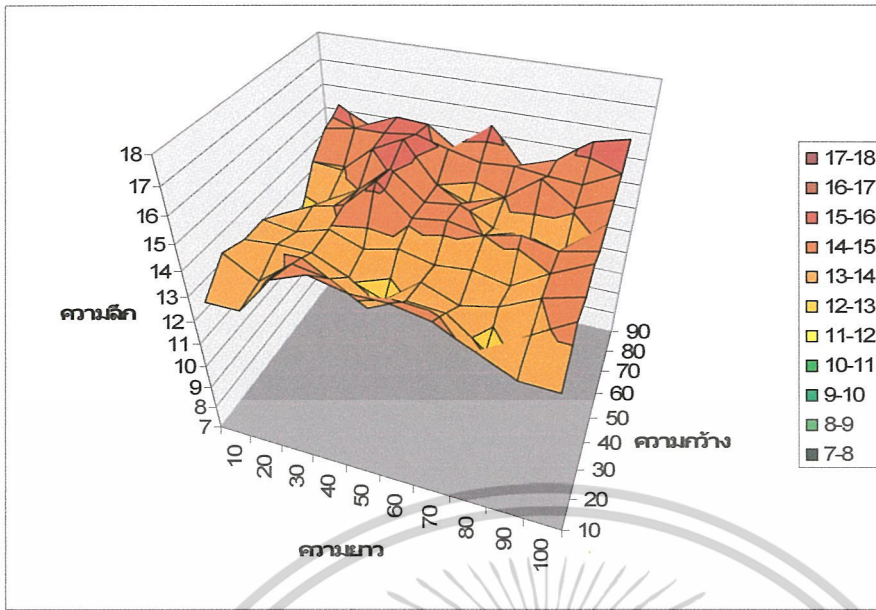
มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้



รูปที่ 4.26 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr ของดินร่วน

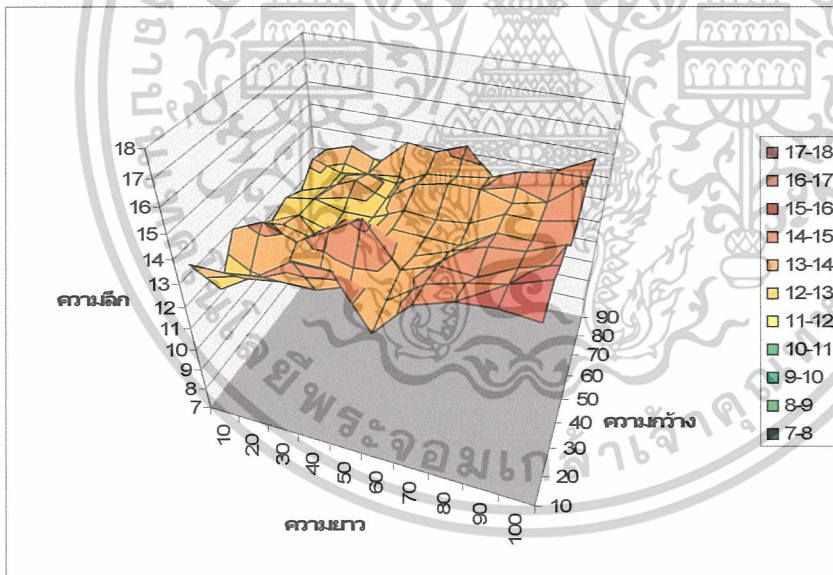
มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr ของดินร่วน

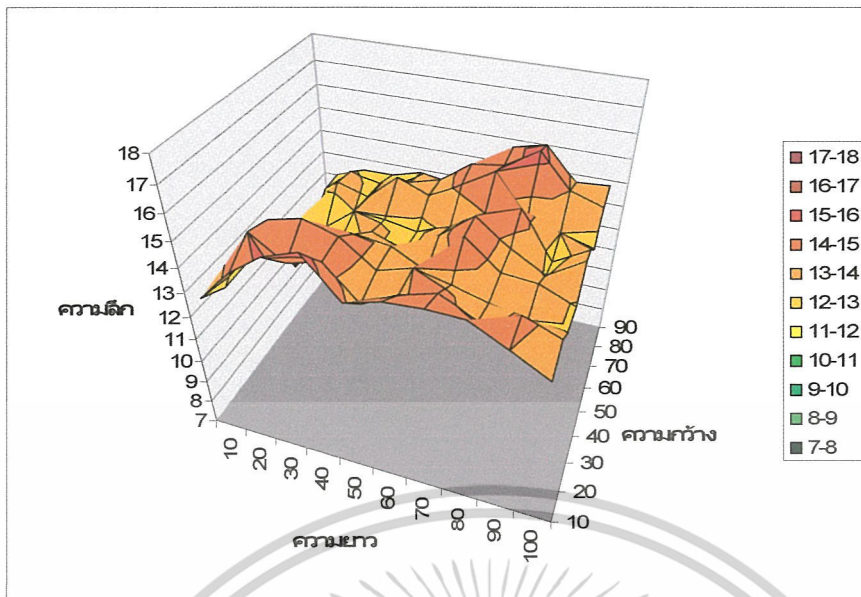
มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้



รูปที่ 4.28 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr ของดินร่วน

มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้

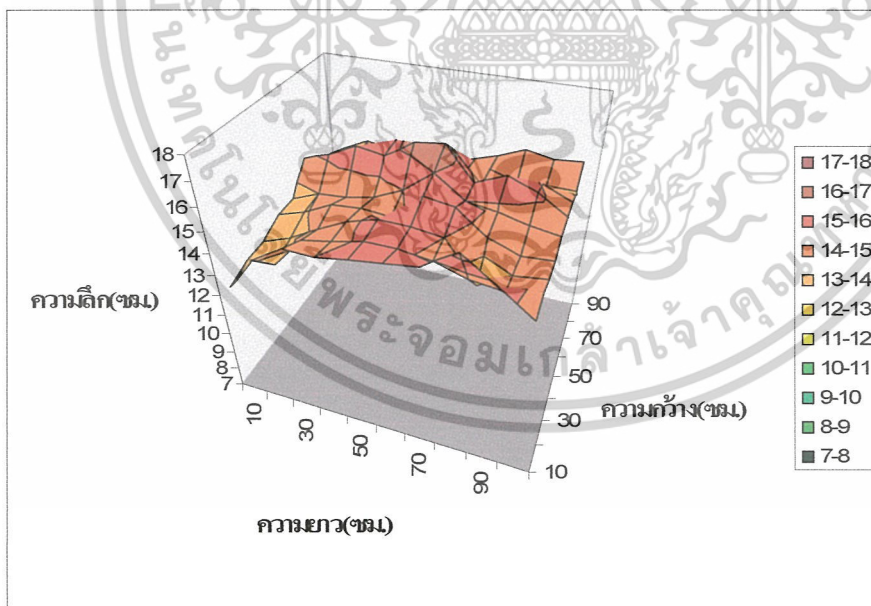
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr ของดินร่วน

จากการทดลองดินเหนียว

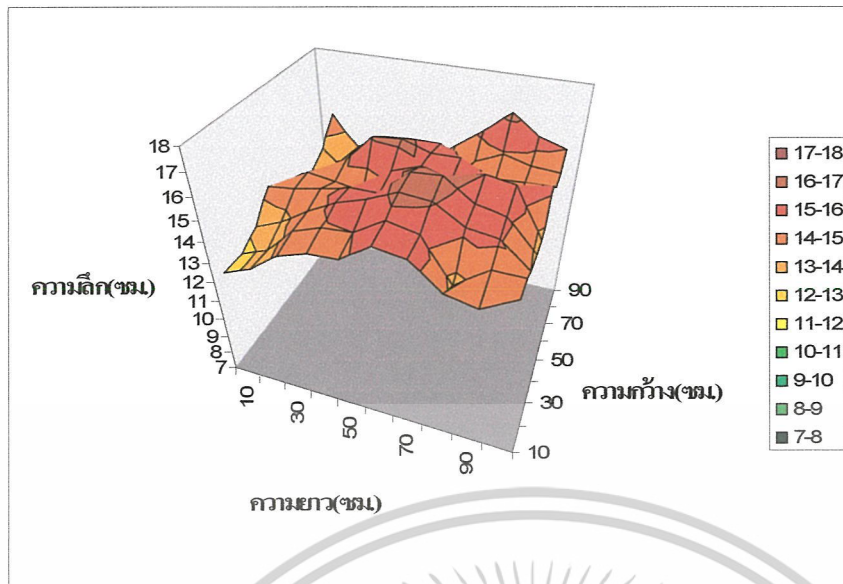
มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้



รูปที่ 4.30 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr ของดินเหนียว

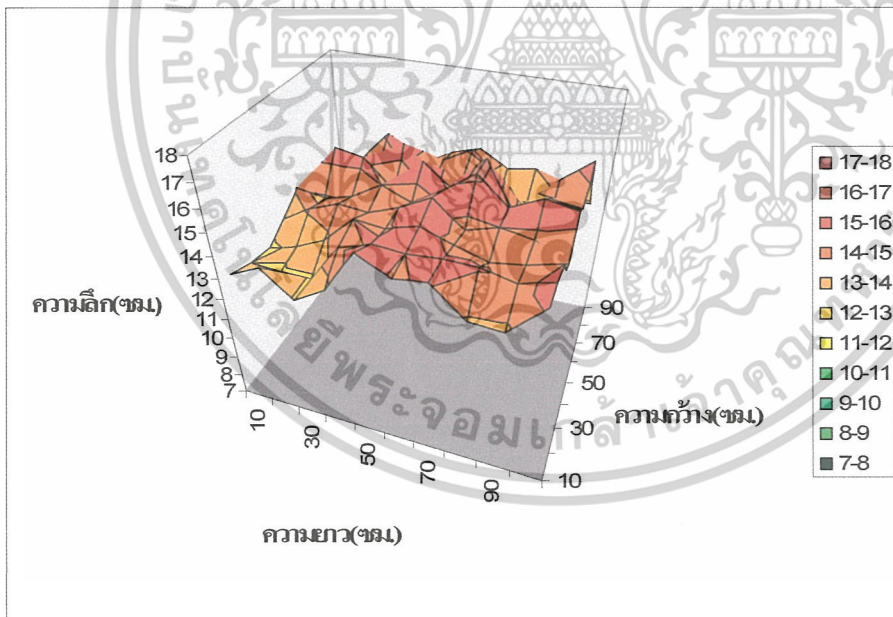
มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr ของดินเหนียว

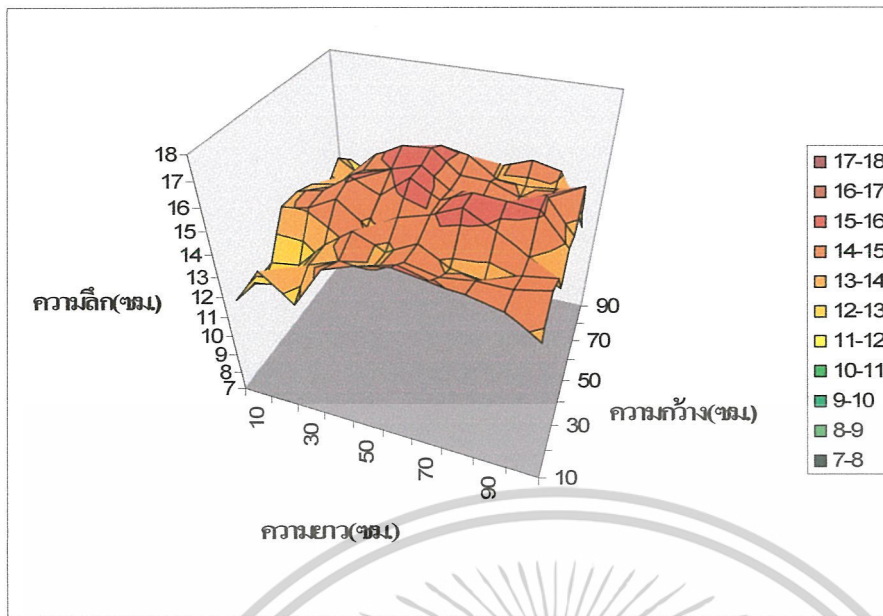
มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้



รูปที่ 4.32 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr ของดินเหนียว

มุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะได้กราฟจำลองผิวดินหลังจากการให้น้ำผ่านไป 90 นาที ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 กราฟจำลองผิวหน้าดินและปริมาตรดินหลังการให้น้ำที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr ของดินเหนียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

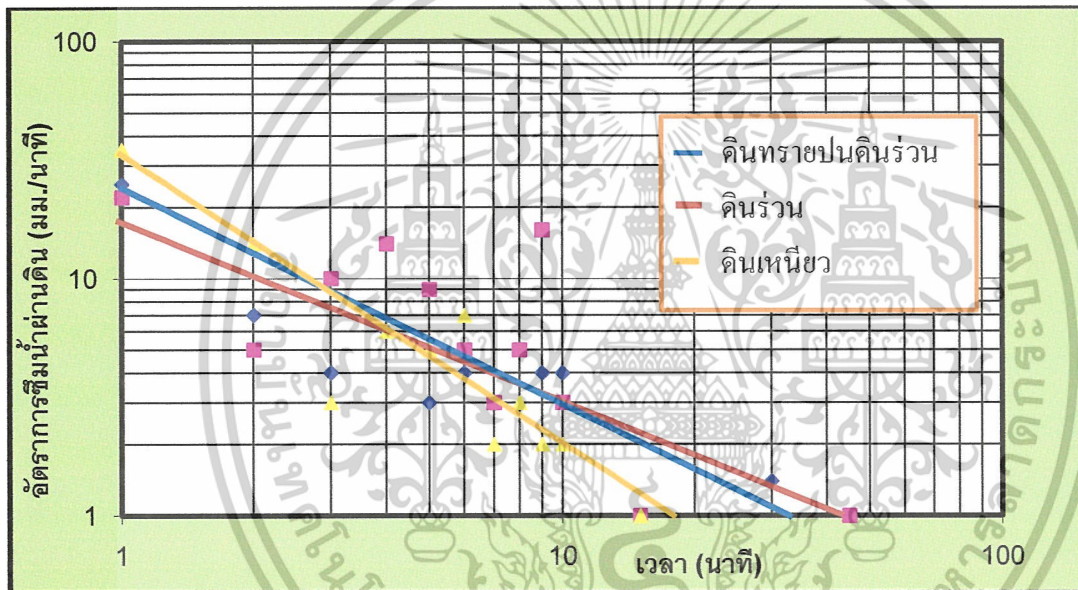
สรุปผล และ ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองชุดทดสอบการศึกษาคูสมบัติของดิน โดยการทดลองจากชุดทดสอบและดิน 3 ชนิด การทดลองในแต่ละหัวข้อพบว่าผลที่ได้จากการทดลองค่อนข้างเป็นไปตามทฤษฎี ดังนี้

5.1.1 การวัดอัตราการซึมน้ำผ่านดิน

จากการทดลองวัดอัตราการซึมน้ำผ่านดินของดิน 3 ชนิดนำมาเขียนลงกราฟล็อกการีธึม พบว่า อัตราการซึมน้ำของดินเหนียวในระยะแรกจะซึมได้ดีกว่าชนิดอื่น เนื่องจากอนุภาคของดินเหนียวก่อนการทดลองเกาะตัวกันเป็นก้อนหลายก้อนทำให้ระยะห่างระหว่างก้อนดินมีช่องว่างของอากาศมากจึงส่งผลให้น้ำซึมผ่านอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับดินทรายปนดินร่วนและดินร่วน ดังรูปที่ 5.1

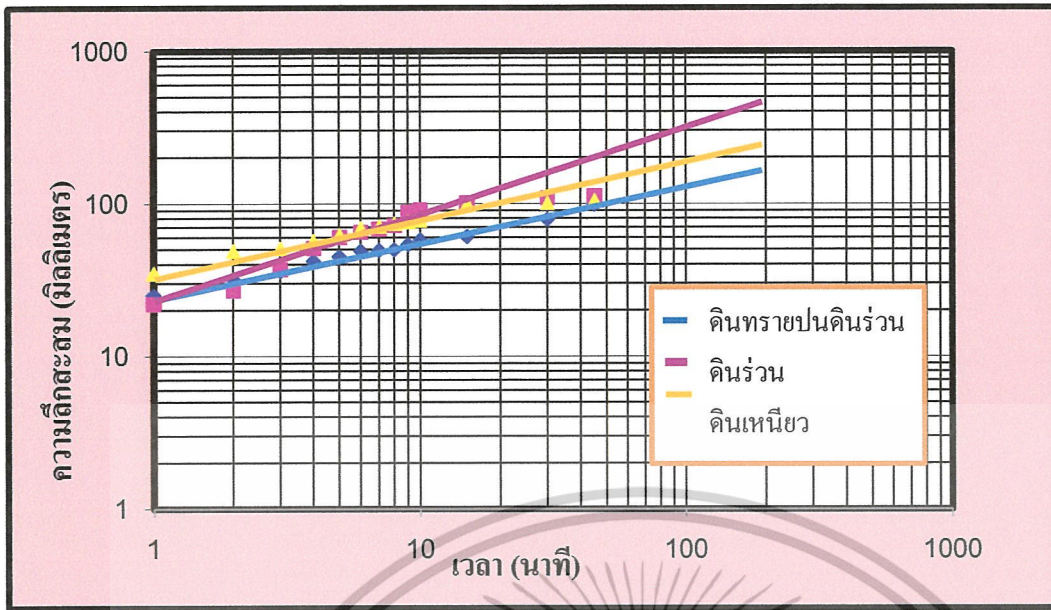


รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาในดิน 3 ชนิด

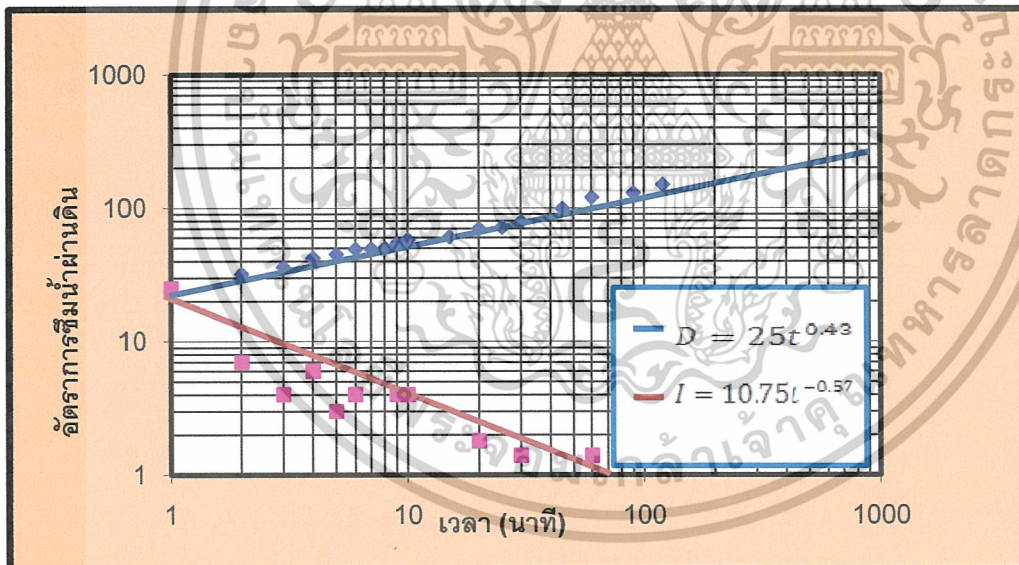
และเมื่อเวลาผ่านไปดินเหนียวอุ้มน้ำได้เต็มที่แล้วทำให้อัตราการซึมน้ำน้อยลงเมื่อเทียบกับดินชนิดอื่น ดินทรายปนดินร่วนมีอนุภาคเม็ดดินที่ละเอียดมากไม่เหมือนกับดินทรายล้วนเมื่อทำการทดลองอัตราการซึมน้ำผ่านดินในช่วงแรกมีค่าน้อยกว่าดินเหนียว และเมื่อเวลาผ่านไปอนุภาคดินเกาะตัวกันมากขึ้นทำให้อัตราการซึมน้ำน้อยลง ดินร่วนมีอนุภาคดินก่อนการทดลองลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ บางส่วนจับตัวกันเป็นก้อน เมื่อทำการให้น้ำพบว่าช่วงเวลาแรกน้ำสามารถซึมผ่านดินได้อย่างรวดเร็วและค่อยๆลดลงเมื่อเวลาผ่านไปแต่น้ำสามารถซึมผ่านดินได้ตลอด

เมื่อนำความลึกสะสมของดินกับเวลามาเขียนลงกราฟล็อกการีธึมดังรูปที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความลึกสะสมกับเวลาในดิน 3 ชนิด พบว่าดินเหนียวมีแนวโน้มความลึกสะสมสูงกว่าดินชนิดอื่นในช่วงเวลาแรก แต่เมื่อเวลาผ่านไปดินร่วนมีความลึกสะสมมากกว่าดินชนิดอื่น เมื่อนำกราฟความลึกสะสมและอัตราการซึมน้ำผ่านดินมาเขียนลงกราฟเดียวกัน พบว่าความลึกสะสมแปรผกผันกับอัตราการซึมน้ำผ่านดิน ดังรูปที่ 5.3



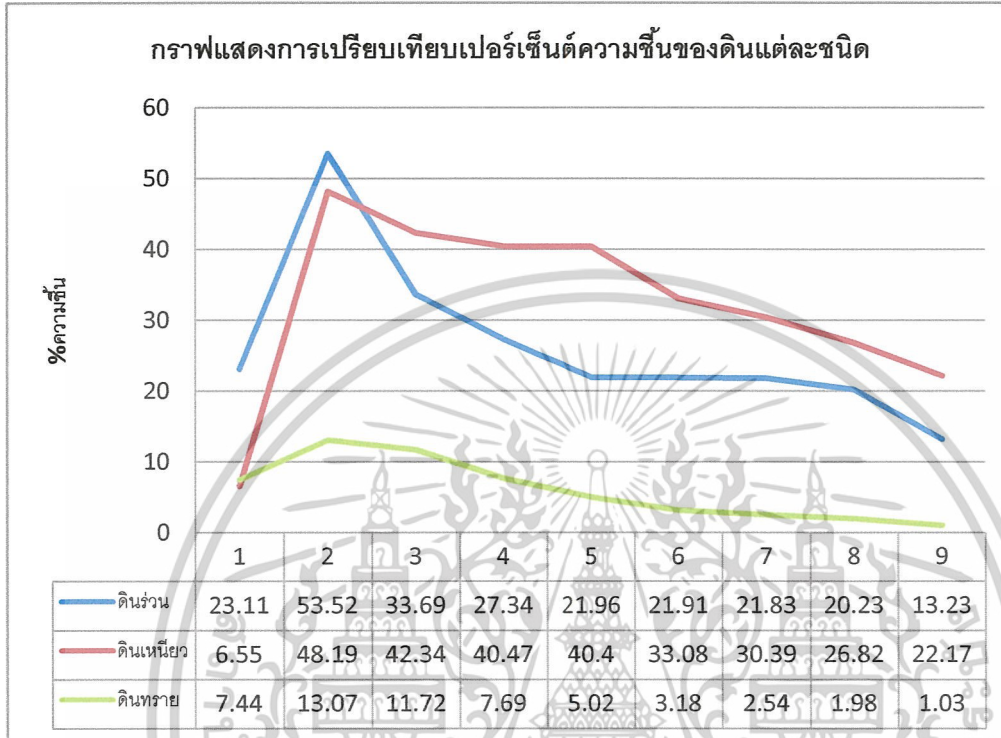
รูปที่ 5.3 กราฟเส้นตรงของสมการความลึกสะสมและอัตราการซึมน้ำผ่านดินของดินทรายปนดินร่วน

5.1.2 การวัดค่าความชื้นในดิน

จากการทดลองวัดค่าความชื้นในดิน 3 ชนิด แล้วนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินทั้งสามชนิดดังรูปที่ 5.4 พบว่าดินที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่สูงคือดินเหนียว ดินร่วน และดินทรายตามลำดับ และเมื่อเทียบกับเวลา (1 สัปดาห์) พบว่าร่วนมีการเก็บความชื้นได้นานและคงที่มากกว่าดินอีกสองชนิด โดยดินทรายเป็นดินที่มีความชื้นลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลพบว่าจุดที่ความชื้นในดินพอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด (Field Capacity) ซึ่งค่า Field Capacity ของดินเหนียวคือ 40.4 ดินร่วนคือ 21.96 และดินทรายคือ 5.02 โดยปกติค่า Field Capacity นั้นเราจะใช้ข้อมูลในช่วงหยดให้น้ำ 2-3 วันซึ่งอาจจะต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพดินในพื้นที่นั้นๆ

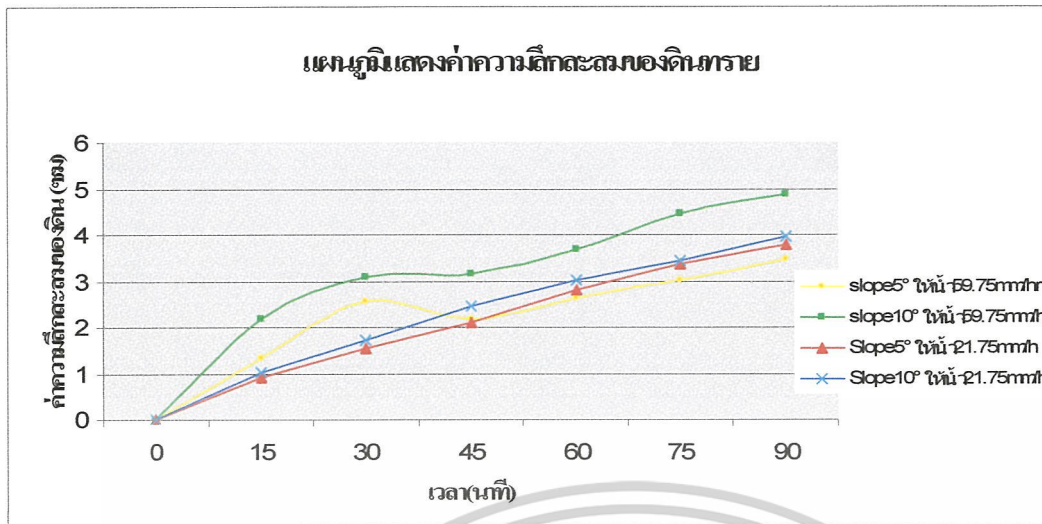


รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินทั้งสามชนิด

5.1.3 การวัดค่าการชะล้างพังทลาย

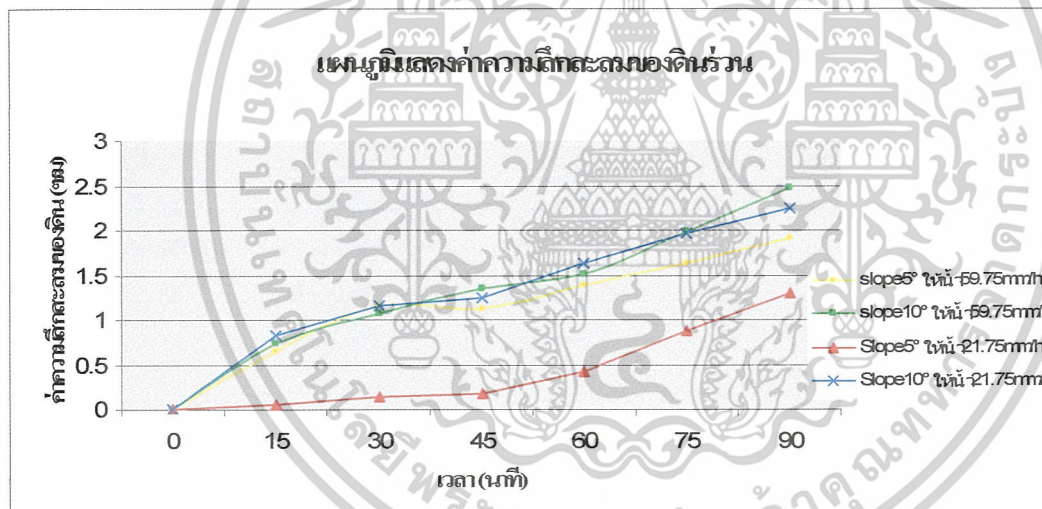
จากการทดลองการศึกษาพังทลายของดินชนิดต่างๆจะได้ค่าความสึกเสถสมของการปรับมุมเอียง 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr มุมเอียงที่ 5° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr และมุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 21.75 mm/hr มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่าความตึกสะสมของดินทราย

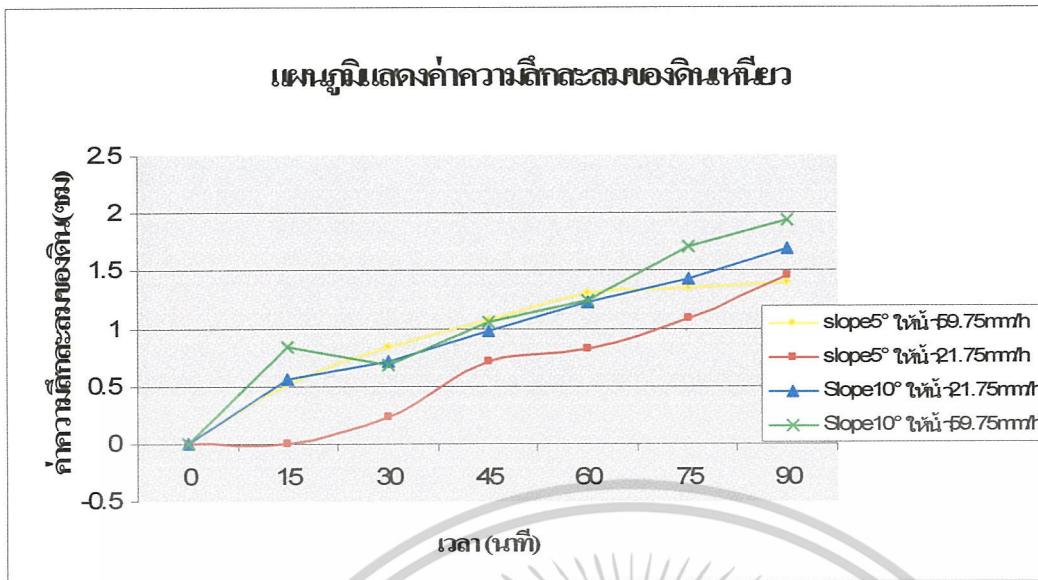
จากกราฟแสดงค่าความตึกสะสมของดินทรายจะพบว่าที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะมีการตึกสะสมของดินมากที่สุด คือ 4.888 cm



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงค่าความตึกสะสมของดินร่วน

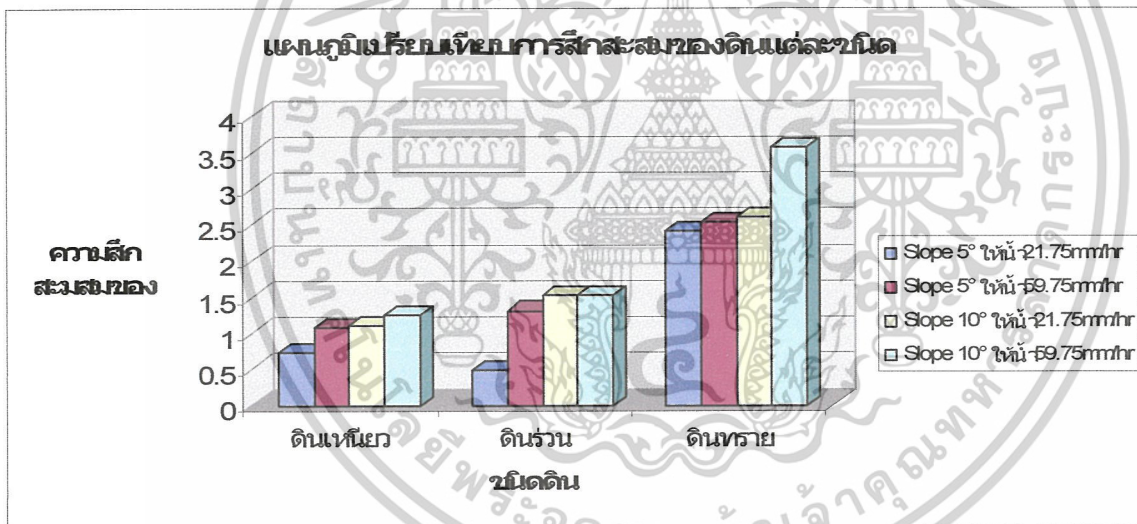
จากกราฟแสดงค่าความตึกสะสมของดินร่วนจะพบว่าที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะมีการตึกสะสมของดินมากที่สุด คือ 2.479 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงค่าความลึกสะสมของดินเหนียว

จากกราฟแสดงค่าความลึกสะสมของดินร่วนจะพบว่าที่มุมเอียง 10° มีความหนาแน่นของการให้น้ำ 59.75 mm/hr จะมีการลึกสะสมของดินมากที่สุด คือ 1.934 cm



รูปที่ 5.8 แผนภูมิเปรียบเทียบความลึกสะสมของดินแต่ละชนิด

จากกราฟเปรียบเทียบการลึกสะสมของดินแต่ละชนิดจะพบว่าดินทั้งสามชนิดจะมีการลึกมากที่สุดเมื่อมีความหนาแน่นการให้น้ำที่ 59.75mm/hr และมุมเอียงที่ 10° ทั้งนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีที่ว่าเมื่อมีปริมาณน้ำฝนเกินกว่า 25mm/hr จะทำให้เกิดการพังทลายได้มาก ซึ่งปริมาณความหนาแน่นการให้น้ำนี้เปรียบได้กับปริมาณของน้ำฝนตามธรรมชาติ เพราะฉะนั้นปริมาณน้ำฝนจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้เกิดการพังทลายของดิน แต่ปัจจัยอื่น ๆ ก็มีผลร่วมด้วยเช่นกัน นั่นก็คือ มุมเอียงของหน้าดิน ดังจะเห็นได้จากกราฟจะพบว่าหน้าดินมุมเอียง 10° จะมีการพังทลายของหน้าดินได้มากกว่าหน้าดินมุมเอียง 5° นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางด้านชนิดของดิน ปริมาณพืชบนพื้นดิน และการอนุรักษ์ดินเข้ามาเกี่ยวข้องอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรวัดค่าความแข็งของดินก่อนการให้น้ำในแต่ละครั้งเพื่อมาเปรียบเทียบข้อมูลได้ชัดเจนขึ้น

5.2.2 ควรใช้เวลาทำการทดลองการวัดอัตราการซึมน้ำผ่านดินให้มากขึ้น โดยเติมน้ำลงในเครื่องมือวัดอัตราการซึมน้ำเป็นระยะ ผลการทดลองเมื่อนำมาเขียนลงกราฟถือการซึมจะ ได้สามารถนำไปทำนายได้

5.2.3 ควรเก็บตัวอย่างดินไปใส่ตู้อบที่เวลาเดียวกันของทุกวันเพื่อให้ได้ผลการทดลองเปรียบเทียบกัน ได้ชัดเจน

5.2.4 ควรกำหนดจุดวัดความลึกสะสมของดินในแต่ละช่องของ mesh box ให้คงที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลวัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน

แหล่งของดิน ฉะเชิงเทรา ผู้ทำการวัด กลุ่มชุดทดสอบฯ วันที่ 12-Jan-09เนื้อดิน ดินร่วน ความชื้น แห้ง พีชที่ปลูก ครั้งที่ 1 หมายเหตุ

เวลา - นาที			การซึมผ่านผิวดิน - มิลลิเมตร		
เวลา-น.	ช่วงเวลา	สะสม	ความลึก	ความลึกต่าง	สะสม
10:00		0	0		0
10:01	1	1	22	22	22
10:02	1	2	27	5	27
10:03	1	3	37	10	37
10:04	1	4	51	14	51
10:05	1	5	60	9	60
10:06	1	6	65	5	65
10:07	1	7	68	3	68
10:08	1	8	72	5	72
10:09	1	9	88	16	88
10:10	1	10	91	3	91
10:11	1	11	97	6	97
10:12	1	12	98	1	98
10:13	1	13	99	1	99
10:14	1	14	100	1	100
10:15	1	15	101	1	101
10:30	15	30	109	8	109
11:00	30	60	117	8	117
11:30	30	90	121	4	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ตารางบันทึกผลของดินร่วน

ระยะเวลา	น้ำหนักดินก่อนอบ (รวมน้ำหนักภาชนะ)	น้ำหนักดินหลังอบ (รวมน้ำหนักภาชนะ)	m_s	มวลของน้ำในดิน m_w	ระดับความชื้นโดยมวล $\theta_m = \frac{m_w}{m_s}$	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ก่อนให้น้ำ	126.09	104.77	92.24	21.32	0.2311	23.11
หลังให้น้ำ	164.09	111.25	98.72	52.84	0.5352	53.52
1 วัน	162.20	124.48	111.95	37.72	0.3369	33.69
2 วัน	85.89	70.14	57.61	15.75	0.2734	27.34
3 วัน	137.76	115.21	102.68	22.55	0.2196	21.96
4 วัน	83.95	71.11	58.58	12.84	0.2191	21.91
5 วัน	119.16	100.05	87.52	19.11	0.2183	21.83
6 วัน	119	101.05	88.7	17.95	0.2023	20.23
7 วัน	143.82	128.47	115.94	15.35	0.1323	13.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 บันทึกผลของดินทราย

ระยะเวลา	น้ำหนักดินก่อนอบ (รวมน้ำหนักภาชนะ)	น้ำหนักดินหลังอบ (รวมน้ำหนักภาชนะ)	มวลของดินแห้ง m_s	มวลของน้ำในดิน m_w	ระดับความชื้นโดยมวล $\theta_m = \frac{\text{มวลน้ำ, } m_w}{\text{มวลดิน, } m_s}$	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ก่อนให้น้ำ	171.52	166.09	153.56	11.43	0.0744	7.44
หลังให้น้ำ	132.59	118.71	106.18	13.88	0.1307	13.07
1 วัน	253.95	228.61	216.08	25.34	0.1172	11.72
2 วัน	172.10	160.70	148.17	11.4	0.0769	7.69
3 วัน	205.40	196.17	183.64	9.23	0.0502	5.02
4 วัน	161.46	144.34	144.34	4.59	0.0318	3.18
5 วัน	261.61	255.44	242.91	6.17	0.0254	2.54
6 วัน	162.92	160.0	147.47	2.92	0.0198	1.98
7 วัน	206.74	204.76	192.23	1.98	0.0103	1.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ตารางบันทึกผลของดินเหนียว

ระยะเวลา	น้ำหนักดินก่อนอบ (รวมน้ำหนักภาชนะ)	น้ำหนักดินหลังอบ (รวมน้ำหนักภาชนะ)	m_s	มวลของน้ำในดิน m_w	ระดับความชื้นโดยมวล $\theta_m = \frac{\text{มวลน้ำ, } m_w}{\text{มวลดิน, } m_s}$	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
ก่อนให้น้ำ	110	104	91.47	6	0.0655	6.55
หลังให้น้ำ	162	113.39	100.86	48.61	0.4819	48.19
1 วัน	147	107	94.47	40	0.4234	42.34
2 วัน	174.25	127.65	115.12	46.6	0.4047	40.47
3 วัน	128.32	95	82.47	33.32	0.4040	40.40
4 วัน	114.07	88.83	76.3	25.24	0.3541	33.08
5 วัน	115.16	91.24	78.71	23.92	0.3039	30.39
6 วัน	172.54	138.70	126.17	33.84	0.2682	26.82
7 วัน	115.74	97.01	84.48	18.73	0.2217	22.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินทราย

มุม 5° ความหนาแน่นการให้น้ำ 21.75mm/hr

เมื่อให้น้ำผ่านไป15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.1011cm

15	15.4	15	15	14.2	14.3	13.5	13.2	14
15.1	15.3	15	14.7	14.8	14	13.8	14.3	15
15.3	15.3	14.6	14.6	15	15.1	14	15.1	16
15.2	14.9	14.2	15.4	15.2	15	14.3	14.2	14.3
15.5	15.1	14.5	15.1	15	15	14.6	14.8	14.7
15.2	15.2	15	15.7	15.6	15.3	13.5	13.7	14.2
15.6	15.3	15.9	15.5	15.5	15.5	15.2	15	15.3
15	15	15	15	15.8	15.6	16	15.6	16
15.7	15.5	15.4	15.5	16	16.5	17	15.5	15.5
15.8	16	15.5	17	15.2	15.9	15.2	15.1	16

เมื่อให้น้ำผ่านไป30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.46333cm

14.2	15	14.6	14.5	13.7	13.8	13	12.8	13.3
14.7	14.7	14.6	13.8	14	13.4	13	13.8	14.6
15	14.7	14	14	14.4	14.6	13.2	14.5	15.4
14.6	14.6	13.6	14.8	14.7	14.4	13.7	13.4	14
15	14.5	14	14.5	14.4	14.5	14	14	14
14.8	14.6	14.1	14.8	15	14.9	12.8	13	13.5
15.1	14.7	15.3	15	14.8	14.8	14.8	14.1	14.6
14.6	14.4	14	14.5	15	15	15.3	14.6	15
15	15	14.7	14.7	15.2	15.5	15.9	14.4	14.8
15.4	15.2	14.5	16	14.9	15.4	14.7	14.6	14.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 13.89556cm

13.5	14.2	14	14.4	13.5	13.5	12.2	12.8	13
14	14.3	13.8	13.7	13.8	13	13	13.8	14
14.3	14.2	13.2	13.5	14	14	13	14.5	14.8
14	14	12.8	14.2	13.8	13.7	13	13.4	13.8
14.2	14	13.2	13.7	14.2	14	13.4	14	13.5
14.5	14.1	13.4	14	13.8	13.5	11.4	11.7	13
14.5	14.5	14.5	14.1	14	13.5	13.1	12.8	14.6
13.8	14	13.4	13.4	14.8	14.1	15	13.8	15
14.3	14.6	14	13.8	15	14.9	15.5	13.7	14.8
15	14.5	13.8	15	14.5	15	14.5	14	14.5

เมื่อให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 13.19222cm

13	14	13.4	14	13	13	11.7	12	12.3
13.2	13.6	13	13.6	13.5	12.3	12.2	13.5	13.4
14	14	12.7	13	13	13	12.5	14	14
13.8	14.3	12	13.4	12.5	12.8	12	13	12.7
13.8	13.1	13	12.8	13.1	13.1	12.5	12.8	13
14	13.5	12.5	13	12.7	12	10.6	10.9	12.7
14.3	13.7	14	13.5	13	12.5	12	11.6	14.3
13	13.3	12.5	12.6	13.7	13	14	12.5	14.5
14	14	13	13	14.1	14	14.5	13	14
14.2	13.9	13.5	14.2	14	14.3	14	13.3	13.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.62333cm

13.5	13.5	13	13.5	12.6	12.1	11	11.6	12
13	13	12.7	13.2	13	12	12	13	12.5
13.2	13.8	12	12.8	12.1	12.8	11.3	13.1	13.5
13	14	11.1	12.6	11.4	12	11.2	12.4	12
13.7	13	12.2	12	12	12	12	12	12.8
13.8	12.7	11.7	12.7	11.7	11.4	9.8	10	12.3
14	13	13.8	12.7	12.6	11.7	11.1	11	14
12.8	12.6	12.3	11.5	13	11.8	13.8	11.6	14
13.8	13.8	12.7	12.4	13.2	13.1	14	12.1	13.3
14	13.5	13	14	13.5	13.8	13.1	13	13.2

เมื่อให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.22111cm

13	13	12.2	13.1	12.1	12	10.8	11.5	11.5
12.5	12.6	12	13	12.4	11.8	11.7	12.8	12
13	13.5	11.2	12.6	12	12.6	11	13	12.8
12.7	13.7	10.9	12	11.1	11.8	11.1	12.2	11.9
13.5	12.7	12	11.5	11.6	12.6	11.7	11.6	12
13.4	11.9	11.1	12	11.5	11	9.7	9.7	12
13.9	12.6	13.5	11.6	12.2	11	11	10.5	13.4
12	12	12	11	12.5	11.2	13	11	13.8
13.3	12.9	12.1	11.7	13	13	13.3	12	13
13.4	13	12.5	13.2	13.1	13.5	13	12.4	12.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินทราย

มุม 5° ความหนานแน่นการให้น้ำ 59.75mm/hr

เมื่อให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.94667 cm

14.5	14.8	14.9	14.1	14.2	13.9	13.2	13	14
14.8	15	14.8	14.4	14.8	13.8	13.8	13.8	15
14.9	14.7	14.6	14.6	15	15.1	14	14.8	16
15	14.8	14.4	15.4	14.8	15	14.3	14.2	14.3
15	14.5	14.3	15.1	14.8	14.6	14.6	14.4	14.7
15.2	14.4	15	15.2	15	15.3	13.5	13.7	14.2
15	15.2	15.9	15.5	15.5	15.5	14.8	14.5	15.3
15	15.1	15	15	15.4	15.6	16	15.5	16
16	15.4	15.4	15.5	16	16.5	17	15.5	15.1
16	16	15.3	17	15	15.7	14.7	15.1	16

เมื่อให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 13.43333cm

13.3	13.4	13.5	12.7	12.3	12.1	11.5	11.5	11.6
14.5	13.8	13.8	12.7	13.4	13	12.5	12.9	11.7
14.4	13.5	13.6	13.8	13.3	12.8	12.6	13	12.5
13.6	13.6	13.1	14.4	12.6	14	13.1	12.6	13
13.9	13.3	12.3	12.6	12.5	11.7	11.6	12.8	13.6
14.7	13.2	13.7	13.8	13.8	13	11.9	12.6	13.7
15	15	14.1	14.5	13.7	13	13.3	13.8	13.8
15	14.3	12.9	13.5	14	13.4	14.5	14.1	13.5
15	13.8	12.7	13.8	14	14	14.3	13.8	13.8
15	14.8	13.8	15	15	13	14.1	13.2	14.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยพิวดินที่เหลือ 13.81444cm

14.6	13.9	14	13	12.4	13.2	13.5	12.5	13.1
14.8	14.8	14	13.1	13.7	13	12.9	13	12.1
15	14.7	14.2	14.3	13.5	13.7	13.8	14	12.6
15	13.6	13.1	14.2	12.8	13.7	12.5	13.2	14.2
14	12.9	12.7	13.5	12.2	12.1	11.2	12.5	14.3
14	13.1	13.4	14.2	13	13	12.7	12.5	13.1
15.1	15	14.4	13.8	13.7	14.5	14.5	14	13.5
14.9	14.8	12.3	12.5	14.2	14.4	13.7	14.4	14
15.6	14	14	13.7	14.5	14	14.9	14.7	14.1
16	14.4	14.3	15.5	14.9	15	15.7	14.7	15.5

เมื่อให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยพิวดินที่เหลือ 13.38111cm

14.7	14.5	13.9	12.7	12.4	12.8	12.2	12.5	12.4
15.2	15	13.8	13.4	12.3	13	12.1	13	12.3
15	14.4	14	14	13	13.1	13	13.1	13
14.7	14	13.7	14.4	12.9	13.3	12.1	12.7	14
13.4	12.5	12.7	13	11.6	12	10.8	11.1	13.1
13.5	12.5	13	14	12.3	11.7	11.7	12.2	12.5
13.5	13.5	13.1	12.3	13.1	12.4	13.8	12.7	13.4
14.1	14.4	12.5	12.1	13.2	13.5	14.2	14.2	13.3
15.5	13.6	13.4	13.2	14.3	14	14.5	14.6	14.4
15	13.9	14.3	15.5	14	14.6	15.2	14.1	14.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.99889 cm

14	14	13.5	12.5	12.5	12.9	12	12.4	12.5
14.4	14.5	13.6	13.4	12	13	11.5	13	12.4
14.1	14	13	13.9	12.8	13	12.3	12.9	12
14	13.9	13.1	14	12.5	13	11.9	12	13.5
12.9	12	12.4	12.6	11	11.6	10.1	11	12.5
13.4	12	12	13.8	11.6	11	11.5	11.7	12.7
13.2	13.2	12.5	11.8	12.9	11.8	11.7	12	13
13.4	14	12	12	13	13.4	14.3	14.2	13
14.9	13	13	12.5	13.6	14.1	14.1	14.4	14.3
15	13.7	14	14	14	14.5	15.1	14	14.5

เมื่อให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.51667 cm

12	14.4	13	12.2	11.9	11.8	12.1	12	13
11.3	14.1	14	11.7	11.5	13	12	12.9	13.1
11	14	13.9	12.7	12	12	13.1	13.1	14
14.7	12.4	11.4	12.4	11	11.5	9.8	13	14.1
12.1	10.3	11.1	12	10.4	10.7	9.6	11.2	12.7
11.6	11.7	12	13	11.4	10.1	11.7	12	12
12.6	12.6	10.9	10.8	11.9	11.5	11.8	12	13.1
12.8	13	11.1	11.4	12.9	13.2	14	13.8	12.9
13	12.5	12	13	13.9	14.1	14.4	14.1	14.1
14	13	13.5	13.7	14	14.2	15	14	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินทราย

มุม 10° ความหนาแน่นการให้น้ำ 21.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.99667cm

15.4	15.1	15.3	15.1	15.5	15.4	15	15.2	15.2
15.5	15.4	15.5	15.6	15.4	15.6	15.7	15.4	15.5
15.1	15.5	15.6	15.4	15.2	15.5	16	15.3	15
15.5	15	15.1	15.5	15.3	15.7	15.4	15.1	15.3
15.3	15.7	15	15.1	14.5	15	15.5	15.3	15.2
15.2	15.4	15.7	15.2	14	12.9	13.1	13.4	15
15	14.8	15.4	15.3	14.4	14.5	13.7	14.1	15
15	15.8	14.5	14.4	14	14.6	13	13.5	15
15.3	15.4	14	14	14	14.1	14.6	14	15
15.2	15.4	15.3	15	15.3	15.5	15.6	15	15.2

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.28889cm

14.7	14.6	14.8	15	15.1	14.8	14.6	14.7	14.7
15	15	14.6	15.3	14.4	15	14.5	15	14.5
14.5	14.8	15	15	14.9	15	14.5	14.5	13.8
15	14.5	14.8	14.8	14.7	14.8	14.6	14	14
14.6	15	14.9	14.7	14.2	14.5	14.2	14.2	14.2
14.2	15	15	15	13.5	12.3	13	12	14
14.5	14	14.9	14.6	13.2	13.7	12	13.2	14.3
14	14.8	13.9	14	13	14	12.3	12.7	14.2
14.5	14.1	13.5	13.5	13.4	13.5	14	13.5	14.1
14.7	14.5	14.5	14.5	14.5	14.4	15.2	14	14.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 13.52778cm

14.2	13.8	14	13.9	14.5	14.5	13.7	14	13.7
14	14	13.7	14	13.6	14	14	14.4	13.6
14.1	13.6	14	13.8	13.4	13.7	14	14.5	13.6
14.4	13.4	13.9	13.7	13.5	13.7	13.1	14	13.7
13.8	14	14.2	14	13	13	14	13.8	13.5
13.5	13.4	13.6	13.7	12.2	11	11	12.5	13
13.9	13	13.7	14	13.4	13	12.2	13.5	13.3
13.2	13.8	13.1	13.1	12.8	13.1	11.6	12.6	13
14	13.5	13	13.3	13	13	13.8	13	13
14	14	14	14	13.8	13.7	14.5	13.2	13.5

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.98444cm

14	13	13.4	13.5	14	14.1	13.3	13.5	13.5
13.6	13.3	13	13.6	13.2	13.6	13.5	14.2	13.4
13.5	13	13.3	13	13	13.4	13.6	14	13.1
13.9	12.7	13.1	13.2	13	13.3	12.5	13.2	13
13	13.6	14	13.5	12.4	12.1	13.3	13.1	13.1
12.7	13	12.7	13.3	11.4	10.3	10	12	12.4
13.3	12.6	12.8	13.4	12.7	12.3	11.8	13	12.5
12.8	13	12.6	12.5	12.1	12.6	11	12.1	12.4
13.7	12.9	12.1	13	12.4	12.4	13	12.6	12.6
13.8	13.6	13.5	13.4	13.5	13.2	14	13	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.54778cm

13.6	12.9	13.1	13.4	13.3	13.8	13	13.1	13
13.2	13.1	12.7	13.4	12.7	13.2	13.1	14	12.9
13.2	12.9	13	12.8	12.2	12.8	13.1	13.6	13
13.5	12.5	12.7	12.7	12.4	13	12	12.6	12.7
12.6	13.5	13.6	13.1	12	11.7	12.7	12.7	13
12.2	12.8	12.2	13.3	10.6	9.5	9	11.6	11.7
13	12.6	12.3	13	12	11.7	11.2	12.6	12
12.4	12.9	12.1	11.9	11.4	12	10.3	11.5	11.7
13.2	12.6	11.7	12.8	12	11.8	11.8	12.3	12
13.3	13.2	13.3	13.1	12	12.5	13.6	12.8	12.7

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.05222cm

13.5	12.2	12.6	12.9	12.8	13.5	12.5	12.5	12.6
13	13	12	13	12	13	12.7	13.6	12.5
13	12.5	12.5	12.5	11.6	12.3	12.8	13.2	12.6
13.1	12.4	11.9	12.4	11.9	12.3	11.2	12.2	12.2
12.1	13.2	13.3	12.6	11.1	10.8	12	12	12.7
11.6	12.5	11.6	13	9.8	8.9	8.2	11	11
12.7	12.3	11.6	12.7	11	11	10.4	12	11.1
12	12.6	11.6	11.6	10.6	11.2	9.5	10.7	10.8
13	12.5	11	12.7	11.2	11.2	11	13	11
13	12.9	13	13	11.6	12.2	13	12.4	11.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินทราย

Slope 10° ความหนาแน่นการให้น้ำ 59.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 13.82 cm

14.3	13.8	14.3	14.3	14	13.9	13.5	13.6	13.9
14.9	14.5	14	14	14.5	14.5	14.6	14	14.2
14.8	14.7	14.7	14	14.5	14.3	14.9	13.8	13.5
14.2	13.8	14.2	14.9	13.9	14.9	14.9	14.5	14
13.6	14.8	13.7	14.6	13	13.5	14.1	14.5	14.5
14	14	14.5	14.5	12.5	10.9	11.8	11.7	13.6
14.3	13.3	14	14	13	12.8	12.5	12.8	13.8
14.2	14.5	13.1	12.8	12.5	13.2	11.6	12	14
15	14	12.7	12	12.8	13	12.8	12.8	13.5
14.8	14.2	14.3	13.8	14.1	14.6	14.9	14.5	14.5

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.91667 cm

14	13.5	14	13.8	13.6	12.5	12.5	12	13
14.2	14.1	13.7	13.6	14.2	14	14.2	13.6	13.1
14.7	14.3	14.5	13.5	14	14	14.8	13.2	12.5
13.5	13.5	13.6	14.8	13	14.7	14.6	14.3	11.2
12.5	14.6	13	14	12.6	12.8	11.5	11.2	14.2
13	13.8	14	14.2	11.7	8.1	10.2	9.9	12.6
14	12.8	12.8	13.5	11.5	9.8	9.2	11.1	13.2
14	14	14	10.3	11	9.2	10.3	11	12.8
14.6	13.5	13.5	11.2	11.2	10	11.5	11.6	12
14.3	14	14	13	13.7	13.5	13.8	13.2	13.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.83556 cm

13.6	12.4	13.7	13.5	13.7	12.5	13.3	12.4	13
14.5	14	13.5	12.8	14.2	14.7	14.2	14.3	13.5
14.5	13.9	14.2	13.5	13.1	14.9	16	15	13.4
13.3	13.2	13.4	14.5	13.5	14.5	15.5	14.2	15
12.4	13.4	12.5	13.7	14.7	13	14.7	12.4	14.2
11.5	12.5	11.5	14.2	9.1	8	9.3	9.1	13.2
12.1	11.5	12.5	13.2	9.8	10	9.8	10.1	14.3
13.2	12.5	12	10.6	11.4	11.3	11.4	10.5	11.3
13.1	13.3	12	11	13	12.4	12	11.3	12
13.6	13.2	13.2	13	13.3	13.5	13.3	12.5	13.2

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.31 cm

13.5	12.7	12.7	13.2	13.2	12	12	12	11.8
14.5	14	13.3	12.3	12.6	13.8	13.7	14.2	13.1
13.7	13.5	13.4	12.5	13	13.5	14.2	14.5	12.7
14.5	13.3	13.6	14	12.7	14.5	13.5	14.4	14.5
13.1	12.4	12.8	13.5	13.3	12.3	13	11.3	14
11	11.1	11.8	13	11.8	7.5	8.2	8.2	11.3
11.3	12.4	12.3	11.3	11.1	8.8	8.8	9.6	12.7
12	12.5	11.8	10.7	10.6	10.2	10.5	10.9	12
13.1	12.5	11.1	10.8	11.5	12	11.4	12	10.7
12.8	13	12.5	12.5	12.9	12.7	12.2	12.5	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 11.55333cm

13.3	12.5	12.6	13.5	12.7	11.7	12.1	12.5	12.5
14	13	11.1	11.3	13.5	13.7	13.5	13.4	12.4
13	11.7	11.2	11.5	12	14.7	14	14.1	11.5
13.5	11.1	12.2	13.3	12.7	12.6	13.2	13.5	13
9.6	10.2	11.2	12.2	12.2	11	8.5	11.5	10.9
9.3	10.5	10.4	12	7	14.8	7.1	7	9.2
10.4	11.2	11.5	11.7	9.5	8.1	7.5	7.1	11.2
11.5	12.3	11.6	9.8	9.8	9.8	9.2	9.2	9.2
12.5	12	11.3	10.5	10.7	11.2	11	11	10.5
13.2	13	12.6	12.7	12.6	13.2	13	13	12.5

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 11.11222cm

13	12.3	12.2	13	12	11.2	12	12.3	12.4
13.8	12.5	10.8	11	13.1	13.2	13.1	13.4	12
12.5	11.5	11.1	11.4	11.6	14.3	13.1	13.8	11.2
13.6	10.3	11.5	13.1	12.2	12	12.8	13.4	12.8
9.5	9.5	10.7	11.6	11.4	10.6	8.4	11.5	10.9
9.4	10.2	9.9	11.3	6	5.4	6.7	6.8	9
9.8	11.2	11.3	11.5	9.1	7.5	7	6.7	11.1
11.1	12.1	11.7	10	9.6	9.5	8.8	9	9
12.1	12.1	11.1	10.2	10.2	10.5	11.1	10.8	10.1
13	12	12	12	12	13	12.5	12.7	12.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ตารางบันทึกผลการการวัดพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินร่วน

มุม 5° ความหนาแน่นการให้น้ำ 21.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.99667cm

13.9	13.9	14.3	14.9	15.3	15.4	14.9	14.6	14.3
14.3	14.7	15	15.3	16.3	15.9	14.8	15.7	14.8
14.9	15.8	16	16.6	16.7	16.8	16.7	16.3	15.8
15.6	16.2	16.6	16.6	16.8	16.8	16.8	16	16
16.3	16.4	16.8	16.8	16.9	17.8	16.6	16.7	15.6
16.7	16.5	16.7	16.8	16.6	17.8	16.6	16.3	15.9
16.2	16.8	16.7	16.5	16.8	16	15.8	15.8	15.9
17.3	16.3	15.9	16.4	16.5	15.7	14.9	15.9	16.5
16.9	16	15.7	15.7	16.3	15.3	15.4	16.4	16.3
15.9	15.8	15.9	16.3	15.8	15.8	15.5	16	15.7

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.77667cm

14.4	14.2	14.7	14.9	15.2	15.4	14.9	14.5	14.1
15.3	14.7	14.7	15.2	15.9	15.8	14.9	15.6	14.7
15.9	15.2	15.5	16.7	16.7	17.1	17.2	15.8	15.5
16.4	15.9	16.2	16.2	16.6	17	17.8	16.4	14.6
16.5	16.1	16.4	16.9	16.8	17.6	16.7	15.6	14.6
16.3	16.3	15.9	17.3	17.5	17.9	16.2	15.9	15.2
17.2	15.8	15.9	16.5	16.7	16.6	15.6	15.2	15.6
17	15.8	14.9	16.2	15.9	16.1	14.8	15.1	16
15.2	15.3	15.5	15.2	15.6	15.5	15.7	15.1	16.1
15.1	14.6	15.2	15.4	14.9	15.3	15.7	15.1	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.28333cm

13.5	13.6	14	14.7	15	15.1	14.3	14.2	14.1
13.5	13.6	14	14.7	14.9	15.2	14.8	14.4	14.5
14.6	14.8	15	15.7	15.6	16.8	17	15	15.2
15.2	15.6	15.6	15.8	16	16.3	17.1	15.1	15.4
15.5	15.6	16	16.7	15.9	16.9	16.5	15	15
15.7	15.7	15.7	16.7	16.9	17.3	15.8	15.5	15
15.6	15.5	15.9	16	16.6	15.8	15.2	15.2	15
16.5	15.3	14.6	15.1	15.8	15.9	14.7	14.9	15.3
16	14.7	15	15.2	15.7	15.3	15.3	15.4	15.1
13.3	14.2	14.7	15.3	14.8	14.8	15.7	14.5	14.3

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.17667cm

13	13.5	14	14.3	14.6	15.3	14.8	14.5	14.4
13.5	13.5	15.2	14.5	14.9	15.6	14.7	14.3	14.5
14.5	15	15	15.8	15.6	15.8	16.7	15.2	14.7
15.4	15.3	15.7	15.8	14.9	16.8	16.7	15.1	15.5
15.4	15.2	15.9	16	15.8	17.4	15.7	14.6	13.7
16	15.7	15.8	16	17	17.3	15.1	15.2	14.6
15.6	15.6	16.5	15.5	16.5	15.7	14.6	14.7	14.5
15.9	15	14.6	15.4	15.4	15.8	14.2	14.8	14.8
15.5	15.2	15	15.4	15.3	15.9	15.3	15	15.3
13	14.2	15	15.3	14.7	15.6	15	14.6	14.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.90889cm

13	14	13.9	14.4	14.5	14.8	13.8	13.4	13.3
14	13.8	13.8	14.3	14.6	15.1	14.4	14.6	13.5
15.5	15	15.2	15	15.1	15.8	16.3	14.7	13.7
16	15.5	15.7	15.3	15	15.3	17	14.9	13.1
16.5	16	16	16.2	15.7	15.6	15.6	14.8	13.7
16.1	15.8	15.3	16.5	16.3	15.4	14.3	14.6	14.3
16.4	15.3	15.6	16	15	15.2	14.5	14.6	15.2
16.6	15	14	14.8	15	15.5	14.5	14.4	14.7
15.6	15	14.8	14.5	14.7	15.3	15.1	14.3	13.9
15	14.3	15.1	15	14.4	13.3	15	14.1	14.1

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.53556cm

12.6	13	13	13.5	13.5	14.8	13.2	13.8	13.4
14.2	13.1	13.5	13.9	14	15.2	13.8	13.7	14
15	14.5	14.2	14.5	14.1	15.8	14.1	14.4	13.8
15	14.8	14.8	14.6	14.4	15.6	15.7	14.6	13.9
15.2	15.1	15.2	14.5	15	16.4	15.1	14.5	13.8
15.4	15.1	15.2	15.7	16	16.6	15.7	14.4	14
15.6	14.9	15	15.5	15	15.1	14.3	14.4	14.4
16.5	14.5	13.2	14.5	14.8	15.7	12.8	14	14.9
15.5	14.3	14	14	14.5	15.2	14.9	13.9	14.7
14.5	14.7	14.2	14.1	14.3	14.4	14.3	13.9	14.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.12 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินร่วน

มุม 5° ความหนาแน่นการให้น้ำ 59.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.3556cm

15	14.5	14.3	14.1	13.8	14.3	15.1	16.6	16.3
15.5	14.9	14.2	14.3	14.3	14.2	14.8	15.9	16.5
14.5	14.4	14.5	15.3	15.1	15	16.1	16.3	16.1
16.1	15.8	14.6	15.3	15.5	16.1	16.4	16.1	16.2
16	15.3	14.9	15	15.1	15.8	16.5	16	16
15	14.4	16	14.5	15	16.2	16.4	16	16.3
15.4	14.8	15.5	14.8	14.8	15.3	15.6	15.7	16.2
16	15.3	15.3	15	15	14.3	16.1	15.8	16
15.3	15.4	15.1	14.9	14.9	14.5	16.5	15.9	16.6
14.8	15.1	13.9	14.9	15.1	15.4	15.5	16.4	16.5

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.1711cm

15	14.5	14.1	14	13.8	14.2	15	16.5	16.2
15.3	14.5	14	14	14	14	14.6	15.6	16.3
14.5	14.4	14.2	14.5	14.7	14.6	16	16	16
16	15.5	14.4	15.1	15.6	16	16.2	16	16
16	15.3	14.6	15	15	15.6	16.4	15.6	15.4
15	14.1	15.3	14.1	15	16	16.3	15.4	16
15.4	14.5	15.4	14.6	14.5	15.2	15.5	15.8	16
16	15	15	14.7	14.7	14.1	16	15.8	15.7
15.3	15.1	14.8	14.5	14.8	14.3	16.4	15.6	16.7
14.8	15	14	14.8	15	15.1	15.3	16.1	16.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.87889cm

14.6	14.3	13.7	13.7	13.5	14	14.8	16.3	15.9
15	14.4	13.8	13.9	13.7	13.5	14.3	15.2	16
14.2	14.3	14	14.1	14.2	14.3	15.6	15.5	15.8
15.5	15.1	14	14.9	15.5	15.6	16	15.8	15.5
15.8	15	14.1	14.6	14.8	15.1	16	15.2	15
14.6	14	14.9	14	14.5	15.8	15.9	15	15.6
15.3	14	15	14.2	14.3	15	15.4	15.5	15.9
15.7	14.7	14.9	14.2	14.5	13.8	15.7	15.6	15.6
15	14.7	14.9	14	14.1	14	16	15.4	16.5
14.6	14.5	14	14.7	14.6	15	15	16	16.4

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.61222cm

14.1	14.2	13.9	13.8	13.5	13.5	14.6	15.7	15.4
14.5	14.2	13.7	13.4	13.7	13.2	14.2	15	15.3
14.3	14.1	14	14	14.2	14.1	15.4	15	15.2
15.2	15	13.7	14.6	15.4	15.5	15.8	15.4	15.3
15.4	14.7	13.6	14.5	14.5	14.6	15.5	15	14.9
14.6	14	14.5	13.8	14.4	15.3	15.2	14.8	15.5
15	13.8	14.6	14	14.2	14.5	15	15.2	15.6
15	14.1	14.5	13.8	14.3	13.5	15.3	14.9	15.3
14.7	14.5	14.5	14	13.9	13.8	15.4	14.6	16
14.5	14.5	14.7	14.8	14.3	14.8	14.9	15.5	16.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.36667cm

13.7	14	13.9	13.7	13.3	13	14.2	15.3	15.2
13.8	13.6	13.7	13.4	13.7	13.3	14	14.9	14.8
14.3	14.1	13.9	13.8	14	14.1	15.1	15	15
15.2	14.7	13.5	14	15.3	15.2	15.6	15.2	15.1
15	14.1	13.6	14.1	14.2	14.2	14.8	14.9	14.6
14.5	13.9	14	13.5	14.4	15	14.6	14.8	15.3
14.7	13.7	14.2	13.8	14	13.9	14.5	15	15
14.7	13.7	14.1	13.7	14.2	13.3	15	14.7	15.1
14.3	14	14.3	13.9	13.8	13.4	14.8	14.4	16.3
14	14.4	14.5	14.8	14.2	14.6	14.7	15.3	15.9

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.08cm

13	14	13.7	13.7	13.2	12.5	14	14.8	15.2
13	13.2	13.8	13.5	13.8	13.3	13.9	15	14.6
14.5	14.2	13.8	13.9	14.1	14	15	15	15.1
15	14	13.1	13.4	15.3	15.1	15.6	15.2	15
14.7	13.2	12.5	13.7	14.1	14	14	14.8	14.1
14.7	13.8	13.6	13.4	14.3	14.2	13.5	14.5	15.4
14.4	13.7	13	13.5	14	13.5	14	14.6	14
13.7	12.6	13.3	13.2	14.3	13.2	15	14.4	14.4
13	13.6	14	14	14	13.2	14.1	14.3	15.4
13	14.5	14.4	14.7	14.3	14.5	14.7	15	15.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินร่วน

มุม 10° ความหนาแน่นการให้น้ำ 21.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.18 cm

14.2	13.8	14.7	15	14.3	14.2	13.8	13.5	13.5
14.1	14.5	14.8	14.5	13.5	14.5	13.4	13.4	13.6
15	14.9	15	15	14	14.4	13.6	13.3	13.9
15.4	15.5	15.1	14.8	14.6	15	14.4	14.2	14.1
16	15.4	15.5	15.2	15.2	15.1	14.6	14.5	14.2
15.9	15.5	16.4	15.4	15.3	15.2	15.5	15.1	14.6
16.1	15.6	16.3	16	16	16.1	15.6	15.5	15.1
16.5	16.1	15.9	16	16.3	16	15.2	15.6	15.2
16.3	16.3	16.2	16.1	16.2	16.2	16.4	15.7	16.1
16.3	16.4	16.2	15.6	16	16.1	16.5	16.2	16.2

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.84222 cm

14.3	13.5	14.6	14.2	14.4	13.6	13.3	13.5	13.9
14	14.3	14.6	14.4	13.6	13.5	13	13.5	14
14.4	14.5	14.5	14.6	14	14.4	13.5	13.6	13.8
14.5	15	15	14.5	14.3	14.9	14.5	14.4	13.7
15	15.1	15.4	15.4	15.1	15.2	14.8	14.6	13.9
15.4	14.5	15.2	15.1	15.4	15.2	15.3	14.7	14.3
15	15	15	14.9	13.5	13.7	15.1	15.2	15.2
15.8	15.5	15.9	15.6	15.1	15.6	15.5	15.2	15.1
16	16.1	16.3	16.1	15.5	16	16	15.3	15.4
16.5	16.4	16.4	15	15	15.7	16.7	15.9	15.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.74667 cm

14.1	13	13.5	14.3	13.3	13.1	13	14	13.5
14.7	13.5	15.2	14.3	14.2	13.5	13.5	13.8	14
15	14.1	15	14.6	13.2	13.5	13.8	14	14.2
15.1	15	15	14.2	14.1	14.5	14.7	13.9	14.2
15.4	14.5	15.6	15.1	15	14.4	15	14.9	14.8
15.4	14.5	14.9	15	14.2	15	15	14.1	15
15.2	14.8	15	14.7	14.8	14.4	15.4	15	15
15.7	15.4	15.1	15.2	14.4	15.2	15	15	15.9
16.4	16.1	15.8	15.3	15	15	15.3	15.7	15.5
16.1	16	16	15.1	15.1	15.3	16.1	15.6	16.2

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.36778

14.1	12.5	14.3	13.5	13.2	13.2	13	13.5	13.2
14.5	13.4	14.7	14.3	13.5	13.7	13.4	13.4	13.7
14.9	13.5	14.4	14	13	13.2	14	13.4	14
15.4	14	15	14.5	13.3	13.3	13.6	13.3	14.6
15.9	14.5	16	14.3	13.6	13.6	14.5	14.5	14.3
13.5	14	14.2	14.3	13.9	13.9	14.6	14.3	13.6
15	15	14.9	14.5	14.1	14.1	14.7	14.2	13.8
15.8	15.2	15	15	14.7	14.7	14.4	15	14.5
15.9	15.6	15.5	15	14.7	14.7	15	15	14.6
15.8	15.9	15.7	15.4	14.8	14.8	15.6	15.3	15.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.03444cm

14	12	14	13.2	13	13	12.6	13.4	13
14.1	13	14.4	14	13.2	13.1	13	13	13.5
14.5	13.3	14	13.6	12.9	13	13.7	13.1	13.6
15.3	13.5	14.8	14.5	13	13	13	13	14
15.4	13.8	15.5	14	13.5	13.5	14	14	14
13.3	13.7	14	13.7	13.4	13.6	14.5	13.9	14.5
14.7	14.6	14.6	14	13.8	13.7	14.2	14	13.2
15.4	15	14.5	14.8	14.2	14.1	14	14.3	14
15.4	15.4	15.1	14.6	14.3	14.4	14.3	14.6	14.3
15.5	15.7	15.4	15.1	14.5	14.5	15.3	15	15

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 13.75556cm

14	12	13.7	13.1	12.5	12.8	12.4	13.2	13
14	12.8	14.3	13.4	13	13	12.8	12.8	13.4
14.2	13	13.8	13.1	12.6	12.7	13.4	13	12.9
15.1	13	14.5	14.2	12.8	12.7	12.8	12.8	14
15.1	13.5	15.3	13.5	13.3	13.3	13.7	13.5	13.8
13	13.3	13.6	13.3	13.2	13.2	14	13.6	14.3
14.5	14.3	14.1	13.8	13.2	13.3	14	13.8	13
15	14.7	14	14.3	14	14	13.7	14.3	13.6
15.1	15	14.7	14.4	14	14	14	14.5	14
15	15.5	15.1	15	14.1	14.3	15.1	14.6	14.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.14 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินร่วน

มุม 10° ความหนาแน่นการให้น้ำ 59.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.27cm

13.7	13.5	14	13.8	14	13.7	14.8	13.6	13
14.3	16.8	16.1	14	13.5	13.5	14	13.5	13.5
15.5	17	16.2	15.5	13.8	14.5	13.3	13.2	13.7
16.3	16.5	16.4	15.1	15.3	15.4	15.5	13.8	14.6
15.5	15.4	15.3	15.5	14.6	14.6	15.9	14.5	13.6
16.3	16.5	15.6	15.8	16.6	16.6	16.6	16.2	14.3
15.6	16.1	15	16.8	17.1	17	17.1	16.8	15.9
15.6	16.2	16.7	15.5	16.4	16.7	15.3	17	16
14.8	15.7	16	15	14.5	14.5	14.7	15.5	15.7
16.5	15.8	15.8	14.7	15.8	15.7	15	15.3	16.2

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.93889cm

13.5	13	13.7	13.3	13.3	13.5	14.5	13.5	12.8
14	16	16	13.5	13	13.4	13.7	13.3	13.4
15.4	16.2	15.9	15	13.7	14	13	13	13.5
16	16	16	15	15.6	15	15.4	13.5	14
15.2	14.6	15	15.2	14	14.2	15.4	14.4	13.1
16	16	15.1	15.5	16.4	16.3	16	16	14
15.2	15.5	14.6	16.3	17	16.4	17	16.3	15.6
15.3	15.6	16.3	15.1	16	16.5	15	16.7	15.7
14.5	15.6	15.8	14.7	14.3	14	14.3	15.3	15.5
16.1	15.5	15.9	14.3	15.5	15.5	14.8	15	15.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.65444cm

13.5	12.8	13.5	13.1	13.2	13.3	14.2	13.1	12.6
13.9	15.9	15.8	13.3	13	13	13.5	13	13.2
15.2	16	15.6	14.5	13.6	14	12.8	13	13.5
15.9	15.9	15.5	14.9	15.3	14.7	15	13.3	13.8
15	14.5	14.9	15	13.7	13.7	15	14	13
15.7	15.6	15	15.1	15	15.7	15.5	15.5	14.1
15	15.5	14.5	16	16.7	16	16.7	16	15.5
15.1	15.4	16	14.9	15.5	16.1	14.5	16.2	15.3
14.3	15.5	15.3	14.1	14.1	14	14	15	15
15.6	15.1	15.4	14	15	14.9	14.5	14.4	15.4

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.48556 cm

13.4	12.8	13.2	13.2	13.1	13	13.8	12.9	12.5
14.1	15.8	15.6	13	12.8	13	13.4	13.2	13
15.2	16	15.5	14.4	13.6	13.8	13	12.8	13.2
15.8	15.6	15.3	14.9	15	14.4	15	13.3	13.6
15	14.5	14.7	14.8	13.8	13	14.8	14	12.8
15.5	15.4	14.7	15	15.8	15.5	15.4	15.3	13.9
14.8	15	14.3	15.8	16.3	15.6	16.1	15.6	15.5
15	15.3	16	14.6	15.2	16	14.3	16	15.5
14.1	15.4	15	13.8	14	13.6	13.9	14.7	14.9
15.2	15	15.1	14	14.6	14.6	13.8	14	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.01111cm

13	12.6	13	13.1	12.6	12.5	13	12.7	12.2
14.1	15.6	15	12.3	12.3	12.6	13.2	13	12.7
15.3	15.3	15	14	13	13.5	13	12.8	13
15.4	15	15	14.4	14.1	13.8	14.4	13.2	13.2
14.6	14	14	14.3	13	13	13.6	13.3	12.7
15	14.7	14.1	14.1	14.8	14.4	15	15	13.5
14.6	14.7	14	15	15.5	14.8	15.4	15	14.9
14.8	15	15	14.6	14.6	15.2	14	15.7	15.3
14	15	14.2	13.6	13.1	12.9	13.5	14.4	14.3
14.5	14.6	14.6	13.3	14	14	12.9	13.8	14.2

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 13.52111cm

13	12.5	12.5	13.1	11.5	12	11.2	12	12
14.3	15	14.7	11.9	11.8	12	13.3	13.1	12.5
15.2	14.1	15	13.6	12.6	13	12.9	12.8	12.5
15.7	14.5	14.6	13.9	13.2	12.9	14	13.1	12.9
14.2	13.2	13.6	13.7	12.7	12.7	13.5	13.5	12.7
14.6	13.9	14	13	13.6	13.2	14.2	14.4	13
14.7	14.3	13.7	14.7	14.7	14	15	14.6	14.7
14.7	13.6	13.3	13.6	13.7	14.5	13.3	15.4	15
14	14.2	13	13.5	12.9	12.6	13	14	13.7
13.2	13.7	12.9	12.9	13.8	13.4	12.6	13.6	13.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินเหนียว

มุม 5° .ความหนาแน่นการให้น้ำ 21.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.99667cm

13.9	13.9	14.3	14.9	15.3	15.4	14.9	14.6	14.3
14.3	14.7	15	15.3	16.3	15.9	14.8	15.7	14.8
14.9	15.8	16	16.6	16.7	16.8	16.7	16.3	15.8
15.6	16.2	16.6	16.6	16.8	16.8	16.8	16	16
16.3	16.4	16.8	16.8	16.9	17.8	16.6	16.7	15.6
16.7	16.5	16.7	16.8	16.6	17.8	16.6	16.3	15.9
16.2	16.8	16.7	16.5	16.8	16	15.8	15.8	15.9
17.3	16.3	15.9	16.4	16.5	15.7	14.9	15.9	16.5
16.9	16	15.7	15.7	16.3	15.3	15.4	16.4	16.3
15.9	15.8	15.9	16.3	15.8	15.8	15.5	16	15.7

ให้น้ำผ่านไป30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.77667cm

14.4	14.2	14.7	14.9	15.2	15.4	14.9	14.5	14.1
15.3	14.7	14.7	15.2	15.9	15.8	14.9	15.6	14.7
15.9	15.2	15.5	16.7	16.7	17.1	17.2	15.8	15.5
16.4	15.9	16.2	16.2	16.6	17	17.8	16.4	14.6
16.5	16.1	16.4	16.9	16.8	17.6	16.7	15.6	14.6
16.3	16.3	15.9	17.3	17.5	17.9	16.2	15.9	15.2
17.2	15.8	15.9	16.5	16.7	16.6	15.6	15.2	15.6
17	15.8	14.9	16.2	15.9	16.1	14.8	15.1	16
15.2	15.3	15.5	15.2	15.6	15.5	15.7	15.1	16.1
15.1	14.6	15.2	15.4	14.9	15.3	15.7	15.1	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.28333cm

13.5	13.6	14	14.7	15	15.1	14.3	14.2	14.1
13.5	13.6	14	14.7	14.9	15.2	14.8	14.4	14.5
14.6	14.8	15	15.7	15.6	16.8	17	15	15.2
15.2	15.6	15.6	15.8	16	16.3	17.1	15.1	15.4
15.5	15.6	16	16.7	15.9	16.9	16.5	15	15
15.7	15.7	15.7	16.7	16.9	17.3	15.8	15.5	15
15.6	15.5	15.9	16	16.6	15.8	15.2	15.2	15
16.5	15.3	14.6	15.1	15.8	15.9	14.7	14.9	15.3
16	14.7	15	15.2	15.7	15.3	15.3	15.4	15.1
13.3	14.2	14.7	15.3	14.8	14.8	15.7	14.5	14.3

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.17667cm

13	13.5	14	14.3	14.6	15.3	14.8	14.5	14.4
13.5	13.5	15.2	14.5	14.9	15.6	14.7	14.3	14.5
14.5	15	15	15.8	15.6	15.8	16.7	15.2	14.7
15.4	15.3	15.7	15.8	14.9	16.8	16.7	15.1	15.5
15.4	15.2	15.9	16	15.8	17.4	15.7	14.6	13.7
16	15.7	15.8	16	17	17.3	15.1	15.2	14.6
15.6	15.6	16.5	15.5	16.5	15.7	14.6	14.7	14.5
15.9	15	14.6	15.4	15.4	15.8	14.2	14.8	14.8
15.5	15.2	15	15.4	15.3	15.9	15.3	15	15.3
13	14.2	15	15.3	14.7	15.6	15	14.6	14.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.90889cm

13	14	13.9	14.4	14.5	14.8	13.8	13.4	13.3
14	13.8	13.8	14.3	14.6	15.1	14.4	14.6	13.5
15.5	15	15.2	15	15.1	15.8	16.3	14.7	13.7
16	15.5	15.7	15.3	15	15.3	17	14.9	13.1
16.5	16	16	16.2	15.7	15.6	15.6	14.8	13.7
16.1	15.8	15.3	16.5	16.3	15.4	14.3	14.6	14.3
16.4	15.3	15.6	16	15	15.2	14.5	14.6	15.2
16.6	15	14	14.8	15	15.5	14.5	14.4	14.7
15.6	15	14.8	14.5	14.7	15.3	15.1	14.3	13.9
15	14.3	15.1	15	14.4	13.3	15	14.1	14.1

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.53556cm

12.6	13	13	13.5	13.5	14.8	13.2	13.8	13.4
14.2	13.1	13.5	13.9	14	15.2	13.8	13.7	14
15	14.5	14.2	14.5	14.1	15.8	14.1	14.4	13.8
15	14.8	14.8	14.6	14.4	15.6	15.7	14.6	13.9
15.2	15.1	15.2	14.5	15	16.4	15.1	14.5	13.8
15.4	15.1	15.2	15.7	16	16.6	15.7	14.4	14
15.6	14.9	15	15.5	15	15.1	14.3	14.4	14.4
16.5	14.5	13.2	14.5	14.8	15.7	12.8	14	14.9
15.5	14.3	14	14	14.5	15.2	14.9	13.9	14.7
14.5	14.7	14.2	14.1	14.3	14.4	14.3	13.9	14.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.16 ตารางบันทึกผลการวัดฟังก์การทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินเหนียว

มุม 5° ความหนานแน่นการให้น้ำ 59.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.48444cm

13.3	13.4	14.6	14.7	14.6	14.6	14.2	14.1	14.2
13.6	13.3	14.5	14.8	15.7	14.7	14.3	14.6	14.7
14.8	14.5	16.2	16.3	16.2	16.3	15.4	13.9	14.5
15.2	15.7	16.1	16.4	16.1	17	15.7	14.4	15
15.3	15.6	16	16.6	16.5	16.2	15.8	14.3	15.3
15.8	16.3	16.1	16.7	16.6	16.2	15.6	14.3	15.3
16	16.4	16.8	16.9	16.6	16.1	15.6	15.1	15.5
15.7	14.1	16.4	16.3	17	15.6	15.6	15.2	16.7
15.9	15.7	15.9	15.7	16.9	17.1	15	15.3	16.4
16	15.2	16	15.2	14.7	16.3	15.5	15.2	15.9

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.15778cm

12.9	13	14	14.5	14.5	13.8	13.3	13.8	14.3
13.4	13.2	14.6	14.8	15	13.6	13.9	13.7	13.7
14.6	15	15.7	16.5	16.6	15.8	15.5	14	13.5
14.7	15.4	15.9	15.5	16	16.6	15.5	14.1	13.3
14.9	15.3	16.3	16.3	16.8	16.4	15.4	14.3	14
15.8	16	16.8	16.4	16.6	16.3	15.4	13.7	14.6
15.6	15.6	16.2	17	16.2	15.7	15.7	14.6	15.2
15	14.6	16.2	15.6	16	15	15.5	15	16.1
14.8	15.6	15.6	15.6	16.4	15.9	15.3	15.1	16.3
15.1	15	15	14.4	14.3	16.5	15.7	15.5	15.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.93667cm

12.4	12.9	14.3	14	14.4	13.6	13.1	13.5	14.4
13.1	13	14.3	14.2	14.6	13.5	13.7	13.5	13.9
14.1	14.6	15.2	14.8	16	15	15.2	13.3	14
14.6	15.1	15.6	14.8	15	16.5	15.3	13.7	14
14.7	15	16	16.1	15.6	16.7	15.1	13.3	14.2
15.6	15.6	16.2	16.4	15.8	16.1	14.8	13.8	14.9
15.4	15.6	16.3	16.6	16.1	15.3	15.2	14.7	15.6
14.4	13.9	15.8	16	16.4	15.2	15.2	15.2	16.3
15	14.8	15.3	16	16.3	15.3	14.6	15.2	16.9
15	14.7	14.6	14.3	17	16	14.8	15.2	15

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.70222cm

13.2	13.1	13.5	14.1	14.4	13.3	13.1	13.3	14.3
13.3	13.6	14.5	14.9	14.5	13.7	13.8	13	14
14.6	14.6	15.7	15.5	15.2	15	14.6	12.6	13.1
14.9	15.5	15.5	14.9	15.1	16.4	15.1	13.4	14.4
14.9	14.9	15.7	16	16.6	16.3	15.1	13.4	14.3
15.8	15.7	16.2	16.2	15.9	15.6	14.9	13.3	14.5
15.1	15.4	15.4	16.5	15.6	14.8	14.9	14.3	15.3
13.9	16.2	15.5	15.4	15.9	13.3	14.8	14.6	16.3
13.8	14.7	15	14.9	15.2	14.6	14.1	14.7	16.4
14.6	14.3	13.7	13.5	13.2	14.9	14.4	14	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.65444cm

12.42	12.82	13.02	14.02	13.62	13.22	13.52	13.62	14.02
12.72	12.92	13.42	14.22	14.22	13.32	13.02	12.52	13.92
14.12	14.22	14.62	15.22	15.62	14.32	14.52	13.12	15.12
14.72	14.62	15.42	14.52	15.32	16.22	14.62	13.62	14.52
14.52	14.52	15.02	15.12	16.02	16.22	15.02	13.12	15.02
15.52	15.52	16.02	16.12	16.12	15.72	15.32	13.62	15.12
15.32	15.02	16.02	16.22	15.82	14.72	15.02	14.42	16.62
14.42	13.62	15.22	15.62	16.02	13.42	15.02	15.02	16.42
14.32	14.62	15.02	15.42	16.02	14.92	14.82	15.22	15.22
14.72	14.52	13.72	13.92	13.72	15.42	14.52	14.92	15.22

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.60556cm

12.7	12.7	13.2	14.4	13.8	13.5	13	13.6	14.8
13.2	13.2	13.7	14.5	14.6	13.6	13.6	12.5	13.3
14.2	14.4	14.5	14.8	14.4	14.8	14.8	13.1	13.7
14.6	14.9	15.2	15.1	14.2	16.1	15.5	13.6	13.4
14.7	15	15.6	15.1	15.4	16.2	15.6	13	13.3
15.6	15.8	16.2	16.3	15.9	15.8	15.6	13.6	14.2
15.4	15.5	16.1	16.4	15.5	15.8	14.7	14.3	15.2
14.3	13.6	15.3	15.5	16	13.2	14.4	14.9	16.3
14	14.7	15.1	15.2	15.8	14.5	14.5	14.6	15.4
14.8	14.7	14	13.8	13.6	15.3	14.5	14.5	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.17 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินเหนียว

Slope 10° ความหนาแน่นการให้น้ำ 21.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.4411cm

14.3	14.1	14.5	14.5	15.5	15.2	14.7	14.7	13.2
15	14.3	15.1	15.4	16	15.5	15.1	14.8	13.8
14.7	13.8	15.6	15.3	15.5	15.5	15.1	15	14.5
15.3	15	16.5	15.8	16.5	15.7	16	15.2	14.2
17.2	15.6	16.7	16.3	16	15.5	15.5	14.8	15
16	14.6	16	16.3	15.5	15.4	15.5	14.8	15.2
17	14.8	15.6	16.4	16.5	15.2	15.2	14.8	14
15.7	15.8	16.3	16.2	16.2	14.5	14.3	14.8	15.2
16.8	17	16.4	15.8	16.6	16.5	15.2	14.8	15.5
15.9	16.7	16.1	15.3	16.3	15.5	16.5	16.5	15

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.2911cm

13.6	14.5	13.5	13.8	14.5	15.5	14.5	14.6	12.4
14.7	14.6	14.1	15.3	15.4	16.4	15.7	14.8	13.7
13.7	14.1	14.8	15.2	15.4	15.7	16.2	16	14.5
14.5	15.5	15.1	16.3	16.3	16.5	16.3	15.7	14.3
16.5	16.2	15.4	16.2	16.4	16.2	15.3	15.1	15.5
15.7	15.6	15.7	16.5	16.3	15.1	15.4	15.2	15.6
16.1	15.5	15.1	15.8	16.5	15.3	15.1	15.2	15.2
15.1	15.5	15.1	15.9	16.6	15.4	14.6	14.9	14.8
15	15.6	15.4	15.8	16	16.4	14	15.2	15.5
15.7	15.7	15.5	14.4	15.8	15	15.8	15.9	14.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 12.83556cm

13.5	14	13.5	13.5	14.7	14	13.5	14.1	12.4
14.1	14.3	13.9	14.5	15.2	16	14.4	14.5	14
13.2	13.5	14.5	14.4	15.3	15.4	15.5	14.5	14.3
14.3	15	15.5	15.3	16.7	16.3	16	14.6	15.1
16.2	15.8	15	16.1	16.3	15.4	14.6	14.3	15.4
15.8	15.3	15.3	16.3	16.5	15.5	15.1	14.4	14.9
15.5	15.6	14.9	15.3	16.4	16.5	14.8	13.4	14.5
15.3	15.6	14.4	15.4	16.2	15.5	14.5	14.1	15
14.5	15.5	14.9	15.1	16.4	17.3	14.9	15.5	15
15.6	15.5	14.6	15.2	16.4	15.1	15.9	15.7	14.5

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.77556cm

13.3	13.4	13.1	13.3	13.6	14.1	13.1	13.5	11.3
14.3	14.4	14.1	14.2	14.5	15.5	14.1	14.5	12.8
13.6	14	14.3	14.3	14.7	15.1	15.3	14.3	14.1
13.8	15.1	15.3	15.3	15.3	15.5	16.1	14.5	14.1
17.1	15.5	15.2	15.3	16.1	15.6	14.8	14.2	15.1
16.2	15.4	15.3	15.5	15.9	15.1	15.2	14.7	15.1
16	16	14.3	15.5	16.5	15.1	15.3	14.1	14.3
14.3	15.4	14.4	15.7	15.4	15	14.7	13.6	14.2
14.4	15.6	14.8	15.4	16.1	15.6	15.4	15.1	12.9
15.1	15.4	15.2	14.3	15.3	14.4	16.1	15.6	14.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.56778cm

12.8	13	12.6	13	14.2	14.1	12.6	14	11.7
13.8	12.9	12.8	14.8	14.9	15.3	13.8	14.5	12.1
12.7	13	13.8	14.4	14.8	16.6	15	15.8	13.9
14.2	14	14.3	14.9	15.7	16.8	14.5	14.5	13.7
15.8	14.8	14.8	15.8	15.8	16.8	14.7	14.7	14.5
14.8	15.1	15.8	15.9	15.6	16.5	15.8	15.8	14.4
14.6	15.1	15.5	15.5	15.9	15.5	13.8	13.8	14.1
13.9	14.6	14.3	15.3	16	14.5	13	13	14.8
14.3	14.8	15.6	14.8	15.8	15.8	14.2	14.2	13.2
14.9	15	15.4	14	15.9	14.2	15	15	12.9

ให้น้ำผ่านไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.30222cm

13.4	13	12.8	13.4	14.1	13.7	12.6	13.2	10.8
14	12.9	13.2	14.1	13.9	15.5	13.1	13.8	12.2
12.9	12.9	13.8	14.6	14.2	15.3	14.1	15.2	13
13.7	14.6	15	14.5	15	14	15.5	13.9	13.2
15.6	15.1	14.9	15	14.5	15.6	14	14.4	14.1
14.9	15	15.3	15.7	15.3	14.6	14.4	15.1	14.5
15.1	15.1	14.8	14.6	16.2	16.2	15	12.9	13.8
13.9	15.1	14.4	15	15.1	14	13.7	12.9	14
13.8	14.8	14.6	14.8	15.7	15	13.8	14.4	12.8
15.2	15.2	15	13.8	15.5	14.8	14.8	15.5	12.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.18 ตารางบันทึกผลการวัดการพังทลายโดยวัดที่ Mesh box ของดินเหนียว

Slope 10° ความหนาแน่นการให้น้ำ 59.75mm/hr

ให้น้ำผ่านไป 15 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.16667cm

14.3	13.9	14.8	15	15.8	15	14	13.6	13.2
14.1	14	15.8	15.2	16	15.1	14.1	13.6	12.8
15.3	14.5	15	15.5	16.2	15.8	15	14.5	13.8
15.4	15	16.1	16.5	16.5	16	15.1	15	13.6
16	15	16.1	16	16.3	16	15.5	15.1	13.7
16.4	15.6	16	16	16.1	15.8	14.9	14.9	13.8
14.7	15.8	16.1	15.8	16	15.5	15	14.8	14.8
15.6	15.1	15.5	15.8	15.8	15.6	15.1	14.9	14.7
15.5	15.3	15.6	15.7	15.7	16.3	15.1	15	15.4
15.3	15.6	15.5	15.7	15.8	16.6	9.7	15	15.3

ให้น้ำผ่านไป 30 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 15.32556cm

14	13	14	15.1	14.4	15.1	14.4	13.6	13.9
15	14.3	14.5	15.5	15	15.5	15	14.8	13.6
15.3	15.1	15.3	16.5	16.2	16.5	16.2	15.4	14.8
16.3	15.2	15.5	15.8	16.6	15.8	16.6	15.6	14.7
16.4	15.4	15.5	16	16	16	16	15.6	14.8
16.1	16	15.6	15.8	15.6	15.8	15.6	15.5	14.6
16.7	16	15.4	15	15.1	15	15.1	15.3	14.9
16.6	16.2	15.3	15.7	15.3	15.7	15.3	15.2	14.7
16	15.5	14.1	16	14.9	16	14.9	14.9	15.8
15.7	16	14	15.6	14.9	15.6	14.9	14.6	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่านไป 45 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.94333cm

13.5	12.7	13.5	14.3	14.8	14.9	14	13.8	13.1
14.1	13	14.6	14.7	15.8	15.3	14	13.3	12.6
14.4	14.3	14.9	15.7	15.8	15.1	15	14.8	13.7
15.5	14.1	15.5	16.5	14.9	15.8	15.6	15	13.1
15.6	14.4	15	15.5	16.2	15.8	15.8	15.1	12.9
15.8	15	15.7	15.8	15.6	15.5	14.9	15	13.8
16.3	15.5	15.6	15.8	15.5	14.9	14.8	14	14
15.1	15.5	15.3	15.5	15.8	15.1	15	14.4	14.8
15.3	15.3	15.1	15.4	16.5	15.9	15	14.4	15.5
16.1	15.6	15	14.4	15.5	16.2	15.6	15.3	14.8

ให้น้ำผ่านไป 60 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.76cm

13.8	13	13.3	14	14.5	14	13.2	13.2	12.5
14.8	13.5	14.5	14.7	15.9	15.2	13.5	13.7	12.2
15	14.5	15.1	15.4	16.2	15.4	14.8	14.4	13.2
15.7	15.1	14.8	15.5	14.7	16.1	15.7	14.8	12
15.8	14.7	14.9	15.1	16	15.8	15.7	15.1	13
16.5	15.6	15.6	15.7	16.3	15	14.8	14.7	13.2
14.6	15.7	15.5	15.9	16.1	15.5	14.6	13.8	13.5
15.7	14.6	14.5	15.4	16.2	15.7	15.4	14.5	14.7
15.1	14.5	14.7	15	15.9	15.6	15.5	14.8	14.4
14.3	14.7	14.8	13.8	14.8	14.3	15.3	14.5	13.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้น้ำผ่าน ไป 75 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.30111cm

12.5	12	12.8	13.8	13.5	13.7	12.9	12.4	12.9
13.8	12.9	12.9	14.8	14.7	14.9	13	12.7	12.2
14.2	14	13.8	15.7	15	14.5	14.7	14.2	13
16.2	14.9	15	14.6	14.4	14.7	16.1	14.4	11.2
15.2	14.6	14.1	14.3	15.8	15.3	15.6	14.7	13.4
15.5	15	14.7	15.5	15.3	14.5	14.5	14.4	13.3
15	15	14.1	15.8	15.3	14.7	14.5	14.1	13.5
15	14.4	14	14.6	15.1	14.7	14.6	14.3	14.6
15.7	14.5	14.3	14.6	14.8	14.5	14.4	14.1	14
14.3	15.8	14.5	13.5	15.5	13.4	14.9	14.3	12

ให้น้ำผ่าน ไป 90 นาที ค่าเฉลี่ยผิวดินที่เหลือ 14.06667cm

12.1	11.9	12	13.9	13.9	13.5	12.6	13.5	12.8
13.8	12.2	12.2	14.1	14.2	13.8	13.6	12.7	12.1
12.6	13.5	13.5	14.8	15.1	14.7	14.8	13.9	13.5
14.5	14	14.4	13.8	14.5	15	15.4	14.5	12.3
15	13.9	13.8	14.5	15.5	15.4	15.5	15	14.1
15.3	14.6	14.5	14.9	14.8	14.5	14.5	14.8	13.2
15.1	14.3	13.7	15.5	15.4	14.4	14.5	13.9	13.9
14.9	14.5	13.5	14.8	15.3	14.3	14	13.8	14.4
14.6	14.5	14.1	14	15.2	15.1	14.3	13.9	14.1
13.7	14.8	14.3	12.9	13.8	13.5	15	13	11.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.19 ค่าความสึกสะสมของดินทราย

ดินทราย	ให้น้ำ 59.75mm/hr		ให้น้ำ 21.75mm/hr	
	5°	10°	5°	10°
0	0	0	0	0
15	1.328	2.18	0.899	1.004
30	2.567	3.084	1.537	1.712
45	2.186	3.165	2.105	2.473
60	2.619	3.69	2.808	3.016
75	3.002	4.447	3.377	3.453
90	3.484	4.888	3.779	3.948

ตารางที่ ก.20 ค่าความสึกสะสมของดินร่วน

ดินร่วน	ให้น้ำ 59.75mm/hr		ให้น้ำ 21.75mm/hr	
	5°	10°	5°	10°
0	0	0	0	0
15	0.645	0.73	0.053	0.82
30	1.155	1.07	0.137	1.158
45	1.122	1.346	0.183	1.254
60	1.388	1.515	0.429	1.633
75	1.634	1.989	0.879	1.966
90	1.92	2.479	1.29	2.245

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.21 ค่าความสึกสะสมของดินเหนียว

ดินเหนียว	ให้น้ำ 59.75mm/hr		ให้น้ำ 121.75mm/hr	
	5°	10°	5°	10°
เวลา				
0	0	0	0	0
15	0.516	0.834	0.004	0.559
30	0.843	0.675	0.224	0.709
45	1.064	1.057	0.717	0.976
60	1.298	1.24	0.824	1.225
75	1.346	1.7	1.092	1.433
90	1.395	1.934	1.465	1.698

ตารางที่ ก.22 ตารางเปรียบเทียบค่าความสึกสะสมของดินทั้ง 3 ชนิด

การให้น้ำ/ชนิดดิน	ดินเหนียว	ดินร่วน	ดินทราย
5°ความหนาแน่นการให้น้ำ 121.75mm/hr	0.72	0.49	2.41
5°ความหนาแน่นการให้น้ำ 59.75mm/h	1.07	1.31	2.53
10°ความหนาแน่นการให้น้ำ 121.75mm/h	1.1	1.51	2.6
10°ความหนาแน่นการให้น้ำ 59.75mm/h	1.24	1.52	3.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาอัตราการไหล (Q)

$$\text{จากสูตร } Q = AV$$

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

$$Q = \text{อัตราการไหลของน้ำ (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{พื้นที่หน้าตัดที่น้ำไหลผ่าน (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{ความเร็ว (m/s)}$$

$$s = \text{ระยะทาง (m)}$$

$$t = \text{เวลา (s)}$$

อัตราการไหลที่ใช้ คือ 1.19×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
และ 0.8×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

การคำนวณหาความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

การคำนวณสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

$$\text{จากสูตร } C_u = 100 \left(1.0 - \frac{\sum x}{M.n} \right)$$

$$C_u = \text{สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ}$$

$$n = \text{จำนวนกระป๋องวัดน้ำทั้งหมด}$$

$$M = \text{ค่าความลึกเฉลี่ยของน้ำในกระป๋องทั้งหมด}$$

$$= \frac{\text{ผลรวมของความลึกของน้ำในกระป๋องทั้งหมด}}{\text{จำนวนกระป๋อง}}$$

$$\sum x = \text{ผลรวมของผลต่างระหว่างความลึกของน้ำในแต่ละกระป๋องกับค่าเฉลี่ย M โดยไม่คิดเครื่องหมาย}$$

1. การให้น้ำแบบฉีดฝอยที่อัตราการไหล 1.19×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครั้งที่ 1

$$\begin{aligned}
 n &= 24 \\
 M &= (72+81+75+69+75+66+87+96+87+76+57+67 \\
 &\quad +82+75+66+62+63+83+79+68+82+84+41+53)/24 \\
 &= 1746/24 \\
 &= 72.75 \\
 \sum x &= |72-72.75| + |81-72.75| + |75-72.75| + |69-72.75| \\
 &\quad + |75-72.75| + |66-72.75| + |87-72.75| + |96-72.75| \\
 &\quad + |87-72.75| + |76-72.75| + |57-72.75| + |67-72.75| \\
 &\quad + |82-72.75| + |75-72.75| + |66-72.75| + |62-72.75| \\
 &\quad + |63-72.75| + |83-72.75| + |79-72.75| + |68-72.75| \\
 &\quad + |82-72.75| + |84-72.75| + |41-72.75| + |53-72.75| \\
 &= 0.75+8.25+2.25+3.75+2.25+6.75+14.25+23.25 \\
 &\quad +14.25+3.25+15.75+5.75+9.25+2.25+6.75+10.75 \\
 &\quad +9.75+10.25+6.25+4.75+9.25+11.25+31.75+19.75 \\
 &= 232.5 \\
 C_u &= 100 \left(1.0 - \frac{232.5}{72.75 \times 24} \right) \\
 &= 86.68 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครั้งที่ 2

$$\begin{aligned}
 n &= 24 \\
 M &= (52+41+35+49+56+58+53+41+56+45+57+32 \\
 &\quad +40+38+32+44+52+50+48+33+45+43+50+59)/24 \\
 &= 1109/24 \\
 &= 46.21 \\
 \sum_x &= |52-46.21| + |41-46.21| + |35-46.21| + |49-46.21| \\
 &\quad + |56-46.21| + |58-46.21| + |53-46.21| + |41-46.21| \\
 &\quad + |56-46.21| + |45-46.21| + |57-46.21| + |32-46.21| \\
 &\quad + |40-46.21| + |38-46.21| + |32-46.21| + |44-46.21| \\
 &\quad + |52-46.21| + |50-46.21| + |48-46.21| + |33-46.21| \\
 &\quad + |45-46.21| + |43-46.21| + |50-46.21| + |59-46.21| \\
 &= 5.79+5.21+11.21+2.79+9.79+11.79+6.79+5.21 \\
 &\quad +9.79+1.21+10.79+14.21+6.21+8.21+14.21+2.21 \\
 &\quad +5.79+3.79+1.79+13.21+1.21+3.21+3.79+12.79 \\
 &= 171 \\
 C_u &= 100 \left(1.0 - \frac{171}{46.21 \times 24} \right) \\
 &= 84.58 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภารกิจที่ 3

$$\begin{aligned}
 n &= 24 \\
 M &= (70+61+86+85+71+61+79+88+82+56+66+78 \\
 &\quad +65+85+73+55+63+74+82+79+80+85+87+59)/24 \\
 &= 1770/24 \\
 &= 73.75 \\
 \sum x &= |70-73.75| + |61-73.75| + |86-73.75| + |85-73.75| \\
 &\quad + |71-73.75| + |61-73.75| + |79-73.75| + |88-73.75| \\
 &\quad + |82-73.75| + |56-73.75| + |66-73.75| + |78-73.75| \\
 &\quad + |65-73.75| + |85-73.75| + |73-73.75| + |55-73.75| \\
 &\quad + |63-73.75| + |74-73.75| + |82-73.75| + |79-73.75| \\
 &\quad + |80-73.75| + |85-73.75| + |87-73.75| + |59-73.75| \\
 &= 3.75+12.75+12.25+11.25+2.75+12.75+5.25+14.25 \\
 &\quad +8.25+17.75+7.75+4.25+8.75+11.25+0.75+18.75 \\
 &\quad +10.75+0.25+8.25+5.25+6.25+11.25+13.25+14.75 \\
 &= 222.5 \\
 C_u &= 100 \left(1.0 - \frac{1.0}{73.75 \times 24} \right) \\
 &= 87.43 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องที่ 4

$$\begin{aligned}
 n &= 24 \\
 M &= (52+44+38+31+70+76+45+42+55+24+39+35 \\
 &\quad +48+44+38+35+45+28+43+25+51+56+36+32)/24 \\
 &= 1032/24 \\
 &= 43 \\
 \sum x &= |52-43| + |44-43| + |38-43| + |31-43| \\
 &\quad + |70-43| + |76-43| + |45-43| + |42-43| \\
 &\quad + |55-43| + |24-43| + |39-43| + |35-43| \\
 &\quad + |48-43| + |44-43| + |38-43| + |35-43| \\
 &\quad + |45-43| + |28-43| + |43-43| + |25-43| \\
 &\quad + |51-43| + |56-43| + |36-43| + |32-43| \\
 &= 9+1+5+12+27+33+2+1 \\
 &\quad +12+19+4+8+5+1+5+8 \\
 &\quad +2+15+0+18+8+13+7+11 \\
 &= 226 \\
 C_u &= 100 \left(1.0 - \frac{226}{43 \times 24} \right) \\
 &= 78.10 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครั้งที่ 5

$$n = 24$$

$$M = (63+61+67+65+48+54+62+51+51+50+65+60 \\ +54+54+60+45+47+49+52+54+60+73+65+71)/24$$

$$= 1381/24$$

$$= 57.54$$

$$\sum x = |63-57.54| + |61-57.54| + |67-57.54| + |65-57.54| \\ + |48-57.54| + |54-57.54| + |62-57.54| + |51-57.54| \\ + |51-57.54| + |50-57.54| + |65-57.54| + |60-57.54| \\ + |54-57.54| + |54-57.54| + |60-57.54| + |45-57.54| \\ + |47-57.54| + |49-57.54| + |52-57.54| + |54-57.54| \\ + |60-57.54| + |73-57.54| + |65-57.54| + |71-57.54|$$

$$= 5.46+3.46+9.46+7.46+9.54+3.54+4.46+6.54$$

$$+6.54+7.54+7.46+2.46+3.54+3.54+2.46+12.54$$

$$+10.54+8.54+5.54+3.54+2.46+15.46+7.46+13.46$$

$$= 163$$

$$C_u = 100 \left(1.0 - \frac{163}{57.54 \times 24} \right)$$

$$= 88.20 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การให้น้ำแบบฉีดฝอยที่ อัตราการ 0.8×10^{-3} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

- ครั้งที่ 1

$$n = 24$$

$$M = (24+17+23+26+14+11+12+10+8+7+12+14 \\ +11+7+9+12+13+21+22+22+10+20+19+24) / 24$$

$$= 368/24$$

$$= 15.33$$

$$\sum_x = |24-15.33| + |17-15.33| + |23-15.33| + |26-15.33| \\ + |14-15.33| + |11-15.33| + |12-15.33| + |10-15.33|$$

$$+ |8-15.33| + |7-15.33| + |12-15.33| + |14-15.33|$$

$$+ |11-15.33| + |7-15.33| + |9-15.33| + |12-15.33|$$

$$+ |13-15.33| + |21-15.33| + |22-15.33| + |22-15.33|$$

$$+ |10-15.33| + |20-15.33| + |19-15.33| + |24-15.33|$$

$$= 8.67+1.67+7.67+10.67+1.33+4.33+3.33+5.33$$

$$+7.33+8.33+3.33+1.33+4.33+8.33+6.33+3.33$$

$$+2.33+5.67+6.67+6.67+5.33+4.67+3.67+8.67$$

$$= 129.32$$

$$C_u = 100 \left(1.0 - \frac{129.32}{15.33 \times 24} \right)$$

$$= 64.85 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภารกิจที่ 2

$$\begin{aligned}
 n &= 24 \\
 M &= (27+14+38+31+22+16+30+35+30+24+39+35 \\
 &\quad +15+14+28+25+15+28+23+25+21+26+26+12)/24 \\
 &= 599/24 \\
 &= 24.96 \\
 \sum x &= |27-24.96| + |14-24.96| + |38-24.96| + |31-24.96| \\
 &\quad + |22-24.96| + |16-24.96| + |30-24.96| + |35-24.96| \\
 &\quad + |30-24.96| + |24-24.96| + |39-24.96| + |35-24.96| \\
 &\quad + |15-24.96| + |14-24.96| + |28-24.96| + |25-24.96| \\
 &\quad + |15-24.96| + |28-24.96| + |23-24.96| + |25-24.96| \\
 &\quad + |21-24.96| + |26-24.96| + |26-24.96| + |12-24.96| \\
 &= 2.04+10.96+13.04+6.04+2.96+8.96+5.04+10.04 \\
 &\quad +5.04+0.96+14.04+10.04+9.96+10.96+3.04+0.04 \\
 &\quad +9.96+3.04+1.96+0.04+3.96+1.04+1.04+12.96 \\
 &= 147.16 \\
 C_u &= 100 \left(1.0 - \frac{147.160}{24.96 \times 24} \right) \\
 &= 75.43 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครั้งที่ 3

$$\begin{aligned}
 n &= 24 \\
 M &= (34+24+17+28+30+13+24+29+35+31+29+17 \\
 &\quad +19+20+16+12+32+13+33+14+38+28+22+20)/24 \\
 &= 578/24 \\
 &= 24.08 \\
 \sum x &= |34-24.08| + |24-24.08| + |17-24.08| + |28-24.08| \\
 &\quad + |30-24.08| + |13-24.08| + |24-24.08| + |29-24.08| \\
 &\quad + |35-24.08| + |31-24.08| + |29-24.08| + |17-24.08| \\
 &\quad + |19-24.08| + |20-24.08| + |16-24.08| + |12-24.08| \\
 &\quad + |32-24.08| + |13-24.08| + |33-24.08| + |14-24.08| \\
 &\quad + |38-24.08| + |28-24.08| + |22-24.08| + |20-24.08| \\
 &= 9.92+0.08+7.08+3.92+5.92+11.08+0.08+4.92 \\
 &\quad +10.92+6.92+4.92+7.08+5.08+4.08+8.08+12.08 \\
 &\quad +7.92+11.08+8.92+10.08+13.92+3.92+2.08+4.08 \\
 &= 164.16 \\
 C_u &= 100 \left(1.0 - \frac{164.16}{24.08 \times 24} \right) \\
 &= 71.59 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครงที่ 4

$$\begin{aligned}
 n &= 24 \\
 M &= (15+9+18+21+10+26+27+33+25+39+42+11 \\
 &\quad +17+12+27+26+22+15+8+15+16+29+36+32)/24 \\
 &= 531/24 \\
 &= 22.13 \\
 \sum x &= |15-22.13| + |9-22.13| + |18-22.13| + |21-22.13| \\
 &\quad + |10-22.13| + |26-22.13| + |27-22.13| + |33-22.13| \\
 &\quad + |25-22.13| + |39-22.13| + |42-22.13| + |11-22.13| \\
 &\quad + |17-22.13| + |12-22.13| + |27-22.13| + |26-22.13| \\
 &\quad + |22-22.13| + |15-22.13| + |8-22.13| + |15-22.13| \\
 &\quad + |16-22.13| + |29-22.13| + |36-22.13| + |32-22.13| \\
 &= 7.13+13.13+4.13+1.13+12.13+3.87+4.87+10.87 \\
 &\quad +2.87+16.87+19.87+11.13+5.13+10.13+4.87+3.87 \\
 &\quad +0.13+7.13+14.13+7.13+6.13+6.87+13.87+9.87 \\
 &= 197.26 \\
 C_u &= 100 \left(1.0 - \frac{197.26}{22.13 \times 24} \right) \\
 &= 62.86 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ครั้งที่ 5

$$\begin{aligned}
 n &= 24 \\
 M &= (9+24+18+21+30+20+16+12+35+14+19+25 \\
 &\quad +18+24+8+15+28+28+23+25+11+29+16+22)/24 \\
 &= 490/24 \\
 &= 20.42 \\
 \sum x &= |9-20.42| + |24-20.42| + |18-20.42| + |21-20.42| \\
 &\quad + |30-20.42| + |20-20.42| + |16-20.42| + |12-20.42| \\
 &\quad + |35-20.42| + |14-20.42| + |19-20.42| + |25-20.42| \\
 &\quad + |18-20.42| + |24-20.42| + |8-20.42| + |15-20.42| \\
 &\quad + |28-20.42| + |28-20.42| + |23-20.42| + |25-20.42| \\
 &\quad + |11-20.42| + |29-20.42| + |16-20.42| + |22-20.42| \\
 &= 11.42+3.58+2.42+0.58+9.58+0.42+4.42+8.42 \\
 &\quad +14.58+6.42+1.42+4.58+2.42+3.58+12.42+5.42 \\
 &\quad +7.58+7.58+2.58+4.58+9.42+8.58+4.42+1.58 \\
 &= 138 \\
 C_u &= 100 \left(1.0 - \frac{131}{20.42 \times 24} \right) \\
 &= 71.84 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาอัตราการแพร่กระจายตัวของน้ำ

$$\begin{aligned} \text{ดินมีปริมาตร} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} \\ &= 90 \text{ เซนติเมตร} \times 170 \text{ เซนติเมตร} \times 30 \text{ เซนติเมตร} \\ &= 4.59 \times 10^5 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรน้ำในกระบอกตวง(V)} &= \pi r^2 h \\ \text{กระบอกตวงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง} &= 2.5 \text{ เซนติเมตร} \\ \text{กระบอกตวงมีพื้นที่หน้าตัด} &= \pi r^2 \\ &= \pi (1.25)^2 \\ &= 4.91 \text{ ตารางเซนติเมตร} \\ \text{ระยะเวลาในการให้น้ำ} &= 120 \text{ นาที} \end{aligned}$$

1. การให้น้ำแบบฉีดฝอยที่อัตราการไหล 1.19×10^3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรน้ำเฉลี่ยในกระบอกตวง} &= 58.65 \text{ มิลลิลิตร} \\ \text{ความสูงของน้ำในกระบอกตวง(h)} &= 58.65/4.91 \\ &= 11.95 \text{ เซนติเมตร} \\ &= 119.5 \text{ มิลลิเมตร}/120 \text{ นาที} \end{aligned}$$

ดังนั้น การแพร่กระจายของน้ำ = 59.75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

2. การให้น้ำแบบฉีดฝอยที่อัตราการไหล 0.8×10^3 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรน้ำเฉลี่ยในกระบอกตวง} &= 21.38 \text{ มิลลิลิตร} \\ \text{ความสูงของน้ำในกระบอกตวง(h)} &= 21.38/4.91 \\ &= 4.35 \text{ เซนติเมตร} \\ &= 43.5 \text{ มิลลิเมตร}/120 \text{ นาที} \end{aligned}$$

ดังนั้น การแพร่กระจายของน้ำ = 21.75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

วิบูลย์ บุญยธโรกุล, “หลักการชลประทาน”, เอกสารประกอบการสอนภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน , คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2526

จินดาบุษ เจียมวิจิตรกุล ,ต่อศักดิ์ เสือสา ,เมธี เทพพิทักษ์ ,”การพัฒนาโรงเรือนสาธิตระบบทำ ความเย็นด้วยการระเหยละอองหมอก”,ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร ,คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550

จตุติ รุจิระกำรชัย ,บุญยฤทธิ์ สุรารักษ์ลิขิต ,วรัญญู ประพรรติจักกกิจ ,สรากร จันวงษา ,”การพัฒนา เครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน”,ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร ,คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้