บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

ผลการศึกษา การหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเติมน้ำใต้ดินโดยแรงโน้มถ่วงของโลกเทียบกับการกระจายตัวของขนาดทราย ซึ่งผลการทบทวนการศึกษาการเติมน้ำในแบบต่างๆ ได้นำมาออกแบบและจัดทำแบบจำลองน้ำใต้ดินในห้องปฏิบัติการขนาด กว้าง 1.0 เมตร ยาว 2.1 เมตร สูง 0.5 เมตร ส่วนการทดลองภาคสนามโดยสระทดลองมีขนาด กว้าง 10 เมตร ยาว 115 เมตร ลึก 2 เมตร และ บ่อบาดาลทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว พอสรุปผลแยกเป็นผลการทดลองในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม ได้ดังนี้

ผลการทดลองเติมน้ำในแบบจำลองทางกายภาพในห้องปฏิบัติการ สามารถสรุปผลการทดลองเทียบกับการทดลองภาคสนาม ได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

6.1.1 การกระจายตัวของขนาดทรายที่ได้จากเส้นโค้งการกระจายตัวของทราย โดยทรายตัวอย่างทั้งหมด 7 ชนิดนี้ แบ่งเป็นทรายตัวอย่างหลัก 4 ชนิด(ทรายตัวอย่างที่ 1-4) ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวแบบ uniform graded ส่วนทรายตัวอย่างที่ 5 และ 7 เป็นทรายที่ได้จากการคละกันของทรายตัวอย่างหลัก โดยมีลักษณะการกระจายตัวแบบ well graded และ gap graded ส่วนทรายตัวอย่างที่ 6 เป็นทรายจากภาคสนามมีการกระจายตัวแบบ uniform graded

6.1.2 ความแตกต่างของความนำชลศาสตร์แนวราบ และ อัตราการซึมจากการทดลอง ที่มีการกระจายตัวของทรายในกรณีทรายตัวอย่างหลัก เปรียบเทียบกับทรายตัวอย่างคละกันในกรณีต่างๆ สรุปได้ดังนี้

1. ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบ เมื่อเทียบกับการกระจายตัวของทรายตัวอย่างหลัก มีค่า $K_H = 98.97\ D_{50}^{1.48}$

2. ค่าอัตราการซึม เมื่อเทียบกับการกระจายตัวของทรายตัวอย่างหลัก มีค่า $K_Z = 9.81\ D_{50}^{1.44}$ โดยค่าอัตราการซึมมีค่า ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ของความนำชลศาสตร์ในแนวราบ

3. ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบและอัตราการซึมของทรายคละกันแบบ well graded มีค่า 1.19-1.33 เท่า หรือเฉลี่ย 1.26 เท่าของทรายตัวอย่างหลัก

2. ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบและอัตราการซึมของทรายในภาคสนาม มีค่าประมาณ 1.15-1.23 เท่าหรือเฉลี่ย 1.26 เท่าของทรายตัวอย่างหลัก

3. ค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบและอัตราการซึมของทรายคละกันแบบ gap graded มีค่าประมาณ 0.59-0.88 เท่า หรือเฉลี่ย 0.74 เท่าของทรายตัวอย่างหลัก

ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบ(K_H) และอัตราการซึม(K_Z) มีค่าดังสมการ $K_z = 0.12K_H^{0.95}$

และอัตราการเติมน้ำในกรณีสระทดลองและกรณีบ่อบาดาล เมื่อไม่มีระดับน้ำใต้ดิน มีความสัมพันธ์ดังสมการ $K_{R\,(pond)} = 8.031\ D_{50}^{1.42}$ และ $K_{R\,(pipe)} = 8.32\ D_{50}^{1.39}$ ตามลำดับ ในขณะที่ระดับน้ำใต้ดินมีค่าสูงขึ้นอัตราการเติมน้ำแบบสระและแบบบ่อบาดาลมีอัตราลดลง

6.1.4 จากผลการทดลองเติมน้ำ โดยสระทดลองและบ่อบาดาลทดลองในห้องปฏิบัติการนั้นพบว่า ระดับการไหลของน้ำใต้ดินในกรณีที่มีระดับน้ำใต้ดินเดิมต่ำ การไหลของน้ำใต้ดินได้รับอิทธิพลจากอัตราการซึมของน้ำผ่านตัวกลางทราย และเมื่อระดับน้ำใต้ดินมีระดับสูงขึ้นความนำชลศาสตร์เริ่มมีอิทธิพลต่อระดับการไหล โดยตำแหน่งของระดับน้ำใต้ดินเดิม(Hi)เมื่อเทียบกับความหนาของชั้นดินให้น้ำ(H_A) ที่ทำให้ความนำชลศาสตร์มีอิทธิพลต่อระดับการไหลของน้ำใต้ดินในทรายตัวอย่าง มีค่าประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์

6.1.5 เมื่อนำค่าการกระจายตัวของทรายในภาคสนาม มากำหนดค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าค่าความนำชลศาสตร์ในภาคสนามมีค่า 274 ซม/นาที ในขณะที่ความนำชลศาสตร์แนวราบในภาคสนามจริงมีค่า 254 ซม/นาที หรือความนำชลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการมีค่า 1.07 เท่าความนำชลศาสตร์จากภาคสนาม

6.1.6 ระยะยกตัวของน้ำใต้ดินในภาคสนาม มีค่า 0.13 เท่า เมื่อเทียบกับความความหนาของชั้นดินให้น้ำ ในขณะที่ระยะยกตัวของน้ำใต้ดินในห้องปฏิบัติการมีค่า 0.10 เท่าของความหนาของชั้นดินให้น้ำ หรืออัตราส่วนระยะยกตัวในห้องปฏิบัติการมีค่า 0.77 เท่า ของอัตราส่วนระยะยกตัวในภาคสนาม

6.1.7 ระยะทางที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ในภาคสนาม มีค่า 7.41 เท่า เมื่อเทียบกับความกว้างของสระทดลอง ในขณะที่ระยะทางที่น้ำใต้ดินเคลื่อนที่ในห้องปฏิบัติการมีค่า 8.24 เท่า

ของความกว้างสระ หรืออัตราส่วนระยะทางในห้องปฏิบัติการมีค่า 1.11 เท่า ของอัตราส่วนระยะทางในภาคสนาม

6.1.8 ผลการเปรียบเทียบผลการทดลองภาคสนาม ซึ่งเป็นเพียงบางกรณีของการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าค่าความนำชลศาสตร์ในแนวราบ , การยกตัวและระยะทางยกตัว ให้ค่าไปในแนวเดียวกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ ขณะที่ค่าอัตราการซึมให้ค่าน้อยกว่าอันเนื่องมาจาก อิทธิพลของระดับน้ำใต้ดินและปริมาณตะกอนในภาคสนาม

6.1.9 ผลการศึกษาได้เสนอแนวทางการออกแบบการเติมน้ำทั้งแบบสระและบ่อบาดาล โดยใช้ความสัมพันธ์จากการทดลองในห้องปฏิบัติการไปประยุกต์ใช้ได้

6.2 ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยทั้งในการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดลองภาคสนาม ยังมีประเด็นที่น่าสนใจในการพิจารณา เพื่อนำไปปรับปรุงผลการทดลองให้มีความถูกต้องมากขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปพิจารณาต่อไปดังนี้

6.2.1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

6.2.1.1 การกำหนดค่าการกระจายตัวของทรายที่นำมาคละกัน กรณีของทรายที่คละกันแบบขาดช่วงในการศึกษานี้พิจารณาเฉพาะทรายที่ขาดช่วงกลาง ในการศึกษาต่อไปควรทำการทดลองเพิ่ม ในกรณีทรายคละกันแบบขาดช่วงกรณีอื่น

6.2.1.2 แบบจำลองน้ำใต้ดินมีขนาดความยาวไม่พอ เนื่องจากถูกกำหนดความยาวด้วยกระจก ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบระยะทางการไหลของน้ำใต้ดินหลังจากเติมน้ำ ทั้งในกรณีเติมน้ำโดยสระ และเติมน้ำโดยบ่อได้ถึงที่สุด จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าควรกำหนดความยาวแบบจำลองที่ใช้เป็น 3 เมตร

6.2.1.3 เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ได้กำหนดรูปแบบชนิดของชั้นดินให้น้ำเป็นแบบ ชั้นดินให้น้ำแบบเปิด(Unconfined Aquifer) เพียงกรณีเดียว ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณารูปแบบของชั้นดินให้น้ำในกรณีอื่นๆ

6.2.1.4 การศึกษาในครั้งนี้ใช้ตัวกลางทรายเป็นวัสดุกรองเพียงชนิดเดียว ดังนั้นในการศึกษาต่อไปควรพิจารณาตัวกลางชนิดอื่น เช่น กรวด หิน

6.2.1.5 เพื่อให้ทราบลักษณะการไหลของน้ำใต้ดินที่แท้จริง ควรพิจารณาการไหลของน้ำใต้ดินทั้งทิศทางที่ขนานและตั้งฉากกับความยาวของแบบจำลอง

6.2.1.6 ควรระวังเรื่องความสะอาดของน้ำที่ใช้เติมและทรายตัวอย่าง เพื่อป้องกันการอุดตันของตัวกลางทราย และอุปกรณ์วัดระดับความดันน้ำ

6.2.1.7 ในการกำหนดการกระจายตัวของขนาดทราย ควรใช้ตัวอย่างจากบริเวณที่มีการไหลจริง เช่นกรณีแนวดิ่งใช้ทรายบริเวณใกล้กับผิวดิน ในกรณีการไหลในแนวราบให้ใช้ค่าเฉลี่ยทรายตัวอย่างที่มีการไหลเกิดขึ้นจริง เช่นการทดลองภาคสนามครั้งนี้ใช้ความลึก 5 เมตร จากผิวดิน

6.2.2 การทดลองภาคสนาม

6.2.2.1 เนื่องจากพื้นที่ภาคสนามมีอิทธิพลของตะกอนสูง ดังนั้นควรมีระบบป้องกันตะกอนที่เกิดในระบบเติมน้ำ เช่นควรมีบ่อตกตะกอนในพื้นที่ทดลองก่อนเติมน้ำ หรือมีมาตรการการขุดลอกเป็นประจำก่อนการทดลอง

6.2.2.2 ควรทดลองเติมน้ำในพื้นที่อื่น ที่สามารถควบคุมปริมาณการเติมน้ำ และน้ำที่นำมาเติมมากขึ้น

6.2.2.3 เนื่องจากพื้นที่ทดลองมีระดับน้ำใต้ดินใกล้กับระดับท้องสระ ดังนั้นในการเลือกพื้นที่ทดลองต่อไปควรพิจารณาพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินเดิมลึกเพื่อตรวจสอบผลการเติมน้ำและระยะทางที่น้ำเคลื่อนที่เทียบกับพื้นที่ทดลองนี้

6.2.2.4 เนื่องจากลักษณะก้นสระทดลองมีทรายเป็นวัสดุกรองโดยธรรมชาติ ดังนั้นในการศึกษาต่อไปอาจพิจารณาพื้นที่อื่นเพื่อให้ได้วัสดุกรองในท้องสระชนิดอื่น

6.2.2.5 ในพื้นที่ทดลองอื่นควรพิจารณาขนาดสระที่ใช้ทดลองเติมน้ำ ที่มีขนาดต่างๆเช่น สระเติมน้ำที่มีความลึกมากกว่าแต่มีความกว้างน้อยกว่าพื้นที่ทดลองนี้ เพื่อพัฒนาการเติมน้ำในลักษณะอื่นๆ

6.2.2.6 กรณีการเติมน้ำโดยบ่อบาดาลควรพิจารณาระดับการเติมน้ำ ความลึกของบ่อบาดาล ระดับของช่องเปิด ลักษณะของช่องเปิดอื่น เทียบกับบ่อบาดาลในพื้นที่ทดลองนี้

6.2.3 ข้อเสนอแนะทั่วไป

6.2.3.1 ในอนาคต มีความจำเป็นต้องมีมาตรการเติมน้ำช่วยธรรมชาติให้มากขึ้น เพื่อชดเชยกับการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น ควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ของการเติมน้ำในพื้นที่อื่นๆเพิ่มเติม

6.2.3.2 ควรมีการศึกษาการออกแบบและเกณฑ์การออกแบบ ด้านเทคนิคอื่นๆ เพิ่มเติม

6.2.3.3 ควรมีรูปแบบการเติมน้ำในลักษณะต่างๆ เช่นการเพิ่มอัตราการเติมน้ำในลำน้ำ อ่างเก็บน้ำ ฯลฯ