



การศึกษาเปรียบเทียบระบบการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์
Experimental Comparative study of
Landscape Subsurface Drainage Systems

นางสาวปิรญาณ์ พิมพา
นายสรศักดิ์ พันธุ์จำปี

ปีการศึกษา 2563

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบระบบการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์

Experimental Comparative study of
Landscape Subsurface Drainage Systems

นางสาวพิรญาณ์ พิมพา
นายสรศักดิ์ พันธุ์จำปี

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีภูมิทัศน์
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและภูมิทัศน์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2563

ใบรับรองปัญหาพิเศษ



หัวข้อปัญหาพิเศษ : การศึกษาเปรียบเทียบระบบระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์
ผู้จัดทำ : นางสาวปิรญาณ์ พิมพา
นายสรศักดิ์ พันธุ์จำปี
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์บุญญาพร บุญศรี
ปีการศึกษา : 2563

คณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษ

..... อาจารย์ที่ปรึกษา (ประธานกรรมการ)
(อาจารย์บุญญาพร บุญศรี)

..... กรรมการ
(อาจารย์ตฤณพล มากผ่อง)

..... กรรมการ
(อาจารย์ชนกนันท์ ปิ่นตบแต่ง)

..... หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและภูมิทัศน์
(อาจารย์เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว)

ลิขสิทธิ์ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อปัญหาพิเศษ	:	การศึกษาเปรียบเทียบระบบระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์
ผู้จัดทำ	:	นางสาวพิรญาณ์ พิมพา นายสรศักดิ์ พันธุ์จำปี
สาขา	:	เทคโนโลยีภูมิทัศน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	อาจารย์บุญญาพร บุญศรี
ปีการศึกษา	:	2563

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยการเปรียบเทียบการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์ เป็นการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพของการระบายน้ำในท่อสับเดรนทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 การใช้ท่อนีโอเดรนท่อด้วยผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ รูปแบบที่ 2 การใช้ท่อนีโอเดรนและหินกรวดท่อด้วยผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ และรูปแบบที่ 3 การใช้ท่อซับซอยหรือท่อนีโอเดรนสปริง ในดินทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียว ดินทราย และดินร่วน ในระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2563 จนถึงวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2564 เป็นจำนวน 60 วัน โดยบันทึกข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมอน้ำผ่านดิน และนำค่านั้นมาหาความเร็วในการไหล ตามกฎสมการของดาร์ซี มาเป็นตัวช่วยในการยืนยันผลลัพธ์ที่ได้จากการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ จึงได้ข้อมูล

รูปแบบที่ 1 เป็นการติดตั้งในลักษณะการใช้ท่อนีโอเดรนพันด้วยจีโอเทคไทล์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำที่เหลือจากการทดลองในรูปแบบที่ 1 ดินที่ระบายได้ดีในรูปแบบการติดตั้งนี้ คือ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว ตามลำดับ ส่วนของความเร็วในการไหลของน้ำภายในท่อตามกฎของดาร์ซี พบว่า ความเร็วในการไหลในสภาพของดินทราย มีความเร็วในการไหล โดยเฉลี่ย 1.10 เมตร/นาที่ ซึ่งเป็นความเร็วในการไหลมากที่สุดรองลงมาเป็นดินร่วน และดินเหนียว โดยมีความเร็วเฉลี่ย 0.46 และ 0.43 เมตร/นาที่

รูปแบบที่ 2 เป็นการติดตั้งในลักษณะ การใช้ท่อนีโอเดรน และหินกรวดพันด้วยจีโอเทคไทล์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำที่เหลือจากการทดลองในรูปแบบที่ 2 ดินที่ระบายได้ดีในรูปแบบการติดตั้งนี้ คือ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว ตามลำดับ ส่วนของความเร็วในการไหลของน้ำภายในท่อตามกฎของดาร์ซี พบว่า ความเร็วในการไหลในสภาพของดินทราย มีความเร็วในการไหล โดยเฉลี่ย 1.09 เมตร/นาที่ ซึ่งเป็นความเร็วในการไหลมากที่สุดรองลงมาเป็นดินร่วน และดินเหนียว โดยมีความเร็วเฉลี่ย 0.47 และ 0.43 เมตร/นาที่

รูปแบบที่ 3 เป็นการติดตั้งในลักษณะการใช้ท่อซับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำที่เหลือจากการทดลองในรูปแบบที่ 3 ดินที่ระบายได้ดีในรูปแบบการติดตั้งนี้ คือ ดินทราย ดินเหนียว และดินร่วน ตามลำดับ ส่วนของความเร็วในการไหลของน้ำ

บทคัดย่อ (ต่อ)

ภายในท่อตามกฎของดาร์ซี พบว่า ความเร็วในการไหลในสภาพของดินทราย มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.05 เมตร/นาทึ ซึ่งเป็นความเร็วในการไหลมากที่สุดรองลงมา เป็นดินเหนียว และดินร่วน โดยมีความเร็วเฉลี่ย 0.78 และ 0.76 เมตร/นาทึ

ประเภทของดินเหนียว เป็นดินที่มีลักษณะเป็นดินที่มีเนื้อละเอียด ในสภาพดินแห้งจะแตกออกเป็นก้อนแข็งมาก เมื่อเปียกน้ำแล้วจะมีความยืดหยุ่น สามารถปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ เหนียวเหนอะหนะติดมือ เป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี แต่สามารถอุ้มน้ำ ดูดซับ และแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ดี เหมาะที่จะใช้ในงานถมดินเพื่อเตรียมหน้างาน งานขุดบ่อปลา งานขุดสระน้ำ งานขุดหลุมปลูกต้นไม้ งานประเภทการทำเนิน หรือทำ Slope (ทางลาดเอียง) งานในด้าน Hardscape (งานตกแต่ง) งานวางรากฐาน น้ำตก บ่อปลา หรือฐานศาลา เป็นต้น

ประเภทของดินร่วน เป็นดินที่เนื้อดินค่อนข้างละเอียดนุ่มมือในสภาพดินแห้งจะจับกันเป็นก้อนแข็งพอประมาณ ในสภาพดินชื้นจะยืดหยุ่นได้บ้าง เมื่อสัมผัสหรือคลึงดินจะรู้สึกนุ่มมือแต่อาจจะรู้สึกสากมืออยู่บ้างเล็กน้อย เมื่อกำดินให้แน่นในฝ่ามือแล้วคลายมือออก ดินจะจับกันเป็นก้อนไม่แตกออกจากกัน เป็นดินที่มีการระบายน้ำได้ดีปานกลาง จัดเป็นเนื้อดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก งานที่พบในดินชนิดนี้ คือ งานปลูกไม้ยืนต้น งานปลูกไม้พุ่ม งานปลูกไม้กระถาง

ประเภทของดินทราย เป็นดินที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าร้อยละ 85 ลักษณะโดยทั่วไปจะเกาะตัวกันหลวม ๆ และมองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยว ๆ ได้ ถ้าสัมผัสดินที่อยู่ในสภาพแห้งจะรู้สึกสากมือ เมื่อลองกำดินที่แห้งนี้ไว้ในอุ้งมือแล้วคลายมือออกดินก็จะแตกออกจากกันได้ แต่ถ้ากำดินที่อยู่ในสภาพชื้นจะสามารถทำให้เป็นก้อนหลวม ๆ ได้ แต่พอสัมผัสจะแตกออกจากกันทันที ดินทรายเป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศดีมาก แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เพราะความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชน้อย พืชที่ขึ้นบนดินทรายจึงมักขาดทั้งธาตุอาหารและน้ำงานที่พบในดินชนิดนี้ คือ งานปรับระดับ ปูหญ้า สนามกอล์ฟ งานระบายน้ำใต้ดิน

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษการศึกษาเปรียบเทียบระบบระบายน้ำใต้ดินในงาน กรณีศึกษาเพื่อศึกษากระบวนการการระบายน้ำในแต่ละประเภท ด้วยคำแนะนำ และความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์บุญญาพร บุญศรี อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำ และติดตามการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง และสามารถสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในสาขาเทคโนโลยีภูมิทัศน์ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้ ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้ข้อคิดที่ดีต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำปัญหาพิเศษ และอาจารย์ทุกท่านที่ให้การศึกษา ให้ความรู้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ดังนั้น จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในระหว่างการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่ช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นทั้งกำลังใจที่ดีต่อกันเสมอมา และเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้ามีความตั้งใจในการศึกษาในการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ จนถึงวันนี้วันที่ข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษาค้นคว้าและรวมถึงผู้ที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ด้วย

พิรญาณ์ พิมพา
สรศักดิ์ พันธุ์จำปี
มิถุนายน 2564

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญแผนภูมิ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความหมายของการระบายน้ำในงานภูมิทัศน์	4
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำ	10
2.3 ลักษณะของดิน	10
2.4 ประเภทของดินที่พบในงานภูมิทัศน์	14
2.5 วัสดุอุปกรณ์ระบบระบายน้ำใต้ดิน	15
2.6 สมการการระบายน้ำ	19
2.7 การออกแบบระบบท่อระบายน้ำใต้ผิวดิน	24
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	
3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการทดลองการระบายน้ำใต้	28
3.2 การเก็บข้อมูล	35
3.3 การหาค่าเฉลี่ยในการวัดค่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสู่ดิน	35
3.4 กรอบการวิจัย	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	48
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	49
5.3 ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก เกณฑ์การประเมินของค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และความเร็ว ในการไหลของน้ำในแต่ละรูปแบบ	
ภาคผนวก ข งบประมาณการจัดทำการทดลอง	
ประวัติผู้จัดทำ	

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบหลังเต่า	5
ภาพที่ 2.2 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบไร้รูปแบบ	5
ภาพที่ 2.3 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบขวางความลาดเท	6
ภาพที่ 2.4 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบคูขนาน	6
ภาพที่ 2.5 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบท่อขนาน	7
ภาพที่ 2.6 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบก้างปลา	7
ภาพที่ 2.7 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบท่อประธานคู่	8
ภาพที่ 2.8 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบไร้รูปแบบ	8
ภาพที่ 2.9 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบสีกัดกัน	9
ภาพที่ 2.10 องค์ประกอบของดิน	11
ภาพที่ 2.11 ชั้นดิน	12
ภาพที่ 2.12 ดินแบบก้อนกลม (Granular)	12
ภาพที่ 2.13 ดินแบบก้อนเหลี่ยม (Blocky)	12
ภาพที่ 2.14 ดินแบบแผ่น (Platy)	13
ภาพที่ 2.15 ดินแบบแท่งหัวเหลี่ยม (Prismatic)	13
ภาพที่ 2.16 ดินแบบแท่งหัวมน (Columnar)	13
ภาพที่ 2.17 ดินแบบก้อนทึบ (Massive)	14
ภาพที่ 2.18 ดินแบบก้อนทึบ (Massive)	14
ภาพที่ 2.19 ท่อนีโอเดรน (Neodrain)	15
ภาพที่ 2.20 ชนิดข้อต่อของท่อนีโอเดรน	16
ภาพที่ 2.21 โครงสร้างของท่อซับซอย (Subsoil Drainage)	16
ภาพที่ 2.22 วิธีการเชื่อมต่อของท่อซับซอย (Subsoil Drainage)	16
ภาพที่ 2.23 ผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ (Geotextile)	18
ภาพที่ 2.24 การวิเคราะห์การไหลของสมมติฐานของ Donnan	19
ภาพที่ 2.25 การวิเคราะห์การไหลตามหลักของสมการ Hooghoudt	20
ภาพที่ 2.26 ขอบเขตการไหลของสมการ Glover - dumm	22

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.1 รูปแบบที่ 1 การใช้ท่อนีโอเดรนพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์	28
ภาพที่ 3.2 รูปแบบที่ 2 การใช้ท่อนีโอเดรนและหินกรวดพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์	28
ภาพที่ 3.3 รูปแบบที่ 3 การใช้ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง	29
ภาพที่ 3.4 เตรียมพื้นที่ที่จะทำการทดลองให้พร้อม รูปแบบที่ 1	29
ภาพที่ 3.5 ท่อ Neodrain พันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์ รูปแบบที่ 1	29
ภาพที่ 3.6 นำหินกรวดลงไว้ในหลุม รูปแบบที่ 1	30
ภาพที่ 3.7 นำหินกรวดมาใส่ในหลุมให้เต็ม รูปแบบที่ 1	30
ภาพที่ 3.8 ปรับหน้าดินให้เรียบ รูปแบบที่ 1	30
ภาพที่ 3.9 ปูหญ้าในบล็อกทดลอง รูปแบบที่ 1	31
ภาพที่ 3.10 เตรียมพื้นที่ที่จะทำการทดลองให้พร้อม รูปแบบที่ 2	31
ภาพที่ 3.11 นำผ้าจีโอเทคไทล์มาวางไว้ในบล็อก รูปแบบที่ 2	31
ภาพที่ 3.12 นำหินกรวดใส่ลงไปในพื้นที่ที่เตรียมไว้ รูปแบบที่ 2	32
ภาพที่ 3.13 ม้วนผ้าจีโอเทคไทล์ปิดให้มิดหินกรวดและท่อ รูปแบบที่ 2	32
ภาพที่ 3.14 ปรับพื้นที่ให้เรียบพร้อมกับอัดแน่น รูปแบบที่ 2	32
ภาพที่ 3.15 ปูต้นไม้ที่เตรียมไว้เพื่อทำการทดลอง รูปแบบที่ 2	33
ภาพที่ 3.16 ขุดร่องเพื่อวางท่อระบายน้ำ รูปแบบที่ 3	33
ภาพที่ 3.17 นำท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริงมาวางในร่องที่เตรียมไว้ รูปแบบที่ 3	33
ภาพที่ 3.18 นำหินกรวดมารองก้นหลุมเพื่อปรับระดับ	34
ภาพที่ 3.19 นำหินกรวดมาใส่ในหลุมให้เต็ม	34
ภาพที่ 3.20 ปรับพื้นที่ที่เตรียมไว้ทำการทดลองให้เรียบพร้อมกับและปรับหน้าด้วยทราย	34
ภาพที่ 3.21 ปูหญ้าเตรียมไว้เพื่อทำการทดลอง	35
ภาพที่ 4.1 กราฟรูปแบบที่ 1	41
ภาพที่ 4.2 กราฟรูปแบบที่ 2	41
ภาพที่ 4.3 กราฟรูปแบบที่ 3	32
ภาพที่ 4.4 กราฟดินเหนียว	46
ภาพที่ 4.5 กราฟดินร่วน	46
ภาพที่ 4.6 กราฟดินทราย	47

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ขนาดและรายละเอียดของท่อไนโอเดรน	16
ตารางที่ 2.2 ขนาดและรายละเอียดของท่อซับซอย (Subsoil Drainage)	17
ตารางที่ 2.3 คุณลักษณะจากการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและความยืดหยุ่นของท่อซับ	17
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงปริมาณน้ำหลังจากการทดลองการระบายน้ำใต้ดิน	37
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน	39
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงปริมาณความเร็วในการไหลของน้ำ	40
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงปริมาณน้ำในดินเหนียวหลังจากการทดลองการระบายน้ำใต้ดิน	43
ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน	44
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงปริมาณความเร็วในการไหลของน้ำ	45

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 3.1 กรอบการวิจัย	36

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ปัจจุบันงานทางด้านภูมิทัศน์มีความนิยมที่มากขึ้นในโครงการหมู่บ้านจัดสรร ส่วนของหน่วยงานราชการ เอกชน และ งานบ้านส่วนบุคคล ซึ่งการจัดสวนทางด้านภูมิทัศน์ นอกเหนือจากการจัดสร้างภูมิทัศน์ดาดแข็ง ภูมิทัศน์ดาดอ่อน แล้วยังมีส่วนของงานระบบต่าง ๆ ทั้งระบบไฟฟ้า ระบบการให้น้ำแก่พรรณไม้ในงานภูมิทัศน์ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันไปทั้งรูปแบบการจัดสร้าง และระบบงานที่ใช้ ปัญหาการระบายน้ำใต้ดินก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งในงานภูมิทัศน์ ต้นไม้บางชนิดไม่ชอบน้ำเยอะและรากเน่าได้หากมีน้ำขัง

ระบบระบายน้ำใต้ดินในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันโดยมีอยู่ 2 แบบ คือระบบระบายน้ำใต้ดินแบบนิโอเดรน และระบบระบายน้ำใต้ดินแบบสปริง หรือ Subsoil ในส่วนของการเลือกใช้งานยังไม่มี การแบ่งแยกที่ชัดเจน ระบบไหนควรใช้กับดินชนิดไหน ทำให้บางครั้งในงานภูมิทัศน์เราจะเห็นปัญหาของระบบระบายน้ำใต้ดิน แม้จะมีการติดตั้งระบบการระบายน้ำใต้ดินมาเป็นตัวช่วยในการระบายน้ำออกจากพื้นที่เพื่อลดการท่วมขังของน้ำแล้วก็ตาม เช่น 1) เกิดการเน่าของราก และ 2) อาการทิ้งใบ ดอก และผล ต้นไม้ที่ถูกน้ำท่วมจะเกิดสภาวะเครียด จึงมองเห็นปัญหาแต่ไม่รู้สาเหตุของปัญหา

ดังนั้น ข้อมูลข้างต้น เป็นที่มาทำให้มีการศึกษาเปรียบเทียบระบบการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์เพื่อทราบปัญหาที่เกิดจากระบบระบายน้ำใต้ดิน และศึกษากระบวนการทำงาน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการระบายน้ำเพื่อให้เกิดการเข้าใจในกลไกขั้นตอนการประกอบวัสดุระบบระบายน้ำใต้ดิน ทั้งยังมีการเข้าร่วมในการศึกษาดูแต่ละชนิดที่นิยมใช้ในงานภูมิทัศน์ การวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นตัวช่วยในการเลือกวัสดุระบบระบายน้ำใต้ดินให้ถูกต้องกับสภาพดิน ลดค่าใช้จ่ายในงานระบบระบายน้ำของงานภูมิทัศน์ และเพื่อยืดอายุในการใช้งานให้นานมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการการระบายน้ำในแต่ละประเภท
- 1.2.2 เพื่อศึกษากระบวนการ การทำงาน ของวัสดุในการระบายน้ำในงานภูมิทัศน์
- 1.2.3 เพื่อทดสอบการระบายน้ำใต้ดิน ตามรูปแบบการติดตั้ง
- 1.2.4 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินกับชนิดของดินที่ใช้ในงานภูมิทัศน์

1.3 นิยามศัพท์เฉพาะ

การระบายน้ำใต้ดิน เป็นการกำจัดน้ำเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำอิสระออกจากดินโดยการสร้างความแตกต่างของระดับน้ำในดิน เพื่อให้ น้ำดังกล่าวไหลไปสู่ท่อหรือคูระบายน้ำจนกระทั่งผิวบนของชั้นดินที่อมน้ำอยู่ต่ำจากผิวดินมากพอกับความต้องการของพืช (จิระวัลย์ เพ็ชรไพศิษฐ์, 2547:25)

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.4.1 การทดสอบการระบายน้ำใต้ดินในสภาพดินมี 3 ลักษณะ คือ ดินทราย ดินเหนียว และ ดินร่วน

1.4.2 การศึกษาการระบายน้ำใต้ดินจะใช้ท่อระบายน้ำใต้ดิน 2 รูปแบบ ที่นิยม คือ

1.4.2.1 ท่อระบายน้ำใต้ดินแบบนีโอเดรน รูปแบบที่ 1

1.4.2.2 ท่อระบายน้ำใต้ดินแบบนีโอเดรน รูปแบบที่ 2

1.4.2.3 ท่อระบายน้ำใต้ดินแบบสปริง

1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ได้แก่

1.4.3.1 ตัวแปรต้น

1) การระบายน้ำใต้ดินโดยใช้ท่อระบายน้ำใต้ดิน หรือนีโอเดรน รูปแบบที่ 1

2) การระบายน้ำใต้ดินโดยใช้ท่อระบายน้ำใต้ดิน หรือนีโอเดรน รูปแบบที่ 2

3) การระบายน้ำใต้ดินโดยใช้ท่อระบายน้ำใต้ดินแบบสปริง

4) ลักษณะดินทั้ง 3 ชนิด คือ ดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย

1.4.3.2 ตัวแปรตาม

1) ปริมาณน้ำในการระบายน้ำใต้ดิน

2) ความสัมพันธ์กับรูปแบบการระบายน้ำใต้ดินกับดินที่ใช้ในงานภูมิทัศน์

1.4.3.3 ตัวแปรควบคุม

1) ลักษณะการรดน้ำลงพื้นที่การทดลอง

2) สภาพอากาศและอุณหภูมิ

3) พื้นที่ที่ใช้ปลูก

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ขั้นตอนการปฏิบัติงานในงานวิจัยการระบายน้ำใต้ดิน การระบายน้ำใต้ดินเป็นการช่วยในการระบายน้ำที่อยู่บนผิวดินเพื่อไม่ให้เกิดการท่วมขังของน้ำซึ่งเป็นสาเหตุการตาย และเน่าของต้นไม้ การทดลองโดยการจำลองพื้นที่ขึ้นมาเพื่อง่ายต่อการบันทึกข้อมูล และการทดลอง ขั้นตอนมีดังนี้

1.5.1.1 เตรียมพื้นที่ที่มีขนาด $1 \times 1 \times 5$ เมตร เป็นพื้นที่ในการทดสอบจะมีจำนวนทั้งหมด 3 พื้นที่ เป็นการทดสอบ 3 แบบ

1.5.1.2 เตรียมดินที่จะทำการทดลองให้พร้อมในพื้นที่ ที่ได้เตรียมการทดลองไว้แล้วทำการอัดให้แน่น เมื่อดินแน่นแล้วให้ทำการขุดร่อง และเตรียมพื้นที่ให้เรียบร้อย

1.5.1.3 ทำการวางระบบระบายน้ำทั้งสามแบบลงในพื้นที่ทำการทดลองให้เรียบร้อยตามขั้นตอนและวิธีการวางระบบ วิธีการวางระบบดังนี้

1) การวางท่อระบายน้ำใต้ดินแบบแข็ง หรือนีโอเดรน รูปแบบที่ 1 ให้ทำการเตรียมท่อขนาด 3 นิ้ว ยาว 1 เมตร แล้วทำการห่อหุ้มด้วยผ้าจีโอเจทไทร์ แล้วนำไปวางในร่องทำเตรียมไว้ ซึ่งในร่องจะต้องทำการปรับพื้นที่โดยทรายให้เรียบวางด้วยหินเป็นชั้นแรก นำระบายน้ำใต้ดินที่เตรียมไว้มาวางแล้วกลบด้วยหินอีก 1 ชั้น แล้วปิดท้ายชั้นบนสุดด้วยการถมทรายอัดให้แน่นพร้อมรอทดสอบ

2) การวางท่อระบายน้ำใต้ดินแบบแข็ง หรือนีโอเดรน รูปแบบที่ 2 ให้ทำการเตรียมท่อขนาด 3 นิ้ว ยาว 1 เมตร แล้วนำผ้าจีโอเจทไทร์ห่อหุ้มท่อด้วยกัน ซึ่งในร่องจะต้องทำการปรับพื้นที่โดยทรายให้เรียบวางด้วยหินเป็นชั้นแรก นำระบายน้ำใต้ดินที่เตรียมไว้มาวางแล้วกลบด้วยหินอีก 1 ชั้น แล้วปิดท้ายชั้นบนสุดด้วยการถมทรายอัดให้แน่นพร้อมรอทดสอบ

3) การวางท่อระบายน้ำใต้ดินแบบสปริง มีขั้นตอนดังนี้ ทำการปรับดินให้เรียบและได้ระดับที่ต้องการ นำท่อระบายน้ำใต้ดินมาวางลงในร่องที่เตรียมไว้ นำทรายหยาบมาถมให้มิดแล้วทำการอัดให้แน่น

หมายเหตุ : หากมีตัวอย่างดินมากกว่า 1 ให้ทำตามขั้นตอนข้างต้นด้านบนตามลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบผลเปรียบเทียบที่เกี่ยวข้องกับระบบระบายน้ำ

1.6.2 ทราบผลการประเมินข้อมูลการระบาย

1.6.3 เพื่อทราบถึงคุณสมบัติทางด้านกายภาพสมบัติ และกลสมบัติของของระบบระบายน้ำ

บทที่ 2

เอกสารและวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบระบบระบายน้ำ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้นำเสนอตามหัวข้อที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 1) ความหมายของการระบายน้ำในงานภูมิทัศน์
- 2) ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำ
- 3) ลักษณะดินในงานภูมิทัศน์
- 4) ดินที่พบในงานภูมิทัศน์
- 5) วัสดุอุปกรณ์ระบบระบายน้ำใต้ดิน
- 6) การออกแบบท่อระบายน้ำใต้ผิวดิน
- 7) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

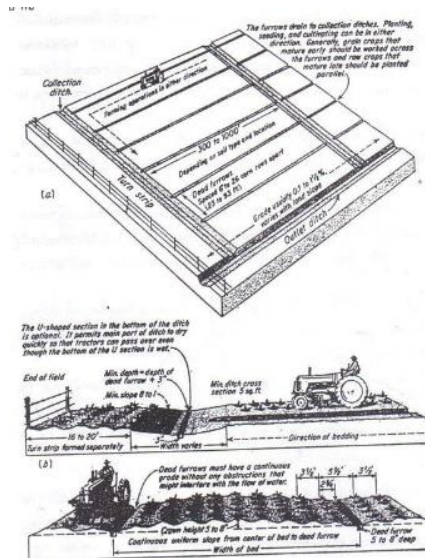
2.1 ความหมายของการระบายน้ำในงานภูมิทัศน์

การระบายน้ำ คือ การกำจัดน้ำส่วนเกินออกจากพื้นที่หรือบริเวณที่มีการขังของน้ำ เพื่อให้พื้นที่เหมาะสมต่อการทำงานตามวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการ ซึ่งการระบายน้ำมีหลายรูปแบบทั้งในงานด้านเกษตร และทางด้านในงานของภูมิทัศน์ในการระบายจะมีวิธีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ การระบายน้ำบนดิน และการระบายใต้ดิน

2.1.1 รูปแบบการระบายน้ำบนผิวดินในงานภูมิทัศน์

การระบายน้ำบนผิวดิน (Surface Drainage) คือ การกำจัดน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน โดยการปรับปรุงผิวดิน หรือทางระบายน้ำที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เพื่อให้ น้ำที่ขังอยู่นั้นไหลไปสู่ที่ทิ้งน้ำ โดยเร็วที่สุดโดยไม่เกิดการกัดเซาะผิวดิน การระบายน้ำบนผิวดินนั้น โดยมีอยู่ 4 รูปแบบ คือ

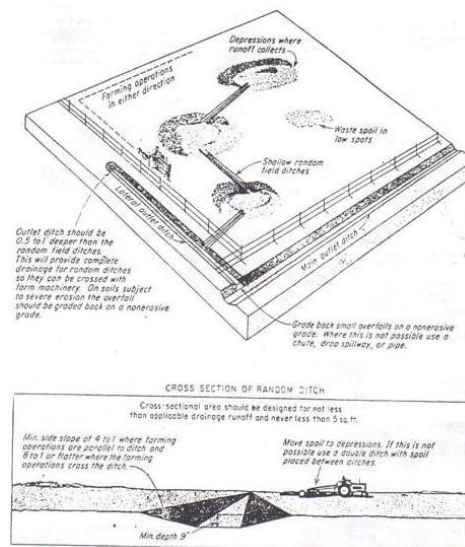
2.1.1.1 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบหลังเต่า ระบบระบายน้ำแบบนี้ทำโดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่ละแปลงจะพูนเป็นหลังเต่าเทไปหาร่องระบายน้ำเล็ก ๆ สองข้าง และมีคูระบายน้ำหัวและท้ายแปลง การไถพรวนทำในแนวนานกับด้านยาวของแปลง เหมาะกับพื้นที่ลาดเทไม่เกิน 1.5% ความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ พืชที่ปลูกให้ผลตอบแทนไม่คุ้มกับการระบายน้ำแบบท่อ และไม่มีที่ทิ้งน้ำที่เหมาะสม



ภาพที่ 2.1 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบหลังเต่า

ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

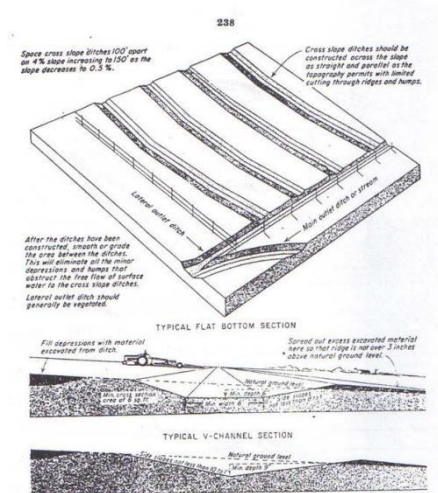
2.1.1.2 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบไร้รูปแบบ ระบบระบายน้ำแบบไร้รูปแบบ ใช้ระบายน้ำจากแอ่งน้ำหรือที่ลุ่มซึ่งกระจายอยู่ในพื้นที่ โดยการขุดคูเชื่อมระหว่างแอ่งน้ำจากแอ่งหนึ่งไปหาอีกแอ่งหนึ่ง ในแนวที่มีปริมาตรดินขุดและมีการกีดขวางการทำงานน้อยที่สุด และขุดคูจากแอ่งที่อยู่ต่ำสุดไปสู่ระบายน้ำออกจากพื้นที่ เพื่อให้ระบบระบายน้ำแบบนี้ได้ผลเต็มที่ ดินที่ได้จากการขุดคูนำไปถมแอ่งหรือที่ลุ่มขนาดเล็กแล้วปรับพื้นที่ให้เรียบ และมีความลาดเทไปตามแอ่งน้ำหรือระบายน้ำที่ขุดขึ้นนั้น ในดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากอาจจะต้องใช้ระบบการระบายน้ำแบบนี้ร่วมกับแบบหลังเต่า



ภาพที่ 2.2 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบไร้รูปแบบ

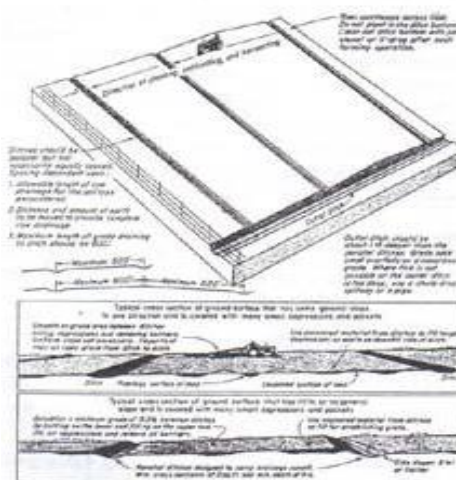
ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

2.1.1.3 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบขวางความลาดเท ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้สำหรับระบายน้ำจากพื้นที่ลาดชันไม่เกินร้อยละ 4 โดยขุดคูตื้นๆ แนวเกือบขนานกับเส้นขอบเนินของพื้นที่เป็นระยะ ๆ คูเหล่านี้จะทำหน้าที่รวมน้ำจากพื้นที่ที่สูงกว่าไปสู่คูทิ้งน้ำ ดินที่ได้จากการขุดคูนำไปถมแอ่งหรือที่ลุ่มขนาดเล็กให้เรียบ



ภาพที่ 2.3 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบขวางความลาดเท
ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

2.1.1.4 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบคูขนาน ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้สำหรับระบายน้ำจากพื้นที่ราบ และดินมีความสามารถซึมน้ำได้ต่ำ ซึ่งทำให้เกิดที่ลุ่มมีน้ำขังกระจายอยู่ทั่วไป การจัดระบบระบายน้ำแบบนี้คล้ายกับแบบหลังเต่า คือ แบ่งพื้นที่ออกเป็นสี่เหลี่ยมย่อย ๆ แต่ไม่จำเป็นว่าระยะระหว่างคูระบายน้ำ และแปลงต้องเท่ากัน ทั้งนี้เพราะน้ำจากแต่ละจุดในแปลงย่อย อาจจะไหลไปสู่คูระบายน้ำด้านใดด้านหนึ่ง คูน้ำจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะระบายน้ำได้ทัน โดยน้ำไม่ล้นหรือกักเซาะตลิ่ง

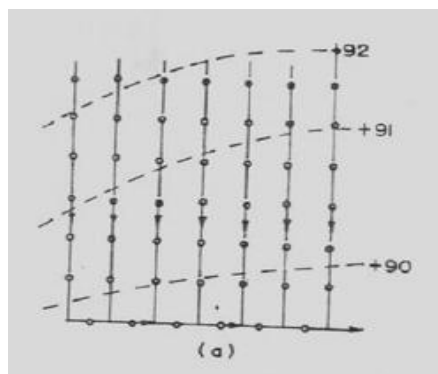


ภาพที่ 2.4 ระบบระบายน้ำผิวดินแบบคูขนาน
ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

2.1.1 รูปแบบการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์

การระบายน้ำใต้ดิน (SUBSURFACE DRAINAGE) คือ การกำจัดน้ำเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำอิสระออกจากดิน โดยการสร้างความแตกต่างของระดับน้ำในดินขึ้น เพื่อให้ น้ำดังกล่าวไหลไปสู่ท่อหรือระบายน้ำจนกระทั่งผิวบนของชั้นดินที่อึมน้ำอยู่ต่ำจากผิวดินมากพอกับความต้องการของพืช มีอยู่ 5 รูปแบบ

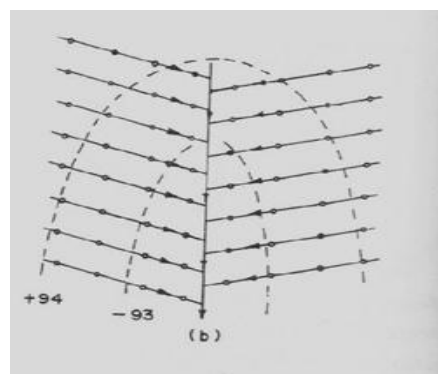
2.1.1.1 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบท่อขนาน ระบบระบายน้ำแบบนี้ประกอบด้วยท่อที่วางขนานกันเป็นระยะ ๆ และตั้งฉากกับท่อประธานซึ่งทำหน้าที่รับน้ำจากท่อระบายน้ำ ซึ่งจะอยู่เพียงด้านใดด้านหนึ่งของท่อประธานไปสู่ที่ทิ้งน้ำ ระบบระบายน้ำแบบนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ราบที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมและเนื้อดินสม่ำเสมอ



ภาพที่ 2.5 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบท่อขนาน

ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

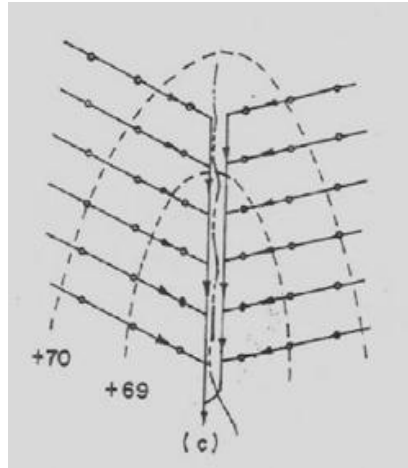
2.1.1.2 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบก้างปลา ระบบระบายน้ำแบบนี้ประกอบด้วยท่อระบายน้ำที่วางขนานกันเป็นระยะเช่นเดียวกันกับแบบแรก แต่จะทำมุมและต่อเข้ากับท่อประธานทั้งสองด้านลักษณะคล้ายก้างปลา เหมาะกับที่ที่ท่อประธานหรือรองประธานวางอยู่ในร่องระบายน้ำธรรมชาติอื่น ๆ เหมาะกับพื้นที่ลาดทั้งสองด้าน



ภาพที่ 2.6 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบก้างปลา

ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

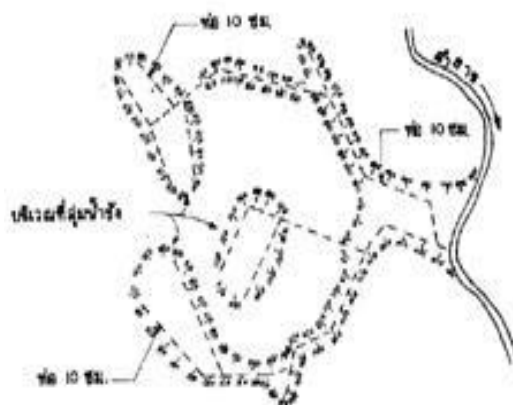
2.1.1.3 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบท่อประธานคู่ ระบบระบายน้ำแบบนี้ดัดแปลงมาจากสองแบบแรก คือ เมื่อต้องวางท่อประธานในแนวร่องระบายน้ำธรรมชาติซึ่งลึก หรือเป็นทางน้ำอยู่ แล้วทำให้ต้องแบ่งพื้นที่ที่ต้องระบายน้ำออกเป็นสองแปลง และมีท่อประธานสองท่ออยู่บนแต่ละฝั่งของทางน้ำ การมีท่อประธานสองท่อนี้นอกจากจะช่วยให้การวางระบบระบายน้ำทำได้สะดวกกว่าเนื่องจากระดับดินบนสองฝั่งของทางน้ำอาจแตกต่างกันมาก ถ้าหากมีการไหลซึมของน้ำเข้าสู่พื้นที่ท่อประธานจะทำหน้าที่สกัดกั้นน้ำเหล่านี้ไว้



ภาพที่ 2.7 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบท่อประธานคู่

ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

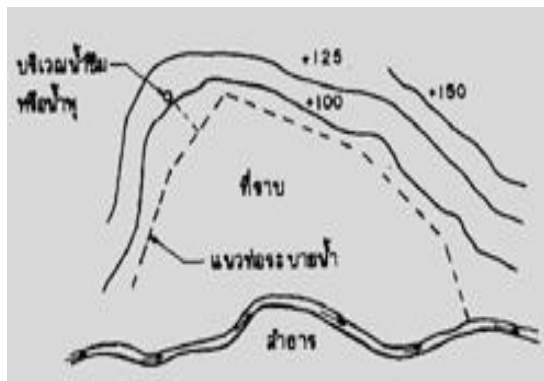
2.1.1.4 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบไร้รูปแบบ ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้กับพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ และมีที่ลุ่มน้ำขังเป็นแห่ง ๆ ซึ่งไม่ต้องการระบบระบายน้ำที่มีทางระบายน้ำวางขนานกันเป็นระยะ ๆ กลุ่มทั้งพื้นที่ ระบบนี้ค่อนข้างประหยัด เพราะจะมีแต่ท่อประธานเชื่อมต่อบริเวณที่ต้องการระบายน้ำแต่ละจุดและมีท่อระบายน้ำเฉพาะที่ลุ่มเท่านั้น



ภาพที่ 2.8 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบไร้รูปแบบ

ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

2.1.1.5 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบสกัดกัน ระบบระบายน้ำแบบนี้ใช้สกัดกั้นการไหลซึมของน้ำ ซึ่งไหลในทางราบเหนือชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากที่ไหลขึ้นมา หรือวางอยู่ใกล้กับผิวดิน และทำให้มีน้ำซึมออกมาจากบริเวณดังกล่าว การระบายน้ำในพื้นที่ที่มีลักษณะ เช่นนี้จะทำโดยการวางท่อระบายน้ำบนชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากตอนบนของบริเวณที่มีน้ำซึม ในแนวขนานกับแนวที่มีน้ำซึมออกมา และมีความลาดเทไปสู่ที่ทิ้งน้ำ (จิระวัลย์ เพ็ชรไพศิษฐ์, 2547:25)



ภาพที่ 2.9 ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบสกัดกัน

ที่มา : <http://kmcenter.rid.go.th>

สรุปความหมายของการระบายน้ำงานภูมิทัศน์แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การระบายน้ำบนดิน และการระบายน้ำใต้ดิน โดยแต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมต่อพื้นที่ ๆ แตกต่างกันไป ดังนี้

การระบายน้ำบนดินสามารถแบ่งออกได้ 4 รูปแบบ คือ

- 1) ระบบระบายน้ำผิวดินแบบหลังเต่า เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชัน หรือพื้นที่การเกษตรในที่ลุ่ม
- 2) ระบบระบายน้ำผิวดินแบบไร้รูปแบบ เป็นการขุดคูเชื่อมต่อกัน ไปยังคูระบายน้ำเพื่อนำน้ำออกจากพื้นที่
- 3) ระบบระบายน้ำผิวดินแบบขวางความลาดเท เป็นการระบายน้ำจากพื้นที่ โดยการขุดคูสั้น ๆ ตามแนวขนาดกบเนิน
- 4) ระบบระบายน้ำผิวดินแบบคูขนาน เป็นการระบายน้ำออกจากพื้นที่ราบในพื้นที่ที่มีหลุมน้ำขัง ไม่จำเป็นต้องแบ่งระยะให้เท่ากันแต่คูน้ำต้องมีขนาดที่สามารถรองรับน้ำได้เพียงพอต่อการระบายน้ำออก

การระบายน้ำใต้ดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 รูปแบบ ดังนี้

- 1) ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบท่อขนาน เหมาะสำหรับการระบายจากพื้นที่ราบที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมและดินสม่ำเสมอ
- 2) ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบก้างปลา เหมาะสำหรับพื้นที่ลาดชัน
- 3) ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบท่อประธานคู่ การระบายน้ำแบบนี้จะวางท่อระบายน้ำทั้ง 2 ข้างของร่องน้ำและจะมีท่อระบายออกจากท่อประธานแต่ละเส้นด้านเดียวของท่อประธาน
- 4) ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบไร้รูปแบบ โดยการวางท่อระบายในตำแหน่งที่ต้องการไปยังคูระบายน้ำ
- 5) ระบบระบายน้ำใต้ดินแบบสกัดกัน เป็นการระบายน้ำแบบสกัดกันการไหลของน้ำในดินออกจากพื้นที่ไปยังที่ทิ้งน้ำเพื่อไม่ให้เกิดการกัดเซาะของดิน

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำ

2.2.1 ความลาดชันของ หรือระดับของพื้นที่ ซึ่งจะมีผลต่อการไหลของน้ำซึ่งพื้นที่ในโครงการจะมีพื้นที่ที่ไม่เท่ากันตามการออกแบบ เพื่อให้เกิดความสวนงามและการใช้งาน

2.2.2 ความหนาแน่นของดิน ซึ่งดินแต่ละชนิดจะมีผลต่อการระบายน้ำ ดินแต่ละชนิดจะมีการระบายน้ำ หรือการให้น้ำไหลผ่านของน้ำที่แตกต่างกันไป

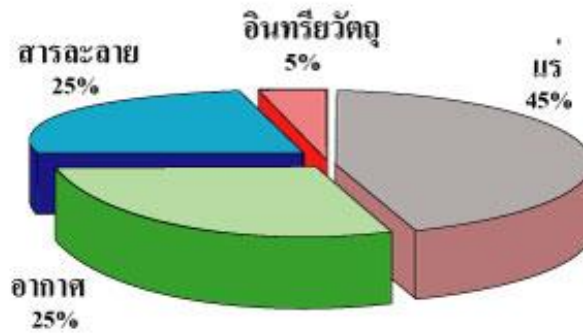
2.2.3 เวลาที่มีผลทำให้ดินมีความแน่นตัว ซึ่งดินที่ถมใหม่เมื่อเวลาผ่านไปดินจะเกิดการแน่นตัว จะมีผลต่อการซึมของน้ำ

2.2.4 สิ่งปลูกสร้าง ซึ่งตำแหน่งของสิ่งปลูกสร้างอาจจะขวางทางการไหลของน้ำ ทำให้เกิดน้ำขังได้ในพื้นที่ 5 พืชหรือพรรณไม้ ซึ่งพืชแต่ละชนิดที่มีระบบที่แตกต่างกันไป ทั้งในระบบรากและขนาดของลำต้น

2.2.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบายน้ำทางกายภาพทางภูมิอากาศ (พงศธร ศิริอ่อน, 2543:112 - 114)

2.3 ลักษณะของดิน

ดิน (Soil) คือ วัสดุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บางๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่ และอินทรีย์วัตถุผสมคลุกเคล้ากัน โดยมีส่วนประกอบดังนี้อินทรีย์วัตถุ (Mineral matter) ได้แก่ส่วนของแร่ต่างๆ ภายในหินซึ่งผุพังสักร่อนเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย โดยทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวเคมี อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ได้แก่ ส่วนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังหรือสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกัน มีอยู่ประมาณน้ำ ในสารละลายซึ่งพบอยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน (Aggregate) หรืออนุภาคดิน (Particle) อากาศ อยู่ในที่ว่างระหว่างเม็ดดินหรืออนุภาคดิน ก๊าซส่วนใหญ่ที่พบทั่วไปในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาตรของแต่ละส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก โดยทั่วไปจะมีแร่ 45% อินทรีย์วัตถุ 5% น้ำ 25% และอากาศ 25% (เฉลียว แจ่มโพธิ์, 2530:158)



ภาพที่ 2.10 องค์ประกอบของดิน

ที่มา : <http://www.lesa.biz/history>

ดิน มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา คุณสมบัติบางประการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น อุณหภูมิ และปริมาณน้ำ (ทุกนาที่) ในขณะที่คุณสมบัติบางประการเปลี่ยนแปลงช้ามาก เช่น ชนิดของแร่ (อาจต้องใช้เวลาเป็นร้อยหรือพันปี) คุณสมบัติของดินจะเป็นอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

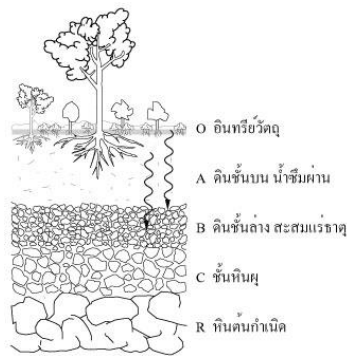
1) วัตถุดำเนินดิน ดินจะเป็นอย่างไรขึ้นกับวัตถุดำเนินดิน ได้แก่ หินพื้น (Parent rock) อินทรีย์วัตถุ ผิวดินดั้งเดิม หรือชั้นหินตะกอนที่เกิดจากการพัดพาของน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง ภูเขาไฟ หรือวัตถุที่เคลื่อนที่ลงมาจากพื้นที่ลาดชัน

2) สภาพภูมิอากาศ ความร้อน ฝน น้ำแข็ง หิมะ ลม แสงแดด และแรงกระแทกจากสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งทำให้วัตถุดำเนินดินผุพัง แตกหัก และมีผลต่อกระบวนการเกิดดินว่า จะเกิดเร็วหรือช้า

3) สิ่งมีชีวิต พืชและสัตว์ทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในดินหรือบนดิน (รวมถึงจุลินทรีย์ และมนุษย์) ปริมาณน้ำและธาตุอาหารที่พืชต้องการมีผลต่อการเกิดดิน สัตว์ที่อาศัยอยู่ในดินจะช่วยย่อยสลายของเสียและช่วยเคลื่อนย้ายวัตถุต่าง ๆ ไปตามหน้าตัดดิน ซากพืชและสัตว์ที่ตายแล้วจะกลายเป็นอินทรีย์วัตถุ ซึ่งทำให้ดินสมบูรณ์ขึ้น การใช้ที่ดินของมนุษย์ก็มีผลต่อการสร้างดินด้วยเช่นกัน

4) ภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศจะมีผลต่อดินอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดินตามลักษณะภูมิประเทศเช่น ดินที่เชิงเขาจะมีความชันมากกว่าดินในบริเวณพื้นที่ลาด และพื้นที่ที่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงจะทำให้ดินแห้งเร็วขึ้น

5) เวลา ปัจจัยข้างต้นทั้งหมดเกี่ยวข้องกับเวลา เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปการพัฒนาของชั้นดินจะเพิ่มขึ้น



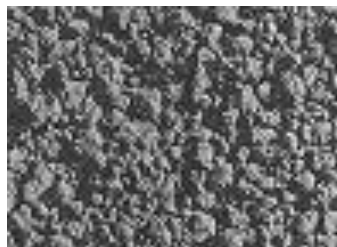
ภาพที่ 2.11 ชั้นดิน

ที่มา : <http://www.pw.ac.th/>

2.3.1 โครงสร้างดิน (Soil Structure)

โครงสร้างดิน หมายถึง รูปแบบของการยึดและการเรียงตัวของอนุภาคเดี่ยวของดิน เป็นเม็ดดินในหน้าตัดดิน เม็ดดินแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทั้งด้านขนาดและรูปร่าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ชนิดคือ (เฉลียว แจ่มไพร, 2530:21 - 25)

2.3.1.1 แบบก้อนกลม (Granular) มีรูปร่างคล้ายทรงกลม เม็ดดินมีขนาดเล็ก ประมาณ 1 - 10 มิลลิเมตร มักพบในดินชั้น A มีรากพืชปนอยู่มาก เนื้อดินมีความพรุนมาก จึงระบายน้ำและอากาศได้ดี



ภาพที่ 2.12 ดินแบบก้อนกลม (Granular)

ที่มา : <http://www.pw.ac.th/>

2.3.1.2 แบบก้อนเหลี่ยม (Blocky) มีรูปร่างคล้ายกล่อง เม็ดดินมีขนาดประมาณ 1 - 5 เซนติเมตร มักพบในดินชั้น B มีการกระจายของรากพืชปานกลาง น้ำและอากาศซึมผ่านได้



ภาพที่ 2.13 ดินแบบก้อนเหลี่ยม (Blocky)

ที่มา : <http://www.pw.ac.th/>

2.3.1.3 แบบแผ่น (Platy) ก้อนดินแบนวางตัวในแนวราบ และซ้อนเหลื่อมกันเป็นชั้น ขัดขวางการรากพืช น้ำและอากาศซึมผ่านได้ยาก มักเป็นดินชั้น A ที่ถูกบีบอัดจากการบดไถของเครื่องจักรกลการเกษตร



ภาพที่ 2.14 ดินแบบแผ่น (Platy)

ที่มา : <http://www.pw.ac.th/>

2.3.1.4 แบบแท่งหัวเหลี่ยม (Prismatic) ก้อนดินแต่ละก้อนมีผิวหน้าแบบและเรียบ เกาตัวกันเป็นแท่งหัวเหลี่ยมคล้ายปริซึม ก้อนดินมีลักษณะยาวในแนวดิ่ง ส่วนบนของปลายแท่งมักมีรูปร่างแบน เมื่อดินมีขนาด 1 - 10 เซนติเมตร มักพบในดินชั้น B น้ำและอากาศซึมได้ปานกลาง



ภาพที่ 2.15 ดินแบบแท่งหัวเหลี่ยม (Prismatic)

ที่มา : <http://www.pw.ac.th/>

2.3.1.5 แบบแท่งหัวมน (Columnar) มีการจับตัวคล้ายคลึงกับแบบแท่งหัวเหลี่ยม แต่ ส่วนบนของปลายแท่งมีลักษณะกลมมน ปกคลุมด้วยเกลือ เมื่อดินมีขนาด 1 - 10 เซนติเมตร มักพบในดินชั้น B และเกิดในเขตแห้งแล้ง น้ำและอากาศซึมผ่านได้น้อย และมีการสะสมของโซเดียมสูง



ภาพที่ 2.16 ดินแบบแท่งหัวมน (Columnar)

ที่มา : <http://www.pw.ac.th/>

2.3.1.6 แบบก้อนทึบ (Massive) เป็นดินเนื้อละเอียดยึดตัวติดกันเป็นก้อนใหญ่ ขนาดประมาณ 30 เซนติเมตร ดินไม่แตกตัวเป็นเม็ด จึงทำให้น้ำและอากาศซึมผ่านได้ยาก



ภาพที่ 2.17 ดินแบบก้อนทึบ (Massive)

ที่มา : <http://www.pw.ac.th/>

2.3.1.7 แบบอนุภาคเดี่ยว (Single Grained) ไม่มีการยึดตัวติดกันเป็นก้อน มักพบในดินทราย ซึ่งน้ำและอากาศซึมผ่านได้ดี



ภาพที่ 2.18 ดินแบบก้อนทึบ (Massive)

ที่มา : <http://www.pw.ac.th/>

2.4 ประเภทของดินที่พบในงานภูมิทัศน์

2.4.1 ประเภทของดินเหนียว เป็นดินที่มีลักษณะเป็นดินที่มีเนื้อละเอียด ในสภาพดินแห้งจะแตกออกเป็นก้อนแข็งมาก เมื่อเปียกน้ำแล้วจะมีความยืดหยุ่น สามารถปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ เหนียวเหนอะหนะติดมือ เป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี แต่สามารถอุ้มน้ำ ดูดยึด และแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ดี เหมาะที่จะใช้ในงานถมดินเพื่อเตรียมหน้างาน งานขุดบ่อปลา งานขุดสระน้ำ งานขุดหลุมปลูกต้นไม้ งานประเภทการทำเนิน หรือทำ Slope (สโลป) งานในด้าน Hardscape (งานลาดแข็ง) งานวางรากฐาน น้ำตก บ่อปลา หรือฐานศาลา เป็นต้น

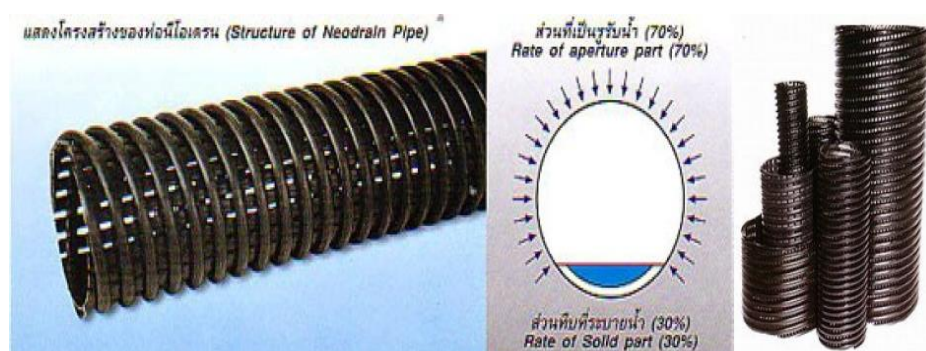
2.4.2 ประเภทของดินร่วน เป็นดินที่เนื้อดินค่อนข้างละเอียดนุ่มมือในสภาพดินแห้งจะจับกันเป็นก้อนแข็งพอประมาณ ในสภาพดินชื้นจะยืดหยุ่นได้บ้าง เมื่อสัมผัสหรือคลึงดินจะรู้สึกนุ่มมือแต่อาจจะรู้สึกสากมืออยู่บ้างเล็กน้อย เมื่อกำดินให้แน่นในฝ่ามือแล้วคลายมือออก ดินจะจับกันเป็นก้อนไม่แตกออกจากกัน เป็นดินที่มีการระบายน้ำได้ดีปานกลาง จัดเป็นเนื้อดินที่มีความเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก งานที่พบในดินชนิดนี้ คือ งานปลูกไม้ยืนต้น งานปลูกไม้พุ่ม งานปลูกไม้กระถาง

2.4.3 ประเภทของดินทราย เป็นดินที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าร้อยละ 85 ลักษณะโดยทั่วไปจะเกาะตัวกันหลวม ๆ และมองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยว ๆ ได้ ถ้าสัมผัสดินที่อยู่ในสภาพแห้งจะรู้สึกสากมือ เมื่อลองกำดินที่แห้งนี้ไว้ในอุ้งมือแล้วคลายมือออกดินก็จะแตกออกจากกันได้ แต่ถ้ากำดินที่อยู่ในสภาพชื้นจะสามารถทำให้เป็นก้อนหลวม ๆ ได้ แต่พอสัมผัสจะแตกออกจากกันทันที ดินทรายเป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศดีมาก แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เพราะความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชมีน้อย พืชที่ขึ้นบนดินทรายจึงมักขาดทั้งธาตุอาหารและน้ำงานที่พบในดินชนิดนี้ คือ งานปรับระดับ ปูหญ้า สนามกอล์ฟ งานระบายน้ำใต้ดิน (เนลิว แจ้งไพร, 2530:5)

2.5 วัสดุอุปกรณ์ระบบระบายน้ำใต้ดิน

2.5.1 ท่อนีโอเดรน (Neodrain)

ท่อสำหรับระบายน้ำใต้ดินที่ผลิตจากโพลีเอทิลีน (Poly Density Polyethylene) ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพสูง นอกจากนี้นี่ยังออกแบบท่อให้มีรูปที่เป็นส่วนรับน้ำได้มากเป็นพิเศษ ทำให้ช่วยระบายน้ำได้อย่างรวดเร็ว และไม่เกิดการอุดตันต่อท่อนีโอเดรน สามารถระบายน้ำใต้ผิวดินได้รวดเร็ว มีพื้นที่ที่เป็นรูรับน้ำถึงร้อยละ 70 ของผิวท่อ มีส่วนที่บดที่ระบายน้ำร้อยละ 30 จึงสามารถระบายน้ำได้ดี และรวดเร็วท่อนีโอเดรนมีขนาดของท่อตั้งแต่ 65 มิลลิเมตร - 200 มิลลิเมตร โครงสร้างท่อแข็งแรงสามารถรับแรงกดจากภายนอกได้สูง (External High Loading Resistance) เพราะออกแบบให้มีโครงสร้างที่เป็นเกลียวพันรอบท่ออีกชั้นหนึ่ง จึงสามารถรับน้ำหนักหรือแรงกดจากภายนอกได้มากกว่า 10 ตัน/ตารางเมตร โดยท่อจะเปลี่ยนรูปไม่เกิน ร้อยละ 8 ของท่อนีโอเดรน และมีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับท่อชนิดอื่น จึงสามารถขนย้าย และติดตั้งได้สะดวกรวดเร็วอายุการใช้งานยาวนาน สามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมในดินเช่น กรด - ด่าง ได้ดี และทนอุณหภูมิได้ -40 องศาเซลเซียส ถึง 60 องศาเซลเซียส โดยการติดตั้งใช้วิธีการใส่ข้อต่อสวมอัดหรือหมุนเกลียวท่อให้เท่าที่



ภาพที่ 2.19 ท่อนีโอเดรน (Neodrain)

ที่มา : www.kplworldtrading.com/product/neodrain

ตารางที่ 2.1 ขนาดและรายละเอียดของท่อนีโอเดรน

ขนาดท่อน SD		เส้นผ่าศูนย์กลาง	เส้นผ่าศูนย์กลาง	น้ำหนัก Weight	ความยาว
มิลลิเมตร (mm)	นิ้ว (Inch)	ภายใน Inner Diameter (mm)	ภายนอก Outer Diameter (mm)	(g/m)	Length (m.)
65	2.5	66.0 ± 0.5	78.0 ± 0.5	300.0 ± 12	6 ± 0.02
75	3	76.0 ± 0.5	90.0 ± 0.5	430.0 ± 15	6 ± 0.02
100	4	101.0 ± 0.5	118.0 ± 1.0	690.0 ± 22	6 ± 0.02
125	5	126.0 ± 0.5	146.0 ± 1.0	950.0 ± 33	6 ± 0.02
150	6	151.0 ± 0.5	170.0 ± 1.0	1170.0 ± 41	6 ± 0.02
200	8	202.0 ± 1.0	222.0 ± 1.0	1630.0 ± 57	6 ± 0.02

ที่มา : http://www.uhm.co.th/neodrain_th

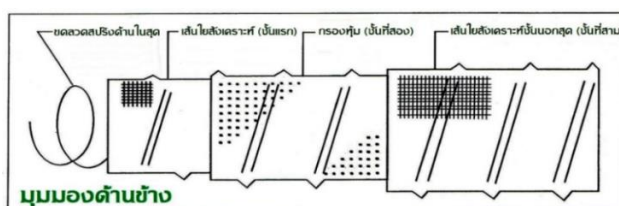


ภาพที่ 2.20 ชนิดข้อต่อของท่อนีโอเดรน

ที่มา : http://www.uhm.co.th/neodrain_th

2.5.2 ซับซอย (Subsoil Drainage)

ท่อสปริงอ่อนหุ้มด้วยเส้นใย PVC ท่อหุ้มโดยรอบ น้ำสามารถซึมผ่านได้กว่า 90% และปรับให้โค้งงอไปตามสภาพพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำจะซึมผ่านท่อได้ โดยรอบจากหลักการประสิทธิภาพ น้ำซึมผ่านท่อลงใต้ดิน เมื่อพื้นดินด้านล่างอุ้มน้ำเต็มที่ประสิทธิภาพ น้ำจะเอ่อล้นกลับเข้าสู่ท่ออีกครั้ง และไหลตามท่อลงสู่ที่ระบายประสิทธิภาพ น้ำโครงการตลอดความยาวของท่อด้วยความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพการ



ภาพที่ 2.21 โครงสร้างของท่อซับซอย (Subsoil Drainage)

ที่มา : <http://www.lj.co.th/>

ตารางที่ 2.2 ขนาดและรายละเอียดของท่อซับซอย (Subsoil Drainage)

Item No.	Inner Diameter mm (inch) ± 2	Steel Coil Density(Coil/M) ± 3	Steel Diameter (mm) ± 0.1	Standard Length (M)
SH-50	50 (2นิ้ว)	55	1.6	160
SH-80	80 (3นิ้ว)	40	2	80
SH-100	100 (4นิ้ว)	34	2.6	60
SH-150	150 (6นิ้ว)	25	3.5	50
SH-200	200 (8นิ้ว)	19	4.5	35
SH-300	300 (12นิ้ว)	15	5.5	25

ที่มา : <http://www.lj.co.th/>

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติจากการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงและความยืดหยุ่นของท่อซับ

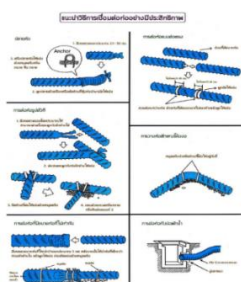
เส้นผ่าศูนย์กลาง	แรงดึงต่อวัสดุขนาดความยาว 5 ซม.	เส้นรอบวง	ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงผิว
5 ซม.	5 ซม.	5 ซม. $\times \pi$	มากกว่า 400 กก.
8 ซม.	8 ซม.	8 ซม. $\times \pi$	มากกว่า 640 กก.
10 ซม.	10 ซม.	10 ซม. $\times \pi$	มากกว่า 800 กก.
15 ซม.	15 ซม.	15 ซม. $\times \pi$	มากกว่า 1200 กก.
20 ซม.	20 ซม.	20 ซม. $\times \pi$	มากกว่า 1600 กก.
30 ซม.	30 ซม.	30 ซม. $\times \pi$	มากกว่า 2400 กก.

ที่มา : <http://www.lj.co.th/>

ตารางที่ 2.4 ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำของท่อซับซอย (Subsoil Drainage)

ความสูงของน้ำ (ซม.)	พื้นที่การซึมผ่าน (ลบ.ซม.)	เวลาของการซึมผ่าน (วินาที)	วิธีทดสอบ	ค่าสัมประสิทธิ์การซึม น้ำ (ซม./วินาที)
10	2.573	60	CNX 10460 L 320 I	1.8×10^{-10}

ที่มา : <http://www.lj.co.th/>



ภาพที่ 2.22 วิธีการเชื่อมต่อของท่อซับซอย (Subsoil Drainage)

ที่มา : <http://www.lj.co.th/>

2.5.2.1 การวางท่อซับซอย (Subsoil Drainage) เพื่อระบายน้ำโดยใช้ความลาดเอียง 1:200 ค่าที่เหมาะสมที่สุด คือ

ท่อขนาด 2 นิ้ว (50 มม.) ระบายน้ำได้ 0.534 ลิตร/วินาที
ท่อขนาด 3 นิ้ว (80 มม.) ระบายน้ำได้ 1.870 ลิตร/วินาที
ท่อขนาด 4 นิ้ว (100 มม.) ระบายน้ำได้ 3.990 ลิตร/วินาที
ท่อขนาด 6 นิ้ว (150 มม.) ระบายน้ำได้ 9.995 ลิตร/วินาที

2.5.3 ผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ (Geotextile)

แผ่นใยสังเคราะห์ที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ ซึ่งใช้ในงานดินสามารถแยกส่วนดินกรอง เสริมความแข็งแรง ป้องกันผิวดิน หรือช่วยระบายน้ำ โดยทั่วไปผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ (Geotextile) ทำมาจากโพลิโพรไพลีน (Polypropylene) หรือโพลีเอสเตอร์ (Polyester) จะถูกผลิตใน 3 รูปแบบ คือ การทอ (มีลักษณะคล้ายกระสอบ) การถลุงด้วยเข็ม (มีลักษณะคล้ายผ้าสักหลาด) และการใช้ความร้อนประสาน (มีลักษณะคล้ายผ้าสักหลาดรีดเรียบ) ได้ถูกดัดแปลงเป็นแผ่นเจาะรู (Geogrid) และแผ่นตะแกรง (Mesh) ซึ่งเรียกว่า แผ่นใยสังเคราะห์สำหรับงานดิน (Geosynthetic) มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับงานดินและงาน โดย ผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ (Geotextile) จะเสริมผิวหน้าดินให้สามารถรับแรงดึงได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ดินมีความแข็งแรง



ภาพที่ 2.23 ผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ (Geotextile)

ที่มา : <http://www.wulwith.com/product.php>

สรุป อุปกรณ์ที่ใช้ในการระบายน้ำใต้ดินประกอบไปด้วย ท่อนีโอเดรน ท่อซับซอย และผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ แต่ละชนิดจะทำหน้าที่ ที่แตกต่างกันไปโดย ท่อนีโอเดรน เป็นท่อสำหรับการระบายน้ำใต้ดิน สามารถระบายน้ำใต้ผิวดินได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ท่อซับซอย เป็นท่อสปริงอ่อนหุ้มด้วยเส้นใย PVC มีตัวกรองหุ้มป้องกันดินเข้าสู่ท่อ และสามารถปรับให้มีรูปร่างโค้งงอได้ตามสภาพพื้นที่ผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ เป็นแผ่นใยสังเคราะห์ ที่ใช้ห่อหุ้มท่อนีโอเดรน ช่วยในการระบายน้ำ และป้องกันดินเข้าสู่ท่อ

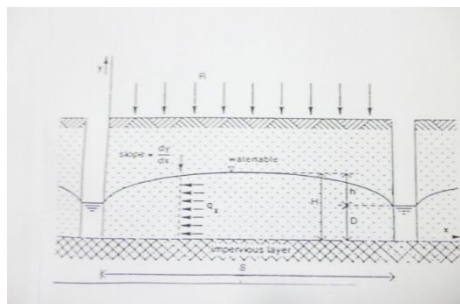
2.6 สมการการระบายน้ำ

สมการการระบายน้ำมีอยู่หลายสมการด้วยกันที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปมีทั้งแบบ steady state และ un - steady state เช่นสมการของ Hooghoudt และ Glover - Dumm เป็นต้น

2.6.1 สมการการระบายน้ำแบบ steady state

การไหลแบบ steady state หมายถึง ระดับน้ำใต้ดินจะอยู่คงที่ตลอดเวลาไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา คือมี recharge ลงมาเท่าใดก็ระบายออก หรือ discharge ออกไปเท่านั้น จึงทำให้ระดับน้ำใต้ดินอยู่คงที่ สมการการระบายน้ำแบบ steady state ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือสมการของ Hooghoudt ซึ่งได้พัฒนามาจากสมการของ Donnan ซึ่ง Donnan ได้วิเคราะห์การไหลโดยใช้ข้อสมมติฐานเป็น horizontal flow สำหรับระบายน้ำที่ขุดลงไปถึงชั้นที่บ้น้ำดังภาพที่ 1 และจะได้สมการการระบายน้ำที่เรียกว่า Donnan equation ดังนี้

$$R = 4K \left(\frac{H^2 - D^2}{S^2} \right) \dots\dots\dots(1)$$



ภาพที่ 2.24 การวิเคราะห์การไหลของสมมติฐานของ Donnan

เมื่อ R = อัตราฝนหรือน้ำชลประทาน

H = ค่าความนำน้ำของดิน

D = ความสูงของน้ำใต้ดินเหนือชั้นที่บ้น้ำที่กึ่งกลางระหว่างระบาย

S = ระยะห่างระหว่างระบาย

จากสมการที่ 1 อาจแสดงได้ ดังนี้

$$q = R = \frac{4K(2Dh + h^2)}{S^2}$$

$$q = \frac{4KDh}{S^2} + \frac{4Kh^2}{S^2} \dots\dots\dots(2)$$

เมื่อ q = อัตราการระบายน้ำออกจากคูระบายน้ำ

$h = H - D$

จากสมการที่ (2) ถ้าสมมติให้ $D = 0$ จะได้

$$q = \frac{4Kh^2}{S^2} \dots\dots\dots(3)$$

สมการที่ (3) เป็นทางไหลของน้ำในส่วนที่อยู่เหนือทางระบายน้ำ ดังนั้นสมการที่เป็นการไหลของน้ำที่อยู่ในส่วนต่ำกว่าทางระบายน้ำจะเป็นดังสมการที่ (4) ดังนี้

$$q = \frac{8KDh}{S^2} \dots\dots\dots(4)$$

ดังนั้นเมื่อนำหลักการนี้มาใช้กับดินทั้งสามชนิดโดยให้ทางระบายน้ำอยู่บนชั้นของดินจะได้สมการ ดังนี้

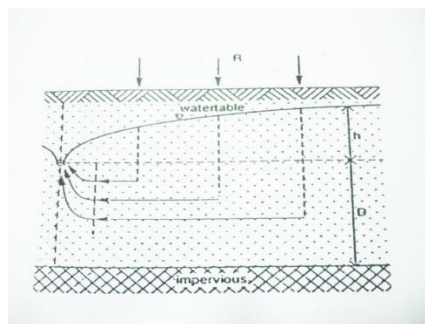
$$q = \frac{8K_2Dh}{S^2} + \frac{4K_1h^2}{S^2} \dots\dots\dots(5)$$

เมื่อ K_1 = ความนำน้ำของดินชั้นบน

K_2 = ความนำน้ำของดินชั้นบน

2.6.2 หลักการทำงานของ Hooghoudt

ถ้าในกรณีที่ทางระบายน้ำไม่ได้อยู่บนชั้นที่น้ำดังสมการที่ (1) แต่อยู่เหนือชั้นที่น้ำดังแสดงในภาพที่ 2 *streamlines* บริเวณใกล้ ๆ กับทางระบายน้ำจะโค้งเข้าสู่ทางระบายน้ำเป็นการไหลแบบบรัศมี ทำให้เส้นทางเดินของ น้ำมีความยาวเพิ่มขึ้น ในกรณีนี้ถ้าสมมติการไหลเป็นการไหลในแนวราบ (horizontal flow) จะมีความ คลาดเคลื่อนมาก ดังนั้น Hooghoudtจึงวิเคราะห์การไหลโดยแบ่งบริเวณของการไหลเป็นสองส่วนคือ การไหลใน แนวราบ และการไหลในแนวรัศมี



ภาพที่ 2.25 การวิเคราะห์การไหลตามหลักของสมการ Hooghoudt

จากการวิเคราะห์ของ Hooghoudt บริเวณซึ่งเป็นการไหลแบบบรัศมี รอบ ๆ ทางระบายน้ำเท่ากับ $D/2$ และได้สมการการระบายน้ำในรูปแบบคล้าย ๆ กับสมการที่ (5) เรียกว่า Hooghoudt equation ดังนี้

$$q = \frac{8K_2dh}{S^2} + \frac{4K_1h^2}{S^2} \dots\dots\dots(6)$$

เมื่อ $d = \text{equivalent depth}$

การที่ใช้ค่า d แทนค่า D เพราะในบริเวณใกล้กับทางระบายน้ำ streamlines จะโค้งเป็นแบบปรีสมี่ ค่า d น้อยกว่า D โดยที่ equivalent depth, d เป็น ฟังก์ชัน ของ S, D, r ซึ่ง r คือขนาดของทางระบายน้ำหรือขนาดท่อระบายน้ำ ดังนั้นการแก้สมการของ Hooghoudt จะต้องใช้วิธี trial and error และค่า equivalent depth, d อาจคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$D = \frac{D}{1 + \frac{D}{S} \left(\frac{8}{\pi} IN \frac{d}{r} - a \right)} \quad \text{ในกรณีที่ } 0 < \frac{D}{S} \leq 0.3 \dots\dots\dots(7)$$

$$D = \frac{S}{\frac{8}{\pi} \left(IN \frac{D}{r} - 1.15 \right)} \quad \text{ในกรณีที่ } 0 > 0.3 \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{ซึ่ง } a = 3.55 - 1.6 \left(\frac{D}{S} \right) + 2 \left(\frac{D^2}{S} \right)$$

2.6.3 สมการการระบายน้ำแบบ un - steady stateflow

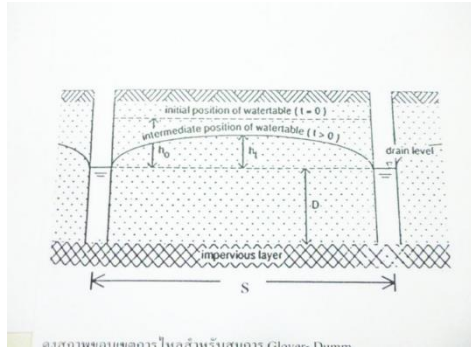
ในพื้นที่ซึ่งมีการให้น้ำชลประทานหรือพื้นที่ซึ่งมีฝนตกลงมาในอัตราสูง ระดับน้ำใต้ดินจะเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาไม่อยู่คงที่ ดังนั้น การสมมติว่าการไหลเป็นแบบ steady state จึงไม่ถูกต้องนัก การไหลจึงควรวิเคราะห์เป็น un - steady stateflow และผลลัพธ์ที่ได้ก็จะเป็นแบบ approximate เช่นเดียวกับการไหลแบบ steady state

2.4.3.1 หลักการของสมการ Glover - Dumm หลังจากหยุดการใช้น้ำชลประทานหรือฝนตกจะมี recharge ซึ่งสมมติว่าเท่ากับ R และ rearge นี้จะทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นมาทันที เป็นระยะเท่ากับ h_o เป็นระดับน้ำใต้ดินเริ่มต้นและอยู่ในแนวราบ ต่อจากนั้นระดับน้ำ h_t จะค่อย ๆ ลดลง

$$at = 2.3 \log \frac{h_o}{h_1} \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{หรือ } at = 2.3 \log \frac{q_o}{q_1} \dots\dots\dots(10)$$

เมื่อ $t =$ ช่วงเวลาที่ระดับน้ำใต้ดินลดลงจาก h_o ไปยัง h_t (วัน)



ภาพที่ 2.26 ขอบเขตการไหลของสมการ Glover - Dumm

h_o, h_t = ค่าการสูญเสียเฮด (headloss) ทั้งหมดที่เวลาเริ่มต้น $t = 0$ และที่เวลา $t = t$ ของช่วงเวลาที่พิจารณา (เมตร)

q_o, q_t = อัตราการระบายน้ำที่เวลาเริ่มต้น $t = 0$ และที่เวลา $t = t$ ของช่วงเวลาที่พิจารณา (เมตร)

$a = \frac{\pi^2 kd}{ps^2}$ คือ drainage intensity factor (วัน⁻¹)

P = drainable pore space ซึ่งเป็นรูปของของความพรุนประสิทธิผล (effective porosity) ในบริเวณที่ระดับน้ำใต้ดินมีความเปลี่ยนแปลง แสดงเป็นปริมาตรของน้ำที่ถูกระบายออกจากหน่วยของปริมาตรดินเมื่อระดับน้ำใต้ดินลดลง (หรือเพิ่มขึ้น) ตลอดหน่วยของระยะทางค่า p สำหรับดินเหนียว (heavy clay) มีค่า 3 - 5% สำหรับดินเนื้อปานกลาง (medium textured soils) มีค่า 5 - 10% และสำหรับดินทราย (sandy soils) 10 - 15%

K = ค่าความนำน้ำของชั้นดินเหนียวที่ระบายและต่ำกว่าที่ระบายตามลำดับ (เมตร/วัน)

S = ระยะห่างระหว่างทางระบายน้ำ (m)

D = ความลึกประสิทธิผล (m)

สำหรับค่า drainable pore space (p) สามารถหาได้จากสมการที่ (11) ดังนี้

$$P = \frac{r_i}{\Delta h} \dots \dots \dots (11)$$

เมื่อ R_i = instantaneous recharge (มิลลิเมตร)

$$\Delta h = h_o - h_t \text{ (มิลลิเมตร)}$$

จากสมการการระบายน้ำแบบ un - steady state ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถแสดงในรูปของค่า q และ h ได้ดังแสดงในสมการที่ (12) และ (13) คือ

$$a = \frac{2ap}{\pi} h \dots\dots\dots(12)$$

$$\text{หรือ} \quad a = \frac{2\pi kd}{s^2} h \dots\dots\dots(13)$$

และเวลาที่ระดับน้ำใต้ดินลดลงต่ำลงหาได้จาก

$$t_a = \frac{0.4}{a} \dots\dots\dots(14)$$

ข้อมูลในสนามที่สามารถนำมาทำการพิจารณาร่วมกับสมการการระบายน้ำแบบ un - steady state เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระบายน้ำ un - steady state ได้แก่ drainage intensity factor, hydraulic conductivity, transmissivity, และ effective porosity (สิทธิพร เงินประเสริฐศรี, 2534:11 - 21)

การหาค่าค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และความเร็วในการไหล ของสมการดาสี ปริมาณน้ำที่เก็บได้ในกระบอกตวงสามารถแสดงในรูปของสมการได้ คือ

$$Q = A v t$$

หรือ

$$Q = A (ki) t$$

โดยที่ A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

T = ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บปริมาณน้ำ

แทนค่า $i = \Delta h / L$ ในสมการโดยที่ L คือ ความยาวของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ
จะได้

$$Q = A (k \Delta h / L) t$$

หรือ

$$K = QL / (A \Delta h t)$$

(1) ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน

(2) ความเร็วในการไหล (Discharge Velocity)

2.7 การออกแบบระบบท่อระบายน้ำใต้ผิวดิน

ในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำใต้ผิวดินจะต้องคำนวณหาดังนี้

1) ความลึกและระยะห่างของทางระบาย ซึ่งเป็นตัวกำหนดการควบคุมระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่ต้องการ

2) ขนาดท่อและ gradient ของท่อ ซึ่งจะต้องออกแบบให้ระบายน้ำได้เพียงพอ

3) การแนวของ field drains และ collector drains ซึ่งต้องให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ

2.7.1 สมบัติของการระบายน้ำ

สมบัติของการระบายน้ำหมายถึงน้ำที่ต้องระบายออกไปในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ค่าสมบัติของการระบายน้ำสำหรับการระบายน้ำใต้ดินจะมีหน่วยเป็นความลึกของน้ำต่อวันเช่น มิลลิเมตร/วัน หรือนิ้ว/วัน ค่าสมบัติของการระบายน้ำสำหรับการระบายน้ำใต้ดินในเขตพื้นที่ชุ่มชื้นจะมีค่าเท่าใดขึ้นอยู่กับอัตราของฝนและขนาดของพื้นที่รับน้ำซึ่งจะมีค่าประมาณ 3 ถึง 25 มิลลิเมตร/วัน สำหรับพื้นที่ในเขตชลประทานค่าสมบัติของการระบายน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำชลประทานวิธีการให้น้ำความต้องการน้ำชะล้างดินและลักษณะของดิน เช่นในเขตพื้นที่ชลประทานมีการให้น้ำครั้งละ 15 เซนติเมตรทุก ๆ 14 วัน การให้น้ำแต่ละครั้งจะเกิดการสูญเสียน้ำร้อยละ 28 ของน้ำที่ให้ ค่าสมบัติของการระบายน้ำจะเท่ากับ 3 มิลลิเมตร/วัน

2.7.2 ความลึกและระยะห่างของทางระบายน้ำ

การคำนวณหาระยะห่างของท่อระบายน้ำ คำนวณหาจากสูตรของ Hooghoudt, Kirkham หรือ Glover - Dumm ดังที่ได้กล่าวมา

ในทางทฤษฎีถ้าท่อระบายยิ่งฝังลงลึกไปในดินมากเท่าใดจะได้ระยะห่างระหว่างท่อมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นการประหยัดท่อได้มาก แต่ในทางปฏิบัติความลึกของท่อจะมีข้อจำกัดดังนี้

1) ถ้าใช้ท่อระบายเป็น collector drains การที่ฝังท่อระบายลึกมาก ๆ อาจทำให้ระดับน้ำใต้ collector drains ต่ำลงไปด้วย คือ collector จะต้องขุดลึกมากตามไปด้วย ทำให้งานดินขุดเพิ่มมากขึ้นราคาแพงขึ้น

2) ถ้าดินชั้นล่างหรือชั้นดินที่ต่ำกว่าท่อระบายเป็นดินซึ่งมีค่าความนำน้ำของดินสูงจะเกิด seepage จากดินชั้นล่างไหลเข้ามาในท่อระบายน้ำมาก ทำให้ระดับน้ำใต้ดินซึ่งอยู่เหนือท่อระบายลดน้อยลง คือการทำหน้าที่ของท่อระบายเพื่อลดระดับน้ำใต้ดินจะได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร

3) การฝังท่อลึกมาก ๆ การทำร่องขุด (trench) และการฝังท่อจะทำให้ลำบากยิ่งขึ้น และราคางานจะแพงขึ้นในการคำนวณหาระยะห่างของท่อระบายจะต้องนำข้อจำกัดข้างบนมาพิจารณาด้วยในทางปฏิบัติจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลง ๆ ค่าระยะห่างของท่อระบายน้ำที่คำนวณได้จากสูตรจะปัดลงให้เป็นตัวเลขมาตรฐานที่ใช้กัน เช่น 10 15 20 25 30 40 เมตร เป็นต้น และให้ใช้ค่าเท่า ๆ กันในแต่ละแปลง

2.7.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อและ gradient

ในการออกแบบระบบท่อระบายจะสมมติความลาดเทของท่อขึ้นมาก่อนโดยให้มีค่าเท่ากับ ความลาดเทของภูมิประเทศ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการตกตะกอนภายในท่อความเร็วของน้ำจะต้องสูงพอ ความเร็วของประมาณ 0.4 เมตรต่อวินาที จะไม่ทำให้เกิดการตกตะกอนภายในท่อนั้นเพื่อให้เกิด self cleaning ภายในท่อควรใช้ประโยชน์จากความลาดเทของพื้นที่โดยให้ความลาดเทของท่อใกล้เคียงกับความลาดเทของลักษณะภูมิประเทศ ขนาดของท่อจะต้องใหญ่เพียงพอที่จะระบายน้ำได้ทันเวลาขนาดของท่อจะคำนวณหาได้จากสูตร Manning โดยอัตราการไหลเป็นแบบทางน้ำเปิดให้น้ำไหลเต็มท่อพอดี (สิทธิพร เงินประเสริฐศรี, 2541:5 - 22)

$$\text{สูตร Manning : } Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

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

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระ สำหรับท่อดินเผาและท่อคอนกรีต ค่า n ประมาณ 0.01 ถึง 0.017

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

$$R = \text{hydraulic radius (m)}$$

$$S = \text{ความลาดชันท่อออกแบบ}$$

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยโดย คงยุทธ แก้วสุข และสัญญา มากวงษ์ พ.ศ.2554 ได้ทำการศึกษาการติดตั้งและทดสอบท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายใต้ดิน บริเวณแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ผลการดำเนินงาน พบว่าการติดตั้งท่อนีโอเดรนเป็นไปด้วยดี สามารถติดตั้งท่อนีโอเดรนได้ตรงกับที่ออกแบบไว้ เมื่อทดสอบการทำงานของท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายน้ำเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ระหว่างวันที่ 16/01/2012 ถึงวันที่ 28/02/2012 ซึ่งระบบระบายน้ำใต้ดินสามารถทำงานได้จริง โดยในสัปดาห์ที่ 1 ระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงประมาณในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 3 ระดับน้ำใต้ดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก สาเหตุเกิดจากการให้น้ำแก่พืชในพื้นที่ทดลอง ทำให้เกิดน้ำส่วนเกินที่ไม่สามารถซึมผ่านดินลงไปได้ไหลนองเข้าสู่บ่อตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน จึงต้องมีการป้องกันและเริ่มเก็บ ข้อมูลในวันที่ 8/02/2012 ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 6 พบว่าระดับน้ำใต้ดินมีแนวโน้มลดลงและมีการลดลงของน้ำใต้ดินจากระดับเดิมประมาณ 20 เซนติเมตร ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะมีทิศทางการไหลเคลื่อน ตัวไปยังท่อนีโอเดรนบริเวณฝั่งทิศตะวันตกและทิศเหนือจากผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าระบบระบายน้ำใต้ดินโดยใช้ท่อนีโอเดรนสามารถนำไปใช้งานจริง

จากการศึกษางานวิจัยนี้ทำให้สามารถรู้ถึงปัญหาต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดปัจจัยในการระบายน้ำ ข้อดีและข้อเสียของการใช้ท่อนีโอเทรอนในการระบายน้ำใต้ดิน และยังสามารถทราบถึงอุปกรณ์และวัสดุต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยและประสิทธิภาพของการใช้งานของท่อระบายน้ำใต้ดิน และหลักการต่าง ๆ ของการคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพสูงสุดของท่อระบายน้ำใต้ดินรวมถึงกระบวนการต่าง ๆ ในขั้นตอนการติดตั้ง

ซึ่งงานวิจัยนี้เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาทดลองการระบายน้ำใต้ดิน ดังนี้

- 1) สามารถนำข้อมูลและอุปกรณ์ต่างๆของท่อระบายน้ำใต้ดินมาใช้ในการงานวิจัย
- 2) สามารถนำข้อมูลขั้นตอนการดำเนินงานและกระบวนการต่างๆมาใช้ในการงานวิจัย
- 3) สามารถนำกฎของสมการ มาทำการเปรียบเทียบในสูตรของงานวิจัย
- 4) สามารถนำวิธีการทดลองหรือกระบวนการเก็บข้อมูลมาประยุกต์ให้เหมาะสมต่องานวิจัย

งานวิจัย โดยวิโรจน์ โหราศาสตร์ ทำการวิจัยเรื่องวิจัยและพัฒนาระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงปลูกมันสำปะหลัง ผลการวิจัยพบว่า การปลูกมันสำปะหลังจะมีปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ โรครากหรือหัวเน่า (Root and Tuber Rot Diseases) ปัจจัยที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ แปลงที่มีน้ำท่วมขัง พันธุ์มันสำปะหลังบางพันธุ์มีความอ่อนแอ เช่น พันธุ์ CMR 43 - 08 - 89 ระยะ 11 ระยะ 86 - 13 และหัวบง 60 มีการตรวจพบเชื้อไฟทอปธอรา (Phytophthora spp.) เชื้อราสเคลอโรเตียม (Sclerotium sp.) และเชื้อราอื่นๆ เพื่อทดสอบและลดเกิด โรครากหรือหัวเน่า ในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ที่มีวิธีการระบายน้ำจำนวน 4 วิธี คือ 1) การระบายน้ำใต้ดินแบบทิ้งน้ำ 2) การระบายน้ำใต้ดินแบบควบคุมระดับน้ำ 3) ไถระเบิดชั้นดินดาน 4) การระบายน้ำแบบเกษตรกร ได้ทำการทดลองปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ CMR 43 - 08 - 89 รุ่นที่ 1 (พ.ค. 60 - พ.ค.61) รุ่นที่ 2 (ก.ค.61 - ก.ค.62) พบว่ากรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีน้ำใต้ดินระบาย ออกมา มากทั้งสองกรรมวิธี ในช่วง 1 - 6 เดือนแรกของการปลูกมันสำปะหลัง และเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ หลัง 6 เดือน จะมีระบายออกมาน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำใต้ดิน พบว่า การระบายน้ำใต้ดินทั้งสองกรรมวิธีมี ประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่ระบบระบายน้ำใต้ดินทั้งสอง กรรมวิธีจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น จะเห็นได้จากค่าการระบายน้ำรุ่นที่ 2 น้อยกว่ารุ่นที่ 1 ซึ่ง มีสาเหตุมาจากเมื่อมีไถพรวนดินเพื่อปลูกซ้ำทำให้ชั้นดินที่ระดับความลึก 20 - 30 เซนติเมตร มี ค่า Bulk density เกิน 1.75 g/cm³ ทำให้น้ำฝนซึมลงไปได้ยากขึ้น และทั้งสองกรรมวิธีสามารถลด ความชื้นในดินได้ดีเมื่ออยู่ใกล้ท่อและความสามารถจะลดลงเมื่อมีระยะห่างจากท่อมากขึ้น

การเกิดโรครากหรือหัวเน่า ในมันสำปะหลังในการปลูกทดสอบ รุ่นที่ 1 พบการแสดงอาการ โรครากเน่าในทุกกรรมวิธีแต่เมื่อเก็บผลผลิต มีเพียงกรรมวิธีที่ 2 การระบายน้ำใต้ดินแบบควบคุม ระดับน้ำ ไม่พบโรครากเน่าหรือหัวเน่า และในรุ่นที่ 2 พบว่า มีกรรมวิธีที่ 1 เพียงกรรมวิธีเดียวที่แสดง อาการโรครากเน่า แต่เมื่อเก็บผลผลิตจะพบโรครากเน่าหรือหัวเน่าในทุกกรรมวิธี ซึ่งปัจจัยการ เกิด โรครากหรือหัวเน่า นั้นมีหลายปัจจัย จะเห็นได้ว่าการติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินในกรรมวิธีที่ 1 และ

2 เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดน้ำท่วมขังภายในแปลง การไถระเบิดชั้นดินดาน หรือการระบายน้ำแบบ
เกษตรกร ไม่สามารถยับยั้งหรือลดการเกิด โรครากหรือหัวเน่า ในมันสำปะหลังได้ แต่การคิดรายได้
การปลูกมันสำปะหลังจากน้ำหนักผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แบ่ง พบว่า กรรมวิธีที่ 2 การระบายน้ำใต้ดิน
แบบควบคุมระดับน้ำให้ผลตอบแทนที่สูงที่สุดทั้ง 2 รุ่น และการระบายน้ำแบบเกษตรกร รองลงมา

จากการศึกษางานวิจัยนี้ทำให้รู้ข้อมูลทางการศึกษาความหนาแน่นของชั้นดินเพื่อที่จะนำมา
เปรียบเทียบหรือนำมาเลือกตัวอย่างของดินที่จะทำการทดลอง และรู้ถึงความสารถในการระบายน้ำ
และการดูดซึมของน้ำในดิน รวมถึงกระบวนการทดสอบและขั้นตอนการทำการทดลอง เพื่อทราบถึง
ความลึกหรือความตื้นของระยะการวางท่อระบายน้ำใต้ดิน ให้เกิดประสิทธิภาพในการระบายน้ำใต้ดิน
มากที่สุด

ซึ่งจากงานวิจัยนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยของได้ โดยการนำข้อมูลการดูดซึมของน้ำ
ในดินและระยะการวางท่อที่ทำให้เกิดความสามารถในการระบายน้ำได้ดีที่สุด และสามารถนำข้อมูล
ของดินมาเปรียบเทียบในการเลือกใช้ดินเพื่อทำการทดลองในงานวิจัย

วิธีดำเนินการ

การศึกษางานวิจัย เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบระบบการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์ มีการจัดเก็บข้อมูลการไหลของน้ำผ่านระบบระบายน้ำใต้ดิน 3 รูปแบบ กับสภาพดิน 3 ชนิด เพื่อนำมาวิเคราะห์การระบายน้ำใต้ดิน ในดินแต่ละชนิด

3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการทดลองการระบายน้ำใต้ดิน

พื้นที่ตัวอย่างที่นำมาทดลองเป็นพื้นที่ที่สร้างขึ้นโดยใช้ไม้ัดตาประกอบขึ้นให้เป็นรูปทรงของบล็อกสี่เหลี่ยมที่มีขนาด $1 \times 1 \times 5$ เมตร ซึ่งตัวพื้นที่จำลองนี้จะมีจำนวนทั้งหมดอยู่ด้วยกัน 3 ชุด ชุดละ 3 ตัวอย่าง และในการทดลองเราจะใช้ดินที่มีลักษณะชนิดที่ต่างกัน 3 ชนิด คือ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว โดยมีวิธีการการติดตั้งด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ

3.3.1 วิธีการติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดิน

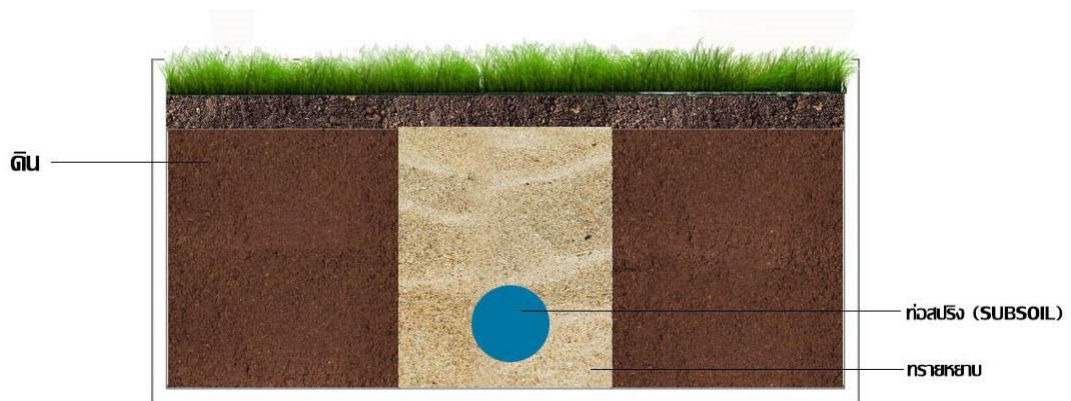
การระบายน้ำใต้ดินที่นำมาใช้มีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ



ภาพที่ 3.1 รูปแบบที่ 1 การใช้ท่อนีโอเดรนพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์



ภาพที่ 3.2 รูปแบบที่ 2 การใช้ท่อนีโอเตรนและหินกรวดพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์



ภาพที่ 3.3 รูปแบบที่ 3 การใช้ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง

วิธีการติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินรูปแบบที่ 1

3.1.1 ขั้นตอนการติดตั้ง

ตัวอย่างที่ 1 วิธีการติดตั้งมีดังนี้

3.1.1.1 เตรียมพื้นที่ที่จะทำการทดลองให้พร้อมในการทดลองพร้อมกับชุดเครื่องมือ เพื่อวางท่อระบายน้ำ



ภาพที่ 3.4 เตรียมพื้นที่ที่จะทำการทดลองให้พร้อม รูปแบบที่ 1

3.1.1.2 นำท่อ neodrain มาพันโดยผ้าจีโอเทคไทล์ให้รอบและมัดให้แน่น



ภาพที่ 3.5 ท่อ neodrain พันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์ รูปแบบที่ 1

3.1.1.3 นำหินกรวดลงไว้ก้นหลุมแล้วนำ นิโอเดรน ที่ทำการห่อหุ้มเรียบร้อยแล้ว

มาวาง



ภาพที่ 3.6 นำหินกรวดลงไว้ก้นหลุม รูปแบบที่ 1

3.1.1.4 นำหินกรวดมาใส่ในหลุมให้เต็มเพื่อเป็นตัวช่วยในการกรองเศษใบไม้กิ่งไม้

ต่าง ๆ



ภาพที่ 3.7 นำหินกรวดมาใส่ในหลุมให้เต็ม รูปแบบที่ 1

3.1.1.5 ปรับดินบนพื้นที่ทำการทดลองให้เรียบ พร้อมอัดแน่น



ภาพที่ 3.8 ปรับหน้าดินให้เรียบ รูปแบบที่ 1

3.1.1.6 ปูหญ้าหรือปลูกต้นไม้ที่เตรียมไว้เพื่อทำการทดลอง



ภาพที่ 3.9 ปูหญ้าในบล็อกทดลอง รูปแบบที่ 1

หมายเหตุ : ขั้นตอนนี้จะมิดินอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะคือ 1. ดินเหนียว 2. ดินร่วน 3. ดินทราย
ดินทั้ง 3 ชนิดจะมีขั้นตอนการวางท่อระบายน้ำที่เหมือนกัน

วิธีการติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินรูปแบบที่ 2

3.1.2 ขั้นตอนการติดตั้ง

ตัวอย่างที่ 2 มีวิธีทำดังนี้

3.1.2.1 เตรียมพื้นที่ที่จะทำการทดลองให้พร้อมและขุดร่องเพื่อวางท่อระบายน้ำ



ภาพที่ 3.10 เตรียมพื้นที่ที่จะทำการทดลองให้พร้อม รูปแบบที่ 2

3.1.2.2 นำผ้าจีโอเทคโกล์มวางไว้ในบล็อกเพื่อเป็นตัวหุ้มของท่อและหินกรวด



ภาพที่ 3.11 นำผ้าจีโอเทคโกล์มวางไว้ในบล็อก รูปแบบที่ 2

3.1.2.3 นำท่อ นีโอเดรน มาวางแล้วแล้วกลบด้วยหินกรวดอีกชั้นหนึ่ง



ภาพที่ 3.12 นำหินกรวดใส่ลงไปในพื้นที่เตรียมไว้ รูปแบบที่ 2

3.1.2.4 พันผ้าจีโอเทคไทลโดยรอบเพื่อห่อหุ้มหินกรวดและท่อนีโอเดรน



ภาพที่ 3.13 ม้วนผ้าจีโอเทคไทลปิดให้มิดหินกรวดและท่อ รูปแบบที่ 2

3.1.2.5 ปรับพื้นที่ให้เรียบพร้อมกับอัดแน่น



ภาพที่ 3.14 ปรับพื้นที่ให้เรียบพร้อมกับอัดแน่น รูปแบบที่ 2

3.1.2.6 ปูหญ้าหรือต้นไม้ที่เตรียมไว้เพื่อทำการทดลอง



ภาพที่ 3.15 ปูต้นไม้ที่เตรียมไว้เพื่อทำการทดลอง รูปแบบที่ 2

หมายเหตุ : ขั้นตอนนี้จะมิดินอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะคือ 1) ดินเหนียว 2) ดินร่วน 3) ดินทราย
ดินทั้ง 3 แบบจะมีขั้นตอนการวางท่อระบายน้ำที่เหมือนกัน

วิธีการติดตั้งระบบระบายน้ำใต้ดินรูปแบบที่ 3

3.1.2 ขั้นตอนการติดตั้ง

ตัวอย่างที่ 3 มีวิธีทำดังนี้

3.1.3.1 เตรียมพื้นที่ที่จะทำการทดลองให้พร้อมแล้วขุดร่องเพื่อวางท่อระบายน้ำ



ภาพที่ 3.16 ขุดร่องเพื่อวางท่อระบายน้ำ รูปแบบที่ 3

3.1.3.2 นำท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริงมาวางในร่องที่เตรียมไว้



ภาพที่ 3.17 นำท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริงมาวางในร่องที่เตรียมไว้ รูปแบบที่ 3

3.1.3.3 นำหินกรวดมารองก้นหลุมเพื่อปรับระดับ



ภาพที่ 3.18 นำหินกรวดมารองก้นหลุมเพื่อปรับระดับ

3.1.3.4 นำหินกรวดมาใส่ในหลุมให้เต็ม



ภาพที่ 3.19 นำหินกรวดมาใส่ในหลุมให้เต็ม

3.1.3.5 ปรับพื้นที่ที่เตรียมไว้ทำการทดลองให้เรียบพร้อมกั้นและปรับหน้าด้วยทราย



ภาพที่ 3.20 ปรับพื้นที่ที่เตรียมไว้ทำการทดลองให้เรียบพร้อมกั้นและปรับหน้าด้วยทราย

3.1.3.6 ปูหญ้าหรือต้นไม้ที่เตรียมไว้เพื่อทำการทดลอง



ภาพที่ 3.21 ปูหญ้าเตรียมไว้เพื่อทำการทดลอง

หมายเหตุ : ขั้นตอนนี้จะมียุทธวิธีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะคือ 1) ดินเหนียว 2) ดินร่วน 3) ดินทราย ดินทั้ง 3 แบบจะมีขั้นตอนการวางท่อระบายน้ำที่เหมือนกัน

3.2 การเก็บข้อมูล

เริ่มทำการเก็บข้อมูลหลังจากทำการสร้างบล็อกการทดลองเสร็จ และได้ทำการเก็บผลการทดลองทุกวันตลอดระยะเวลา 2 เดือน โดยการจำลองการติดตั้งการระบายน้ำ 3 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบทดลองกับลักษณะดินทั้ง 3 ชนิด โดยได้ทำการรดน้ำเป็นปริมาณ 40 ลิตรต่อพื้นที่ทดลอง และทิ้งระยะเวลาไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อเก็บปริมาณน้ำที่เหลือ หลังจากการระบายน้ำได้ดิน และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในลำดับต่อไป

3.3 การหาค่าเฉลี่ยในการวัดค่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสู่ดิน

จากปริมาณน้ำที่ไหลผ่านดินและลงสู่ท่อระบายน้ำใต้ดิน ที่มีพื้นที่ในการไหลเพียงร้อยละ 70 ของพื้นที่ผิวท่อ ปริมาณน้ำที่เหลือจากการระบายน้ำจากท่อระบายน้ำใต้ดินนั้น นอกจากจะทราบว่ามีปริมาณที่ระบายออกมาน้อยเพียงใด อีกส่วนสำคัญคือการไหลซึมของน้ำภายในชั้นดินแต่ละชนิดจะส่งผลต่อการที่น้ำจะระบายผ่านก่อนลงมาถึงรูปแบบของท่อระบายน้ำใต้ดิน เนื่องจากดินแต่ละชนิดมีส่วนของโครงสร้างความหนาแน่น และความพรุนของดินที่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และนำค่านั้นมาหาความเร็วในการไหล ตามสมการของดาร์ซี

ปริมาณน้ำที่เก็บได้ในกระบอกตวงสามารถแสดงในรูปของสมการได้ คือ

$$Q = A \cdot v \cdot t$$

หรือ

$$Q = A \cdot (k_i) \cdot t$$

โดยที่ A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน
 T = ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บปริมาณน้ำ

แทนค่า $i = \Delta h / L$ ในสมการโดยที่ L คือ ความยาวของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

จะได้

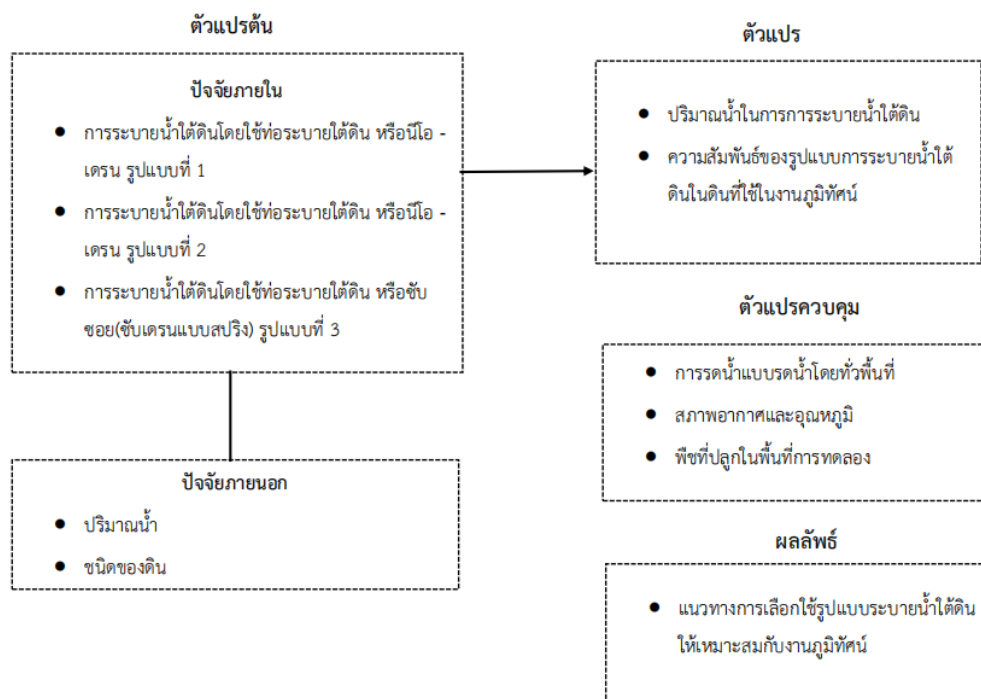
$$Q = A (k \Delta h / L) t$$

หรือ

$$K = QL / (A \Delta h t)$$

- (1) ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน
- (2) ความเร็วในการไหล (Discharge Velocity)

3.4 กรอบการวิจัย



แผนภูมิที่ 3.1 กรอบการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดลองการเปรียบเทียบการระบายน้ำใต้ดิน ตามรูปแบบวิธีการติดตั้ง 3 รูปแบบ ซึ่งประกอบไปด้วย

- 1) รูปแบบที่ 1 การใช้ท่อนีโอเดรนพันด้วยจีโอเทคไทล์
- 2) รูปแบบที่ 2 การใช้ท่อนีโอเดรนและหินกรวดพันด้วยจีโอเทคไทล์
- 3) รูปแบบที่ 3 การใช้ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง

โดยทั้ง 3 รูปแบบทำการทดลองในดินทราย ดินเหนียว และดินร่วน ใช้ระยะเวลาการทดลองตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2563 จนถึง วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2564 เป็นจำนวน 60 วัน มีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงปริมาณน้ำหลังจากการทดลองการระบายน้ำใต้ดิน

วันที่ทำการ ทดลอง	แบบที่ 1 ปริมาณน้ำที่ เหลือ(ลิตร)			แบบที่ 2 ปริมาณน้ำที่เหลือ (ลิตร)			แบบที่ 3 ปริมาณน้ำที่เหลือ (ลิตร)		
	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย
	ดิน	ดิน	ดิน	ดิน	ดิน	ดิน	ดิน	ดิน	ดิน
1	10	15	30	10	15	30	14	20	30
5	12	12	35	12	12	35	19	16	30
10	16	15	30	16	15	30	24	21	33
15	13	15	31	13	14	31	22	24	31
20	13	14	36	13	14	36	25	29	34
25	10	17	30	10	17	30	25	24	33
30	12	16	35	12	12	35	25	25	31
35	10	13	30	10	11	30	25	24	34
40	13	13	35	13	14	35	25	32	34
45	13	16	32	15	17	32	26	24	32
50	15	13	35	12	12	33	21	26	33
55	12	13	34	14	17	31	22	29	31
60	16	15	32	14	15	32	25	24	32

หมายเหตุ : ข้อมูลรายวันแสดงที่ภาคผนวก ก

จากปริมาณน้ำที่หล่อข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำหลังจากการทดลอง แต่ละรูปแบบทดลองกับลักษณะดินทั้ง 3 ชนิด โดยได้ทำการรดน้ำเป็นปริมาณ 40 ลิตรต่อพื้นที่ทดลอง และทิ้งระยะเวลาไว้ 1 ชั่วโมง จำนวน 60 วัน เพื่อเก็บปริมาณน้ำที่ซึมผ่านดินแต่ละชนิด หลังจากการระบายน้ำใต้ดิน มีอัตราการระบายน้ำออก คือ

รูปแบบที่ 1 ในดินเหนียว คือ ร้อยละ 32.12 ดินร่วน ร้อยละ 34.42 ดินทราย ร้อยละ 82.25

รูปแบบที่ 2 ในดินเหนียว คือ ร้อยละ 32.45 ดินร่วน ร้อยละ 35 ดินทราย ร้อยละ 81.8

รูปแบบที่ 3 ในดินเหนียว คือ ร้อยละ 58.7 ดินร่วน ร้อยละ 57.25 ดินทราย ร้อยละ 78.45

โดยข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ดินทรายสามารถระบายน้ำออกได้ดี ในทุกรูปแบบ แต่ในดินเหนียวและดินร่วน มีอัตราการระบายน้ำที่ใกล้เคียงกันในทุกรูปแบบ จึงต้องดูความเหมาะสมในชนิดของดิน ที่สามารถใช้กับรูปแบบการระบายน้ำใต้ดินได้ดี และมีประสิทธิภาพ

ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำที่หล่อจะนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน เพื่อหาอัตราความเร็วในการไหลในท่อระบายน้ำใต้ดิน โดยใช้กฎสมการดาร์ซี

$$Q = A v t$$

หรือ

$$Q = A (k_i) t$$

โดยที่ A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างดิน

T = ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บปริมาณน้ำ

แทนค่า $i = \Delta h / L$ ในสมการโดยที่ L คือ ความยาวของตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

จะได้

$$Q = A (k \Delta h / L) t$$

หรือ

$$K = QL / (A \Delta h t)$$

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน

วันที่ทำการ ทดลอง	รูปแบบที่ 1			รูปแบบที่ 2			รูปแบบที่ 3		
	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของ น้ำผ่านดิน			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของ น้ำผ่านดิน			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของ น้ำผ่านดิน		
	$QL/(A \cdot H \cdot s)$			$QL/(A \cdot H \cdot s)$			$QL/(A \cdot H \cdot s)$		
	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย
1	0.31	0.46	0.93	0.31	0.46	0.93	0.43	0.62	0.93
5	0.37	0.37	1.08	0.37	0.37	1.08	0.59	0.49	0.93
10	0.49	0.46	0.93	0.49	0.46	0.93	0.74	0.65	1.02
15	0.40	0.46	0.96	0.40	0.43	0.96	0.68	0.74	0.96
20	0.40	0.43	1.11	0.40	0.43	1.11	0.77	0.90	1.05
25	0.31	0.52	0.93	0.31	0.52	0.93	0.77	0.74	1.02
30	0.37	0.49	1.08	0.37	0.37	1.08	0.77	0.77	0.96
35	0.31	0.40	0.93	0.31	0.34	0.93	0.77	0.74	1.05
40	0.40	0.40	1.08	0.40	0.43	1.08	0.77	0.99	1.05
45	0.40	0.49	0.99	0.46	0.52	0.99	0.80	0.74	0.99
50	0.46	0.40	1.08	0.37	0.37	1.02	0.65	0.80	1.02
55	0.37	0.40	1.05	0.43	0.52	0.96	0.68	0.90	0.96
60	0.49	0.46	0.99	0.43	0.46	0.99	0.77	0.74	0.99

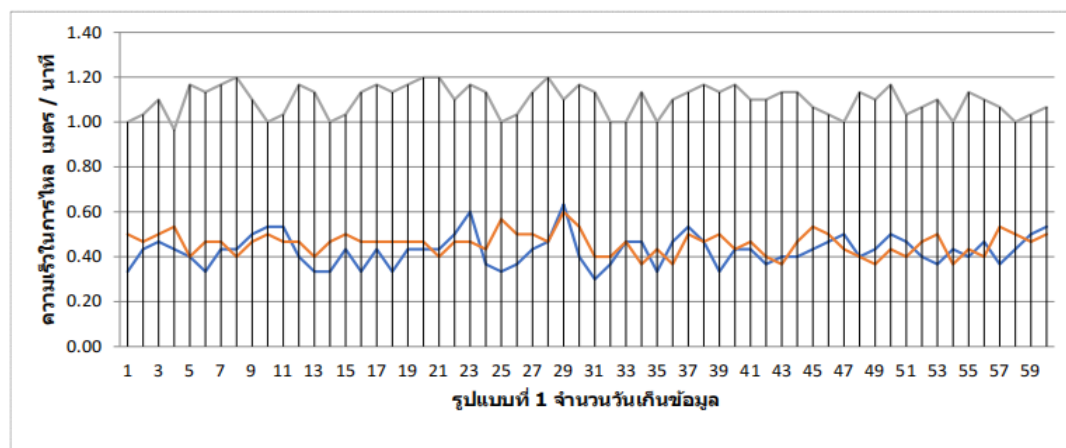
หมายเหตุ : ข้อมูลรายวันแสดงที่ภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความเร็วในการไหลของน้ำ

วันที่ทำการ ทดลอง	v=ki								
	ความเร็วในการไหล (เมตร/นาทึ่)								
	รูปแบบที่ 1			รูปแบบที่ 2			รูปแบบที่ 3		
	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย	ดิน เหนียว	ดิน ร่วน	ดิน ทราย
1	0.33	0.50	1.00	0.33	0.50	1.00	0.47	0.67	1.00
5	0.40	0.40	1.17	0.40	0.40	1.17	0.63	0.53	1.00
10	0.53	0.50	1.00	0.53	0.50	1.00	0.80	0.70	1.10
15	0.43	0.50	1.03	0.43	0.47	1.03	0.73	0.80	1.03
20	0.43	0.47	1.20	0.43	0.47	1.20	0.83	0.97	1.13
25	0.33	0.57	1.00	0.33	0.57	1.00	0.83	0.80	1.10
30	0.40	0.53	1.17	0.40	0.40	1.17	0.83	0.83	1.03
35	0.33	0.43	1.00	0.33	0.37	1.00	0.83	0.80	1.13
40	0.43	0.43	1.17	0.43	0.47	1.17	0.83	1.07	1.13
45	0.43	0.53	1.07	0.50	0.57	1.07	0.87	0.80	1.07
50	0.50	0.43	1.17	0.40	0.40	1.10	0.70	0.87	1.10
55	0.40	0.43	1.13	0.47	0.57	1.03	0.73	0.97	1.03
60	0.53	0.50	1.07	0.47	0.50	1.07	0.83	0.80	1.07

หมายเหตุ : ข้อมูลรายวันแสดงที่ภาคผนวก ก

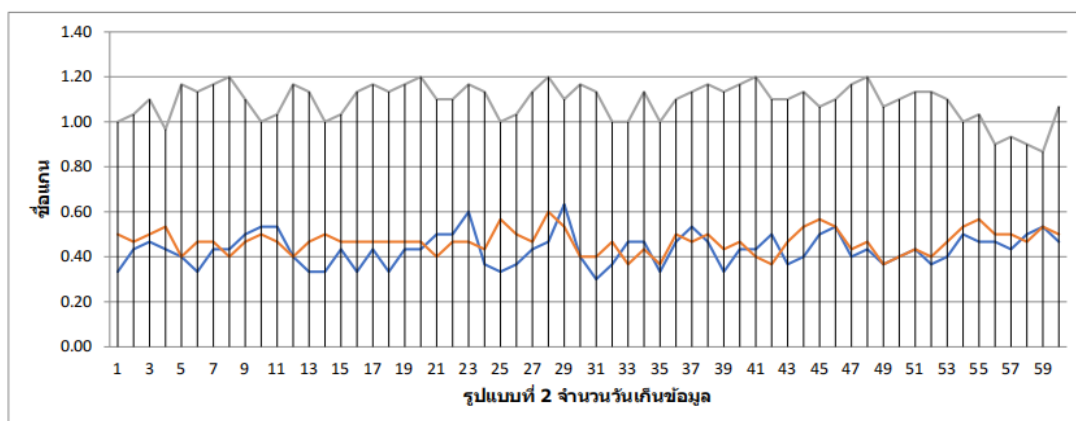
จากข้อมูลตามตารางที่ 4.1 4.2 และ 4.3 ข้างต้น จึงปรากฏเป็นกราฟ ดังนี้
 4.1.1 การระบายน้ำใต้ดิน การติดตั้งรูปแบบที่ 1 (ท่อนีโอเดรนพันด้วยจีโอเทคไทล์)



■	ดินเหนียว
■	ดินร่วน
■	ดินทราย

ภาพที่ 4.1 กราฟรูปแบบที่ 1 (การใช้ท่อนีโอเดรนพันด้วยจีโอเทคไทล์)

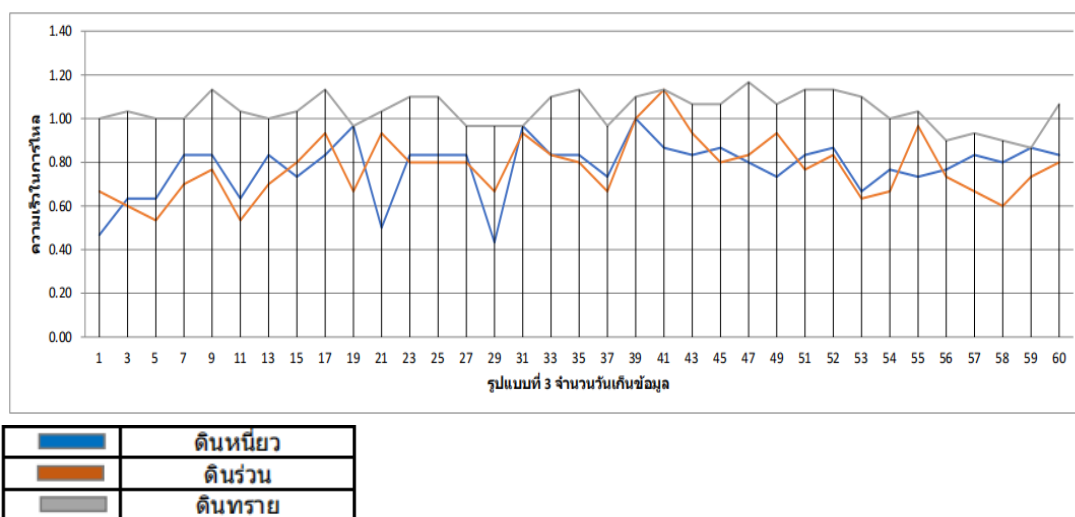
จากผลการทดลองการระบายน้ำใต้ดินในรูปแบบการติดตั้งรูปแบบที่ 1 (ท่อนีโอเดรนพันด้วยจีโอเทคไทล์) พบว่า สภาพการไหลในท่อของรูปแบบที่ 1 มีความเร็วในการไหลที่ดีที่สุด คือในดินทราย โดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.10 เมตร/นาที่ รองลงมาคือ ดินร่วนโดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.46 เมตร/นาที่ และดินเหนียว โดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.43 เมตร/นาที่



■	ดินเหนียว
■	ดินร่วน
■	ดินทราย

ภาพที่ 4.2 กราฟรูปแบบที่ 2 (การใช้ท่อนีโอเดรนและหินกรวดพันด้วยจีโอเทคไทล์)

จากผลการทดลองการระบายน้ำใต้ดินในรูปแบบการติดตั้งรูปแบบที่ 2 (การใช้ท่อนีโอเดรน และหินกรวดพันด้วยจีโอเทคไทล์) พบว่าสภาพการไหลในท่อของรูปแบบที่ 2 มีความเร็วในการไหลที่ดีที่ คือในดินทรายโดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.09 เมตร/นาที่ รองลงมาคือดินร่วนโดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.47 เมตร/นาที่ และดินเหนียวโดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.43 เมตร/นาที่



ภาพที่ 4.3 กราฟรูปแบบที่ 3 (การใช้ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง)

จากผลการทดลองการระบายน้ำใต้ดินในรูปแบบการติดตั้งรูปแบบที่ 3 (การใช้ท่อสับซอย หรือท่อระบายน้ำแบบสปริง) พบว่า สภาพการไหลในท่อของรูปแบบที่ 3 มีความเร็วในการไหลที่ดีที่สุด คือในดินทรายโดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.05 เมตร/นาที่ รองลงมาคือดินเหนียวโดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.78 เมตร/นาที่ และดินร่วนโดยมีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.76 เมตร/นาที่

รูปแบบการระบายน้ำใต้ดิน ในดินแต่ละชนิด ซึ่งประกอบไปด้วย

- 1) ดินเหนียว ใน รูปแบบที่ 1 2 และ 3
- 2) ดินร่วน ใน รูปแบบที่ 1 2 และ 3
- 3) ดินทราย ใน รูปแบบที่ 1 2 และ 3

โดยดินทั้ง 3 ชนิดทำการทดลองในรูปแบบที่ 1 2 และ 3 ใช้ระยะเวลาการทดลองตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2563 จนถึง วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2564 เป็นจำนวน 60 วัน มีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำในดินเหนียวหลังจากการทดลองการระบายน้ำใต้ดิน

วันที่ทำการ ทดลอง	ดินเหนียว			ดินร่วน			ดินทราย		
	รูป แบบที่	รูป แบบที่	รูป แบบที่	รูป แบบที่	รูป แบบที่	รูป แบบที่	รูป แบบที่	รูป แบบที่	รูป แบบที่
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	10	10	14	15	15	20	35	35	30
5	12	12	19	12	12	16	35	35	30
10	16	16	24	15	15	21	30	30	33
15	13	13	22	15	14	24	31	31	31
20	13	13	25	14	14	29	36	36	34
25	10	10	25	17	17	24	30	30	33
30	12	12	25	16	12	25	35	35	31
35	10	10	25	13	11	24	30	30	34
40	13	13	25	13	14	32	35	35	34
45	13	15	26	16	17	24	32	32	32
50	15	12	21	13	12	26	35	33	33
55	12	14	22	13	17	29	34	31	31
60	16	14	25	15	15	24	32	32	32

หมายเหตุ : ข้อมูลรายวันแสดงที่ภาคผนวก ก

จากปริมาณน้ำที่หล่อข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำหลังจากการทดลอง แต่ละรูปแบบทดลองกับลักษณะดินทั้ง 3 ชนิด โดยได้ทำการรดน้ำเป็นปริมาณ 40 ลิตรต่อพื้นที่ทดลอง และทิ้งระยะเวลาไว้ 1 ชั่วโมง จำนวน 60 วัน เพื่อเก็บปริมาณน้ำที่ซึมผ่านดินแต่ละชนิด หลังจากการระบายน้ำใต้ดิน มีอัตราการระบายน้ำออก คือ

ดินเหนียว ในรูปแบบที่ 1 คือ ร้อยละ 32.12

ดินเหนียว ในรูปแบบที่ 2 คือ ร้อยละ 32.45

ดินเหนียว ในรูปแบบที่ 3 คือ ร้อยละ 58.7

โดยข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า ดินทรายสามารถระบายน้ำออกได้ดี ในทุกรูปแบบ แต่ในดินเหนียวและดินร่วน มีอัตราการระบายน้ำที่ใกล้เคียงกันในทุกรูปแบบ จึงต้องดูความเหมาะสมในชนิดของดิน ที่สามารถใช้กับรูปแบบการระบายน้ำใต้ดินได้ดี และมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน

ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน									
วันที่ทำการทดลอง	QL(A*H*s)								
	ดินเหนียว			ดินร่วน			ดินทราย		
	รูปแบบที่	รูปแบบที่	รูปแบบที่	รูปแบบที่	รูปแบบที่	รูปแบบที่	รูปแบบที่	รูปแบบที่	รูปแบบที่
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	0.00	0.31	0.43	0.46	0.46	0.62	0.93	0.93	0.93
5	0.37	0.37	0.59	0.37	0.37	0.49	1.08	1.08	0.93
10	0.49	0.49	0.74	0.46	0.46	0.65	0.93	0.93	1.02
15	0.40	0.40	0.68	0.46	0.43	0.74	0.96	0.96	0.96
20	0.40	0.40	0.77	0.43	0.43	0.90	1.11	1.11	1.05
25	0.31	0.31	0.52	0.52	0.74	0.93	0.93	0.93	1.02
30	0.37	0.37	0.49	0.37	0.77	1.08	1.08	0.96	0.96
35	0.31	0.31	0.77	0.40	0.34	0.74	0.93	0.93	1.05
40	0.40	0.40	0.77	0.40	0.43	0.99	1.08	1.08	1.05
45	0.40	0.46	0.80	0.49	0.43	0.93	0.99	0.99	0.99
50	0.46	0.37	0.65	0.71	0.90	0.93	1.08	1.02	1.02
55	0.37	0.43	0.68	0.90	0.86	0.93	1.05	0.96	0.96
60	0.49	0.43	0.77	0.86	0.93	0.86	0.99	0.99	0.99

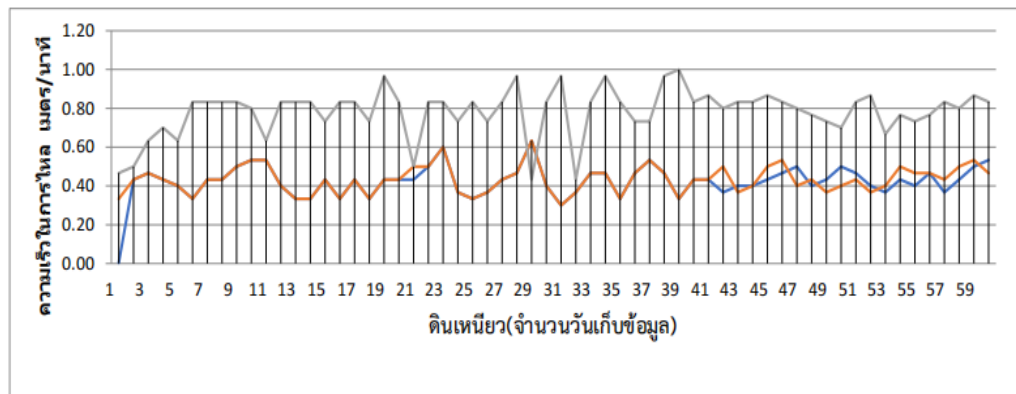
หมายเหตุ : ข้อมูลรายวันแสดงที่ภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงปริมาณความเร็วในการไหลของน้ำ

วันที่ทำการทดลอง	ความเร็วในการไหล (เมตร/นาที่)								
	v=ki								
	ดินเหนียว			ดินร่วน			ดินทราย		
	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2	รูปแบบที่ 3
1	0.00	0.33	0.47	0.50	0.50	0.67	1.00	1.00	1.00
5	0.40	0.40	0.63	0.37	0.37	0.49	1.17	1.17	1.00
10	0.53	0.53	0.80	0.50	0.50	0.70	1.00	1.00	1.10
15	0.43	0.43	0.73	0.50	0.47	0.80	1.03	1.03	1.03
20	0.43	0.43	0.83	0.47	0.47	0.97	1.20	1.20	1.13
25	0.33	0.33	0.57	0.57	0.80	0.93	1.00	1.00	1.10
30	0.40	0.40	0.83	0.53	0.40	0.83	1.17	1.17	1.03
35	0.33	0.33	0.83	0.43	0.37	0.80	1.00	1.00	1.13
40	0.43	0.43	0.83	0.43	0.47	1.07	1.17	1.17	1.13
45	0.43	0.50	0.87	0.53	0.47	1.00	1.07	1.07	1.07
50	0.50	0.40	0.70	0.77	0.97	1.00	1.17	1.10	1.10
55	0.40	0.47	0.73	0.97	0.93	1.00	1.13	1.03	1.03
60	0.53	0.47	0.83	0.93	1.00	0.93	1.07	1.07	1.07

หมายเหตุ : ข้อมูลรายวันแสดงที่ภาคผนวก ก

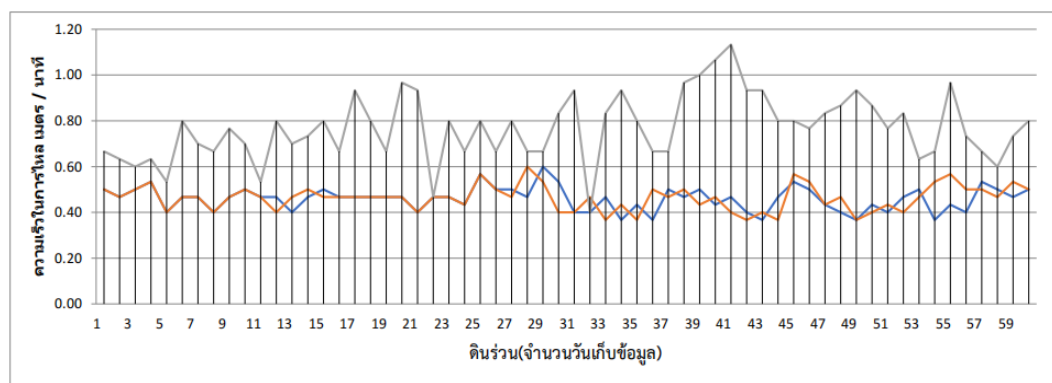
จากข้อมูลตามตารางที่ 4.4 4.5 และ 4.6 ข้างต้น จึงปรากฏเป็นกราฟ ดังนี้



	รูปแบบที่ 1
	รูปแบบที่ 2
	รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 4.4 กราฟดินเหนียว ในการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ

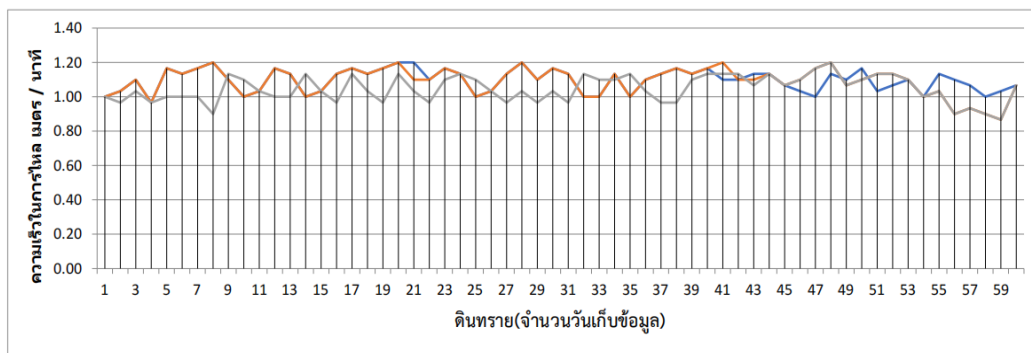
จากการทดลองการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์ในดินเหนียว หลังจากการทดลองใช้ระบบระบายน้ำใต้ดิน ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงให้เห็นว่าการระบายน้ำรูปแบบที่ 3 เป็นการระบายน้ำได้ดีที่สุดในทั้ง 3 รูปแบบ จึงเหมาะต่อการใช้งานในดินเหนียว



	รูปแบบที่ 1
	รูปแบบที่ 2
	รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 4.5 กราฟดินร่วน ในการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ

จากการทดลองการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์ในดินร่วน หลังจากการทดลองใช้ระบบระบายน้ำใต้ดิน ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงให้เห็นว่าการระบายน้ำรูปแบบที่ 3 เป็นการระบายน้ำได้ดีที่สุดในทั้ง 3 รูปแบบ จึงเหมาะต่อการใช้งานในดินร่วน



—	รูปแบบที่ 1
—	รูปแบบที่ 2
—	รูปแบบที่ 3

ภาพที่ 4.6 กราฟดินทราย ในการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ

จากการทดลองการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์ในดินทราย หลังจากการทดลองใช้ระบบระบายน้ำใต้ดิน ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงให้เห็นว่าการระบายน้ำรูปแบบที่ 2 เป็นการระบายน้ำได้ดีที่สุดในทั้ง 3 รูปแบบ จึงเหมาะต่อการใช้งานในดินทราย

จากผลการทดลอง จึงสรุปได้ว่า

- 1) ดินเหนียวเหมาะสำหรับการระบายน้ำในรูปแบบที่ 3
- 2) ดินร่วนเหมาะสำหรับการระบายน้ำในรูปแบบที่ 3
- 3) ดินทรายเหมาะสำหรับการระบายน้ำในรูปแบบที่ 2

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาวิจัยการเปรียบเทียบการระบายน้ำใต้ดินในงานภูมิทัศน์ เป็นการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพของการระบายน้ำในท่อสับเดรนทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 การใช้ท่อนีโอเดรนท่อด้วยผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ รูปแบบที่ 2 การใช้ท่อนีโอเดรนและหินกรวดท่อด้วยผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ และรูปแบบที่ 3 การใช้ท่อซับซอยหรือท่อนีโอเดรนสปริง ในดินทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียว ดินทราย และดินร่วน ในระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2563 จนถึงวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2564 เป็นจำนวน 60 วัน โดยบันทึกข้อมูล การหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมอน้ำผ่านดิน และนำค่านั้นมาหาความเร็วในการไหล ตามกฎสมการของดาร์ซี มาเป็นตัวช่วยในการยืนยันผลลัพธ์ที่ได้จากการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ จึงได้ข้อมูลดังนี้

รูปแบบที่ 1 เป็นการติดตั้งในลักษณะการใช้ท่อนีโอเดรนพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำที่เหลือจากการทดลองในรูปแบบที่ 1 ดินที่ระบายได้ดีในรูปแบบการติดตั้งนี้ คือ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว ตามลำดับ ส่วนของความเร็วในการไหลของน้ำภายในท่อตามกฎของดาร์ซี พบว่า ความเร็วในการไหลในสภาพของดินทราย มีความเร็วในการไหลเฉลี่ย 1.10 เมตร/นาที่ ซึ่งเป็นความเร็วในการไหลมากที่สุด รองลงมาเป็นดินร่วน และดินเหนียว โดยมีความเร็วเฉลี่ย 0.46 และ 0.43 เมตร/นาที่

รูปแบบที่ 2 เป็นการติดตั้งในลักษณะการใช้ท่อนีโอเดรน และหินกรวดพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำที่เหลือจากการทดลองในรูปแบบที่ 2 ดินที่ระบายได้ดีในรูปแบบการติดตั้งนี้ คือ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว ตามลำดับ ส่วนของความเร็วในการไหลของน้ำภายในท่อตามกฎของดาร์ซี พบว่า ความเร็วในการไหลในสภาพของดินทราย มีความเร็วในการไหลเฉลี่ย 1.09 เมตร/นาที่ ซึ่งเป็นความเร็วในการไหลมากที่สุดรองลงมา เป็นดินร่วน และดินเหนียว โดยมีความเร็วเฉลี่ย 0.47 และ 0.43 เมตร/นาที่

รูปแบบที่ 3 เป็นการติดตั้งในลักษณะการใช้ท่อซับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำที่เหลือจากการทดลองในรูปแบบที่ 3 ดินที่ระบายได้ดีในรูปแบบการติดตั้งนี้ คือ ดินทราย ดินเหนียว และดินร่วน ตามลำดับ ส่วนของความเร็วในการไหลของน้ำภายในท่อตามกฎของดาร์ซี พบว่า ความเร็วในการไหลในสภาพของดินทราย มีความเร็วในการไหลเฉลี่ย 1.05 เมตร/นาที่ ซึ่งเป็นความเร็วในการไหลมากที่สุดรองลงมา เป็นดินเหนียว และดินร่วน โดยมีความเร็วเฉลี่ย 0.78 และ 0.76 เมตร/นาที่

5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าการระบายน้ำใต้ดินในแต่ละรูปแบบ ในดินแต่ละชนิด มีความไหลของน้ำที่ไม่เท่ากัน โดยในดินทรายความเร็วในการไหลของน้ำโดยเฉลี่ยมีค่ามากที่สุดในทุกรูปแบบ ต่อมาคือดินร่วน มีค่าเฉลี่ย ความเร็วของน้ำในรูปแบบที่ 1 และ รูปแบบที่ 2 และดินเหนียว มีความเร็วโดยเฉลี่ยของน้ำ ต่ำที่สุดใน รูปแบบที่ 1 กับ รูปแบบที่ 2 ส่วนรูปแบบที่ 3 มีความเร็วโดยเฉลี่ย รองลงมาจาก ดินทราย แต่มากกว่าดินร่วน โดยแต่ละรูปแบบมีความเหมาะสม ที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของลักษณะของดิน

ในการใช้วัสดุในรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยจะใช้ท่อนีโอเดรน และผ้าจีโอเท็กซ์ไทล์ งบประมาณค่าใช้จ่าย จึงมีความใกล้เคียงกัน ส่วนรูปแบบที่ 3 ใช้วัสดุท่อสับซอย หรือท่อระบายน้ำแบบสปริง จึงมีราคาที่แตกต่างกันไปจาก รูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2

จากผลการทดลองของดินในรูปแบบการระบายน้ำทั้ง 3 รูปแบบ จึงสรุปได้ว่า

- 1) ดินเหนียวเหมาะสำหรับการระบายน้ำในรูปแบบที่ 3
- 2) ดินร่วนเหมาะสำหรับการระบายน้ำในรูปแบบที่ 3
- 3) ดินทรายเหมาะสำหรับการระบายน้ำในรูปแบบที่ 2

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เพิ่มระยะเวลาในการทดลองให้นานกว่านี้เพื่อที่จะได้เห็นสภาพลักษณะของอุปกรณ์ให้ชัดเจนขึ้น

5.3.2 เพิ่มระยะเวลาในการเก็บข้อมูลในการทดลอง

5.3.3 เพิ่มรูปแบบระบบการระบายน้ำใต้ดินเพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบที่มากขึ้น

บรรณานุกรม

- คงยุทธ แก้วสุข และสัญญา มากวงษ์. (2554). **ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**. (การติดตั้งและทดสอบท่อนีโอเดรนเพื่อการระบายน้ำใต้ดิน) หน้า 101 - 103
- จิระวัลย์ เพ็ชรไพสิฐ. (2547). **การระบายน้ำ**. วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 25-40.
- พงศธร ศิริอ่อน. (2543) **ปัจจัยที่มีผลต่อการระบายน้ำ**. วิทยาลัยการชลประทาน สถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 112 - 114
- เฉลียว แจ่มไพร. (2530) **ลักษณะของดิน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 82. กองสำรวจและจำแนกดินกรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 158 น.
- เฉลียว แจ่มไพร. (2530) **ประเภทของดินที่พบในงานภูมิทัศน์**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 90. กองสำรวจและ
จำแนกดินกรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 180 น.
- เฉลียว แจ่มไพร. (2530) **โครงสร้างของดิน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 101. กองสำรวจและจำแนกดินกรมพัฒนา
ที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 52 น.
- สิทธิพร เงินประเสริฐศรี. (2541) **สมการการระบายน้ำ**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 145 น.
- สิทธิพร เงินประเสริฐศรี. (2534) **การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 77 น.
- วิโรจน์ โหราศาสตร์. (2562). **ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**. (การพัฒนาระบบระบายน้ำใต้ดินในแปลงปลูกมันสำปะหลัง) หน้า 5
- วัสดุอุปกรณ์ระบบระบายน้ำใต้ดิน. **ท่อนีโอเดรน (Neodrain)**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <http://www.kplworldtrading.com/product/neodrain>. (2564, มีนาคม 20)
- วัสดุอุปกรณ์ระบบระบายน้ำใต้ดิน. **ขนาดและรายละเอียดของท่อนีโอเดรน**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.uhm.co.th/neodrain_th. (2564, มีนาคม 20)
- วัสดุอุปกรณ์ระบบระบายน้ำใต้ดิน. **โครงสร้างของท่อซับซอย (Subsoil Drainage)**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <http://www.lj.co.th>. (2564, มีนาคม 20)
- วัสดุอุปกรณ์ระบบระบายน้ำใต้ดิน. **ผ้าจีโอเทคไทล์ (Geotextile)**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <http://www.wulwith.com/product.php>. (2564, มีนาคม 20)

ภาคผนวก ก

เกณฑ์การประเมินของค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดินและความเร็วในการไหล
ของน้ำในแต่ละรูปแบบ

วัน/เดือน/ปี	แบบที่ 1 ปริมาณน้ำที่เหลือ			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
				QI/(A*H*s)	QI/(A*H*s)	QI/(A*H*s)	v=ki	v=ki	v=ki
	ดินเหนียว	ดินร่วน	ดินทราย	k1	k2	k3	v1	v2	v3
12/12/2563	10	15	30	0.31	0.46	0.93	0.33	0.50	1.00
12/13/2563	13	14	31	0.40	0.43	0.96	0.43	0.47	1.03
12/14/2563	14	15	33	0.43	0.46	1.02	0.47	0.50	1.10
12/15/2563	13	16	29	0.40	0.49	0.90	0.43	0.53	0.97
12/16/2563	12	12	35	0.37	0.37	1.08	0.40	0.40	1.17
12/17/2563	10	14	34	0.31	0.43	1.05	0.33	0.47	1.13
12/18/2563	13	14	35	0.40	0.43	1.08	0.43	0.47	1.17
12/19/2563	13	12	36	0.40	0.37	1.11	0.43	0.40	1.20
12/20/2563	15	14	33	0.46	0.43	1.02	0.50	0.47	1.10
12/21/2563	16	15	30	0.49	0.46	0.93	0.53	0.50	1.00
12/22/2563	16	14	31	0.49	0.43	0.96	0.53	0.47	1.03
12/23/2563	12	14	35	0.37	0.43	1.08	0.40	0.47	1.17
12/24/2563	10	12	34	0.31	0.37	1.05	0.33	0.40	1.13
12/25/2563	10	14	30	0.31	0.43	0.93	0.33	0.47	1.00
12/26/2563	13	15	31	0.40	0.46	0.96	0.43	0.50	1.03
12/27/2563	10	14	34	0.31	0.43	1.05	0.33	0.47	1.13
12/28/2563	13	14	35	0.40	0.43	1.08	0.43	0.47	1.17
12/29/2563	10	14	34	0.31	0.43	1.05	0.33	0.47	1.13
12/30/2563	13	14	35	0.40	0.43	1.08	0.43	0.47	1.17
12/31/2563	13	14	36	0.40	0.43	1.11	0.43	0.47	1.20
1/1/2564	13	12	36	0.40	0.37	1.11	0.43	0.40	1.20
1/2/2564	15	14	33	0.46	0.43	1.02	0.50	0.47	1.10
1/3/2564	18	14	35	0.56	0.43	1.08	0.60	0.47	1.17
1/4/2564	11	13	34	0.34	0.40	1.05	0.37	0.43	1.13
1/5/2564	10	17	30	0.31	0.52	0.93	0.33	0.57	1.00
1/6/2564	11	15	31	0.34	0.46	0.96	0.37	0.50	1.03
1/7/2564	13	15	34	0.40	0.46	1.05	0.43	0.50	1.13
1/8/2564	14	14	36	0.43	0.43	1.11	0.47	0.47	1.20
1/9/2564	19	18	33	0.59	0.56	1.02	0.63	0.60	1.10
1/10/2564	12	16	35	0.37	0.49	1.08	0.40	0.53	1.17
1/11/2564	9	12	34	0.28	0.37	1.05	0.30	0.40	1.13
1/12/2564	11	12	30	0.34	0.37	0.93	0.37	0.40	1.00
1/13/2564	14	14	30	0.43	0.43	0.93	0.47	0.47	1.00
1/14/2564	14	11	34	0.43	0.34	1.05	0.47	0.37	1.13
1/15/2564	10	13	30	0.31	0.40	0.93	0.33	0.43	1.00
1/16/2564	14	11	33	0.43	0.34	1.02	0.47	0.37	1.10
1/17/2564	16	15	34	0.49	0.46	1.05	0.53	0.50	1.13
1/18/2564	14	14	35	0.43	0.43	1.08	0.47	0.47	1.17
1/19/2564	10	15	34	0.31	0.46	1.05	0.33	0.50	1.13
1/20/2564	13	13	35	0.40	0.40	1.08	0.43	0.43	1.17
1/21/2564	13	14	33	0.40	0.43	1.02	0.43	0.47	1.10
1/22/2564	11	12	33	0.34	0.37	1.02	0.37	0.40	1.10
1/23/2564	12	11	34	0.37	0.34	1.05	0.40	0.37	1.13
1/24/2564	12	14	34	0.37	0.43	1.05	0.40	0.47	1.13

วัน/เดือน/ปี	แบบที่ 1 ปริมาณน้ำที่เหลือ			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
	ดินเหนียว	ดินร่วน	ดินทราย	$QI/(A*H*s)$ k1	$QI/(A*H*s)$ k2	$QI/(A*H*s)$ k3	$v=ki$ v1	$v=ki$ v2	$v=ki$ v3
1/25/2564	13	16	32	0.40	0.49	0.99	0.43	0.53	1.07
1/26/2564	14	15	31	0.43	0.46	0.96	0.47	0.50	1.03
1/27/2564	15	13	30	0.46	0.40	0.93	0.50	0.43	1.00
1/28/2564	12	12	34	0.37	0.37	1.05	0.40	0.40	1.13
1/29/2564	13	11	33	0.40	0.34	1.02	0.43	0.37	1.10
1/30/2564	15	13	35	0.46	0.40	1.08	0.50	0.43	1.17
1/31/2564	14	12	31	0.43	0.37	0.96	0.47	0.40	1.03
2/1/2564	12	14	32	0.37	0.43	0.99	0.40	0.47	1.07
2/2/2564	11	15	33	0.34	0.46	1.02	0.37	0.50	1.10
2/3/2564	13	11	30	0.40	0.34	0.93	0.43	0.37	1.00
2/4/2564	12	13	34	0.37	0.40	1.05	0.40	0.43	1.13
2/5/2564	14	12	33	0.43	0.37	1.02	0.47	0.40	1.10
2/6/2564	11	16	32	0.34	0.49	0.99	0.37	0.53	1.07
2/7/2564	13	15	30	0.40	0.46	0.93	0.43	0.50	1.00
2/8/2564	15	14	31	0.46	0.43	0.96	0.50	0.47	1.03
2/9/2564	16	15	32	0.49	0.46	0.99	0.53	0.50	1.07
ค่ารวมเฉลี่ย							0.43	0.46	1.10

ตารางแสดงปริมาณน้ำที่เหลือ ในรูปแบบที่ 1 (ท่อนีโอเตรนพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์) ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และความเร็วในการไหลของน้ำมีค่าเฉลี่ย ดังนี้

- 1) ดินทราย มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.10 เมตร/นาที่
- 2) ดินร่วน มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.46 เมตร/นาที่
- 3) ดินเหนียว มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.43 เมตร/นาที่

วัน/เดือน/ปี	แบบที่ 2 ปริมาณน้ำที่เหลือ			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
				QI/(A*H*s)	QI/(A*H*s)	QI/(A*H*s)	v=ki	v=ki	v=ki
	ดินเหนียว	ดินร่วน	ดินทราย	k1	k2	k3	v1	v2	v3
12/12/2563	10	15	30	0.31	0.46	0.93	0.33	0.50	1.00
12/13/2563	13	14	31	0.40	0.43	0.96	0.43	0.47	1.03
12/14/2563	14	15	33	0.43	0.46	1.02	0.47	0.50	1.10
12/15/2563	13	16	29	0.40	0.49	0.90	0.43	0.53	0.97
12/16/2563	12	12	35	0.37	0.37	1.08	0.40	0.40	1.17
12/17/2563	10	14	34	0.31	0.43	1.05	0.33	0.47	1.13
12/18/2563	13	14	35	0.40	0.43	1.08	0.43	0.47	1.17
12/19/2563	13	12	36	0.40	0.37	1.11	0.43	0.40	1.20
12/20/2563	15	14	33	0.46	0.43	1.02	0.50	0.47	1.10
12/21/2563	16	15	30	0.49	0.46	0.93	0.53	0.50	1.00
12/22/2563	16	14	31	0.49	0.43	0.96	0.53	0.47	1.03
12/23/2563	12	12	35	0.37	0.37	1.08	0.40	0.40	1.17
12/24/2563	10	14	34	0.31	0.43	1.05	0.33	0.47	1.13
12/25/2563	10	15	30	0.31	0.46	0.93	0.33	0.50	1.00
12/26/2563	13	14	31	0.40	0.43	0.96	0.43	0.47	1.03
12/27/2563	10	14	34	0.31	0.43	1.05	0.33	0.47	1.13
12/28/2563	13	14	35	0.40	0.43	1.08	0.43	0.47	1.17
12/29/2563	10	14	34	0.31	0.43	1.05	0.33	0.47	1.13
12/30/2563	13	14	35	0.40	0.43	1.08	0.43	0.47	1.17
12/31/2563	13	14	36	0.40	0.43	1.11	0.43	0.47	1.20
1/1/2564	15	12	33	0.46	0.37	1.02	0.50	0.40	1.10
1/2/2564	15	14	33	0.46	0.43	1.02	0.50	0.47	1.10
1/3/2564	18	14	35	0.56	0.43	1.08	0.60	0.47	1.17
1/4/2564	11	13	34	0.34	0.40	1.05	0.37	0.43	1.13
1/5/2564	10	17	30	0.31	0.52	0.93	0.33	0.57	1.00
1/6/2564	11	15	31	0.34	0.46	0.96	0.37	0.50	1.03
1/7/2564	13	14	34	0.40	0.43	1.05	0.43	0.47	1.13
1/8/2564	14	18	36	0.43	0.56	1.11	0.47	0.60	1.20
1/9/2564	19	16	33	0.59	0.49	1.02	0.63	0.53	1.10
1/10/2564	12	12	35	0.37	0.37	1.08	0.40	0.40	1.17
1/11/2564	9	12	34	0.28	0.37	1.05	0.30	0.40	1.13
1/12/2564	11	14	30	0.34	0.43	0.93	0.37	0.47	1.00
1/13/2564	14	11	30	0.43	0.34	0.93	0.47	0.37	1.00
1/14/2564	14	13	34	0.43	0.40	1.05	0.47	0.43	1.13
1/15/2564	10	11	30	0.31	0.34	0.93	0.33	0.37	1.00
1/16/2564	14	15	33	0.43	0.46	1.02	0.47	0.50	1.10
1/17/2564	16	14	34	0.49	0.43	1.05	0.53	0.47	1.13
1/18/2564	14	15	35	0.43	0.46	1.08	0.47	0.50	1.17
1/19/2564	10	13	34	0.31	0.40	1.05	0.33	0.43	1.13
1/20/2564	13	14	35	0.40	0.43	1.08	0.43	0.47	1.17
1/21/2564	13	12	36	0.40	0.37	1.11	0.43	0.40	1.20
1/22/2564	15	11	33	0.46	0.34	1.02	0.50	0.37	1.10
1/23/2564	11	14	33	0.34	0.43	1.02	0.37	0.47	1.10
1/24/2564	12	16	34	0.37	0.49	1.05	0.40	0.53	1.13

วัน/เดือน/ปี	แบบที่ 2 ปริมาณน้ำที่เหลือ			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
	ดินเหนียว	ดินร่วน	ดินทราย	$QI/(A \cdot H \cdot s)$	$QI/(A \cdot H \cdot s)$	$QI/(A \cdot H \cdot s)$	$v=ki$	$v=ki$	$v=ki$
1/25/2564	15	17	32	0.46	0.52	0.99	0.50	0.57	1.07
1/26/2564	16	16	33	0.49	0.49	1.02	0.53	0.53	1.10
1/27/2564	12	13	35	0.37	0.40	1.08	0.40	0.43	1.17
1/28/2564	13	14	36	0.40	0.43	1.11	0.43	0.47	1.20
1/29/2564	11	11	32	0.34	0.34	0.99	0.37	0.37	1.07
1/30/2564	12	12	33	0.37	0.37	1.02	0.40	0.40	1.10
1/31/2564	13	13	34	0.40	0.40	1.05	0.43	0.43	1.13
2/1/2564	11	12	34	0.34	0.37	1.05	0.37	0.40	1.13
2/2/2564	12	14	33	0.37	0.43	1.02	0.40	0.47	1.10
2/3/2564	15	16	30	0.46	0.49	0.93	0.50	0.53	1.00
2/4/2564	14	17	31	0.43	0.52	0.96	0.47	0.57	1.03
2/5/2564	14	15	27	0.43	0.46	0.83	0.47	0.50	0.90
2/6/2564	13	15	28	0.40	0.46	0.86	0.43	0.50	0.93
2/7/2564	15	14	27	0.46	0.43	0.83	0.50	0.47	0.90
2/8/2564	16	16	26	0.49	0.49	0.80	0.53	0.53	0.87
2/9/2564	14	15	32	0.43	0.46	0.99	0.47	0.50	1.07
ค่าเฉลี่ย							0.43	0.47	1.09

ตารางแสดงปริมาณน้ำที่เหลือ ในรูปแบบที่ 2 (ท่อนีโอเดรนและหินกรวดพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์) ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และความเร็วในการไหลของน้ำมีค่าเฉลี่ย ดังนี้

- 1) ดินทราย มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.09 เมตร/นาที่
- 2) ดินร่วน มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.47 เมตร/นาที่
- 3) ดินเหนียว มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.43 เมตร/นาที่

วัน/เดือน/ปี	แบบที่ 3 ปริมาณน้ำที่เหลือ			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
				QI/(A*H*s)	QI/(A*H*s)	QI/(A*H*s)	v=ki	v=ki	v=ki
	ดินเหนียว	ดินร่วน	ดินทราย	k1	k2	k3	v1	v2	v3
12/12/2563	14	20	30	0.43	0.62	0.93	0.47	0.67	1.00
12/13/2563	15	19	29	0.46	0.59	0.90	0.50	0.63	0.97
12/14/2563	19	18	31	0.59	0.56	0.96	0.63	0.60	1.03
12/15/2563	21	19	29	0.65	0.59	0.90	0.70	0.63	0.97
12/16/2563	19	16	30	0.59	0.49	0.93	0.63	0.53	1.00
12/17/2563	25	24	30	0.77	0.74	0.93	0.83	0.80	1.00
12/18/2563	25	21	30	0.77	0.65	0.93	0.83	0.70	1.00
12/19/2563	25	20	27	0.77	0.62	0.83	0.83	0.67	0.90
12/20/2563	25	23	34	0.77	0.71	1.05	0.83	0.77	1.13
12/21/2563	24	21	33	0.74	0.65	1.02	0.80	0.70	1.10
12/22/2563	19	16	31	0.59	0.49	0.96	0.63	0.53	1.03
12/23/2563	25	24	30	0.77	0.74	0.93	0.83	0.80	1.00
12/24/2563	25	21	30	0.77	0.65	0.93	0.83	0.70	1.00
12/25/2563	25	22	34	0.77	0.68	1.05	0.83	0.73	1.13
12/26/2563	22	24	31	0.68	0.74	0.96	0.73	0.80	1.03
12/27/2563	25	20	29	0.77	0.62	0.90	0.83	0.67	0.97
12/28/2563	25	28	34	0.77	0.86	1.05	0.83	0.93	1.13
12/29/2563	22	24	31	0.68	0.74	0.96	0.73	0.80	1.03
12/30/2563	29	20	29	0.90	0.62	0.90	0.97	0.67	0.97
12/31/2563	25	29	34	0.77	0.90	1.05	0.83	0.97	1.13
1/1/2564	15	28	31	0.46	0.86	0.96	0.50	0.93	1.03
1/2/2564	25	14	29	0.77	0.43	0.90	0.83	0.47	0.97
1/3/2564	25	24	33	0.77	0.74	1.02	0.83	0.80	1.10
1/4/2564	22	20	34	0.68	0.62	1.05	0.73	0.67	1.13
1/5/2564	25	24	33	0.77	0.74	1.02	0.83	0.80	1.10
1/6/2564	22	20	31	0.68	0.62	0.96	0.73	0.67	1.03
1/7/2564	25	24	29	0.77	0.74	0.90	0.83	0.80	0.97
1/8/2564	29	20	31	0.90	0.62	0.96	0.97	0.67	1.03
1/9/2564	13	20	29	0.40	0.62	0.90	0.43	0.67	0.97
1/10/2564	25	25	31	0.77	0.77	0.96	0.83	0.83	1.03
1/11/2564	29	28	29	0.90	0.86	0.90	0.97	0.93	0.97
1/12/2564	13	12	34	0.40	0.37	1.05	0.43	0.40	1.13
1/13/2564	25	25	33	0.77	0.77	1.02	0.83	0.83	1.10
1/14/2564	29	28	33	0.90	0.86	1.02	0.97	0.93	1.10
1/15/2564	25	24	34	0.77	0.74	1.05	0.83	0.80	1.13
1/16/2564	22	20	31	0.68	0.62	0.96	0.73	0.67	1.03
1/17/2564	22	20	29	0.68	0.62	0.90	0.73	0.67	0.97
1/18/2564	29	29	29	0.90	0.90	0.90	0.97	0.97	0.97
1/19/2564	30	30	33	0.93	0.93	1.02	1.00	1.00	1.10
1/20/2564	25	32	34	0.77	0.99	1.05	0.83	1.07	1.13
1/21/2564	26	34	34	0.80	1.05	1.05	0.87	1.13	1.13
1/22/2564	24	18	34	0.74	0.56	1.05	0.80	0.60	1.13
1/23/2564	25	28	32	0.77	0.86	0.99	0.83	0.93	1.07
1/24/2564	25	24	34	0.77	0.74	1.05	0.83	0.80	1.13

วัน/เดือน/ปี	แบบที่ 3 ปริมาณน้ำที่เหลือ			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
	ดินเหนียว	ดินร่วน	ดินทราย	$QI/(A \cdot H \cdot s)$	$QI/(A \cdot H \cdot s)$	$QI/(A \cdot H \cdot s)$	$v=ki$	$v=ki$	$v=ki$
1/25/2564	26	24	32	0.80	0.74	0.99	0.87	0.80	1.07
1/26/2564	25	23	33	0.77	0.71	1.02	0.83	0.77	1.10
1/27/2564	24	25	35	0.74	0.77	1.08	0.80	0.83	1.17
1/28/2564	23	26	36	0.71	0.80	1.11	0.77	0.87	1.20
1/29/2564	22	28	32	0.68	0.86	0.99	0.73	0.93	1.07
1/30/2564	21	26	33	0.65	0.80	1.02	0.70	0.87	1.10
1/31/2564	25	23	34	0.77	0.71	1.05	0.83	0.77	1.13
2/1/2564	26	25	34	0.80	0.77	1.05	0.87	0.83	1.13
2/2/2564	20	19	33	0.62	0.59	1.02	0.67	0.63	1.10
2/3/2564	23	20	30	0.71	0.62	0.93	0.77	0.67	1.00
2/4/2564	22	29	31	0.68	0.90	0.96	0.73	0.97	1.03
2/5/2564	23	22	27	0.71	0.68	0.83	0.77	0.73	0.90
2/6/2564	25	20	28	0.77	0.62	0.86	0.83	0.67	0.93
2/7/2564	24	18	27	0.74	0.56	0.83	0.80	0.60	0.90
2/8/2564	26	22	26	0.80	0.68	0.80	0.87	0.73	0.87
2/9/2564	25	24	32	0.77	0.74	0.99	0.83	0.80	1.07
ค่ารวมเฉลี่ย							0.78	0.76	1.05

ตารางแสดงปริมาณน้ำที่เหลือ ในรูปแบบที่ 3 (ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง) ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และความเร็วในการไหลของน้ำมีค่าเฉลี่ย ดังนี้

- 1) ดินทราย มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.05 เมตร/นาที่
- 2) ดินร่วน มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.78 เมตร/นาที่
- 3) ดินเหนียว มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.76 เมตร/นาที่

วัน/เดือน/ปี	ดินเหนียว			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
	อัตราการไหลของน้ำ			$Q/(A \cdot H \cdot s)$	$Q/(A \cdot H \cdot s)$	$Q/(A \cdot H \cdot s)$	$v=ki$	$v=ki$	$v=ki$
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	k1	k2	k3	v1	v2	v3
12/12/2563	10	10	14	0.00	0.31	0.43	0.00	0.33	0.47
12/13/2563	13	13	15	0.40	0.40	0.46	0.43	0.43	0.50
12/14/2563	14	14	19	0.43	0.43	0.59	0.47	0.47	0.63
12/15/2563	13	13	21	0.40	0.40	0.65	0.43	0.43	0.70
12/16/2563	12	12	19	0.37	0.37	0.59	0.40	0.40	0.63
12/17/2563	10	10	25	0.31	0.31	0.77	0.33	0.33	0.83
12/18/2563	13	13	25	0.40	0.40	0.77	0.43	0.43	0.83
12/19/2563	13	13	25	0.40	0.40	0.77	0.43	0.43	0.83
12/20/2563	15	15	25	0.46	0.46	0.77	0.50	0.50	0.83
12/21/2563	16	16	24	0.49	0.49	0.74	0.53	0.53	0.80
12/22/2563	16	16	19	0.49	0.49	0.59	0.53	0.53	0.63
12/23/2563	12	12	25	0.37	0.37	0.77	0.40	0.40	0.83
12/24/2563	10	10	25	0.31	0.31	0.77	0.33	0.33	0.83
12/25/2563	10	10	25	0.31	0.31	0.77	0.33	0.33	0.83
12/26/2563	13	13	22	0.40	0.40	0.68	0.43	0.43	0.73
12/27/2563	10	10	25	0.31	0.31	0.77	0.33	0.33	0.83
12/28/2563	13	13	25	0.40	0.40	0.77	0.43	0.43	0.83
12/29/2563	10	10	22	0.31	0.31	0.68	0.33	0.33	0.73
12/30/2563	13	13	29	0.40	0.40	0.90	0.43	0.43	0.97
12/31/2563	13	13	25	0.40	0.40	0.77	0.43	0.43	0.83
1/1/2564	13	15	15	0.40	0.46	0.46	0.43	0.50	0.50
1/2/2564	15	15	25	0.46	0.46	0.77	0.50	0.50	0.83
1/3/2564	18	18	25	0.56	0.56	0.77	0.60	0.60	0.83
1/4/2564	11	11	22	0.34	0.34	0.68	0.37	0.37	0.73
1/5/2564	10	10	25	0.31	0.31	0.77	0.33	0.33	0.83
1/6/2564	11	11	22	0.34	0.34	0.68	0.37	0.37	0.73
1/7/2564	13	13	25	0.40	0.40	0.77	0.43	0.43	0.83
1/8/2564	14	14	29	0.43	0.43	0.90	0.47	0.47	0.97
1/9/2564	19	19	13	0.59	0.59	0.40	0.63	0.63	0.43
1/10/2564	12	12	25	0.37	0.37	0.77	0.40	0.40	0.83
1/11/2564	9	9	29	0.28	0.28	0.90	0.30	0.30	0.97
1/12/2564	11	11	13	0.34	0.34	0.40	0.37	0.37	0.43
1/13/2564	14	14	25	0.43	0.43	0.77	0.47	0.47	0.83
1/14/2564	14	14	29	0.43	0.43	0.90	0.47	0.47	0.97
1/15/2564	10	10	25	0.31	0.31	0.77	0.33	0.33	0.83
1/16/2564	14	14	22	0.43	0.43	0.68	0.47	0.47	0.73
1/17/2564	16	16	22	0.49	0.49	0.68	0.53	0.53	0.73
1/18/2564	14	14	29	0.43	0.43	0.90	0.47	0.47	0.97
1/19/2564	10	10	30	0.31	0.31	0.93	0.33	0.33	1.00
1/20/2564	13	13	25	0.40	0.40	0.77	0.43	0.43	0.83
1/21/2564	13	13	26	0.40	0.40	0.80	0.43	0.43	0.87
1/22/2564	11	15	24	0.34	0.46	0.74	0.37	0.50	0.80
1/23/2564	12	11	25	0.37	0.34	0.77	0.40	0.37	0.83
1/24/2564	12	12	25	0.37	0.37	0.77	0.40	0.40	0.83

ดินเหนียว				ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
วัน/เดือน/ปี	อัตราการไหลของน้ำ			$QI/(A*H*s)$	$QI/(A*H*s)$	$QI/(A*H*s)$	$v=ki$	$v=ki$	$v=ki$
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	k1	k2	k3	v1	v2	v3
1/25/2564	13	15	26	0.40	0.46	0.80	0.43	0.50	0.87
1/26/2564	14	16	25	0.43	0.49	0.77	0.47	0.53	0.83
1/27/2564	15	12	24	0.46	0.37	0.74	0.50	0.40	0.80
1/28/2564	12	13	23	0.37	0.40	0.71	0.40	0.43	0.77
1/29/2564	13	11	22	0.40	0.34	0.68	0.43	0.37	0.73
1/30/2564	15	12	21	0.46	0.37	0.65	0.50	0.40	0.70
1/31/2564	14	13	25	0.43	0.40	0.77	0.47	0.43	0.83
2/1/2564	12	11	26	0.37	0.34	0.80	0.40	0.37	0.87
2/2/2564	11	12	20	0.34	0.37	0.62	0.37	0.40	0.67
2/3/2564	13	15	23	0.40	0.46	0.71	0.43	0.50	0.77
2/4/2564	12	14	22	0.37	0.43	0.68	0.40	0.47	0.73
2/5/2564	14	14	23	0.43	0.43	0.71	0.47	0.47	0.77
2/6/2564	11	13	25	0.34	0.40	0.77	0.37	0.43	0.83
2/7/2564	13	15	24	0.40	0.46	0.74	0.43	0.50	0.80
2/8/2564	15	16	26	0.46	0.49	0.80	0.50	0.53	0.87
2/9/2564	16	14	25	0.49	0.43	0.77	0.53	0.47	0.83
				รวมค่าเฉลี่ย			0.42	0.43	0.78

ตารางแสดงปริมาณน้ำที่ไหลในดินเหนียว ของการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และความเร็วในการไหลของน้ำมีค่าเฉลี่ย ดังนี้

- 1) รูปแบบที่ 1 (ท่อนีโอเดรนพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์) ในดินเหนียว มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.42 เมตร/นาที่
- 2) รูปแบบที่ 2 (ท่อนีโอเดรนและหินกรวดพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์) ในดินเหนียว ความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.43 เมตร/นาที่
- 3) รูปแบบที่ 3 (ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง) ในดินเหนียว ความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.78 เมตร/นาที่

ดินร่วน				ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
วัน/เดือน/ปี	อัตราการไหลของน้ำ			Q/(A*H*s)	Q/(A*H*s)	Q/(A*H*s)	v=ki	v=ki	v=ki
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	k1	k2	k3	v1	v2	v3
12/12/2563	15	15	20	0.46	0.46	0.62	0.50	0.50	0.67
12/13/2563	14	14	19	0.43	0.43	0.59	0.47	0.47	0.63
12/14/2563	15	15	18	0.46	0.46	0.56	0.50	0.50	0.60
12/15/2563	16	16	19	0.49	0.49	0.59	0.53	0.53	0.63
12/16/2563	12	12	16	0.37	0.37	0.49	0.40	0.40	0.53
12/17/2563	14	14	24	0.43	0.43	0.74	0.47	0.47	0.80
12/18/2563	14	14	21	0.43	0.43	0.65	0.47	0.47	0.70
12/19/2563	12	12	20	0.37	0.37	0.62	0.40	0.40	0.67
12/20/2563	14	14	23	0.43	0.43	0.71	0.47	0.47	0.77
12/21/2563	15	15	21	0.46	0.46	0.65	0.50	0.50	0.70
12/22/2563	14	14	16	0.43	0.43	0.49	0.47	0.47	0.53
12/23/2563	14	12	24	0.43	0.37	0.74	0.47	0.40	0.80
12/24/2563	12	14	21	0.37	0.43	0.65	0.40	0.47	0.70
12/25/2563	14	15	22	0.43	0.46	0.68	0.47	0.50	0.73
12/26/2563	15	14	24	0.46	0.43	0.74	0.50	0.47	0.80
12/27/2563	14	14	20	0.43	0.43	0.62	0.47	0.47	0.67
12/28/2563	14	14	28	0.43	0.43	0.86	0.47	0.47	0.93
12/29/2563	14	14	24	0.43	0.43	0.74	0.47	0.47	0.80
12/30/2563	14	14	20	0.43	0.43	0.62	0.47	0.47	0.67
12/31/2563	14	14	29	0.43	0.43	0.90	0.47	0.47	0.97
1/1/2564	12	12	28	0.37	0.37	0.86	0.40	0.40	0.93
1/2/2564	14	14	14	0.43	0.43	0.43	0.47	0.47	0.47
1/3/2564	14	14	24	0.43	0.43	0.74	0.47	0.47	0.80
1/4/2564	13	13	20	0.40	0.40	0.62	0.43	0.43	0.67
1/5/2564	17	17	24	0.52	0.52	0.74	0.57	0.57	0.80
1/6/2564	15	15	20	0.46	0.46	0.62	0.50	0.50	0.67
1/7/2564	15	14	24	0.46	0.43	0.74	0.50	0.47	0.80
1/8/2564	14	18	20	0.43	0.56	0.62	0.47	0.60	0.67
1/9/2564	18	16	20	0.56	0.49	0.62	0.60	0.53	0.67
1/10/2564	16	12	25	0.49	0.37	0.77	0.53	0.40	0.83
1/11/2564	12	12	28	0.37	0.37	0.86	0.40	0.40	0.93
1/12/2564	12	14	12	0.37	0.43	0.37	0.40	0.47	0.40
1/13/2564	14	11	25	0.43	0.34	0.77	0.47	0.37	0.83
1/14/2564	11	13	28	0.34	0.40	0.86	0.37	0.43	0.93
1/15/2564	13	11	24	0.40	0.34	0.74	0.43	0.37	0.80
1/16/2564	11	15	20	0.34	0.46	0.62	0.37	0.50	0.67
1/17/2564	15	14	20	0.46	0.43	0.62	0.50	0.47	0.67
1/18/2564	14	15	29	0.43	0.46	0.90	0.47	0.50	0.97
1/19/2564	15	13	30	0.46	0.40	0.93	0.50	0.43	1.00
1/20/2564	13	14	32	0.40	0.43	0.99	0.43	0.47	1.07
1/21/2564	14	12	34	0.43	0.37	1.05	0.47	0.40	1.13
1/22/2564	12	11	28	0.37	0.34	0.86	0.40	0.37	0.93
1/23/2564	11	12	28	0.34	0.37	0.86	0.37	0.40	0.93
1/24/2564	14	11	24	0.43	0.34	0.74	0.47	0.37	0.80

ดินร่วน				ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
วัน/เดือน/ปี	อัตราการไหลของน้ำ			$QV/(A \cdot H \cdot s)$	$QV/(A \cdot H \cdot s)$	$QV/(A \cdot H \cdot s)$	$v=ki$	$v=ki$	$v=ki$
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	k1	k2	k3	v1	v2	v3
1/25/2564	16	17	24	0.49	0.52	0.74	0.53	0.57	0.80
1/26/2564	15	16	23	0.46	0.49	0.71	0.50	0.53	0.77
1/27/2564	13	13	25	0.40	0.40	0.77	0.43	0.43	0.83
1/28/2564	12	14	26	0.37	0.43	0.80	0.40	0.47	0.87
1/29/2564	11	11	28	0.34	0.34	0.86	0.37	0.37	0.93
1/30/2564	13	12	26	0.40	0.37	0.80	0.43	0.40	0.87
1/31/2564	12	13	23	0.37	0.40	0.71	0.40	0.43	0.77
2/1/2564	14	12	25	0.43	0.37	0.77	0.47	0.40	0.83
2/2/2564	15	14	19	0.46	0.43	0.59	0.50	0.47	0.63
2/3/2564	11	16	20	0.34	0.49	0.62	0.37	0.53	0.67
2/4/2564	13	17	29	0.40	0.52	0.90	0.43	0.57	0.97
2/5/2564	12	15	22	0.37	0.46	0.68	0.40	0.50	0.73
2/6/2564	16	15	20	0.49	0.46	0.62	0.53	0.50	0.67
2/7/2564	15	14	18	0.46	0.43	0.56	0.50	0.47	0.60
2/8/2564	14	16	22	0.43	0.49	0.68	0.47	0.53	0.73
2/9/2564	15	15	24	0.46	0.46	0.74	0.50	0.50	0.80
ค่ารวมเฉลี่ย							0.55	0.56	0.81

ตารางแสดงปริมาณน้ำที่ไหลในดินร่วน ของการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และความเร็วในการไหลของน้ำมีค่าเฉลี่ย ดังนี้

- 1) รูปแบบที่ 1 (ท่อไนโอเดรนพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์) ในดินร่วน มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.55 เมตร/นาที่
- 2) รูปแบบที่ 2 (ท่อไนโอเดรนและหินกรวดพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์) ในดินร่วน ความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.56 เมตร/นาที่
- 3) รูปแบบที่ 3 (ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง) ในดินร่วน ความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 0.81 เมตร/นาที่

ดินทราย				ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
วัน/เดือน/ปี	อัตราการไหลของน้ำ			Q/(A*H*s)	Q/(A*H*s)	Q/(A*H*s)	v=ki	v=ki	v=ki
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	k1	k2	k3	v1	v2	v3
12/12/2563	30	30	30	0.93	0.93	0.93	1.00	1.00	1.00
12/13/2563	31	31	29	0.96	0.96	0.90	1.03	1.03	0.97
12/14/2563	33	33	31	1.02	1.02	0.96	1.10	1.10	1.03
12/15/2563	29	29	29	0.90	0.90	0.90	0.97	0.97	0.97
12/16/2563	35	35	30	1.08	1.08	0.93	1.17	1.17	1.00
12/17/2563	34	34	30	1.05	1.05	0.93	1.13	1.13	1.00
12/18/2563	35	35	30	1.08	1.08	0.93	1.17	1.17	1.00
12/19/2563	36	36	27	1.11	1.11	0.83	1.20	1.20	0.90
12/20/2563	33	33	34	1.02	1.02	1.05	1.10	1.10	1.13
12/21/2563	30	30	33	0.93	0.93	1.02	1.00	1.00	1.10
12/22/2563	31	31	31	0.96	0.96	0.96	1.03	1.03	1.03
12/23/2563	35	35	30	1.08	1.08	0.93	1.17	1.17	1.00
12/24/2563	34	34	30	1.05	1.05	0.93	1.13	1.13	1.00
12/25/2563	30	30	34	0.93	0.93	1.05	1.00	1.00	1.13
12/26/2563	31	31	31	0.96	0.96	0.96	1.03	1.03	1.03
12/27/2563	34	34	29	1.05	1.05	0.90	1.13	1.13	0.97
12/28/2563	35	35	34	1.08	1.08	1.05	1.17	1.17	1.13
12/29/2563	34	34	31	1.05	1.05	0.96	1.13	1.13	1.03
12/30/2563	35	35	29	1.08	1.08	0.90	1.17	1.17	0.97
12/31/2563	36	36	34	1.11	1.11	1.05	1.20	1.20	1.13
1/1/2564	36	33	31	1.11	1.02	0.96	1.20	1.10	1.03
1/2/2564	33	33	29	1.02	1.02	0.90	1.10	1.10	0.97
1/3/2564	35	35	33	1.08	1.08	1.02	1.17	1.17	1.10
1/4/2564	34	34	34	1.05	1.05	1.05	1.13	1.13	1.13
1/5/2564	30	30	33	0.93	0.93	1.02	1.00	1.00	1.10
1/6/2564	31	31	31	0.96	0.96	0.96	1.03	1.03	1.03
1/7/2564	34	34	29	1.05	1.05	0.90	1.13	1.13	0.97
1/8/2564	36	36	31	1.11	1.11	0.96	1.20	1.20	1.03
1/9/2564	33	33	29	1.02	1.02	0.90	1.10	1.10	0.97
1/10/2564	35	35	31	1.08	1.08	0.96	1.17	1.17	1.03
1/11/2564	34	34	29	1.05	1.05	0.90	1.13	1.13	0.97
1/12/2564	30	30	34	0.93	0.93	1.05	1.00	1.00	1.13
1/13/2564	30	30	33	0.93	0.93	1.02	1.00	1.00	1.10
1/14/2564	34	34	33	1.05	1.05	1.02	1.13	1.13	1.10
1/15/2564	30	30	34	0.93	0.93	1.05	1.00	1.00	1.13
1/16/2564	33	33	31	1.02	1.02	0.96	1.10	1.10	1.03
1/17/2564	34	34	29	1.05	1.05	0.90	1.13	1.13	0.97
1/18/2564	35	35	29	1.08	1.08	0.90	1.17	1.17	0.97
1/19/2564	34	34	33	1.05	1.05	1.02	1.13	1.13	1.10
1/20/2564	35	35	34	1.08	1.08	1.05	1.17	1.17	1.13
1/21/2564	33	36	34	1.02	1.11	1.05	1.10	1.20	1.13
1/22/2564	33	33	34	1.02	1.02	1.05	1.10	1.10	1.13
1/23/2564	34	33	32	1.05	1.02	0.99	1.13	1.10	1.07
1/24/2564	34	34	34	1.05	1.05	1.05	1.13	1.13	1.13

วัน/เดือน/ปี	ดินทราย			ค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน			ความเร็วในการไหล		
	อัตราการไหลของน้ำ			QI/(A*H*s)	QI/(A*H*s)	QI/(A*H*s)	v=ki	v=ki	v=ki
	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	k1	k2	k3	v1	v2	v3
1/25/2564	32	32	32	0.99	0.99	0.99	1.07	1.07	1.07
1/26/2564	31	33	33	0.96	1.02	1.02	1.03	1.10	1.10
1/27/2564	30	35	35	0.93	1.08	1.08	1.00	1.17	1.17
1/28/2564	34	36	36	1.05	1.11	1.11	1.13	1.20	1.20
1/29/2564	33	32	32	1.02	0.99	0.99	1.10	1.07	1.07
1/30/2564	35	33	33	1.08	1.02	1.02	1.17	1.10	1.10
1/31/2564	31	34	34	0.96	1.05	1.05	1.03	1.13	1.13
2/1/2564	32	34	34	0.99	1.05	1.05	1.07	1.13	1.13
2/2/2564	33	33	33	1.02	1.02	1.02	1.10	1.10	1.10
2/3/2564	30	30	30	0.93	0.93	0.93	1.00	1.00	1.00
2/4/2564	34	31	31	1.05	0.96	0.96	1.13	1.03	1.03
2/5/2564	33	27	27	1.02	0.83	0.83	1.10	0.90	0.90
2/6/2564	32	28	28	0.99	0.86	0.86	1.07	0.93	0.93
2/7/2564	30	27	27	0.93	0.83	0.83	1.00	0.90	0.90
2/8/2564	31	26	26	0.96	0.80	0.80	1.03	0.87	0.87
2/9/2564	32	32	32	0.99	0.99	0.99	1.07	1.07	1.07
ค่าเฉลี่ย							1.10	1.09	1.05

ตารางแสดงปริมาณน้ำที่เหลือในดินทราย ของการทดลองทั้ง 3 รูปแบบ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านดิน และความเร็วในการไหลของน้ำมีค่าเฉลี่ย ดังนี้

- 1) รูปแบบที่ 1 (ท่อนีโอเดรนพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์) ในดินทราย มีความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.10 เมตร/นาที่
- 2) รูปแบบที่ 2 (ท่อนีโอเดรนและหินกรวดพันด้วยผ้าจีโอเทคไทล์) ในดินทราย ความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.09 เมตร/นาที่
- 3) รูปแบบที่ 3 (ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง) ในดินทราย ความเร็วในการไหลโดยเฉลี่ย 1.05 เมตร/นาที่

ภาคผนวก ข
งบประมาณการจัดทำการทดลอง

งบประมาณที่ใช้ในการทำการทดลอง

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา / หน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
1	ท่อניโอเดรน	8	เมตร	12.00	96.00
2	ท่อสับซอยหรือท่อระบายน้ำแบบสปริง	5	เมตร	180.00	900.00
3	ผ้าจีโอเทคไทล์	6	เมตร	40.00	240.00
4	ผ้าใบบ่อปลากันน้ำรั่ว	10	เมตร	30.00	300.00
5	ไม้อัดดำ ขนาด 1.20x2.40 หน้า 10 มม.	4	แผ่น	350.00	1,400.00
6	ทราย	1	ลบ.ม	550.00	550.00
7	ดิน	80	ถุง	12.00	960.00
8	หญ้ามาเลเซีย	7	เมตร	20.00	140.00
9	หิน	4	ถุง	45.00	180.00
10	ค่าอุปกรณ์เบ็ดเตล็ด	-	-	-	500.00
11	ค่าจัดทำรูปเล่ม	-	-	-	500.00
12	ค่าเดินทาง	-	-	-	500.00
ราคารวม					6,266.00

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ นางสาวพริชญณ์ พิมพา

เกิด 7 ตุลาคม 2540



การศึกษา

ปีการศึกษา 2545	จบการศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนซอยแอนเน็กซ์ กรุงเทพมหานคร
ปีการศึกษา 2548	จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย กรุงเทพมหานคร
ปีการศึกษา 2551	จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย กรุงเทพมหานคร
ปีการศึกษา 2563	จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีภูมิทัศน์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและภูมิทัศน์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สถานที่ติดต่อ 508/1 พหลโยธิน 58 เขตสายไหม แขวงสายไหม
กรุงเทพมหานคร 10220
โทรศัพท์ : 08 7972 8765
E - mail : pp.now40@gmail.com

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ นายสรศักดิ์ พันธุ์จำปี
เกิด 10 พฤศจิกายน 2540



การศึกษา

ปีการศึกษา 2553	จบการศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนอิสลามศรีอยุธยามูลนิธิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ปีการศึกษา 2556	จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนอิสลามศรีอยุธยามูลนิธิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ปีการศึกษา 2559	จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนอิสลามศรีอยุธยามูลนิธิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ปีการศึกษา 2563	จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีภูมิทัศน์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชและภูมิทัศน์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สถานที่ติดต่อ 74/3 หมู่ 2 ตำบลสามกอ อำเภอเสนา
จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13110
โทรศัพท์ : 09 3920 3011
E-mail : sorasakpan240@gmail.com