การหาค่าการซึมได้ของน้ำในพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่

Determination of water infiltration in bioretention with double-ring infiltrometer

ณัฐพล นุตระ[1,*] จุฬาลักษณ์ วณิชยาไพสิฐ[2] ดำรงศักดิ์ รินชุมภู[3] พีรวัฒน์ ปลาเงิน[3] และชูโชค อายุพงศ์[3]

[1] นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย
[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย
[3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย
*Corresponding author; E-mail address: natthaphon_nuttara@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาที่ดินที่เพิ่มมากขึ้นทำให้พื้นผิวพรุนน้ำตามธรรมชาติลดลงส่งผลต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมขังหรือน้ำไหลนองในพื้นที่เขตเมืองเกิดขึ้นบ่อยครั้งและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ส่งเสริมให้เกิดการออกแบบพื้นที่ว่างเพื่อเพิ่มศักยภาพในการลดการไหลนอง โดยการเพิ่มการซึมได้ของน้ำลงไปในชั้นดิน พื้นที่ลักษณะนี้จะเรียกว่าพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพ อย่างไรก็ตามเพื่อให้สามารถวัดค่าความสามารถในการซึมได้ของพื้นที่ดังกล่าวจึงมีความจำเป็นจะต้องหาวิธีการทดลองในสนาม ซึ่งจากการสืบค้นเบื้องต้นพบว่าเคยมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่เพื่อวัดการซึมได้ของดินทางการเกษตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการทดลองใช้อุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่มาทดสอบความสามารถในการรองรับน้ำฝนของพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพในภาคสนาม โดยผลการศึกษาพบว่าจากการเก็บข้อมูลอัตราการซึมพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ทั้งสิ้น 4 ครั้งแตกต่างกันใน 4 เดือน ได้แก่เดือน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคมและกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลตามความสะดวกแบบสุ่ม จากการศึกษาพบว่า ได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือเดือนตุลาคมและเดือนกุมภาพันธ์มีค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมอยู่ที่ 8.00 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงมีพฤติกรรมเหมือนดินทรายและกลุ่มที่ 2 คือเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมอยู่ที่ 30.6 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง มีพฤติกรรมเหมือนดินร่วนปนดินเหนียว ผลการศึกษาในครั้งนี้นอกจากสามารถคำนวณค่าอัตราการซึมได้แล้วยังพิสูจน์ว่าสามารถใช้อุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่มาประยุกต์ใช้ในการหาประสิทธิภาพของการออกแบบพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพได้ ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการสนับสนุนการออกแบบพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพเพื่อช่วยลดปัญหาการเกิดน้ำท่วมในเขตเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: พื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพ, อุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่, ค่าอัตราการไหลซึม

Abstract

The increasing land developments have reduced the natural surface porosity, leading to more frequent and severe flooding or runoff in urban areas. Therefore, encourage the design of empty spaces to increase the potential to reduce flooding by increasing water infiltration into the soil layer. This type of area is known as bioretention. However, to measure the area's infiltration, it is necessary to find a proper field experiment. A preliminary investigation found that agriculture uses the double-ring infiltrometer for infiltration measurements. Therefore, this research is an experiment to measure the water seepage rate of a double-ring infiltrometer to test the ability to support rainwater of bioretention in the field. The results demonstrated that a random convenient collection data from collecting infiltration data of bioretention in Muang District, Chiang Mai Province 4 times, differing in 4 months, including October, November, December, and February. The study found that The data were divided into October and February, with an average seepage rate of 8.0 mm/h, behaving like sandy soil. In November and December, the second group had an average seepage rate of 30.6 mm/h. behaves like clay loam. In addition to calculating the filtration rate, the results of this study also proved that the double-ring infiltrometer seepage rate measurement device could be applied to determine the efficiency of the design of the bioretention. This research will help support the design of bioretention to reduce the problem of flooding in urban areas effectively.

Keywords: bioretention, double-ring infiltrometer, infiltration

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันพื้นที่บริเวณชุมชนเขตเมืองได้มีการพัฒนาในพื้นที่เมืองนั้นมีประชากรเป็นจำนวนมากจะทำให้เมืองเกิดการขยายตัวและทำพื้นที่ส่วนใหญ่ของเมืองใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นที่พักอาศัย อาคารพาณิช การถมที่เพื่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ หรือเป็นหมู่บ้านจัดสรร เส้นทางระบายน้ำอาจถูกกลบทับกลายเป็นเส้นทางจราจรแทน และปริมาณต้นไม้ในเมืองก็จะลดน้อยลง บางพื้นที่นั้นจึงกลายเป็นวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น คอนกรีต ยางมะตอยหรือวัสดุที่ทำให้น้ำซึมผ่านไม่ได้ จึงทำให้พื้นที่บริเวณนั้นเป็นพื้นที่ทึบน้ำ และในบางพื้นที่ที่เป็นเขตเมืองเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้นขยะมูลฝอยก็จะมากขึ้น ในบางพื้นที่ทิ้งขยะไม่ถูกที่ ทิ้งขยะไม่ลงถังขยะ ไม่คัดแยกขยะ ทำให้ขยะสะสมอุดตันตามท่อระบายน้ำต่างๆ เมื่อมีฝนตกลงมาในปริมาณมากทำให้เกิดน้ำฝนไหลนอง (stormwater runoff) และขยะอุดตันท่อจะทำให้การระบายน้ำไม่สามารถระบายได้ทัน [1]

เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้มีแนวคิดการออกแบบพื้นที่ที่เหลือบางส่วนให้กลายเป็น พื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพ เพื่อลดการไหลนองของน้ำในเขตชุมชนเมืองและเพื่อเป็นการลดมลภาวะที่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นปัญหาจากคุณภาพน้ำผิวดิน ทำให้ต้องออกแบบพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพนั้นให้เป็นพื้นที่ที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติที่เดิมมีอยู่แล้วเช่น ดินเดิม หรือวัสดุจากธรรมชาติที่หาได้จากพื้นที่นั้นๆ ซึ่งการออกแบบในลักษณะนี้ยังต้องการรูปแบบของการทวนสอบในพื้นที่จริงหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ โดยปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้วัดค่าอัตราการซึมได้ของน้ำอย่างเฉพาะเจาะจง งานวิจัยนี้จึงทำการทดลองประยุกต์ใช้อุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่มาใช้ในการวัดค่าอัตราการซึมของดินในภาคสนาม ซึ่งผลการศึกษาจะสามารถใช้เป็นทางเลือกในการทวนสอบค่าความสามารถในการวัดค่าอัตราการซึมได้ของน้ำอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีอุทกวิทยา (hydrology)

น้ำเป็นสิ่งที่อยู่คู่กับโลกมาเป็นเวลานานไม่มีจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุด น้ำฝนหรือหยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมา(precipitation) ไหลลงในน้ำในแม่น้ำลำธาร (surface runoff) เมื่อน้ำจากแม่น้ำลำธารละเหยจะกลายเป็นไอ (evaporation) เมื่อไอลอยขึ้นสูงจะกลายเป็นก้อนเมฆ เมื่อเมฆรวมตัวกันมากๆและมีความกดอากาศ เมฆเหล่านั้นจะกลั่นตัวรวมกันเป็นน้ำตกลงมากลายเป็นน้ำฝนอีกครั้ง ส่วนน้ำบางส่วนที่อยู่บนผิวดินจะซึมลงดิน (infiltration) ไหลรวมกันจนเป็นน้ำใต้ดิน (groundwater) และจะไหลช้าๆ ลงสู่แม่น้ำลำธารหรือลงทะเลต่อไปเกิดเป็นการหมุนเวียนและเคลื่อนที่แบบนี้เรื่อยไปกลายเป็นวัฏจักรของน้ำหรือวงจารทางอุทกวิทยา แต่ละพื้นที่จะมีวัฏจักรของน้ำที่ไหมเหมือนกันขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและลักษณะภูมิอากาศ เมื่อศึกษาระบบเปิด (open system) ของพื้นที่ใดๆแล้ว สมดุลของน้ำสามารถเขียนเป็นสมการสมดุลของน้ำได้ดังแสดงในสมการที่ (1) [2]

$$P = Q + G + E + T + I + S \qquad (1)$$

โดยที่ P คือ ปริมาณน้ำฝน, Q คือปริมาณน้ำท่าผิวดิน, G คือปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงใต้ดิน, E คือปริมาณการระเหยของน้ำบนผิวดิน, T คือปริมาณการคายน้ำของพืช, S คือปริมาณน้ำที่เปลี่ยนแปลงบนผิวดิน

เมื่อเข้าใจหลักการสมดุลของน้ำแล้วสามารถประยุกต์หลักการนี้กับการออกแบบพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่และพื้นที่รับน้ำในเขตเมือง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความเสียหายของน้ำฝนไหลนองในเขตเมืองต่อไป

2.2 น้ำฝนไหลนอง (Stormwater runoff)

เพื่อเป็นการออกแบบพื้นที่รับน้ำในเขตชุมชนเมืองเรื่องที่สำคัญในการออกแบบคือการคำนวณปริมาณน้ำฝนให้ถูกต้องแม่นยำ แต่ในความเป็นจริงแล้วการคำนวณปริมาณน้ำฝนให้ถูกต้องแม่นยำนั้นเป็นเรื่องที่ยากมาก แต่ละเดือนแต่ละปีฝนจะตกไม่เมือนกัน ต่างพื้นที่ ต่างสภาพอากาศฝนก็จะตกไม่เท่ากัน ในปัจจุบันนั้นจำเป็นที่จะต้องพึงพาการเก็บข้อมูลน้ำฝนที่เป็นสถิติหลายๆปี มาใช้ในการออกแบบ เพราะว่าจะออกแบบจะต้องใช้ข้อมูลน้ำฝนในช่วงเวลา และสภาพอากาศนั้นๆของหลายๆปี มาใช้ออกแบบจะทำให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยการคิดปริมาณน้ำฝนไหลนองนั้นจะมีหลักการคิดหลักๆ 2 แบบ คือ ในหลักการคิดแบบแรก จะคิดว่าน้ำฝนไหลนองจะมีความสัมพันธ์กับน้ำฝนโดยตรงนั่นคือปริมาณน้ำฝนไหลนองจะเท่ากับปริมาณฝนที่ตกลงมา และแบบที่ 2 ปริมาณน้ำฝนไหลนองจะถูกหักออกด้วยปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน ที่กักเก็บอยู่บนผิวดินและปริมาณน้ำที่ระเหยจากการคายน้ำของพืชและผิวดิน [3]

ในปัจจุบันก็ยังมีการหาวิธีที่จะพัฒนาและยังคิดค้นวิธีใหม่ๆในการคำนวณปริมาณน้ำไหลนองให้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น แต่วิธีนี้เป็นวิธีที่คำนวณแค่น้ำที่ไหลบนผิวดิน แต่ในปัจจุบันยังมีการค้นพบว่าปริมาณน้ำที่ซึมลงดินมีส่วนสำคัญอย่างมากในการพัฒนาวิธีหาค่าการไหลนองที่ถูกต้องแม่นยำขึ้นเพื่อใช้ในการออกแบบพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพต่อไปในอนาคต

2.3 การซึมน้ำ (infiltration)

เมื่อน้ำที่ไหลอยู่บนดินหรือน้ำท่า (surface runoff) อยู่บนดินเป็นระยะเวลานึงน้ำจะค่อยๆสะสมอยู่ตามผิวดินเป็นความชื้นผิวดิน (soil moisture) และเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นน้ำที่ถูกผิวดินกักเก็บไว้ก็จะไหลลงดินไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก (deep seepage หรือ percolation) จนในสุดท้ายน้ำเหล่านี้ก็จะมารวมตัวกันกลายเป็นน้ำใต้ดิน (ground water) [4]

อัตราการซึมบนผิวดิน หมายถึงการที่น้ำบนดินซึมลงดินโดยที่วัดเป็นความลึกหน่วยเป็นเป็นมิลลิเมตรในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยปกติแล้วมักจะใช้หน่วยเป็นชั่วโมง ในช่วงแรกๆของการซึมมักจะมีอัตราการซึมที่สูง เนื่องจากดินยังไม่อิ่มไปด้วยน้ำนั่นคือมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินอยู่มาก น้ำจะค่อยๆไหลซึมลงดินไปตามแรงดึงดูดของโลก เมื่อเวลาผ่านไประยะนึงดินเริ่มอิ่มไปด้วยน้ำหมายความว่าช่องว่างระหว่างเม็ดดินนั้นมีน้ำอยู่จากการซึมในตอนแรกทำให้อัตราการซึมนั้นน้อยลงจนดินอิ่มตัวในที่สุดจะทำให้อัตราการซึมนั้นคงที่ หรือเรียกอีกอย่างนึงว่า อัตราการไหลซึมพื้นฐาน (basic infiltration rate) ค่าอัตราการซึมพื้นฐานนี้นั้นดินแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าอัตราการซึมของดินแต่ละชนิด [5]

ชนิดดิน	อัตราการซึม (มม./ชม)
ทราย (อัตราการซึมสูง)	มากกว่า 30
ดินร่วนปนทราย	20 – 30
ดินร่วน (อัตราการซึมปานกลาง)	10 – 20
ดินร่วนปนดินเหนียว	5 – 10
ดินเหนียว (อัตราการซึมต่ำ)	1 – 5

ที่กล่าวมาข้างต้นจะเป็นการพูดถึงดินที่ไม่ได้มีการคลุมหน้าดิน แต่ถ้ามีการคลุมหน้าดินปกคลุมไปด้วยพืชหรือป่าไม้ต่างๆ อัตราการซึมของดินก็จะเพิ่มลดตามจำนวนปริมาณพืชที่ปกคลุมผิวดิน ทำให้สามารถมีอัตราการซึมมากกว่าปกติได้ถึง 3.5 เท่าหรือน้อยกว่านั้นตามจำนวนพืช

ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ซึมลงดินได้มีการประยุกต์ใช้สูตรของ Horton เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาและใช้ในการออกแบบพื้นที่รับน้ำในเขตชุมชนเมือง (bioretention) หรือ Rain garden สามารถเขียนสมการของ Horton ได้ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (2)$$

โดยที่ f_t คือ อัตราการซึมที่เวลาใดๆ (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

f_0 คือ อัตราการซึมเริ่มต้น (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

f_c คือ อัตราการซึมที่จุดสมดุล (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

k คือ ค่าคงที่ซึ่งแสดงถึงการลดลงของอัตราการซึม ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน $k = \frac{f_0 - f_c}{f_c}$

t คือ เวลา (นาที)

2.4 พื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพ (bioretention)

พื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพเป็นพื้นที่ที่ถูกออกแบบในเขตเมืองมีลักษณะคล้ายกับสวนสาธารณะทั่วไป แต่ว่าด้านใต้ผิวของสวนจะถูกออกแบบเป็นชั้นต่างๆ น้ำจะซึมจากด้านบนลงสู่ด้านล่างแล้วไหลออกสู่ทางระบายน้ำ เพื่อให้สามารถระบายน้ำที่ไหลนองอยู่ด้านบนได้ พื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพมีหน้าที่คอยชะลอน้ำไม่ให้น้ำเข้าท่วมในพื้นที่สำคัญและช่วยลดการชะล้างหรือกัดเซาะ (erosion) ที่รุนแรงเกินไปของน้ำฝนไหลนองที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่อื่นๆ เช่น ท่อระบายน้ำ หรือ บ้านเรือนต่างๆ โดยที่สวนซับน้ำนี้นั่นสามารถปรับเปรียนและประยุกต์ให้เข้ากับพื้นที่ต่างในเขตเมืองได้เป็นอย่างดี ขึ้นอยู่กับการออกแบบและยังสามารถทำให้ภูมิทัศน์ของเมืองตามรูปแบบของพื้นที่ส่งเสริมการรับน้ำในเขตเมือง (water sensitive design) นั้นสวยงามน่าสนใจและเป็นแหล่งท่องเที่ยวได้อีกด้วย

จากการทบทวนวรรณกรรม ได้ทำการศึกษาจากคู่มือการออกแบบพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพ ได้ค่าการออกแบบชั้นต่างๆไว้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความลึกของชั้นที่แนะนำในการออกแบบ [6]

ชั้นของพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพ	ความลึก (นิ้ว)
Ponding depth	0 - 24
Planting soil	6
Gravel	2 - 24

2.5 การหาค่าการซึมด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่ (Double-ring Infiltrometer)

เนื่องจากแต่ละพื้นที่ในโลกนั้นมีสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน และการใช้งานของพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่นั้นๆ นั่นคือมีหลายปัจจัยที่ทำให้ดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน การสำรวจและการศึกษาที่ผ่านมาไม่สามารถในการจำแนกดินได้ทุกพื้นที่ ทำให้ค่าคุณสมบัติของดินแต่ละที่ไม่เหมือนกันรวมไปถึงความสามารถในการซึมน้ำเช่นกัน การที่จะออกแบบพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพตามหลักการจัดการพื้นที่รับน้ำในเขตเมืองจำเป็นที่จะรู้ค่าอัตราการซึมของดินในพื้นที่นั้นๆ กระบวนการที่จะสามารถรู้ถึงอัตราการซึมหรือค่าการซึมของดินได้คือ การหาค่าการซึมด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่ ปี ค.ศ. 1940 ได้มีการใช้อุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่นี้ควบคู่กับทฤษฎีของ Horton (Horton theory) ดังรูปที่ 1 [7]

รูปที่ 1 Double-ring Infiltrometer

3. ระเบียบและวิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อทดสอบอุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่ (double-ring infiltrometer) ว่าสามารถนำมาใช้ทดสอบวัดอัตราการซึมในพื้นที่รับน้ำฝนแบบชีวภาพได้จริง ผลจากการทดลองจะถูกนำมาเฉลี่ยเพื่อเป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำนั้น โดยพื้นที่ที่ศึกษานั้นเป็นพื้นที่นึงที่มีการทำพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพขึ้นมา ในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากมีการใช้สอยพื้นที่ และเป็นเขตชุมชนหนาแน่น ทำให้มีการเปลี่ยนพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทึบน้ำ ทำให้น้ำทท่วมขังอยู่บ่อยครั้ง จึงได้มีหน่วยงานนึงได้ทำการสร้างพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพขึ้นมาเพื่อแก้ไขปัญหานี้ การศึกษานี้จะทำการวัดพื้นที่นี้เป็นเวลา 4 เดือน เดือนละ 1 ครั้ง คือเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคมและกุมภาพันธ์ เนื่องจากเป็นการเก็บข้อมูลตามความสะดวกแบบสุ่มและเป็นช่วงที่มีความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศอย่างหลากหลาย เช่น มีฝนตกเนื้องจากเป็นช่วงที่มีลมมรสุมพัดผ่าน สภาพภูมิอากาศที่หนาวเย็นและเป็นช่วงที่มีอากาศแห้ง เพื่อให้สามารถนำมาหาค่าเฉลี่ยของปริมาณการซึมได้ ค่าเฉลี่ยที่ได้นี้ก็จะเป็นตัวแทนของอัตราการซึมของพื้นที่ในปีนั้น และอัตราการซึมนี้ยังสามารถใช้ในการพัฒนาที่ดินในด้านอื่นๆได้อีก

วิธีการทดสอบเพื่อหาอัตราการซึมด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่บนสวนซับน้ำ

เมื่อได้พื้นที่ที่จะทำการทดสอบแล้วจึงติดตั้ง double-ring infiltrometer ตามมาตรฐาน ASTM D 3385-03 ลงบนพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยอุปกรณ์หลักๆของ double-ring นั้นจะประกอบไปด้วยทรงกระบอกขนาดต่างกัน 2 ชิ้น นั่นคือ 15 และ 30 เซนติเมตร โดยมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

1) นำพวกเศษหินหรือเศษขยะออกจากพื้นที่ที่จะติดตั้งอุปกรณ์ แล้วทำการนำทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร วางจากนั้นนำแผ่นรองตอก (driving plate) วางด้านบนทรงกระบอกแล้วใช้ค้อนตอกให้ทรงกระบอกจมดินลึกลงไป 10 เซนติเมตร

2) นำทรงกะบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร วางครอบทรงกระบอกอีกอัน แล้วใช้แผ่นรองวางไว้ด้านบนทรงกระบอก 30 เซนติเมตร แล้วตอกให้จมดินลึก 10 เซนติเมตร เช่นกัน ตั้งระดับนี้เป็นระดับอ้างอิง

3) จากนั้นนำเทปวัดไปติดตั้งที่ทรงกระบอกอันเล็กด้านใน แล้วหาพลาสติกมาวางที่พื้นด้านในทรงกระบอกขนาดเล็ก

4) เตรียมน้ำไว้ 25 ลิตร ที่มีคุณภาพน้ำใกล้เคียงกัน จากนั้นเทน้ำที่ลงไปในทรงกระบอกทั้ง 2 ให้ระดับน้ำอยู่ที่ 10 เซนติเมตร

5) เมื่อพร้อมบันทึกค่าการซึม ให้นำถุงพลาสติกออกสังเกตระดับน้ำในทรงกระบอกด้านใน บันทึกเวลาและระดับที่ลดลงไป ดังนี้

5.1) ใน 5 นาทีแรก ทำการบันทึกค่าการซึมทุกๆ 10 วินาที

5.2) 5 – 10 นาทีถัดไป ทำการบันทึกทุกๆ 1 นาที

5.3) 10 – 22 นาทีถัดไป ทำการบันทึกทุกๆ 2 นาที

5.4) 22 – 43 นาทีถัดไป ทำการบันทึกทุกๆ 3 นาที

5.5) 43 – 68 นาทีถัดไป ทำการบันทึกทุกๆ 10 นาที

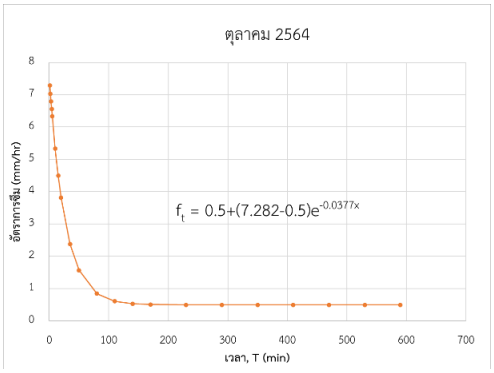
6) เมื่อระดับน้ำในถังเหลือต่ำกว่า 5 เซนติเมตร ให้เติมน้ำที่เตรียมไว้เพิ่มลงไปให้ภายในทรงกระบอกทั้ง 2 มีความสูงใกล้เคียงกัน และบันทึกระดับที่ระดับอ้างอิงอีกครั้ง

7) เมื่อบันทึกจนค่าการซึมคงที่แล้วให้หยุดการวัดแล้วเก็บอุปกรณ์ทำความสะอาดอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

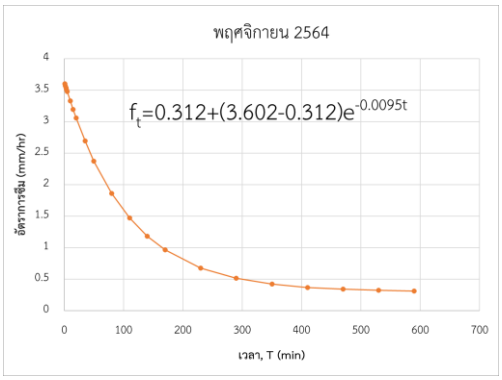
จากการทดลอง เมื่อนำค่าที่บันทึกมาพล็อตกราฟ จะได้กราฟลักษณะดังรูปที่ 2 เมื่อสังเกตจากกราฟจะได้ค่า f_c, f_0 และค่า k จะนำข้อมูลนี้ไปแทนในสมการของ Horton จะได้ค่า f_t คือค่าอัตราการซึมที่เวลาใดๆ ถ้าต้องการที่จะทราบปริมาณการซึมทั้งหมด สามารถทำการหาผลรวม (integral) สมการของ Horton จะทราบปริมาณน้ำทั้งหมดที่ซึมลงสู่พื้นดิน ปริมาณน้ำนี้จะเป็นปริมาณน้ำเฉลี่ยของฝนที่ตกในแต่ละครั้งลงบริเวณที่ทำการวัด ในการศึกษานี้จะได้ค่าอัตราการซึมของพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพนั่นเอง [8]

4. ผลการทดสอบอัตราการซึมน้ำของพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพ

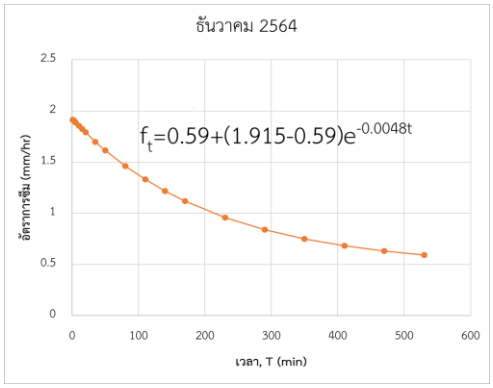
จากการทดสอบการหาค่าการซึมได้ของน้ำในพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพด้วยอุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่ที่ทำการทดสอบ 4 เดือนต่างกันมีผลการทดสอบดังนี้



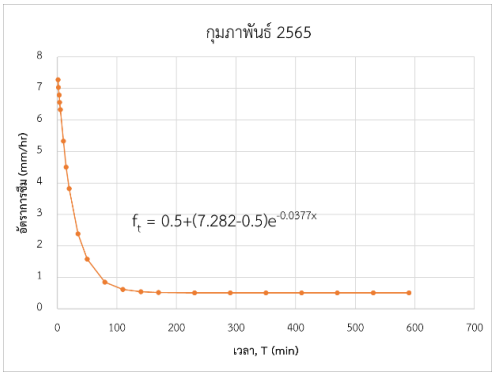
ก)



ข)



ค)



ง)

รูปที่ 2 อัตราการซึมในแต่ละเดือน

เมื่อนำกราฟจากรูปที่ 1 มาทำการหาผลรวมและทำการเฉลี่ยในของแต่ละเดือนจะได้ค่าตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยอัตราการซึมในแต่ละเดือน

เดือน	ปริมาณน้ำที่ซึม (เซนติเมตร)	ค่าเฉลี่ยของแต่ละเดือน (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยของแต่ละเดือน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)
ตุลาคม 2564	479.920	0.800	8.00
พฤศจิกายน 2564	2435.213	4.059	40.59
ธันวาคม 2564	1237.468	2.062	20.62
กุมภาพันธ์ 2565	479.841	0.800	8.00

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าข้อมูลได้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 เดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคม มีค่าอัตราการซึมเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 40.059 และ 20.62 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มเดือนตุลาคมและเดือนกุมภาพันธ์มีค่าอัตราการซึมเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 8.00 และ 8.00 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเดือนธันวาคมและเดือนพฤศจิกายนมีนัยสำคัญต่อกันและเดือนตุลาคมและเดือนกุมภาพันธ์ก็จะมีนัยสำคัญต่อกันเช่นเดียวกัน

5. สรุปและอภิปรายผลการทดสอบ

5.1 จากการทดสอบสามารถสรุปผลได้ดังนี้

จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการวัดอัตราการซึมของดินแล้วค่าอัตราการซึมของเดือนพฤศจิกายน 2564 และธันวาคม 2564 นั้นมีค่า 40.59 และ 20.62 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อนำทั้ง 2 เดือนที่มีค่ามาหาค่าเฉลี่ยจะเท่ากับ 30.60 นั่นคือเทียบเคียงกับพฤติกรรมของดินทราย (มากกว่า 30 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) แต่ว่าค่าอัตราการซึมของเดือนตุลาคม 2564 และเดือนกุมภาพันธ์ 2565 มีค่า 8.00 และ 8.00 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เท่ากัน นั่นหมายถึงดินชนิดนี้มีพฤติกรรมเป็นดินร่วนปนเหนียว (5 – 10 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง) จะเห็นได้ว่าพฤติกรรมการซึมน้ำของดินของทั้ง 2 กลุ่มนั้นได้พฤติกรรมคนละชนิดกัน แต่เมื่อดูจากปริมาณการซึมที่น้อยมากของเดือนเดือนตุลาคม 2564 และกุมภาพันธ์ 2565 ทำให้สามารถบอกได้ว่า ดินที่ได้ใช้อุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่นี้วัดนั้นเป็นดินร่วนที่มีดินเหนียวปนอยู่น้อย

5.2 อภิปรายผลการทดสอบ

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าเดือนตุลาคม 2564 และกุมภาพันธ์ 2565 มีอัตราการซึมที่น้อยมากเนื่องจากช่วงเดือนตุลาคม 2564 และกุมภาพันธ์ 2565 มีฝนตกทำให้พื้นดินบริเวณนั้นมีความชุ่มชื้นอยู่มากทำให้น้ำไม่สามารถไหลซึมลงดินได้อีก ส่วนเดือนพฤศจิกายน 2564 และเดือนธันวาคม 2564 นั้นเป็นช่วงฤดูหนาวทำให้อากาศแห้งดินบริเวณนั้นจึงมีความชื้นต่ำทำให้น้ำสามารถซึมลงดินได้ในปริมาณมากจึงทำให้มีค่าอัตราการซึมที่สูงกว่า และเนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นดินเดิมเป็นดินตามสภาพทั่วไปของพื้นที่บริเวณนั้นไม่ได้มีการปรับแต่งเพิ่มเติม จึงใช้การทดสอบนี้ในการหาประสิทธิภาพในการรับน้ำ การซึมน้ำของดินและหาชนิดของดินที่ใช้ในพื้นที่ศึกษานี้ ผลการทดลองที่ได้มานั้นเป็นเพียงแค่กระบวนการริเริ่มที่จะหาค่าอัตราการซึมของดิน ยังมีปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้อีกมากมาย ไม่ว่าจะเป็นสภาพอากาศภายนอกที่ไม่สามารถความคุมได้เต็มประสิทธิภาพของพื้นที่นั้น หรือจะเป็นเรื่องของการใช้งานในพื้นที่นั้นๆ ทำให้ต้องพัฒนาวิธีการนี้ต่อไปในอนาคต

อย่างไรก็ตามสามารถสรุปเป็นข้อบ่งชี้ที่สำคัญได้ว่าอุปกรณ์วัดอัตราการซึมน้ำแบบถังกลมคู่สามารถวัดอัตราการซึมและสามารถนำไปหาชนิดของดินของพื้นที่นั้นๆว่าเป็นดินชนิดใดได้ในเบื้องต้น เพื่อใช้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของดินในงานที่เกี่ยวข้องกับงานพื้นที่รับน้ำแบบชีวภาพได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] รพีพรรณ เจริญวงศ์, เมืองกับเรื่องน้ำท่วม:การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ฝั่งธนบุรี, in สรวลเสวนาวิทยามานุษวิยา ครั้งที่ 4/2557. 2554: คณะสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[2] ชูโชค อายุพงศ์, *Hydrologic cycle*, in *hydrology for engineering (in Thai)*. 2535: Chiang Mai University. p. 4 - 6.

[3] ธงชัย พรรณสวัสดิ์, ปริมาณน้ำฝนและการระบาย, in การออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน. 2554.

[4] ชูโชค อายุพงศ์, การซึม (*infiltration*), in *hydrology for engineering*. 2535: Chiang Mai University. p. 89 - 105.

[5] นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์, บทปฏิบัติการวิชา 02207321 การออกแบบระบบชลประทานในไร่นา. 2555: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. p. 7.

[6] ดำรงศักดิ์ รินชุมภู, การกำหนดค่าการซึมได้ของน้ำฝนไหลนองบนสวนซับน้ำฝนสำหรับงานภูมิสถาปัตยกรรม in ภูมิสถาปัตยกรรมศาสตร์. 2560, มหาวิทยาลัยศิลปากร: กรุงเทพมหานครฯ.

[7] ชูโชค อายุพงศ์, *ring infiltrometer*, in *hydrology for engineering*. 2535: Chiang Mai University. p. 91 - 92.

[8] Gregory, J., et al., *Analysis of Double-Ring Infiltration Techniques and Development of a Simple Automatic Water Delivery System.* Applied Turfgrass Science, 2005. 2.