

การใช้กันชนคาวาลาร์สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของน้ำใต้ดินเค็มในดิน Use of capillary barrier for controlling upward movement of saline groundwater in soils

วิโรจน์ ล้อมวงษ์^{1,*} และ สมใจ ยุบลชิต²

^{1,2} สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.นครราชสีมา

*Corresponding author; E-mail address: wirojlo12@gmail.com

บทคัดย่อ

กระบวนการคาวาลาร์เป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดปัญหาดินเค็ม แร่งคาวาลาร์ในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำทำให้น้ำใต้ดินเค็มเคลื่อนที่ในแนวตั้งสู่มิวดิน และเมื่อมีกระบวนการคายระเหยมากระตุ้นจึงทำให้เกิดการสะสมของความเค็มและทราบเกลือบริเวณผิวดิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ปัญหาดินเค็มครอบคลุมพื้นที่กว่า 11.5 ล้านไร่หรือร้อยละ 18 ของพื้นที่ ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่ดังกล่าวลดลง นอกจากนี้พื้นที่อีกกว่า 3 แสนไร่ถูกทิ้งร้างไม่สามารถทำกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ได้ ดังนั้น เพื่อเป็นแนวทางในการฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้ผลกระทบจากปัญหาดินเค็ม งานวิจัยนี้จึงศึกษาการป้องกันการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มด้วยการใช้กันชนคาวาลาร์ในห้องปฏิบัติการผ่านแบบจำลองการ 1 มิติ โดยจำลองชั้นดินในห้องปฏิบัติการด้วยการบดอัดดินตัวอย่างลงในหลอดอะคริลิกไซขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบ ได้แก่ 1) การทดสอบแบบที่ไม่มีกันชนแทรกในชั้นดิน และ 2) ใช้กรวดขนาด 2.38 มม. - 4.75 มม.หนา 5 ซม เป็นกันชน ระดับน้ำใต้ดินเค็มในระหว่างการทดสอบถูกควบคุมไว้คงที่ที่ระดับ 70 ซม. จากผิวดิน ความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 2 กรัมต่อลิตร และติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นไว้ 5 ตำแหน่งของหลอดตัวอย่าง จากผลการทดสอบพบว่าความชื้นจากน้ำใต้ดินเค็มภายใต้กระบวนการคาวาลาร์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นถึงผิวดินสำหรับการทดสอบที่ไม่มีกันชน แต่ความชื้นดังกล่าวไม่สามารถเคลื่อนที่ถึงผิวดินได้ในการทดสอบที่มีกันชน เนื่องจากโพรงของวัสดุที่ใช้ทำกันชนมีขนาดใหญ่กว่าดินตัวอย่าง แร่งคาวาลาร์ในชั้นกันชนจึงมีค่าค่าไม่สามารถถึงความชื้นชั้นทะลุผ่านชั้นดังกล่าวได้

คำสำคัญ: ดินเค็ม, คาวาลาร์, แร่งดิน, กันชนคาวาลาร์

Abstract

A capillary process is widely known as one of a key process inducing soil salinization. The capillary force in unsaturated soils results in upward movement of saline groundwater to the soil surface, and hence the salt concentration and salt crust can be gathered on the soil surface due to evapotranspiration process. In northeastern part of Thailand, salt-affected soils cover almost

1.78 million ha or 18% of agriculture area resulting in sharp decrease in soil productivity, vegetation cover and biodiversity. Moreover, almost 53,160 ha has led to be wasteland due to very high concentration of salt in the soils. In this study, Capillary barrier (CB) was used to prevent upward movement of saline groundwater in the soils subjected to the capillary process. Soil samples were compacted into 1-D physical model using acrylic tube with 15 cm in diameter. Two tests including 1) the soil column without CB layer, and 2) 5 cm CB-gravel layer 2.38 mm-4.75 mm diameters inserted in the soil column were performed. The saline groundwater table with NaCl concentration of 2 g/L was kept constant at 57.5 cm from soil surface. Five 5TE moisture sensors were used to demonstrate water content, salt concentration and temperature during the tests. The results showed that the movement of saline groundwater subjected to the capillary process can reach soil surface for the sample without CB layer, but cannot reach the surface for the soil column with the CB layer due to low capillary force in the CB layer.

Keywords: Soil-affected Soils, Capillary Barrier, Saline Groundwater

1. บทนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาดินเค็ม พื้นที่ดินเค็มประมาณ 17.8 ล้านไร่ หรือหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งภาค และพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายของความเค็ม อีก 19.4 ล้านไร่ [1] เนื่องจากสภาพธรณีวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเกลือหิน (หมวดหินมหาสารคาม) กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณตอนกลางของที่ราบสูงโคราช อยู่ในระดับความลึกตั้งแต่ 50 เมตร ไปจนถึง 1,000 เมตร เกลือหินนี้เป็นสาเหตุทำให้น้ำใต้ดินในระดับลึกมีความเค็มสูง ความเค็มถูกพาขึ้นมาในระดับตื้นจากการซึมขึ้นมาของน้ำใต้ดินเค็ม ซึ่งเกิดจากการละลายของเกลือที่อยู่ในเกลือหิน น้ำฝนที่ซึมลงในพื้นที่รับน้ำ (recharge area) สามารถซึมลึกถึงชั้นเกลือหิน และ

ละลายเอาเกลือไปด้วย เมื่อน้ำใต้ดินเค็มไหลซึมขึ้นมาใกล้ผิวดิน พื้นที่เกิดการไหลของน้ำ (discharge area) ซึ่งส่วนใหญ่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ในระดับตื้น (5-10 ม.) น้ำใต้ดินที่เป็นน้ำเค็มซึ่งอยู่ในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ และมีระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นจะถูกแรงคาพิลลารี (capillary force) ในชั้นดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำเหนือชั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ ดูดความชื้น และความเค็มขึ้นมาสะสมไว้ในช่องว่างและบางแห่งน้ำในดินที่เค็มจะถูกพาขึ้นมาสู่ผิวดินโดยการคายระเหย และทิ้งคราบเกลือไว้บนผิวดิน โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน มีผู้เสนอทฤษฎีการเกิดขึ้นของดินเค็มไว้หลายทฤษฎี [2-5] เสนอว่า ความเค็มเกิดจากชั้นเกลือหิน (หมวดหินมหาสารคาม) ที่ลึกลงไปอย่างน้อย 60 เมตร เกลือหินนี้เป็นสาเหตุทำให้น้ำใต้ดินในระดับลึกเค็มจัด [6] และชั้นหินเกลือของหมวดหินมหาสารคามถูกดันตัวขึ้นมาเป็นโดมเกลือ หรือแท่งเกลือ ตามแนวประาะบางของเปลือกโลก หรือรอยแตก โดยเฉพาะแนว ในทิศทาง เหนือ-ใต้ และแนว ตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณดังกล่าวพบว่ามีเกลือ อยู่ที่ระดับลึกประมาณ 70-80 เมตร และได้รับอิทธิพลของน้ำบาดาลนำพาความเค็มขึ้นสู่ผิวดิน อิทธิพลของน้ำใต้ดินเค็มที่ระดับความลึกตื้นนั้น ได้รับการยอมรับว่าส่งผลกระทบต่อพื้นที่ชลประทานของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่แห้งแล้ง และกึ่งแห้งแล้ง

จากการศึกษาของ [7] พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพ และการไหลผ่านของน้ำเค็มในดินนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของเกลือที่อยู่ภายในมวลดิน สถานะของเกลือที่อยู่ภายในมวลดินยังส่งผลต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเกลือที่ละลายจะเข้าแทรกอยู่ในช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างอนุภาคของดิน และจะมีการแตกตัวเพื่อแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation) ซึ่งจะทำให้ดินเกิดการกระจายตัวและเกิดการไฮเดรชันขึ้น ทำให้การก่อสร้างบนชั้นดินเค็มหรือมีการขุดดินในพื้นที่ดินเค็มไปใช้ในทางวิศวกรรมโยธา จำเป็นต้องทำการปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินให้ดีขึ้น วิธีการปรับปรุงดินวิธีหนึ่งที่เหมาะสมคือการผสมกับปูนซีเมนต์ เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย และกำลังอัดยังเพิ่มขึ้นในระยะสั้นอีกทั้งปูนซีเมนต์ยังเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ปูนซีเมนต์ผสมในดินที่มีสารซัลเฟตหรือคลอไรด์ผสมอยู่จะทำให้เกิดการก่อตัวของผลึกบางชนิด เรียกว่า “Highly Hydration Sole” ในช่องว่างระหว่างมวลดินของส่วนผสมระหว่างดินและซีเมนต์ ซึ่งจะทำลายโครงสร้างของส่วนผสมลงได้ ทำให้มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพดิน ปัญหาอีกอย่างคือสารแคลเซียมในปูนซีเมนต์ จะทำปฏิกิริยากับสารซัลเฟตที่มีอยู่ในดินและสารอลูมินาทั้งในดินและสารผสมเพิ่ม ก่อให้เกิดผลึกที่เรียกว่า Ettringite ผลึกนี้จะส่งผลให้ดินมีการขยายตัวสูงมากขึ้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน [8]

ดังนั้นการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจปัจจัยกระบวนการ หรือตัวแปรที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินโดยแรงคาพิลลารีซึ่งเป็นต้นเหตุของการแพร่กระจายดินเค็ม จากงานศึกษาของ [9] และ [13] ได้ศึกษาการตัดกระบวนการคาพิลลารีโดยการควบคุมความชื้นบนผิวดิน จึงเป็นประเด็นที่สนใจศึกษากระบวนการตัดกระบวนการคาพิลลารีโดยวิธีอื่น เพื่อนำไปสู่แนวทางป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็ม โดยงานวิจัยนี้จะศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำในดินภายใต้กระบวนการคาพิลลารีในห้วงปฏิบัติการ เพื่อศึกษาการตัดกระบวนการคาพิลลารีโดยการแทรกวัสดุ เพื่อเป็นกั้นชนในชั้น

ดินเพื่อลดการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มโดยวัสดุกั้นชนคือ แผ่นใยสังเคราะห์และกรวด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวัดค่าความเค็ม

โดยทั่วไปการวัดค่าความเค็มของดินจะวัดทางอ้อมด้วยการวัดค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) เรียกย่อ ๆ ว่า EC เป็นค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่สกัดจากดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (electrical conductivity at saturation extract, Ec) การวัดค่าความเค็มของดินสามารถใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity meter) เนื่องจากการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของเกลือในน้ำ การวัดค่าการนำไฟฟ้าจึงทำให้ประมาณค่าเกลือละลายในน้ำที่สกัดออกมาจากดินได้ ซึ่งจะใช้เป็นดัชนีของความเค็มดังตารางที่ 1 อย่างไรก็ตามการนำไฟฟ้าไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของเกลือในสารละลาย บอกเพียงว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของเกลือในสารละลายเท่านั้น โดยคิดเทียบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาหัววัดความเค็มในดินเพื่อความสะดวกในการวัดค่าความเค็มของดินในสนาม โดยสามารถวัดค่า EC ในดินจากสนามได้โดยตรง

ตารางที่ 1 ดินระดับความเค็มของและอิทธิพลต่อพืช [10]

| ECe (dS/m) | ปริมาณเกลือ (%) | ระดับความเค็ม | อิทธิพลต่อพืช |
|------------|-----------------|---------------|---|
| <2 | <0.1 | ไม่เค็ม | ไม่กระทบกระเทือนต่อพืช |
| 2-4 | 0.1-0.2 | เค็มเล็กน้อย | พืชที่ไวต่อความเค็มการเจริญเติบโตลดลงบ้าง |
| 4-8 | 0.2-0.4 | เค็มปานกลาง | จำกัดการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด |
| 8-16 | 0.4-0.8 | เค็มมาก | พืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ |
| >16 | >0.8 | เค็มจัด | พืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ |

2.2 กระบวนการคาพิลลารีในดิน (Capillary water in soil)

กระบวนการคาพิลลารี [11] ในดินเกิดขึ้นเหนือระดับน้ำใต้ดิน เป็นปรากฏการณ์ที่รู้จักกันเป็นอย่างดี ดังรูปที่ 2 โดยจะอธิบายในรูปของโค้งการกระจายตัวของความชื้น ซึ่งถูกเรียกว่า Capillary Moisture Distribution Curve : CMDC สังเกตได้ว่าเหนือระดับ น้ำใต้ดินจะมีช่วงอิทธิพลของแรงคาพิลลารีทำให้เกิดความชื้นเคลื่อนที่ขึ้น และยังแบ่งเป็นส่วนอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated zone) และ ส่วนเปลี่ยนผ่าน (transition zone)

แรงดึงดูดน้ำในดิน (total suction, ψ) คือ แรงดูดยึดที่ดินมีกับน้ำที่อยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน ซึ่งจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความชื้นในดินลดลง และเมื่อช่องว่างระหว่างอนุภาคดินมีขนาดเล็กลง น้ำในช่องว่างดินที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน จะอยู่ได้สถานะแรงดึงดูดที่เรียกว่า แรงดึงดูดเมทริกหรือแรงคาพิลลารี (matrix or capillary suction, $(u_a - u_w)$) และ แรงดึงดูดออสโมติก (osmotic suction, π) คือความสามารถในการดูดน้ำเข้าหา

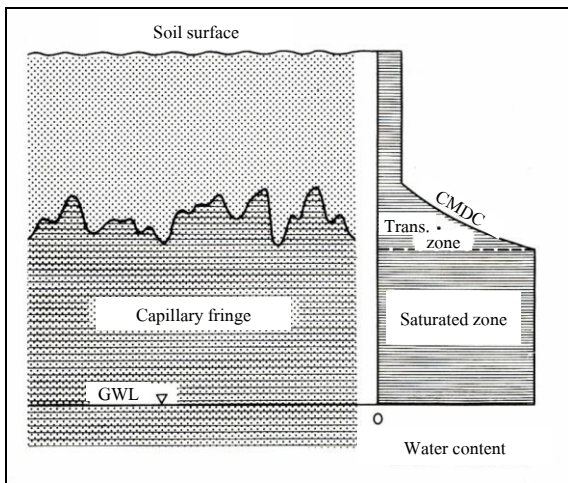
ตัวเองของดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของสารละลายเกลือของน้ำในดินด้วย โดยดินที่มีสารละลายเกลือปนอยู่ในน้ำมากความสามารถในการดูดน้ำหาตัวเองด้วยได้มากด้วย [12] ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 1 โดยที่คือ u_a แรงดันอากาศในช่องว่างดิน และคือ u_w แรงดันน้ำในดิน

$$\psi = (u_a - u_w) + \pi \quad (1)$$

โดยสามารถหาแรงดึงดูดเมทริกหรือแรงคาพิลลารีได้ด้วยหม้อแรงดัน (Pressure plate) ตามมาตรฐาน ASTM D6836-02 ทดสอบหาค่าแรงคาพิลลารี เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและแรงคาพิลลารี (Soil Water retention Characteristic Curve : SWCC)

3. วิธีดำเนินการทดลอง

การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในแนวตั้ง ภายใต้ปัจจัยทางชนิดดิน และระดับความเค็มของน้ำใต้ดิน ซึ่งได้ทำการศึกษาโดยการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่ในห้องปฏิบัติการจากการศึกษาของ [9] และ [13] การจำลองการเคลื่อนที่ในแนวตั้งภายใต้กระบวนการคาพิลลารีของน้ำใต้ดินเค็ม ในห้องปฏิบัติการ แสดงดังรูปที่ 3 ได้ถูกออกแบบโดยการจำลองตัวอย่างดินอยู่ในกระบอกใสสูง 1 เมตร มีการควบคุมระดับน้ำใต้ดิน ด้วยถังควบคุมน้ำ ติดต่อหัววัดความชื้นและความเค็มที่แห้งดิน และข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ใน data logger หัววัด (sensor) รุ่น 5TE เป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดความชื้น ความเค็ม และอุณหภูมิของดิน ด้วยวิธี Frequency Domain Reflectometry (FDR) ซึ่งอาศัยหลักการความต่างศักย์ไฟฟ้า

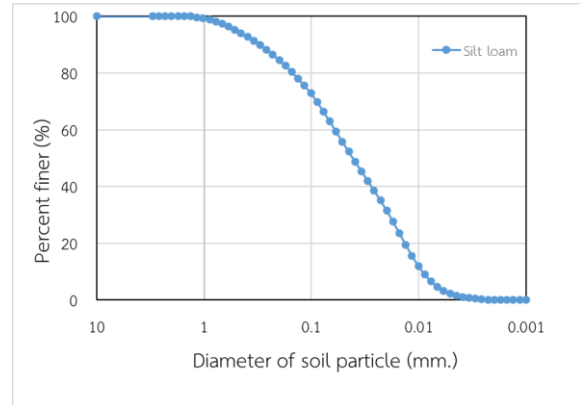


รูปที่ 1 โครงสร้างกระจายตัวความชื้นเหนือระดับน้ำใต้ดิน และ CMDC [11]

3.1 การเตรียมตัวอย่างดินและตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างดินที่ใช้มี 2 ชนิดเป็นดินสังเคราะห์จาก ดินทราย (sand) และตัวอย่างดินที่เก็บมาจากบ้านโคกพรหม ตำบลโนนไทย อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา โดยเมื่อผสมแล้วได้นำไปทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ASTM D 854 ซึ่งได้ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.67 และนำไปทดสอบหาขนาดของเม็ดดินโดยใช้เครื่องวิเคราะห์อนุภาคระบบเลเซอร์ ได้ลักษณะการกระจายขนาดของตัวอย่างดิน โดยดินที่มีสัดส่วนของทรายร้อยละ 45.5 ดินตะกอนร้อยละ 54.5 และ

ดินเหนียวร้อยละ 0 แสดงดังรูปที่ 2 และเมื่อนำไปจำแนกตาม Triangular texture soil classification chart ตามระบบ USDA พบว่าดินตัวอย่างสามารถจำแนกได้เป็น Silt loam



รูปที่ 2 กราฟ particle size distribution ของดิน Silt loam

3.3 การจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในห้องปฏิบัติการ

การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงรูปที่ 3 มีขั้นตอนการปฏิบัติการดังนี้

(1) บดอัดดินและจำลองชั้น CB ลงในหลอดอะคลิลิกใส (Soil column) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 130 เซนติเมตร ให้ดินมีความสูง 122.5 เซนติเมตร

(2) ทำการติดตั้งหัววัด (sensor) ที่ระดับ P1 ที่ 2.5 เซนติเมตร P2 ที่ 22.5 เซนติเมตร P3 ที่ 32.5 เซนติเมตร P4 ที่ 44.5 เซนติเมตร และ P5 ที่ 62.5 เซนติเมตร วัดจากผิวดิน

(3) ติดตั้งถังจ่ายน้ำเข้าไปในดินด้านใต้ของท่อทรงกระบอก กำหนดให้ระดับน้ำใต้ดินคงที่ที่ 57.5 เซนติเมตร จากผิวดิน โดยการทดลองตัวอย่างเป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำในแนวตั้ง โดยมีการ กำหนดความเค็มของน้ำที่ 2 กรัม/ลิตร และมี CB เป็นกรวด ความหนา 5 เซนติเมตร ติดตั้งที่ 35 ซม วัดจากผิวดิน เพื่อต้องการทราบว่า การเคลื่อนที่ในแนวตั้งของน้ำเค็ม ผ่าน CB type ได้มากน้อยหรือไม่

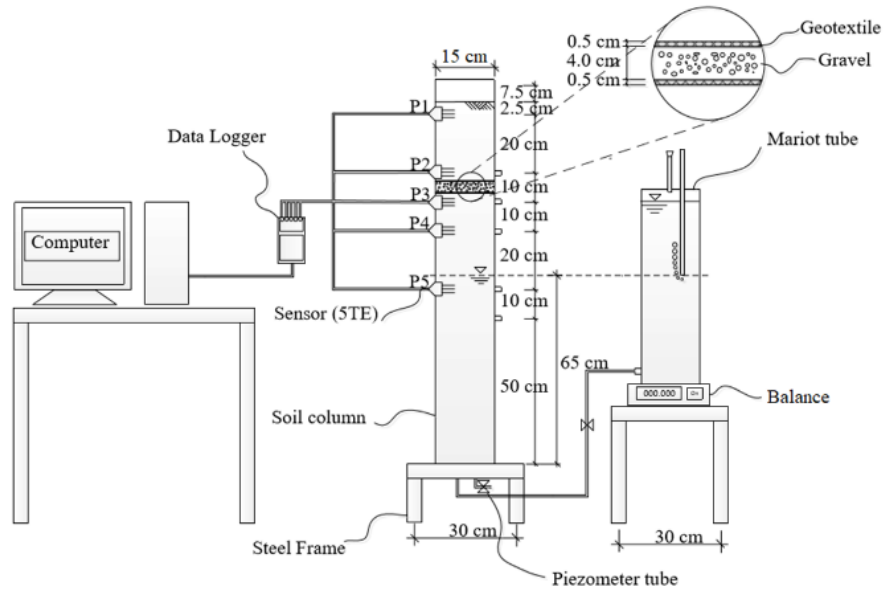
(4) นำน้ำตัวอย่างที่ผสมเกลือด้วยความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก มาเติมใส่ถังน้ำแล้วปล่อยน้ำเข้าไปในหลอดทดลองจนถึงระดับน้ำใต้ดินที่กำหนด 57.5 เซนติเมตร จากผิวดิน

(5) ปล่อยน้ำใต้ดินเข้าสู่ถังดินโดย Marriot tube แล้วข้อมูลความชื้น ความเค็ม และอุณหภูมิของดินทุก ๆ 1 นาที ข้อมูลทั้งหมดถูกบันทึกไว้ในเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) การจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินกรณีต่าง ๆ 4 กรณี ดังนี้ตารางที่ 2

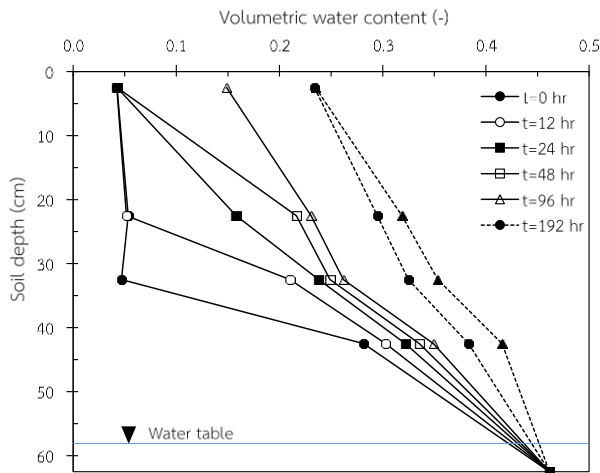
ตารางที่ 2 แสดงข้อกำหนดตัวอย่างการทดลอง

| ชนิดแห่งดิน | ระดับน้ำใต้ดิน | ชนิดของกันชน |
|--------------------|----------------|---------------------|
| แห่งดิน I (NO-CB) | 57.5 | ไม่มี |
| แห่งดิน II (CB II) | 57.5 | Gravel + Geotextile |

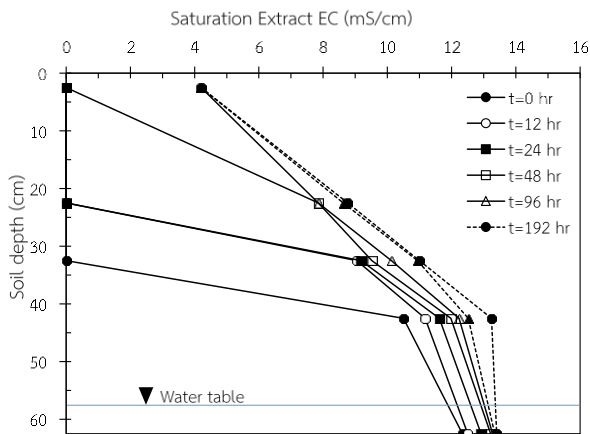
หมายเหตุ Gravel คือกรวดที่มีขนาด 2.38 – 4.75 มิลลิเมตร



รูปที่ 3 การจำลองการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของน้ำใต้ดิน ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับต่างๆ ในแห่งดิน I (NO-CB)



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความเค็มที่ระดับต่างๆ ในแห่งดิน I (NO-CB)

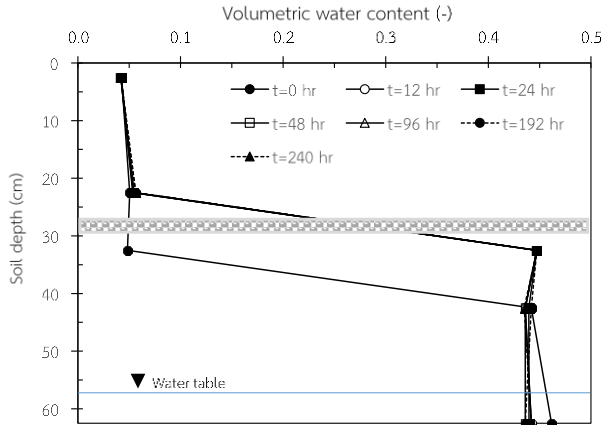
4. ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงความชื้นตามความลึกที่เวลาต่าง ๆ ในแห่ง I (NO-CB) จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่า การเคลื่อนที่ที่สูงขึ้น และค่าความชื้นมีค่ามากขึ้น จะเห็นได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดหลังการทดสอบตั้งแต่ 12 ชั่วโมง และเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ ค่าความชื้นยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงหาค่าความชื้นสูงสุดไม่ได้ รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความเค็มตามความลึกที่เวลาต่าง ๆ ในแห่ง I (NO-CB) ซึ่งเห็นได้ว่าค่าความเค็มที่วัดได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความชื้นเมื่อความชื้นสูงขึ้นค่าความเค็มที่วัดได้จะสูงตามไปด้วย แต่ค่าความเค็มค่อนข้างที่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นคงที่กว่าความชื้น จึงทำให้แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความเค็มช้ากว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความชื้น

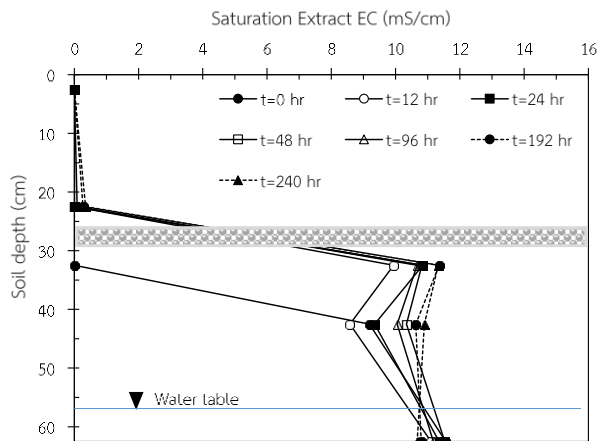
รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นตามความลึกที่เวลาต่าง ๆ ในแห่งดิน II (CB II) เห็นได้ว่าการเคลื่อนที่ของความชื้นที่ระดับความลึก -32.5 เซนติเมตร จากผิวดินซึ่งอยู่ตำแหน่งใต้กันชน CB II จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดหลังจากทดสอบ 12 ชั่วโมง ความชื้นจะเริ่มมีค่าคงที่เวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ที่ความลึก -2.5 และ -22.5 เซนติเมตร จากผิวดินซึ่งอยู่ตำแหน่งเหนือกันชน CB II ความชื้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการทดสอบ จากรูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความเค็มตามความลึกที่เวลาต่าง ๆ ในแห่ง CB II ซึ่งเห็นได้ว่าค่าความเค็มที่วัดได้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความชื้น เมื่อความชื้นสูงขึ้นค่าความเค็มที่วัดได้จะสูงตามไปด้วย จึงทำให้แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 คล้ายคลึงกัน กล่าวคือภายใต้กระบวนการคาพิลลารีจะนำพาความเค็มขึ้นไปสูงสุดบริเวณใต้กันชนคาพิลลารี จากการทดสอบประสิทธิภาพของกันชน CB II สามารถตัดกระบวนการคาพิลลารีได้

การเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของความชื้นและความเค็มในแห่งดิน ตัวอย่าง เมื่อทำการเปรียบเทียบความสูงของความชื้นสูงสุดกับความสูงของ

ความเค็มสูงสุดในแต่ละตัวอย่างต่าง ๆ พบว่าในแห่งดิน 1 (NO-CB) มีความสูงของความชื้นและความเค็มที่ยังสามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งต่อไปได้ แต่สิ้นสุดเมื่อขึ้นมาถึงผิวดิน และตัวอย่างที่มีการใส่ชั้นขนคาวลารีมีความสูงของความชื้นและความเค็มสิ้นสุดที่บริเวณใต้กันกันคาวลารี



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความชื้นที่ระดับต่างๆ ในแห่งดิน II



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความเค็มที่ระดับต่างๆ ในแห่งดิน II

5. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มในแนวตั้งภายใต้กระบวนการคาวลารีแห่งตัวอย่างดินที่ไม่มีและมีส่วนชั้นขนคาวลารี (Capillary Barrier, CB) โดยชั้นขนคาวลารี แห่งดิน II คือชั้นขนคาวลารีกรวดขนาด 2.38- 4.75 มิลลิเมตร ที่ถูกประกบด้วยวัสดุโพลีเอทิลีน (Geotextile) ทั้งด้านบน และล่างของชั้นกรวด ความหนารวม 5 เซนติเมตร

ผลการจำลอง พบว่า ในแห่งดินที่ไม่มีชั้นขนคาวลารี แรงคาวลารีสามารถถึงความชื้น และความเค็มจากน้ำใต้ดินเค็มขึ้นจนถึงผิวดินได้ ในขณะที่ความชื้น และความเค็มดังกล่าวไม่สามารถเคลื่อนขึ้นสู่ผิวดินได้ในกรณีที่มีการจำลองชั้นขนคาวลารีแทรกเข้าไปในแห่งตัวอย่าง จากผลทดสอบในห้องปฏิบัติการจึงสรุปได้ว่าวัสดุคัดเลือกที่นำมาใช้จำลองชั้นขนคาวลารี สามารถตัดกระบวนการคาวลารีในชั้นดินได้ อย่างไรก็ตามวัสดุที่เลือกต้องเป็นวัสดุที่มีขนาดเม็ดใหญ่กว่าเม็ดดินในชั้นดินและการกระจายขนาดที่

สม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดช่องว่างในชั้นกันขนคาวลารี ขนาดใหญ่ทำให้แรงคาวลารีมีค่าต่ำ จึงไม่สามารถดึงความชื้นจากน้ำใต้ดินเค็มผ่านชั้นดังกล่าวไปได้ จากผลการศึกษานี้สามารถนำชั้นขนคาวลารี ไปประยุกต์ใช้แก้ไขปัญหาดินเค็มได้ โดยการขุดเปิดหน้าดินไปที่ระดับความลึกที่ต้องการและสร้างชั้นกันขนคาวลารี ที่มีความหนา 5 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ มีอาจไม่เหมาะสมกับพื้นที่ขนาดใหญ่ เนื่องจากในการสร้างชั้นกันขนคาวลารี อาจใช้ต้นทุนที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นการใช้แนวทางนี้อาจเหมาะสำหรับพื้นที่จำกัด เช่น ในพื้นที่ที่สร้างจากดินเค็มจัดที่ต้องการฟื้นฟู และโรงเรือนเพาะปลูกที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ไม่มากนัก เป็นต้น

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผ่านการจำลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถควบคุมปัจจัยรอบข้างได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อไปถึงปัจจัยตามธรรมชาติที่การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มให้ครอบคลุมในทุกประเด็นมากขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล อุณหภูมิ และอิทธิพลของการคายระเหย เป็นต้น นอกจากนี้ ความหนาของชั้นกันขนคาวลารี ที่ใช้ในการศึกษานี้มีเพียงขนาดเดียว ดังนั้น จึงควรศึกษาอิทธิพลของความหนาของชั้นกันขนคาวลารี ต่อการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็ม เพื่อให้ได้ความหนาที่เหมาะสมและใช้ต้นทุนต่ำที่สุดเมื่อนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในพื้นที่จริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับการสนับสนุนสถานที่ในห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์ในการทดลอง และขอขอบคุณกรมทางหลวง ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาต่อระดับปริญญาโท

เอกสารอ้างอิง

- [1] Arunin, S. (1992). Strategies for utilizing salt affected lands in Thailand, Bangkok : Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- [2] Sinanuwong, S., and Takaya, Y. (1994a). Saline soils in Northeast Thailand : Their possible origin as deduced from field evidence, Southeast Asian studies, 12, 105-120.
- [3] Sinanuwong, S., and Takaya, Y. (1994b). Distribution of saline soils in Korat basin of Thailand, Southeast Asian studies, 12, 365-382.
- [4] JICA. (1991). The master plan study on the integrated rural development of salted-affected land in Northeast Thailand.
- [5] Kohyama, K., Wichaidit, P., Pramojane, P., Sukchan, S., and Wada, H. (1993). Salinity in the watershed Of Northeast Thailand. In: Kokyama K. and Subhasaram T. (eds.), Salt-affected soil in Northeast Thailand, their salinity and amelioration, ADRC Technical paper No.12 pp.7-26.
- [6] มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2551) โครงการศึกษา HYDROGEOLOGICAL MODEL เพื่อคาดคะเนการกระจายดินเค็ม

และน้ำเค็มระยะยาว โครงการ โขง-ชี-มูล, รายงานฉบับสมบูรณ์กรมชลประทานฯ.

- [7] Petrukhin, V.P. (1993). Construction of Structures on Saline Soils. A.A.Balkema Publishers, Brookfield.
- [8] Sherwood, P.T. (1958). The effect of Sulphates on Cement Stabilization Clay. Highway Research Board, Bulletin. 198 : 45 – 54.
- [9] หฤทัย มาศโค้ง, ฉัตรชัย โชติชูธยากร และ อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์ (2544). การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มภายใต้กระบวนการคาวลารีในดินทราย และดินร่วนปนทรายจากพื้นที่ดินเค็ม จ.นครราชสีมา. วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 2, ฉบับที่ 2, หน้า 30-40.
- [10] United State Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook No.60 USDA. 160 pp.
- [11] Shingo, I., Toshio, T., and Benno, P.W. (1988). Soil water interactions mechanisms and applications, ISBN 0-8247-7767-0.
- [12] Fredlund, D.G., and Rahardjo, H. (1993). Soil mechanics for unsaturated soils. New York: Wiley.
- [13] Akudago, J.A., Nishigaki, M., Chegbeleh, L.P., Komatsu, M., and Alim, M.A. (2009). Capillary cut design for soil groundwater salinity control, Journal of the Faculty of Environmental Science and Technology Okayama University, Vol.14 No 1:17-22.