บทที่ 3

การดำเนินการทดลอง

3.1 การดำเนินการศึกษา

สำหรับการศึกษานี้ จะทำการศึกษาและทดลองในรางน้ำสี่เหลี่ยม (rectangular flume) ยาว 18 ม. กว้าง 0.60 ม. ลึก 0.75 ม. ผนังด้านข้างทั้งสองทำด้วยกระจกใสหนา 1.20 ซม. พื้นรางน้ำทำด้วยเหล็กหนา 6 มม. โดยลักษณะการไหลเป็นการไหลแบบทิศทางเดียวในรางน้ำเปิด (open channel flow) ดูรายละเอียดภาคผนวก ก. ซึ่งตั้งอยู่ ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองทางชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีลักษณะการหมุนเวียนของน้ำในระบบดังรูป 3-1 ประกอบไปด้วย ปั๊มซึ่งใช้สำหรับสูบน้ำจากบ่อพักน้ำ ผ่านท่อเหล็กมายังถังเก็บน้ำด้านบน หลังจากนั้นน้ำจะถูกปล่อยผ่านวาล์วกลับลงมายังบ่อด้านเหนือน้ำ และเมื่อน้ำได้ผสมกับทรายที่โรยจากเครื่องโรยทรายแล้ว น้ำปนตะกอนเหล่านี้จะไหลผ่านพื้นทรายในรางน้ำ ประตูระบายท้ายน้ำ และกลับลงสู่บ่อพักน้ำอีกครั้ง เพื่อรอการสูบกลับไปยังถังเก็บน้ำด้านบน หมุนเวียนเป็นระบบต่อไป

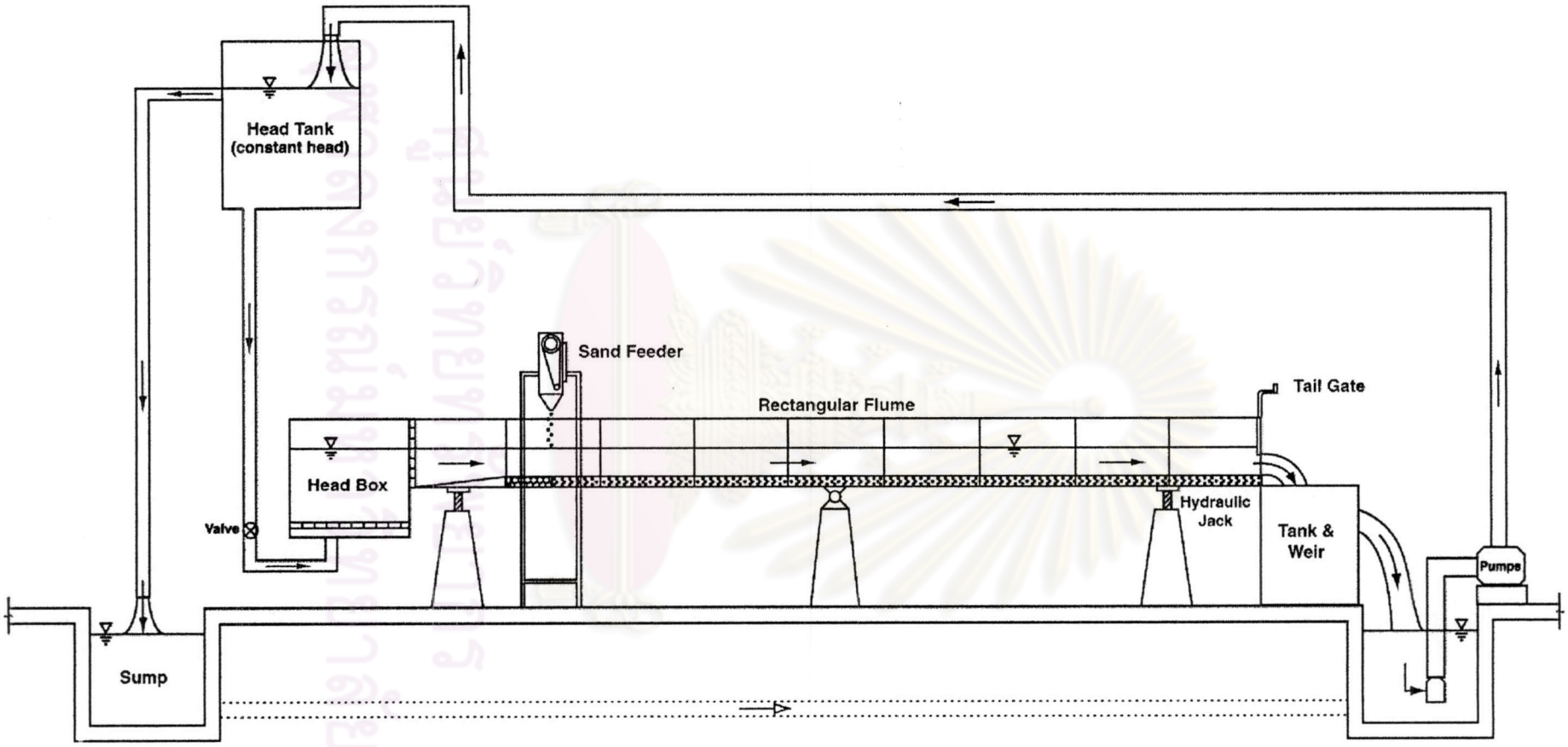
3.2 วัสดุท้องน้ำ (bed material)

วัสดุท้องน้ำจำลองโดยใช้ทรายที่มีขนาดสม่ำเสมอ 3 ขนาดได้แก่ ทรายหยาบ (coarse sand) D_{50} = 2.90 มม. ทรายปานกลาง (medium sand) D_{50} = 1.18 มม. และทรายละเอียด (fine sand) D_{50} = 0.26 มม. นำมาผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อให้ได้วัสดุท้องน้ำที่มีขนาด D_{50} ใกล้เคียงกัน แต่การกระจายขนาดของทราย σ_g (geometric standard deviation) ต่างกัน ดังแสดงในตาราง 3-1 โดยรายละเอียดการผสมทรายดูภาคผนวก ก. ส่วนการวิเคราะห์วัสดุท้องน้ำ ดูภาคผนวก ข.

ตาราง 3-1 คุณสมบัติและอัตราส่วนผสมของวัสดุท้องน้ำที่ใช้ในการทดลอง

ทราย ชนิดที่	ปริมาณ ทรายหยาบ(%)	ปริมาณทราย ปานกลาง(%)	ปริมาณทราย ละเอียด(%)	D_{16} (มม.)	D_{35} (มม.)	D_{50} (มม.)	D_{84} (มม.)	σ_g*	γ_s
1	-	100	-	0.91	1.08	1.18	1.6	1.32	2.65
2	20	60	20	0.47	0.91	1.18	2.11	2.11	2.65
3	40	20	40	0.21	0.55	1.17	3.11	3.90	2.65

หมายเหตุ * σ_g = geometric standard deviation = $(D_{84}/ D_{16})^{1/2}$



รูป 3-1 แผนผังแสดงระบบหมุนเวียนของน้ำในรางน้ำ

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. รางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า สำหรับการศึกษานี้ ใช้รางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 0.60 ม. ยาว 18.0 ม. และลึก 0.75 ม. ซึ่งมีผนังด้านข้างทั้งสองข้างทำด้วยกระจกใส หนา 1.20 ซม. พื้นรางทำจากแผ่นเหล็กหนา 6 มม. และความลาดเอียงท้องรางน้ำ สามารถปรับได้โดยใช้แม่แรงยก ซึ่งหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ดูรายละเอียด รูป ก.1 ถึง ก.4 ภาคผนวก ก.

2. ประตูระบายน้ำที่ปลายสุดของรางน้ำ และความลาดเอียงรางน้ำทำหน้าที่ควบคุมความลึกการไหลของน้ำในรางน้ำให้เป็นไปตามที่ต้องการ

3. ตะแกรงและตะแกรงลดคลื่น ติดตั้งบริเวณบ่อด้านเหนือน้ำ เพื่อลดขนาดของคลื่น และความปั่นป่วนหมุนวนของกระแสน้ำ ดังรูป ก.5 ภาคผนวก ก.

4. ถาดติดล้อเลื่อน ใช้สำหรับติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวัดความเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ ดังรูป ก.6 ภาคผนวก ก.

5. ฝายสามเหลี่ยมวัดน้ำสันคม ติดตั้งที่ด้านท้ายของรางน้ำ เพื่อใช้วัดอัตราการไหลของน้ำโดยการอ่านค่าระดับน้ำเหนือสันฝาย (H) แล้วนำไปคำนวณอัตราการไหลจากผลการสอบเทียบ ดูรูป ก.8 ภาคผนวก ก. ผลการสอบเทียบ ดูรายละเอียดภาคผนวก ข.

6. เครื่องมือวัดความเปลี่ยนแปลงระดับท้องน้ำ สามารถใช้วัดระดับความลึกจากระดับอ้างอิงถึงระดับผิวน้ำ ระดับอ้างอิงถึงระดับท้องน้ำ หรือระดับผิวน้ำถึงระดับท้องน้ำ และสามารถติดตั้งเครื่องมือวัดได้ถึง 6 ช่องสัญญาณ และแสดงผลทางจอ LCD ของแต่ละช่องสัญญาณ หรือพิมพ์ออกมาด้วยเครื่องพิมพ์ที่ติดตั้งไว้ในเครื่อง และสามารถส่งข้อมูลไปสู่คอมพิวเตอร์รวมถึงการควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถตั้งเครื่องมือทำงานอัตโนมัติได้อีกด้วย เครื่องมือวัดความเปลี่ยนแปลงท้องน้ำสามารถวัดความลึกได้สูงสุด 0.40 ม. ค่าความคลาดเคลื่อน ±0.50 มม. ดูรูป ก.10 ถึง ก.11 ภาคผนวก ก. ผลการสอบเทียบ ดูรายละเอียดภาคผนวก ข.

7. เครื่องโรยทรายอัตโนมัติ มีลักษณะเป็นถังเก็บทรายติดตั้งมอเตอร์เขย่าที่โรยทรายมีลักษณะเป็นลูกกลิ้งหมุนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า ควบคุมอัตราการหมุนของมอเตอร์ เพื่อกำหนดอัตราการโรยทรายโดยเครื่องปรับกระแสไฟ (AC Inverter Drive) ใช้สำหรับโรยทรายในสภาวะเงื่อนไขการทดลองที่มีการเคลื่อนที่ของตะกอนในน้ำ ดูรูป ก.12 ถึง ก.15 ภาคผนวก ก. ผลการสอบเทียบ ดูรายละเอียดภาคผนวก ข

8. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนทั้งหมด มีลักษณะเป็นถุงผ้าขนาดใหญ่ มีขนาดเส้นรอบวง 3.0 ม. ยาว 3.0 ม. ติดตั้งทางด้านท้ายของรางน้ำเพื่อใช้ดักตะกอนที่ไหลมากับน้ำทั้งหมด โดยถุงผ้าขนาดใหญ่ที่ทำจากผ้าดิบนี้ จะทำหน้าที่กรองตะกอนทั้งหมดออกจากน้ำ ดังรูป ก.16 ภาคผนวก ก.

9. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย ติดตั้งทางด้านท้ายรางน้ำ เพื่อใช้เก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย โดยอุปกรณ์นี้จะทำการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยตลอดความลึกและสูงจากท้องน้ำประมาณ 0.5 ซม. เพื่อนำไปหาปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยตั้งแต่ผิวน้ำจนถึงท้องน้ำ ดังรูป ก.17 ภาคผนวก ก.

10. เครื่องมือวิเคราะห์การกระจายขนาดของทราย ใช้สำหรับหาคุณสมบัติของวัสดุท้องน้ำที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งตั้งอยู่ ณ ห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังรูป ก.18 ภาคผนวก ก.

11. เทอร์โมมิเตอร์ สำหรับวัดอุณหภูมิ เพื่อใช้พิจารณาหาคุณสมบัติของน้ำขณะทดลอง

12. นาฬิกาจับเวลา

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

สำหรับขั้นตอนการทดลองจะทำการทดลองทราย 3 อัตราส่วนผสม โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการแบบจำลองทางชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ และห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. เตรียมรางน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้า และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งตรวจสอบสภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อม

2. เตรียมทรายที่จะใช้ในการทดลอง ให้มีอัตราส่วนผสมตามที่ต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 รายละเอียดการผสม ดูภาคผนวก ก.

3. นำทรายที่มีอัตราส่วนผสมตามที่ต้องการใส่ลงในรางน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้มีความสูงจากพื้นรางน้ำ 25 ซม. ตลอดทั้งรางน้ำ และปรับระดับให้เรียบร้อย

4. ปรับความลาดเอียงของรางน้ำเบื้องต้น (S_0) ตามอัตราการไหล และความลึกการไหลที่กำหนดเบื้องต้น โดยพิจารณาจากสมการ

$$S_0 = \frac{n^2 Q_0^{\,2}}{B^2 h_0^{\,2} R^{\frac{4}{3}}} \qquad (3.1)$$

เมื่อ Q_0 = อัตราการไหลของน้ำที่กำหนดเบื้องต้น (25,30,35,40,45,50 และ 55 ลิตรต่อวินาที)

n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง

= 0.014 (ธรรมวัฒน์ การุณธนกุล, 1998:82)

h_0 = ความลึกการไหลของน้ำที่กำหนดเบื้องต้น (10 ซม.)

B = ความกว้างของรางน้ำ (60 ซม.)

5. คำนวณหาอัตราการนำพาตะกอน จากอัตราการไหลที่กำหนดเบื้องต้น (Q_0), ความลึกการไหลที่กำหนดเบื้องต้น (h_0), ความลาดเอียงของรางน้ำเบื้องต้น (S_0) และขนาด D_{50} ของวัสดุท้องน้ำก่อนทำการทดลอง โดยใช้สมการของ Engelund และ Hansen (สมการ 2.18) และกำหนดความเร็วการโยทรายเบื้องต้น ตามอัตราการนำพาตะกอนที่คำนวณได้

6. เปิดวาล์วปล่อยน้ำเข้ารางน้ำอย่างช้า ๆ และปรับอัตราการไหลทีละน้อย ๆ เพื่อให้ได้ค่าอัตราการไหลตามที่ต้องการ และทำการโยทรายจากเครื่องโยทรายตามอัตราการนำพาตะกอนที่คำนวณได้

7. ปรับความลาดเอียงของรางน้ำและประตูท้ายน้ำ เพื่อให้ความลึกของการไหลอยู่ในช่วง 10±1.0 ซม.

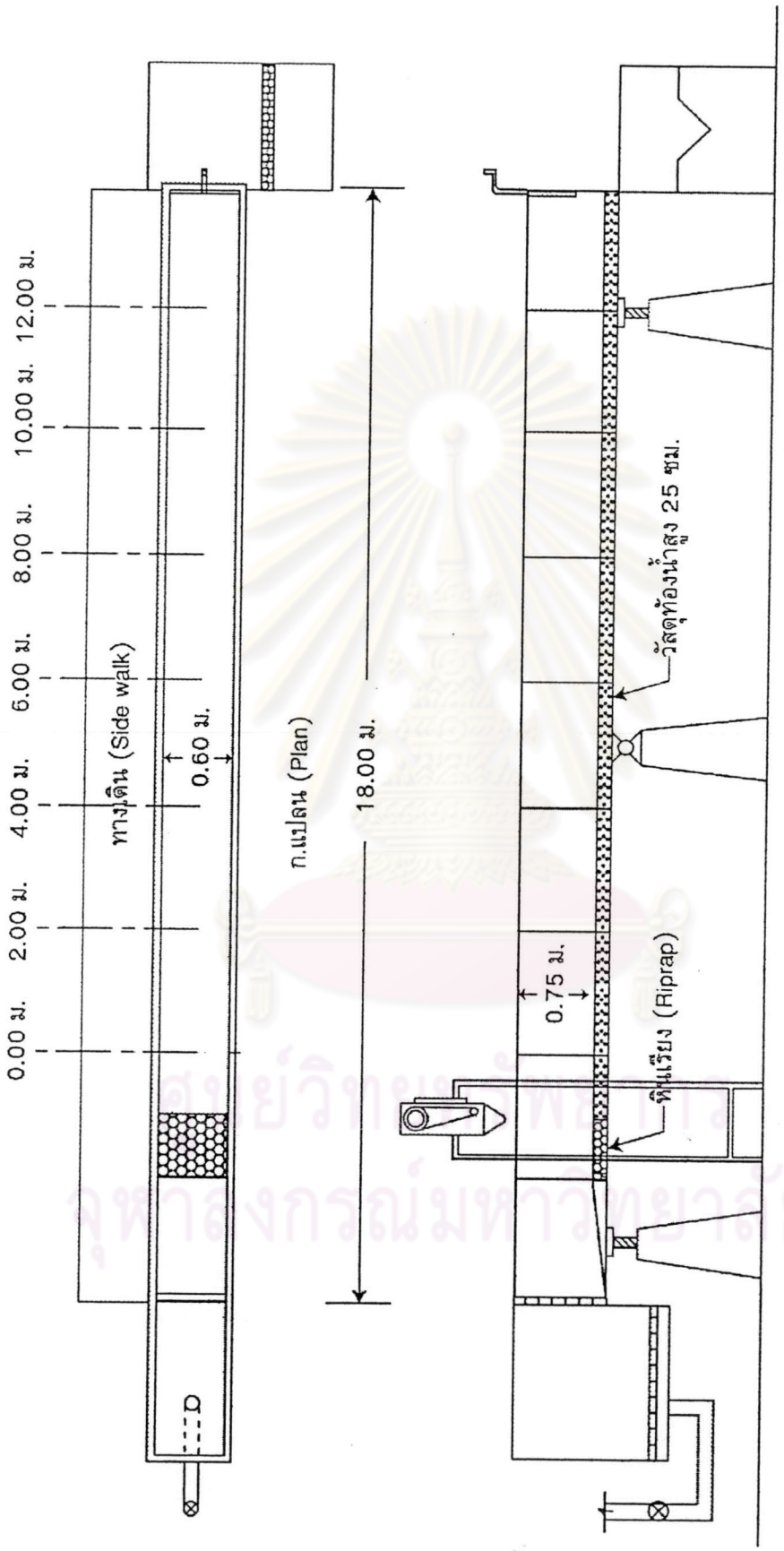
8. ทำการปรับอัตราการโยทราย ความลาดเอียงของรางน้ำ และทิ้งเวลา โดยในแต่ละการทดลอง ได้ทำการทิ้งเวลาเพื่อให้ระบบเข้าสู่สมดุล (Equilibrium) ไม่ต่ำกว่า 180 นาที โดยสังเกตได้จาก ความลึกของการไหล ความลาดเอียงของผิวน้ำ และลักษณะรูปร่างท้องน้ำมีสภาพเหมือนกันตลอดทั้งรางน้ำ (ไม่เปลี่ยนแปลงภายใน 1 ซม.)

9. เมื่อระบบเข้าสู่สมดุล ทำการจดบันทึกอัตราการโยทรายที่ใช้ และทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการ ได้แก่

อุณหภูมิน้ำ ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำที่จุดกึ่งกลางของหน้าตัด 3 ครั้ง ครั้งละ 3 จุด ตามความยาวของรางน้ำโดยเทอร์โมมิเตอร์ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

อัตราการไหล หาได้จากความสัมพันธ์ของฝายสามเหลี่ยมสันคม ที่อยู่ด้านท้ายของรางน้ำ โดยอัตราการไหลหาได้จากค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่วัดทุก ๆ 5 นาที จำนวน 3 ค่า ซึ่งอัตราการไหลที่วัดในแต่ละครั้ง ได้มาจากการอ่านค่าระดับเหนือสันฝายเฉลี่ยกันไม่ต่ำกว่า 10 ครั้ง

ความลาดเอียงของผิวน้ำ หาได้จากการวัดค่าระดับผิวน้ำเทียบกับระดับน้ำนิ่ง โดยใช้เครื่องมือวัดระดับที่ติดตั้งบนถาดติดล้อเลื่อนที่ตำแหน่ง 2.00 ม., 4.00 ม., 6.00 ม., 8.00 ม. และ 10.00 ม. ดังรูป 3-2 โดยค่าระดับผิวน้ำในแต่ละจุด หาได้จากค่าเฉลี่ยของระดับผิวน้ำที่วัดทุก ๆ 5 นาที จำนวน 3 ค่า ซึ่งค่าระดับผิวน้ำที่วัดในแต่ละครั้ง ได้มาจากการอ่านค่าระดับผิวน้ำที่ตำแหน่ง 15 ซม., 30 ซม. และ 45 ซม. ตามความกว้างของรางน้ำมาเฉลี่ยกัน



รูป 3-2 การกำหนดตำแหน่งที่ใช้วัดค่าแรงน้ำ

ความลึกการไหล หาได้จากผลต่างของค่าระดับผิวน้ำกับค่าระดับท้องน้ำ โดยใช้เครื่องมือวัดระดับที่ติดตั้งบนถาดติดล้อเลื่อน ความลึกการไหลในแต่ละการทดลอง ได้มาจากการเฉลี่ยค่าความลึกที่วัดได้ ซึ่งทำการวัด 45 ครั้งตลอดรางน้ำ

ปริมาณตะกอนแขวนลอย ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยตลอดความลึก ที่ตำแหน่ง 15 ซม., 30 ซม. และ 45 ซม. ตามความกว้างของรางน้ำ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของหน้าตัด

10. ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนทั้งหมดที่ไหลมากับน้ำ เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตะกอนทั้งหมดที่ใส่เข้าไป (จากเครื่องโรยทราย) โดยใช้ถุงผ้าขนาดใหญ่ จากนั้นนำตัวอย่างตะกอนทั้งหมดที่เก็บได้ ไปอบให้แห้ง เพื่อตรวจสอบว่าระบบเข้าสู่สมดุล โดยในการทดลอง กำหนดให้ค่าทั้งสองมีความแตกต่างไม่เกิน 10 %

11. ระบายน้ำออกจากรางน้ำ บันทึกลักษณะของท้องน้ำ รูปร่างท้องน้ำ และเก็บตัวอย่างท้องน้ำที่ตำแหน่ง 0.00 ม., 2.00 ม., 4.00 ม., 6.00 ม., 8.00 ม., 10.00 ม. และ 12.00 ม. ดังรูป 3-2 เพื่อนำไปวิเคราะห์การกระจายขนาด

12. ปรับสภาพท้องน้ำให้เรียบ ทำการทดลองซ้ำข้างต้น โดยเปลี่ยนอัตราการไหลและวัสดุท้องน้ำจนครบทั้ง 3 อัตราส่วนผสม

13. นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ

3.5 สรุปรายละเอียดกรณีการศึกษา

การศึกษาผลของการกระจายขนาดของตะกอนต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของตะกอนในรางน้ำสี่เหลี่ยมนี้ ได้แบ่งการทดลองเป็นสองส่วน คือ การทดลองในห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของการกระจายขนาดของตะกอนท้องน้ำที่มีต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของตะกอน อันได้แก่ อัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนแขวนลอยต่อตะกอนทั้งหมด ลักษณะรูปร่างท้องน้ำ และการทดลองในห้องปฏิบัติการปฐพีกลศาสตร์ เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงขนาด D_{50} ของวัสดุท้องน้ำตามระยะทาง โดยพิจารณาตัวแปรต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ลักษณะการไหล เช่น อัตราการไหล ความลึกการไหล ความเร็วการไหล และลักษณะของวัสดุท้องน้ำ เช่น ขนาดของวัสดุท้องน้ำ ลักษณะสัณฐานและรูปร่างของวัสดุท้องน้ำ เป็นต้น สำหรับการศึกษานี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี ตามลักษณะการกระจายขนาดของทรายเริ่มต้น ซึ่งมีรายละเอียด ดังตาราง 3-2 และจากกรณีศึกษาทั้งหมด เมื่อการทดลองเสร็จสิ้นสมบูรณ์ ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลอง ซึ่งเป็นตัวแปรพื้นฐานในการวิเคราะห์ สรุปได้ดังนี้

3.5.1 ทรายตัวอย่างที่ 1 ขนาดทรายเริ่มต้น $D_{50,i}$ = 1.18 มม., $\sigma_{g,i}$ = 1.32

อัตราการไหล (Q)	24.0-55.2	ลิตร/วินาที
ความลึกการไหล (h)	9.4-11.2	ซม.
ความเร็วการไหล (V)	42.7-84.5	ซม./วินาที
อุณหภูมิของน้ำ (T)	28.0-29.4	องศา C
ความลาดเอียงของผิวน้ำ (i)	0.0017-0.0063	ม./ม.
อัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด (Total load)	1170-4560	กรัม/นาที
อัตราการนำพาตะกอนแขวนลอย (Suspended load)	147-1014	กรัม/นาที
ขนาด D_{50} (median particle diameter)	1.17-1.22	มม.
ค่าการกระจายขนาดของทราย σ_g	1.31-1.32	

3.5.2 ทรายตัวอย่างที่ 2 ขนาดทรายเริ่มต้น $D_{50,i}$ = 1.18 มม., $\sigma_{g,i}$ = 2.11

อัตราการไหล (Q)	24.8-53.7	ลิตร/วินาที
ความลึกการไหล (h)	9.1-11.1	ซม.
ความเร็วการไหล (V)	45.6-81.0	ซม./วินาที
อุณหภูมิของน้ำ (T)	25.0-27.5	องศา C
ความลาดเอียงของผิวน้ำ (i)	0.0015-0.0063	ม./ม.
อัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด (Total load)	1290-4920	กรัม/นาที
อัตราการนำพาตะกอนแขวนลอย (Suspended load)	192-1254	กรัม/นาที
ขนาด D_{50} (median particle diameter)	1.17-1.29	มม.
ค่าการกระจายขนาดของทราย σ_g	1.98-2.11	

3.5.3 ทรายตัวอย่างที่ 3 ขนาดทรายเริ่มต้น $D_{50,i}$ = 1.17 มม., $\sigma_{g,i}$ = 3.90

อัตราการไหล (Q)	25.1-54.6	ลิตร/วินาที
ความลึกการไหล (h)	9.0-11.1	ซม.
ความเร็วการไหล (V)	46.4-82.0	ซม./วินาที
อุณหภูมิของน้ำ (T)	26.0-27.5	องศา C
ความลาดเอียงของผิวน้ำ (i)	0.0012-0.0069	ม./ม.
อัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด (Total load)	1380-5442	กรัม/นาที
อัตราการนำพาตะกอนแขวนลอย (Suspended load)	294-1578	กรัม/นาที
ขนาด D_{50} (median particle diameter)	1.19-1.29	มม.
ค่าการกระจายขนาดของทราย σ_g	3.77-3.89	

ตาราง 3-2 กรณีศึกษาทั้ง 21 การทดลอง

Sand No.	Run No.	Q_i (l/s)	ขนาดทราย $D_{50,i}$	ขนาดทราย $\sigma_{g,i}$	Sample No.						
	A1	25	1.18	1.32	A1-0	A1-2	A1-4	A1-6	A1-8	A1-10	A1-12
	A2	30	1.18	1.32	A2-0	A2-2	A2-4	A2-6	A2-8	A2-10	A2-12
	A3	35	1.18	1.32	A3-0	A3-2	A3-4	A3-6	A3-8	A3-10	A3-12
1	A4	40	1.18	1.32	A4-0	A4-2	A4-4	A4-6	A4-8	A4-10	A4-12
	A5	45	1.18	1.32	A5-0	A5-2	A5-4	A5-6	A5-8	A5-10	A5-12
	A6	50	1.18	1.32	A6-0	A6-2	A6-4	A6-6	A6-8	A6-10	A6-12
	A7	55	1.18	1.32	A7-0	A7-2	A7-4	A7-6	A7-8	A7-10	A7-12
	B1	25	1.18	2.11	B1-0	B1-2	B1-4	B1-6	B1-8	B1-10	B1-12
	B2	30	1.18	2.11	B2-0	B2-2	B2-4	B2-6	B2-8	B2-10	B2-12
	B3	35	1.18	2.11	B3-0	B3-2	B3-4	B3-6	B3-8	B3-10	B3-12
2	B4	40	1.18	2.11	B4-0	B4-2	B4-4	B4-6	B4-8	B4-10	B4-12
	B5	45	1.18	2.11	B5-0	B5-2	B5-4	B5-6	B5-8	B5-10	B5-12
	B6	50	1.18	2.11	B6-0	B6-2	B6-4	B6-6	B6-8	B6-10	B6-12
	B7	55	1.18	2.11	B7-0	B7-2	B7-4	B7-6	B7-8	B7-10	B7-12
	C1	25	1.17	3.90	C1-0	C1-2	C1-4	C1-6	C1-8	C1-10	C1-12
	C2	30	1.17	3.90	C2-0	C2-2	C2-4	C2-6	C2-8	C2-10	C2-12
	C3	35	1.17	3.90	C3-0	C3-2	C3-4	C3-6	C3-8	C3-10	C3-12
3	C4	40	1.17	3.90	C4-0	C4-2	C4-4	C4-6	C4-8	C4-10	C4-12
	C5	45	1.17	3.90	C5-0	C5-2	C5-4	C5-6	C5-8	C5-10	C5-12
	C6	50	1.17	3.90	C6-0	C6-2	C6-4	C6-6	C6-8	C6-10	C6-12
	C7	55	1.17	3.90	C7-0	C7-2	C7-4	C7-6	C7-8	C7-10	C7-12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ Q_i คือ อัตราการไหลที่กำหนดเบื้องต้น

$D_{50,i}$ คือ ขนาดตรงกลางของวัสดุท้องน้ำก่อนทำการทดลอง

$\sigma_{g,i}$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดของวัสดุท้องน้ำก่อนทำการทดลอง

A2-4 คือ ตัวอย่างทรายของการทดลอง A2 ที่ตำแหน่ง 4 ม.วัดจากต้นน้ำ (รูป 3-2)

I21044570