

การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มภายใต้กระบวนการคาพิวลาารีในดินทราย และดินร่วนปนทรายจากพื้นที่ดินเค็ม จ.นครราชสีมา

หฤทัย มาศโค้ง¹ ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร² และ อวิรุทธิ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์²

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการเพื่อสังเกตการเคลื่อนที่ของน้ำในดินภายใต้กระบวนการคาพิวลาารี โดยการจำลองชั้นดินในห้องปฏิบัติการด้วยการบดอัดดินตัวอย่างลงในท่อทรงกระบอกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 100 ซม. กำหนดระดับน้ำใต้ดิน 85 ซม. ต่ำกว่าผิวดิน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาที่ชั้นดินระดับความลึกต่าง ๆ โดยแบ่งการจำลองออกเป็น 5 กรณี คือ 1.แห่งดิน I : ดินทราย น้ำใต้ดินจืด 2.แห่งดิน II : ดินทราย น้ำใต้ดินเค็ม 3.แห่งดิน III : ดินร่วนปนทราย น้ำใต้ดินจืด 4.แห่งดิน IV : ดินร่วนปนทราย น้ำใต้ดินเค็ม และ 5. แห่งดิน V : ดินร่วนปนทราย น้ำใต้ดินเค็มจำลองแสงเพื่อเพิ่มการระเหย ผลการทดลองพบว่า อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน และความสูงคาพิวลาารีระหว่างน้ำใต้ดินจืดและน้ำใต้ดินเค็ม สำหรับดินทรายมีผลไม่แตกต่างกันแต่สำหรับดินร่วนปนทราย ซึ่งเป็นตัวอย่างดินจากพื้นที่ดินเค็ม จ.นครราชสีมา ให้ผลที่ต่างกันมากคือ น้ำใต้ดินเค็มทำให้เกิดความสูงคาพิวลาารีที่สูงกว่าและความชื้นเพิ่มขึ้นได้เร็วกว่า และมากกว่าที่ระดับความลึกของดินเท่ากัน เนื่องจากประจุของโซเดียม (Na⁺) ในสารละลายเกลือที่แทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะดูดซับน้ำเข้าหาตัวเอง และพบว่าสำหรับดินร่วนปนทรายแห่งดินมีการสะสมความชื้นที่ระดับผิวดินมากกว่าที่ระดับความลึกอื่น ๆ ดังนั้นเมื่อเร่งการระเหยของน้ำผิวดินจึงทำให้เกิดคราบเกลือสะสมบนผิวดินได้มากเช่นเดียวกับที่เกิดในสภาพธรรมชาติ

คำสำคัญ: ความดันคาพิวลาารี, แห่งดิน, น้ำเค็ม, การเคลื่อนที่ของความชื้น

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-4422-4421, E-mail: haruetai.m@hotmail.com

Saline Ground Water Movement Under Capillary in Soil Column for Sand and Sandy Loam in Salinity - Affected Area, Nakhon Ratchasima Province

Haruetai Maskong^{1*} Chatchai Jothityangkoon² and Avirut Chinkulkijniwat²

Abstract

This paper presents experimental results in laboratory based on the investigation of saline groundwater movement influenced by capillary force. Soil layer is simulated by compacting soil sample in transparent tube of diameter 10 cm and 100 cm height and set groundwater level of 85 cm below soil surface. The experimental studies are divided into 5 different cases: 1) Column I: Sand with deionized groundwater(DG) 2) Column II: Sand with saline groundwater(SG) 3) Column III: Sandy loam with DG 4) Column IV: Sandy loam with SG and 5) Column V: Sandy loam with SG and adding artificial sunlight to increase evaporation . The experimental results show that vertical movement rate and capillary pressure head between DG and SG for sand are similar. For sandy loam sampling from salinity – affected area in Nakhon Ratchasima, the results between DG and SG are explicitly different. SG gives high capillary pressure head, high moisture movement rate and high soil moisture content compare to DG at equal level of soil depth. The cause can be that sodium ion (Na^+) brought by saline water and staying in the voids between soil grain can absorb more water content. For sandy loam, soil moisture is accumulated at the soil surface in high water content, compare to the other level of soil depth. If this saline moisture is evaporated by artificial radiation, salt's crystallization will be found on the soil surface.

KEYWORDS : Capillary pressure head, Soil column, Saline water, Soil moisture movement

¹ Master Degree Graduate, School of Civil Engineering, Suranaree University of Technology

² Assistant Professor, School of Civil Engineering, Suranaree University of Technology

* Corresponding Author Tel.0-4422-4420, E-mail: haruetai.m@hotmail.com

1. บทนำ

การแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรลดลง เนื่องจากสภาพธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเกลือหินใต้ดิน (หมวดหินมหาสารคาม) กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณตอนกลางของที่ราบสูงโคราช ชั้นเกลือหินถูกดันตัวขึ้นมาเป็นโดมเกลือหรือแท่งเกลือ ตามแนวขอบเปราะบางหรือรอยแตก ของเปลือกโลก โดยเฉพาะแนวในทิศทางเหนือ-ใต้ และแนวตะวันตกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณดังกล่าวพบว่ามีเกลืออยู่ที่ระดับลึกประมาณ 70 ถึง 80 เมตร และด้วยอิทธิพลของน้ำบาดาลสามารถพาความเค็มขึ้นสู่มิวดิน [2] น้ำฝนที่ซึมลงในพื้นที่รับน้ำ (recharge area) สามารถซึมลงลึกถึงชั้นเกลือหินและละลายเอาเกลือไปด้วย เมื่อน้ำใต้ดินเค็มเหล่านี้ไหลซึมขึ้นมาใกล้ผิวดินบริเวณ พื้นที่สูญเสีย น้ำ (discharge area) ซึ่งส่วนใหญ่ระดับน้ำใต้ดินจะตื้น (shallow water table) น้ำใต้ดินเค็มที่อ้อมตัวในระดับตื้นจะถูกแรงคาพิลลารี (capillary force) ในชั้นดินที่ไม่อ้อมตัวพาความเค็มขึ้นมาสะสมไว้ในช่องว่าง และน้ำในดินที่เค็มจะถูกพาขึ้นมาสู่มิวดินโดยการระเหยของน้ำที่ผิวดิน และทิ้งคราบเกลือไว้บนผิวดินโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน [1] ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มภายใต้กระบวนการคาพิลลารี โดยการศึกษาได้จำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในห้องปฏิบัติการ โดยใช้แท่งดิน (Soil column) ภายใต้สมมติฐานว่าน้ำใต้ดินมีระดับตื้น และน้ำมีการเคลื่อนที่ในแนวตั้งด้วยแรงคาพิลลารีเท่านั้น

2. วิธีการทดลองและการทดสอบดิน

การออกแบบการทดลอง เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน ใช้วิธีที่เหมือนกับการทดลองของ [3] โดยบดอัดดินลงในท่อทรงกระบอกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. สูง 100 ซม. ให้ดินมีความสูง 95 ซม. ทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดความชื้น (θ) และความเค็มที่ระดับ 5 25 45 65 และ 85 ซม. จากผิวดิน แสดงดังรูปที่ 1 กำหนดให้ระดับน้ำใต้ดินคงที่ที่ 85 ซม. จากผิวดิน โดยมีคุณสมบัติของดินและน้ำดังตารางที่ 1 ตัวอย่างดินมี 2 ประเภทคือ 1) ดินทรายจากท่าทราย อ.พิมาย จ.นครราชสีมา แล้วนำมา

ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ค้างเบอร์ 60 และ 2) ดินร่วนปนทรายจากบ้านหนองเขาว ต.ค้างพลู อ.โนนไทย จ.นครราชสีมา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาดินเค็ม แล้วนำดินไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วยเครื่องวิเคราะห์ขนาดอนุภาคระบบเลเซอร์ ได้กราฟการกระจายขนาดคละเม็ดดินแสดงดังรูปที่ 2 แล้วจำแนกชนิดของดินด้วยระบบ USDA ได้เป็นดินร่วนปนทราย น้ำที่ใช้ในการจำลองน้ำใต้ดิน ใช้ น้ำสองชนิดเพื่อเปรียบเทียบกับกันคือ น้ำจืด ใช้ น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) และน้ำเค็ม (Saline water) ใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) บริสุทธิ์ ทำให้เป็นสารละลายเกลืออ้อมตัว ซึ่งการทดลองนี้เมื่อปล่อยน้ำใต้ดินเข้าสู่แท่งดิน จะเริ่มเก็บข้อมูลความชื้น ความเค็ม และอุณหภูมิของดินทุก ๆ 5 นาที โดยข้อมูลทั้งหมดถูกบันทึกไว้ในเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน ได้จำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในกรณีต่าง ๆ 5 กรณี ดังนี้

- 1) แท่งดิน I : ดินทราย น้ำใต้ดินจืด
- 2) แท่งดิน II : ดินทราย น้ำใต้ดินเค็ม
- 3) แท่งดิน III : ดินร่วนปนทราย น้ำใต้ดินจืด
- 4) แท่งดิน IV : ดินร่วนปนทราย น้ำใต้ดินเค็ม
- 5) แท่งดิน V : ดินร่วนปนทราย น้ำใต้ดินเค็มจำลองแสงเพื่อเพิ่มการระเหย

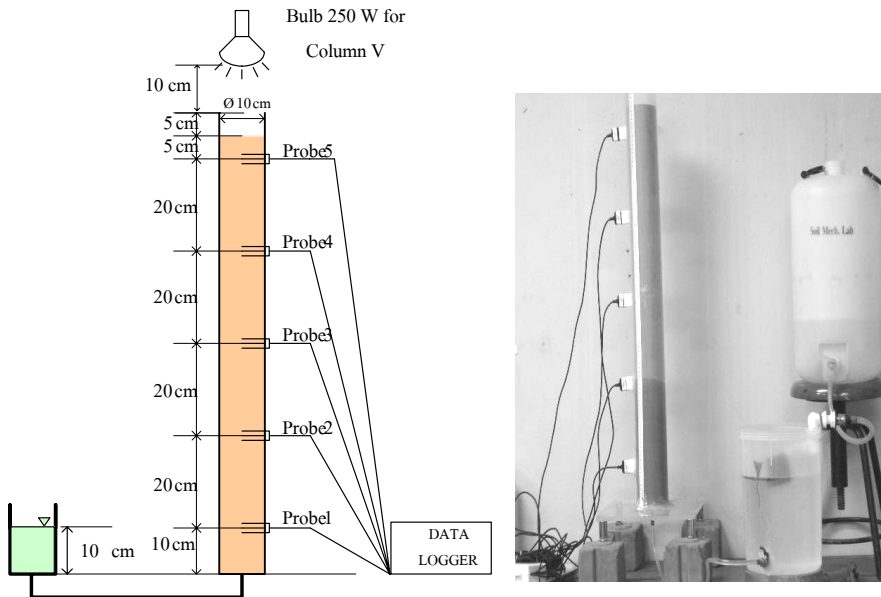
แต่ละกรณีทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ก่อนการทดลองทั้ง 5 กรณี ตัวอย่างดินทั้ง 2 ได้ถูกนำมาตรวจหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและแรงคาพิลลารี โดยการทดสอบแรงดันอากาศในช่องว่างดินด้วยหม้อแรงดันในห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ASTM D6836-02 ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและแรงคาพิลลารี ดังรูปที่ 3 ผลการทดลองสามารถสร้างความสัมพันธ์โดยสมการของ [6] ดังสมการที่ 1 เมื่อ θ คือ ความชื้นของดิน θ_w คือ ความชื้นของดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำ w_m คือ แรงดึงดูดเมทริก h_p , a_f , n_f และ m_f คือ พารามิเตอร์ที่ใช้สร้างสมการตามเส้นของกราฟ จากความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและแรงคาพิลลารีแสดงให้เห็นว่าที่ความชื้นเท่ากันตัวอย่างดินทรายนี้มีค่าแรงคาพิลลารีน้อยกว่าดินร่วนปนทราย

$$\theta = \theta_w \left[1 - \frac{\ln\left(1 + \frac{\psi_m}{h_r}\right)}{\ln\left(1 + \frac{10^6}{h_r}\right)} \right] \left[\frac{1}{\ln\left[\exp(1) + \left(\frac{\psi_m}{a_r}\right)^{n_f}\right]} \right]^{m_f} \quad (1)$$

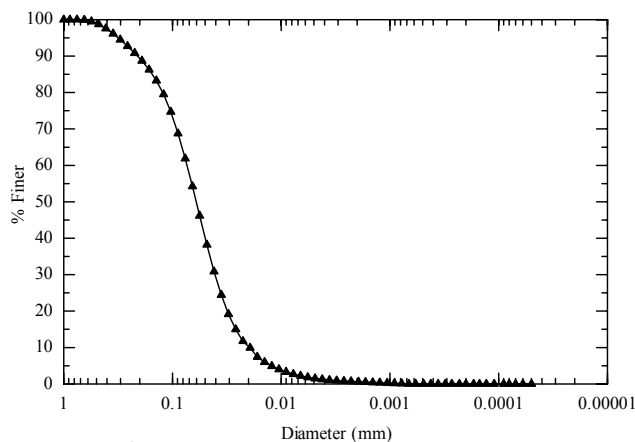
อย่างไรก็ตามความสามารถในการดูดน้ำเข้าหาตัวเองของดินยังมีแรงดึงดูดออสโมติก ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของสารละลายเกลือของน้ำในดินด้วย โดยดินที่มีสารละลายเกลือปนอยู่ในน้ำมาก ความสามารถในการดูดน้ำของดินจะมากขึ้นด้วย [5] ความสัมพันธ์ของแรงดึงดูดน้ำในดิน (soil suction, ψ) น้ำในช่องว่างระหว่าง

เม็ดดินที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดิน จะอยู่ภายใต้สภาวะแรงดึงดูดที่เรียกว่า แรงดึงดูดเมทริกหรือแรงคาพิลลารี (ψ_m or $u_a - u_w$) และ แรงดึงดูดออสโมติก (π) ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 โดยที่ u_a คือแรงดันอากาศในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน และ u_w คือแรงดันน้ำในโพรงดิน

$$\psi = (u_a - u_w) + \pi \quad (2)$$



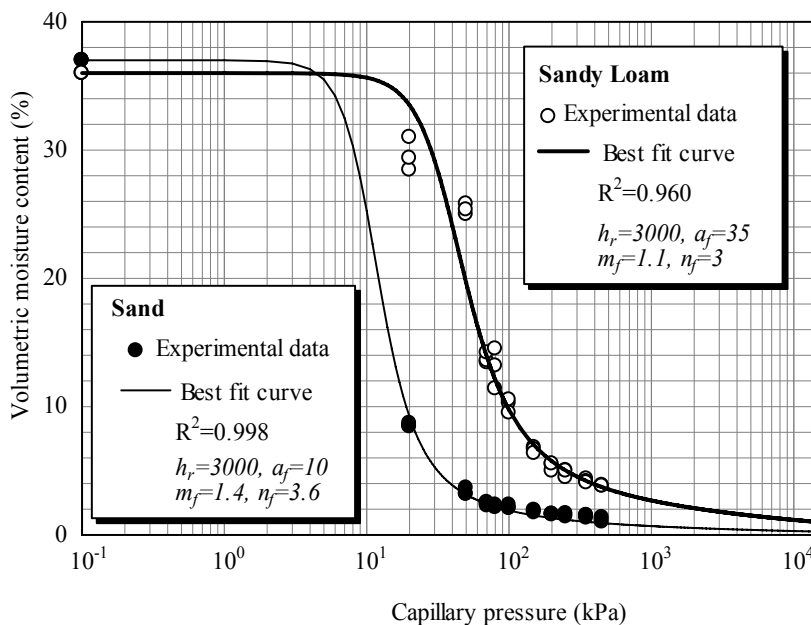
รูปที่ 1 การจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน



รูปที่ 2 การกระจายขนาดคละเม็ดดิน ของดินร่วนปนทราย

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดินและน้ำที่ใช้ในการทดลอง

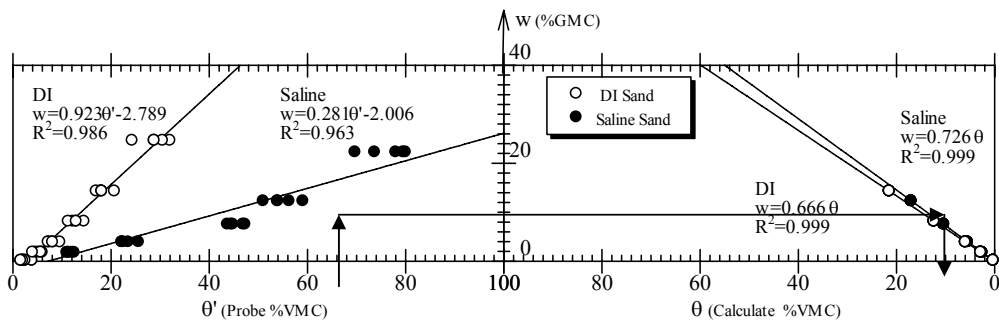
คุณสมบัติ	หน่วย	ค่า
ดินทราย (sand)		
ขนาดเม็ดดิน, d	มม.	0.250 - 0.450
ความถ่วงจำเพาะ	-	2.67
ความหนาแน่นแห้ง, ρ_d	กรัม/ลบ.ซม.	1.68
ความพรุน		0.37
ดินร่วนปนทราย (sandy loam)		
ดินเหนียว	%	1
ดินตะกอน	%	37
ดินทราย	%	62
ความถ่วงจำเพาะ	-	2.64
ความหนาแน่นแห้ง, ρ_d	กรัม/ลบ.ซม.	1.70
ความพรุน		0.36
น้ำเค็มและน้ำจืด		
ความเข้มข้นของน้ำเค็ม (NaCl)	%	10
ความเค็มเริ่มต้นของดิน, EC	เดซิซีเมน/เมตร	0
ความหนาแน่นของน้ำเค็ม, ρ_{w_Saline}	กรัม/ลบ.ซม.	1.10
ความหนาแน่นของน้ำจืด, ρ_{w_DI}	กรัม/ลบ.ซม.	1.00


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงคาพิลลารีกับความชื้นดิน

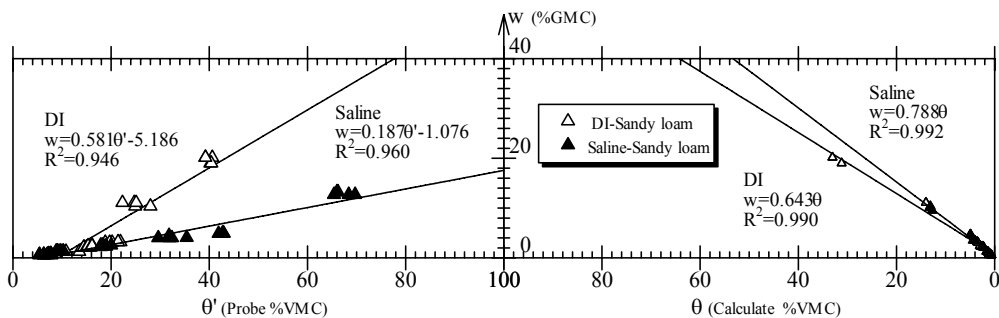
อุปกรณ์วัดข้อมูลดินใช้หวัรับข้อมูลชนิด Frequency Domain Reflectometry (FDR) รุ่น 5TE ซึ่งสามารถวัดค่าความชื้น ความเค็ม และอุณหภูมิ ของดิน เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยหลักการความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อนำมาใช้กับดินที่มีความเค็มจึงต้องทำการสอบเทียบอุปกรณ์ เพราะในดินที่มีความเค็มจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น และจะทำให้ค่าความชื้นของดินมีค่ามากเกินจริง [7] ใช้วิธีสอบเทียบดังรายละเอียดเผยแพร่ในเวปไซต์ [9] เมื่อทำการสอบเทียบอุปกรณ์แล้วได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่ได้จากอุปกรณ์วัดความชื้น (θ') กับความชื้นโดยน้ำหนัก (Gravimetric moisture content, w) ความสัมพันธ์ระหว่าง w กับความชื้นโดยปริมาตรที่ถูกต้อง (θ) ความสัมพันธ์โดยทั่วไประหว่าง w และ (θ) เป็นไปตามสมการที่ 3 [8] เมื่อ ρ_d คือ ความหนาแน่นแห้งของดิน (กรัม/ลบ.ซม) และ ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ (กรัม/ลบ.ซม)

$$\theta = \frac{w\rho_d}{\rho_w} \quad (3)$$

กราฟความสัมพันธ์ที่ใช้ในการปรับแก้ความชื้นดังรูปที่ 4 และ 5 สำหรับดินทรายและดินร่วนปนทรายตามลำดับ ตัวอย่างในการปรับแก้ความชื้นของดินทรายกรณีน้ำใต้ดินเค็ม เช่น ถ้าอ่านค่าความชื้นในกรณีน้ำใต้ดินเค็มจากอุปกรณ์วัดความชื้น (θ') ได้ 60 % ให้ลากเส้นตรงขึ้นไปชนกับเส้น Saline sand แล้วลากเส้นตรงไปทางขวามือให้ชนกับเส้นกราฟ แล้วลากเส้นตรงลงมาชนกับแกน x อ่านค่าความชื้น (θ) ได้ประมาณ 20 % หรือสามารถใช้สมการที่ 4 ปรับแก้ในกรณีที่เป็นน้ำจืด สมการที่ 5 ในกรณีที่เป็นน้ำเค็ม สำหรับปรับแก้ดินทราย และสำหรับปรับแก้ดินร่วนปนทรายใช้สมการที่ 6 ปรับแก้ในกรณีที่เป็นน้ำจืด สมการที่ 7 ในกรณีที่เป็นน้ำเค็ม



รูปที่ 4 กราฟปรับแก้ความชื้นระหว่างความชื้นโดยปริมาตรจากการวัด ความชื้นโดยน้ำหนัก และความชื้นโดยปริมาตรที่ถูกต้องกรณีน้ำจืดและน้ำเค็ม สำหรับดินทราย



รูปที่ 5 กราฟปรับแก้ความชื้นระหว่างความชื้นโดยปริมาตรจากการวัด ความชื้นโดยน้ำหนัก และความชื้นโดยปริมาตรที่ถูกต้องกรณีน้ำจืดและน้ำเค็ม สำหรับดินร่วนปนทราย

สมการปรับแก้ความชื้นในดินทราย
กรณีน้ำใต้ดินเป็นน้ำจืด (DI sand)

$$\theta = 1.386\theta' - 4.188 \quad (4)$$

กรณีน้ำใต้ดินเป็นน้ำเค็ม (Saline sand)

$$\theta = 0.387\theta' - 2.763 \quad (5)$$

สมการปรับแก้ความชื้นในดินร่วนปนทราย

กรณีน้ำใต้ดินเป็นน้ำจืด (DI sandy loam)

$$\theta = 0.904\theta' - 8.065 \quad (6)$$

กรณีน้ำใต้ดินเป็นน้ำเค็ม (Saline sandy loam)

$$\theta = 0.237\theta' - 1.365 \quad (7)$$

3. ผลการศึกษา

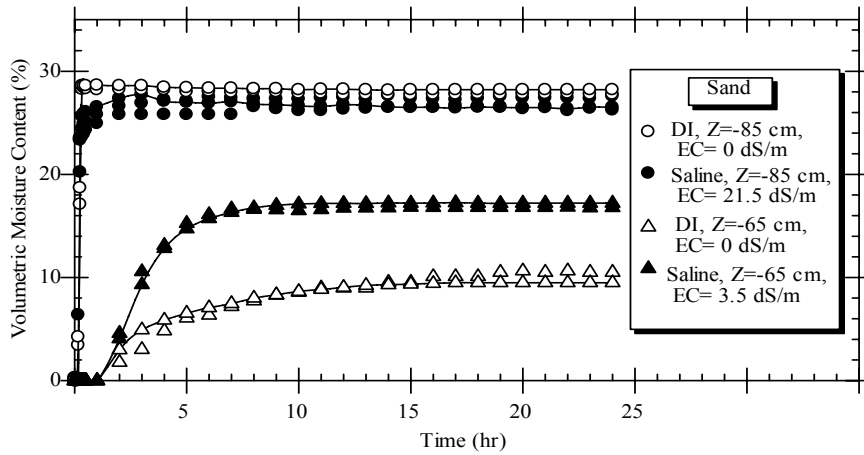
3.1 แห่งดินเป็นดินทราย

เปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินภายใต้กระบวนการคาพิลลารี (แห่งดิน I, II) ของน้ำใต้ดินสองชนิด ดังรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความลึก 85 ซม. จากผิวดิน ซึ่งอยู่ที่ระดับน้ำใต้ดินพอดี ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็ม ดินทรายมีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 0-1 ชั่วโมง และมีค่าคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมงเหมือนกัน ซึ่งในกรณีน้ำใต้ดินเค็มมีค่าความเค็มของดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 21.5 เดซิซีเมน/เมตร (dS/m) แต่ที่ระดับความลึก 65 ซม. จากผิวดินหรือเหนือระดับน้ำใต้ดิน 20 ซม. ความชื้นดินในกรณีน้ำใต้ดินเค็มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 7 ชั่วโมง ส่วนในกรณีน้ำใต้ดินจืดคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 10 ชั่วโมง ซึ่งความชื้นของดินในกรณีเป็นน้ำเค็มมีค่ามากกว่าความชื้นของดินกรณีที่เป็นน้ำจืด และกรณีเป็นน้ำเค็มมีผลทำให้ค่าความเค็มของดิน เพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.5 เดซิซีเมน/เมตร เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความชื้นตามระดับความลึกจากผิวดินระหว่างน้ำใต้ดินเค็มและจืด ดังรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าที่ความลึกเหนือระดับน้ำใต้ดินเท่ากัน ที่เวลาเดียวกัน ความชื้นของดินในกรณีน้ำเค็มมีค่ามากกว่าน้ำจืด และน้ำสามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาได้สูงสุดประมาณ 30 ซม. จากระดับน้ำใต้ดินไม่ต่างกัน ทั้งกรณีที่เป็นน้ำใต้ดินจืดและน้ำเค็ม

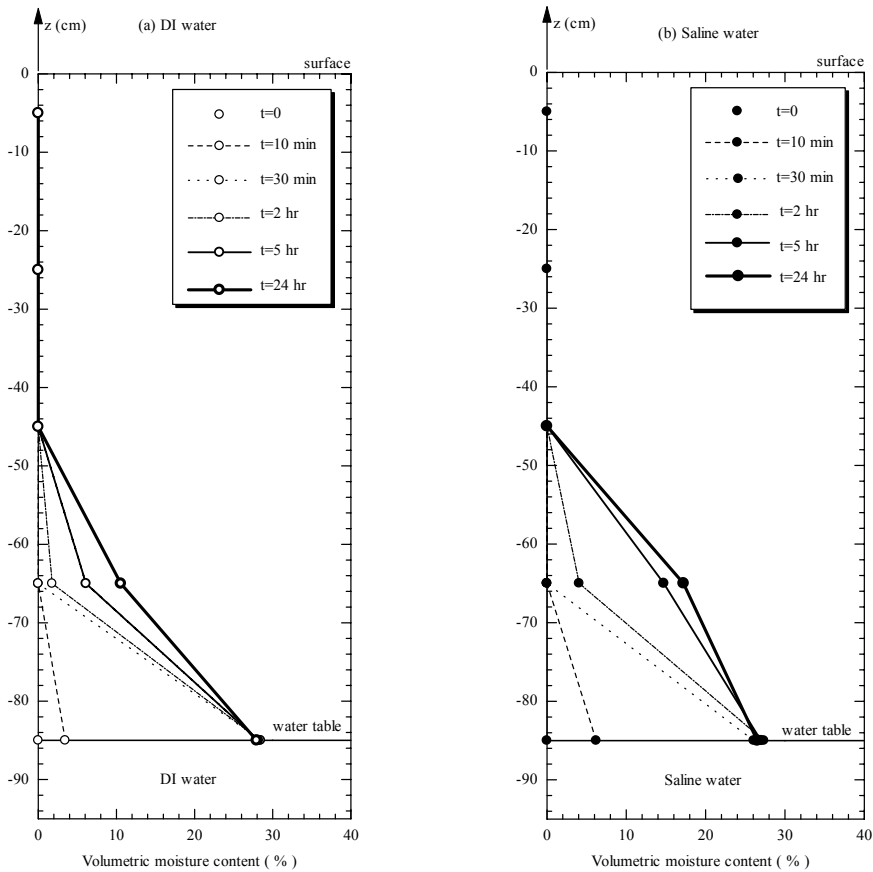
ดังนั้นที่ระดับดินที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินมากขึ้นค่าความเค็มที่สะสมในดินจะน้อยลง

3.2 แห่งดินเป็นดินร่วนปนทราย

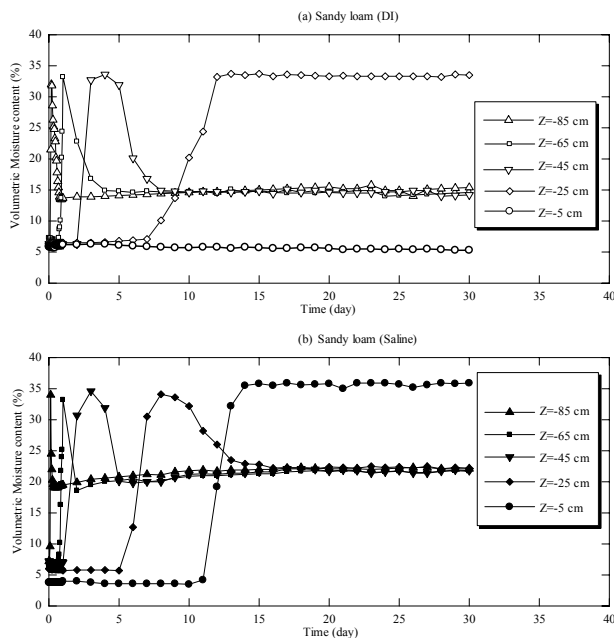
เปรียบเทียบอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินภายใต้กระบวนการคาพิลลารี (แห่งดิน III, IV) ของน้ำใต้ดินสองชนิด ดังรูปที่ 8 ที่ระดับดินลึก (Z=-85, -65 ซม.) ความชื้นของดินเพิ่มขึ้นในเวลาใกล้เคียงกันทั้งกรณีน้ำใต้ดินจืดและน้ำใต้ดินเค็ม แต่ที่ระดับดินตื้นขึ้น (Z=-45, -25 ซม.) ความชื้นของดินที่เป็นน้ำเค็มเพิ่มขึ้นในเวลาที่รวดเร็วกว่าน้ำจืด และพบว่าลักษณะการเพิ่มขึ้นของความชื้นที่ความลึกต่าง ๆ ของดินร่วนปนทรายแตกต่างจากดินทรายคือความชื้นของดินร่วนปนทรายจะเพิ่มจนถึงความชื้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำแล้วความชื้นจะลดลงมาจนถึงค่าหนึ่งเหมือนกันทุกระดับความลึกของดินยกเว้นดินที่อยู่ระดับตื้นที่สุด (Z=-5 ซม.) ที่ความชื้นเพิ่มขึ้นจนถึงความชื้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำแล้ว แต่จะคงที่ที่ความชื้นนี้ไม่ลดลงเหมือนดินที่ระดับความลึกมากกว่า เมื่อพิจารณารูปที่ 6 เปรียบเทียบกับรูปที่ 8 พบว่าที่ระดับความลึก 65 ซม. จากผิวดิน กรณีน้ำเค็มความชื้นของดินร่วนปนทรายกว่าจะเพิ่มขึ้นจนคงที่ใช้เวลาประมาณ 3 วัน ขณะที่ดินทรายใช้เวลาประมาณ 7 ชั่วโมง รูปที่ 9 แสดงให้เห็นว่าที่ความลึกต่าง ๆ และที่เวลาต่าง ๆ น้ำเค็มมีผลทำให้ความชื้นของดินมากกว่าน้ำจืดเสมอ โดยเฉพาะเมื่อความชื้นเพิ่มจนคงที่แล้ว และน้ำเค็มสามารถขึ้นไปจนถึงผิวดิน แต่น้ำจืดขึ้นไปไม่ถึง แต่หากเป็นดินทรายทั้งกรณีน้ำจืดและน้ำเค็มความชื้นขึ้นไปได้สูงสุดที่ระดับความลึก 65 ซม. จากผิวดินเท่านั้น (Z= -65 ซม.) ดังรูปที่ 7



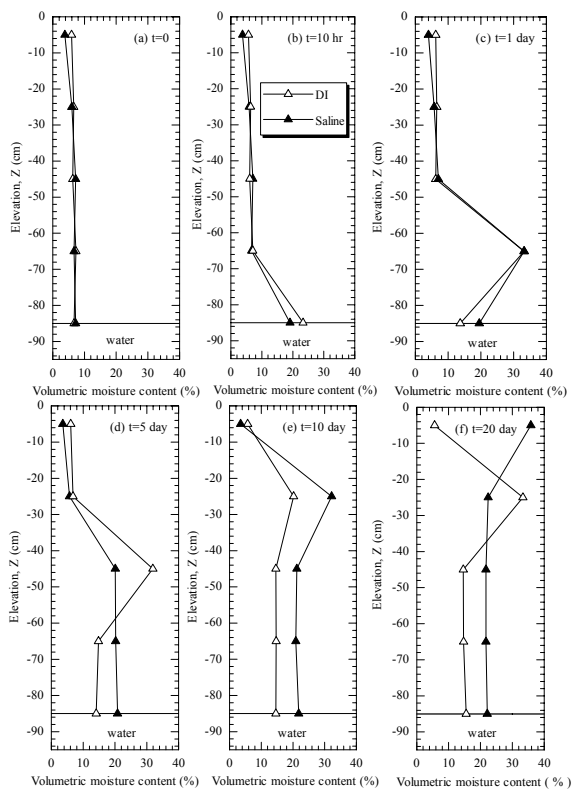
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลากรณีเป็นน้ำจืดและน้ำเค็มที่ระดับความลึก 65 และ 85 ซม. จากผิวดิน สำหรับแท่งดินที่เป็นดินทราย



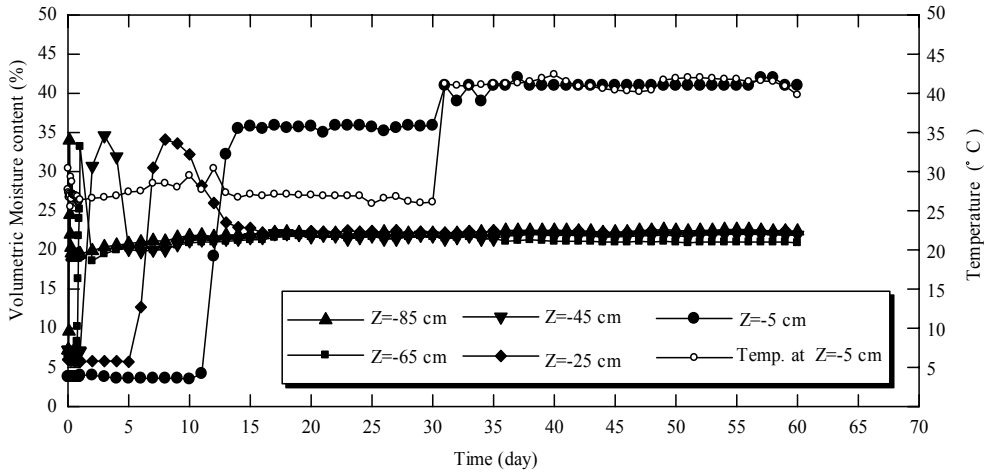
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของดินกับความชื้นเชิงปริมาตรที่เวลาต่าง ๆ สำหรับแท่งดินทราย
 (a) กรณีน้ำใต้ดินเป็นน้ำจืด (b) กรณีน้ำใต้ดินเป็นน้ำเค็ม



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาที่ความลึกของดินที่ระดับต่าง ๆ สำหรับแห้งดินที่เป็นดินร่วนปนทราย (a) กรณีน้ำใต้ดินเป็นน้ำจืด (b) กรณีน้ำใต้ดินเป็นน้ำเค็ม



รูปที่ 9 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความลึกและความชื้นดิน และระหว่างน้ำใต้ดินจืดและน้ำใต้ดินเค็มสำหรับแห้งดินที่เป็นดินร่วนปนทรายที่ (a) ที่เวลาเริ่มต้น (b) 10 ชั่วโมง (c) 1 วัน (d) 5 วัน (e) 10 วัน (f) 20 วัน



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาที่ความลึกของดินระดับต่าง ๆ สำหรับแท่งดินที่เป็นดินร่วนปนทราย กรณีให้น้ำใต้ดินเค็มและเพิ่มการจำลองแสงเพื่อเพิ่มการระเหย

3.3 แท่งดินเป็นดินร่วนปนทรายและเร่งการระเหย

จากการทดลองทั้ง 4 กรณี แท่งดิน I ถึง IV เป็นการทดลองในร่ม อุณหภูมิห้อง แต่ในสภาพธรรมชาติของพื้นที่ดินเค็ม ดินจะได้รับแสงแดด ลม ซึ่งมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดการระเหยของน้ำที่ผิวดิน ดังนั้นเพื่อจำลองการระเหยจากพลังงานที่ผิวดินได้รับเพิ่มขึ้นจึงกำหนดให้มีการทดลองกรณีที่ 5 (แท่งดิน V) หลังจากจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มในดินร่วนปนทรายเหมือนแท่งดิน IV จนความชื้นคงที่ ใช้เวลาประมาณ 30 วัน จึงได้จำลองแสงเพื่อเพิ่มการระเหย แสดงการจำลองแสงดังรูปที่ 3 โดยใช้หลอดไฟขนาด 250 วัตต์ ที่สามารถปรับแสงได้ ทำให้เกิดอุณหภูมิบนผิวดิน 45 ถึง 50 °C ทดสอบต่อไปอีก 30 วัน ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลาดังรูปที่ 10 พบว่าเมื่อผิวดินมีอุณหภูมิสูงขึ้นเกิดการระเหยเพิ่มขึ้นแต่กลับมีผลทำให้ความชื้นของดินที่ระดับผิวดินสูงขึ้นซึ่งเกิดขึ้นเฉพาะที่บริเวณผิวดินเท่านั้น ส่วนที่ระดับอื่น ๆ ของดินที่ลึกลงไป ความชื้นคงที่ ที่ผิวดินมีคราบเกลือเกิดขึ้น คราบเกลือมีลักษณะเป็นฟิล์มเคลือบผิวดินไว้ มีลักษณะแข็ง เมื่อดูดเอาคราบเกลือออกมาจากผิวพบว่ามีความหนาประมาณ 0.2 ซม. ถึง 1 ซม.

4. สรุปผลการทดลอง

อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน และความสูงคาพิวาลรีระหว่างน้ำใต้ดินที่เป็นน้ำจืดและน้ำเค็ม ในแท่งดินทรายให้ผลคล้ายคลึงกัน เนื่องจากดินทรายที่ใช้ทดสอบมีแรงคาพิวาลรีน้อยจึงยังไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน ซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ และความสูงคาพิวาลรีเป็นผลมาจากแรงคาพิวาลรี เมื่อทดลองการเคลื่อนที่ในดินร่วนปนทรายที่มีแรงคาพิวาลรีสูงกว่าดินทราย พบว่าความสูงคาพิวาลรีของน้ำใต้ดิน น้ำเค็มสูงกว่าน้ำใต้ดินจืดที่ระดับความลึกของดินเท่ากัน น้ำใต้ดินเค็มจะมีอิทธิพลทำให้ดินมีความชื้นมากกว่าน้ำใต้ดินจืด เนื่องจากสารละลายเกลือ (NaCl) ที่แทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินประจุของโซเดียม (Na⁺) จะดูดซับน้ำเข้าหาตัวเองด้วยแรงดึงดูดออสโมติก ดังนั้นจากผลการทดลองระหว่างดินทรายและดินร่วนปนทรายแสดงให้เห็นว่าแรงคาพิวาลรีมีความแตกต่างกันตามชนิดและโครงสร้างดิน นอกจากนี้ยังพบว่าดินร่วนปนทรายซึ่งเป็นดินจากพื้นที่ดินเค็มเป็นดินที่สามารถเก็บความชื้นไว้ที่ระดับผิวดินได้มากกว่าดินที่ระดับความลึกอื่น ๆ ดังนั้นเมื่อเกิดการระเหยของน้ำบนผิวดินจึงทำให้เกิดคราบเกลือสะสมบนผิวดินได้มาก จากความเข้าใจพฤติกรรมเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็มมากขึ้นแล้ว การศึกษาต่อไปจะนำดินร่วนปนทรายที่มีน้ำใต้

ดินเค็ม มาจำลองการเคลื่อนที่และทดลองหาวิธีเพื่อตัดกระบวนการคาพิลลารี เพื่อนำไปสู่การป้องกันการเคลื่อนที่ขึ้นมาที่ผิวดินของน้ำใต้ดินเค็มนำไปสู่การแก้ไขปัญหาดินเค็มของพื้นที่ดินเค็มที่ ต.ค้างพลู อ.โนนไทย จ.นครราชสีมา และพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาต่อไปถึงปัจจัยที่ควบคุมกระบวนการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเค็ม สมดุลของน้ำและเกลือของชั้นดินในระดับต่าง ๆ และสามารถสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ได้ในที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้ทุนการศึกษาสำหรับนางสาวหุทัย มาตโค้ง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551 โครงการศึกษา HYDROGEOLOGICAL MODEL เพื่อคาดการณ์การกระจายดินเค็มและน้ำเค็มระยะยาว โครงการโขง-ชี-มูล, รายงานฉบับสมบูรณ์กรมชลประทานฯ
- [2] สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2548 ธรณีวิทยาพื้นที่โครงการศึกษาปัจจัยทางธรณีวิทยาที่ทำให้เกิดดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- [3] 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
- [4] American Society for Testing and Materials, 2008. Test Designation D 6836 – 02, Standard Test Methods for Determination of the Soil Water Characteristic Curve for Desorption Using Hanging column, Pressure Extractor, Chilled Mirror Hygrometer, or Centrifuge. Using Hanging Colomn, Pressure Extractor,Chilled Mirror Hygrometer, or Centrifuge. ASTM, USA.
- [5] Fredlund D.G., and Rahardjo H. 1993. Soil mechanics for unsaturated soils. New York: John Wiley & Sons.
- [6] Fredlund D.G., and Xing A. 1994. Equations for the soil water characteristic curve. Canadian Geotechnical Journal. 31:521-532
- [7] Inoue M., Ould Ahmed B.A., Saito T. and Irshad M., 2008. Comparison of Twelve Dielectric Moisture Probes for Soil Water Measurement under Saline Conditions. American Journal of Environmental Sciences 4 (4): 367-372.
- [8] Scoot ,H.D., 2000. Soil physics : agricultural and environmental applications. Ames : Iowa State University Press.
- [9] <http://www.decagon.com/education/video-custom-soil-calibration-for-vwc-sensors/>