บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการสรุปผลการศึกษาทั้งหมดซึ่งกล่าวมาแล้วในบทที่ 1-6 โดยเริ่มตั้งแต่เครื่องมือและอุปกรณ์ที่พัฒนาเพื่อใช้ในการทดลอง ผลการศึกษาและทฤษฎีที่รวบรวมมา การทดลองเพื่อหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการศึกษา การทดลองการไหลของน้ำผ่านตัวอย่างดินชนิดต่าง ๆ ในรูปแบบการเติมน้ำแบบอัตราคงที่ แบบระดับน้ำคงที่ และแบบมีระดับน้ำใต้ดิน ผลการวิเคราะห์ รวมทั้งข้อเสนอแนะจากผลการศึกษาในครั้งนี้ และข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาที่จะมีขึ้นในอนาคต

7.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่พัฒนาใช้ในการทดลอง

7.1.1 ชุดอุปกรณ์การทดลองการไหลและการเติมน้ำแบบต่าง ๆ มีส่วนประกอบหลักคือ

7.1.1.1 เครื่องสูบน้ำแรงดันสูง 1.5 เมตร และถังใส่น้ำจุ 10 ลิตร ทำหน้าที่เป็นแหล่งน้ำต้นทุนในการทำการทดลอง

7.1.1.2 ถังสูง 1.2 เมตร จากระดับพื้นดิน เป็นถังซึ่งใช้กำหนดระดับน้ำที่ปล่อยลงมาด้านล่างให้มีระดับน้ำคงที่ เพื่อที่จะได้ให้พลังงานของน้ำที่ปล่อยลงมามีค่าสม่ำเสมอ

7.1.1.3 ที่ปล่อยน้ำหยด เป็นการจำลองสภาพการตกของฝนโดยมีการปรับให้หัวน้ำหยดมีการกระจายตัวทั่วพื้นที่หน้าตัดของถังสแตนเลสใส่ดิน

7.1.1.4 ถังสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร โดยการกำหนดขนาด กำหนดมาจากคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของวัสดุที่นำมาใช้ในการทดลอง สามารถให้น้ำไหลซึมผ่านด้านในถัง หรือไหลล้นออกบริเวณด้านข้างถังได้

7.1.1.5 ถังรับน้ำ ทำหน้าที่รับน้ำที่ไหลผ่านลงมาจากถังสแตนเลส และวัดปริมาณน้ำที่ไหลออกมา

7.1.2 ชุดอุปกรณ์ใช้วัดความชื้นในดิน มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ

7.1.2.1 เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน EasyAG ผลิตโดยบริษัท Sentek มีขนาดความยาว 60 เซนติเมตร ประกอบด้วยหัวเซนเซอร์ 4 หัว มีระยะวัดได้ที่ความลึก 10, 20, 30 และ 50 เซนติเมตร จากระดับผิวดิน ส่งสัญญาณเป็นค่า SDI-12

7.1.2.2 เครื่องบันทึกข้อมูล รุ่น CR200 ใช้กับเซนเซอร์ EasyAG โดยการรับส่งสัญญาณผ่านทางสายไฟ สามารถบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่องได้ โดยใช้โปรแกรม PC200W เป็นโปรแกรมรับและประมวลผลข้อมูล

7.2 การหาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของดินชนิดต่าง ๆ

7.2.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดิน

ในการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดินได้ค่าสัมประสิทธิ์การซึมน้ำของดินชนิดต่าง ๆ อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา โดยดินทราย ได้แก่ ดินชนิด SP และ SW มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 13-1.87 เมตร ต่อวัน ดินร่วน ได้แก่ MH และ ML มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 1.16-1.46 เมตร ต่อวัน และดินเหนียว ได้แก่ CH และ CL มีค่าอยู่ในช่วง 0.006-0.007 เมตร ต่อวัน

7.2.2 การหา Soil-water characteristic curve

การทำการทดลองนี้เพื่อที่จะนำความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างแรงดึงน้ำของดิน กับปริมาณน้ำในดิน แล้วนำความสัมพันธ์นี้ไปหาค่าพารามิเตอร์ในสมการของ van Genuchten เพื่อที่จะนำไปคำนวณต่อไป โดยลักษณะของความสัมพันธ์แสดงไว้ในภาคผนวก ข

7.3 การทดลองการไหลของแบบจำลองกายภาพ

7.3.1 ปริมาณน้ำในดินอิ่มตัวจากการทดลองในแบบจำลองกายภาพพบว่ามีค่าแตกต่างจากปริมาณน้ำในดินอิ่มตัวที่ได้จากห้องปฏิบัติการมาตรฐาน

7.3.2 เวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวของดินแต่ละชนิดจากการเติมน้ำแบบอัตราคงที่ คือ ดิน SP ใช้เวลา 9 วินาที ดิน SW ใช้เวลา 18 วินาที ดิน ML ใช้เวลา 105.8 นาที ดิน MH ใช้เวลา 134 นาที ดิน CL ใช้เวลา 366.5 นาที และดิน CH ใช้เวลา 190 นาที

7.3.3 เวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวของดินแต่ละชนิดจากการเติมน้ำแบบระดับน้ำคงที่ คือ ดิน SP ใช้เวลา 10 วินาที ดิน SW ใช้เวลา 15 วินาที ดิน ML ใช้เวลา 165 นาที ดิน MH ใช้เวลา 142.9 นาที ดิน CL ใช้เวลา 360 นาที และดิน CH ใช้เวลา 185 นาที

7.3.4 เวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวของดินแต่ละชนิดจากการเติมน้ำแบบมีระดับน้ำใต้ดิน คือ ดิน SP ใช้เวลา 9 วินาที ดิน SW ใช้เวลา 8 วินาที ดิน ML ใช้เวลา 74.7 นาที ดิน MH ใช้เวลา 80.7 นาที ดิน CL ใช้เวลา 153.7 นาที และดิน CH ใช้เวลา 108.4 นาที

7.3.5 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินของแบบจำลองกายภาพมีลักษณะเหมือนกับการจำลองโดย HYDRUS-1D แต่ใช้เวลาในการอิ่มตัวไม่เท่ากัน

7.4 การจำลองสภาพการไหลโดยแบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการจำลองสภาพการไหลได้ใช้แบบจำลอง HYDRUS-1D ในการจำลองสภาพการเติมน้ำ 3 รูปแบบ ในตัวอย่างดินชนิดต่าง ๆ ได้ผลการจำลองดังนี้

7.4.1 ผลการทดลองพบว่าการเติมน้ำด้วยวิธีมีระดับน้ำใต้ดิน ระดับน้ำคงที่ และอัตราคงที่ มีความเร็วที่ใช้ในการอิ่มตัวเฉลี่ยมากไปน้อยตามลำดับ

7.4.2 เวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวของดินแต่ละชนิดจากการเติมน้ำแบบอัตราคงที่ คือ ดิน SP ใช้เวลา 8 วินาที ดิน SW ใช้เวลา 25 วินาที ดิน ML ใช้เวลา 139.7 นาที ดิน MH ใช้เวลา 112 นาที ดิน CL ใช้เวลา 181 นาที และดิน CH ใช้เวลา 559.2 นาที

7.4.3 เวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวของดินแต่ละชนิดจากการเติมน้ำแบบระดับน้ำคงที่ คือ ดิน SP ใช้เวลา 11.6 วินาที ดิน SW ใช้เวลา 60 วินาที ดิน ML ใช้เวลา 127.8 นาที ดิน MH ใช้เวลา 102.8 นาที ดิน CL ใช้เวลา 241 นาที และดิน CH ใช้เวลา 509.7 นาที

7.4.4 เวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวของดินแต่ละชนิดจากการเติมน้ำแบบมีระดับน้ำใต้ดิน คือ ดิน SP ใช้เวลา 30 วินาที ดิน SW ใช้เวลา 48 วินาที ดิน ML ใช้เวลา 78 นาที ดิน MH ใช้เวลา 60 นาที ดิน CL ใช้เวลา 170 นาที และดิน CH ใช้เวลา 311.1 นาที

7.4.5 ปริมาณน้ำในดินอิ่มตัวที่หาได้จากการจำลองสภาพมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำในดินอิ่มตัวที่กำหนดเป็นค่าพารามิเตอร์ใน HYDRUS-1D ซึ่งหาได้จากห้องปฏิบัติการมาตรฐาน

7.4.6 ลักษณะการไหลของการเติมน้ำแบบอัตราคงที่ และระดับน้ำคงที่ค่าปริมาณน้ำในดินจะค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น และอิ่มตัวในบริเวณด้านบนลงสู่ด้านล่าง ส่วนกรณีการเติมน้ำแบบมีระดับน้ำใต้ดินดินจะอิ่มตัวในบริเวณด้านบนและด้านล่างก่อน บริเวณตรงกลางของชั้นดินจะอิ่มตัวโดยใช้เวลานานที่สุด ทั้งนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่างดินด้วย

7.5 การประยุกต์ใช้ในภาคสนาม

7.5.1 ผลการจำลองสภาพการไหลจากแบบจำลองกายภาพพบว่าปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นมีค่าเท่ากับความจุเก็บกัก เนื่องจากสภาพของแรงดันในธรรมชาติกับในห้องปฏิบัติการมีค่าแตกต่างกัน และเป็นผลมาจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ดังนั้นในการศึกษาได้มีการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินที่ได้จากแบบจำลองกายภาพกับปริมาณน้ำในดินที่ได้จากห้องปฏิบัติการของตัวอย่างดินชนิดต่าง ๆ (รูปที่ 6-1 และรูปที่ 6-2)

7.5.2 ผลการใช้ค่าพารามิเตอร์ปริมาณน้ำในดินตกค้างของ HYDRUS-1D จากแบบจำลองกายภาพ พบว่าเมื่อนำไปจำลองสภาพการไหลเปรียบเทียบกับแบบจำลองกายภาพ พบว่า ดินทราย ได้แก่ SP และ SW ใช้เวลาในการอิ่มตัวจากการทดลองมากกว่าการจำลองโดย

HYDRUS-1D ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ ในดินตะกอน ได้แก่ MH และ ML มีเวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวน้อยกว่าประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในดินเหนียว ได้แก่ CH และ CL มีเวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวน้อยกว่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

7.5.3 จากการจำลองสภาพจากข้อมูลภาคสนามโดยใช้โปรแกรม HYDRUS-1D ซึ่งใช้ค่าปริมาณน้ำในดินที่ความจุเก็บกักเป็นค่าพารามิเตอร์ในการจำลองพบว่า ค่าความชื้นเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าที่วัดได้ในสนาม ประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์

7.5.4 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวและปริมาณน้ำในดินในแกนไร้หน่วยพบว่า เมื่อทำการปรับค่าพารามิเตอร์ปริมาณน้ำในดิน ผลการจำลองและข้อมูลจากภาคสนามมีลักษณะความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน แต่มีเวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวนานกว่าผลจากการคำนวณ และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและเวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวในแกนไร้หน่วยพบว่า ข้อมูลในภาคสนามใช้เวลาในการอิ่มตัวเร็วกว่าเวลาจากผลการทดลอง และผลการคำนวณ ตามลำดับ

7.5.5 ค่าอัตราการเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินที่หาจากผลการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.006 เมตร ต่อวัน ส่วนค่าอัตราการเติมน้ำที่หาจากข้อมูลระดับน้ำในภาคสนามมีค่าเท่ากับ 0.0075 เมตร ต่อวัน

7.6 ข้อเสนอแนะ

ในการทำวิจัยครั้งนี้พบว่ามีประเด็นที่น่าสนใจ และแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขต่าง ๆ ดังนี้

7.4.1 การทดลองตัวอย่างดินที่มีลักษณะเป็นทรายที่มีขนาดใหญ่ควรเพิ่มความยาวของแบบจำลองกายภาพเพื่อช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการบันทึกค่า เนื่องจากหากความยาวของแบบจำลองยาวไม่เพียงพอจะทำให้เวลาที่ใช้บันทึกข้อมูลมีน้อย และในการคำนวณอาจต้องพิจารณาเป็นแบบ Dual porosity

7.4.2 เนื่องจากอุปกรณ์วัดความชื้นที่ใช้ในการทดลองสามารถวัดความชื้นได้เฉพาะที่ระดับความลึก 10, 20, 30 และ 50 เซนติเมตร ทำให้เกิดข้อจำกัดในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นในกรณีการเติมน้ำแบบอัตราคงที่และมีระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งหากสามารถพัฒนาเครื่องมือให้วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินที่ระดับความลึกใกล้ระดับน้ำใต้ดินจะช่วยให้ สามารถศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

7.4.3 ในการใช้ค่าปริมาณน้ำในดินในพื้นที่สนามเป็นค่าพารามิเตอร์ปริมาณน้ำในดินตกค้างในแบบจำลอง HYDRUS-1D พบว่ามีค่าปริมาณน้ำในดินจากการจำลองน้อยกว่าสภาพ

จริงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในเขตพื้นที่ชลประทานซึ่งมีการเพาะปลูกข้าวตลอดเวลา ทำให้ดินในพื้นที่มีความชื้นสูงตลอดเวลา ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนพื้นที่ศึกษาให้มีลักษณะการใช้พื้นที่แบบอื่น ๆ เช่น เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน พื้นที่ปลูกพืชชนิดต่าง ๆ พื้นที่เขตเมือง จะช่วยให้ทราบค่าที่เหมาะสมในการกำหนดพารามิเตอร์ในการจำลองสภาพได้หลากหลายรูปแบบเพิ่มมากขึ้น