บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 การดำเนินงานศึกษาและการทดลอง

การศึกษาทดลองชลศาสตร์การไหลลอดผ่านประตูระบาย โดยแบบจำลองชลศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบเมื่อการไหลของน้ำถูกบีบรัด โดยแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 4 ลักษณะ คือ การไหลบีบรัดด้านเดียวเนื่องจากบานประตู การไหลบีบรัด 2 ด้านเนื่องจากบานประตู 1 ด้านและยกระดับธรณีประตู 1 ด้าน การไหลบีบรัด 3 ด้าน เนื่องจากบานประตู 1 ด้านและทางน้ำถูกปิดกั้นการไหลด้านข้างอีก 2 ด้าน และการไหลบีบรัด 4 ด้าน เนื่องจากบานประตู 1 ด้าน ยกระดับธรณีประตู 1 ด้านและทางน้ำเปิดถูกปิดกั้นการไหลด้านข้างอีก 2 ด้าน และจากกรณีศึกษานี้สามารถจัดการทดลองได้ทั้งหมด 24 กรณี โดยศึกษาแบบจำลองในห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเลภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งจัดทำโต๊ะทดลองเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนถังรับน้ำ ถังสลายพลังงาน แบบจำลองทางน้ำเปิด ถังวัดอัตราการไหลและวัดความเร็วการไหลด้านเหนือน้ำ ได้ผลการทดลองเป็นอัตราการไหล (Q) สัมประสิทธิ์การไหล (C_d) นำไปหาความสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ

ปัญหาในระหว่างดำเนินงานมีบ้างพอสมควร โดยเริ่มต้นจากการย้ายห้องปฏิบัติการแหล่งน้ำมาอยู่อาคารใหม่ 5 ชั้น
มีการขนย้ายโต๊ะทดลองแต่ไม่มีปัญหาอะไรมากนักเพราะโต๊ะทดลองมีขนาดเล็ก จากนั้นเป็นเรื่องการติดตั้งโต๊ะทดลองในอาคารใหม่ ช่วงการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์เพื่อติดตั้งประกอบกับวัสดุที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการและต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ว่าพอเพียงต่อความต้องการเพื่อที่จะทำให้อัตราการไหลนั้นคงที่ได้ สำหรับขั้นตอนการทดลองมีเพียงปัญหาเดียวคือการปรับระดับของน้ำให้นิ่งไม่เกิดคลื่น แล้วจึงทำการวัดค่าต่างๆได้ ซึ่งต้องใช้เวลานานพอสมควร ซึ่งการปรับระดับของน้ำให้นิ่งโดยไม่ให้เกิดคลื่นนั้นสามารถทำได้โดยใช้แผงกันคลื่นให้มีความหนาพอที่จะกันแรงกระแทกของน้ำไม่ให้เกิดคลื่นขึ้นได้

5.2 สูตรการไหลลอดผ่านบานประตู

สูตรการไหลลอดผ่านบานประตูที่ใช้กันอยู่ในรูปแบบของ $Q = C_d A_0 \sqrt{2gH}$ โดยที่ค่า C_d มีค่าเท่ากับ 0.6 โดยประมาณ แต่จากการทดลองค่าอัตราการไหลจัดอยู่ในรูปสมการ $Q = kH^x$ โดยที่กำลัง x มีค่าไม่เท่ากับ 0.5 แต่จะอยู่ในช่วง 0.39-0.76 ค่า C_d ได้จากสมการ $Q = kH^x$ จะผันแปรไปตามกำลัง x โดยถ้าค่ากำลัง x มาก ค่าของ C_d มีค่าน้อย และค่ากำลัง x น้อยค่าของ C_d มีค่ามาก และจากการศึกษาค่า C_d ยังขึ้นกับลักษณะการบีบรัดการไหล ไม่ว่ากรณีการไหลบีบรัด 1 , 2 , 3 และ 4 ด้าน โดยเมื่อเปิดบานประตูให้มีความสูงน้อยค่า C_d มีค่ามาก และเมื่อเปิดบานประตูให้มีความสูงเพิ่มขึ้นค่า C_d มีค่าลดลง โดยพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ของค่า Cd เป็นฟังก์ชันของ(H/G) และค่า Cd ที่ได้จากการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.48-0.74

5.3 ผลกระทบของอัตราการไหลเมื่อการไหลถูกบีบรัด

ผลกระทบของอัตราการไหลเมื่อทางน้ำถูกบีบรัดการไหล จากกรณีศึกษาลักษณะการไหลบีบรัด 4 ลักษณะคือ การไหลบีบรัดด้านเดียว (1 side contraction) การบีบรัดการไหล 2 ด้าน (2 side contraction) การไหลบีบรัด 3 ด้าน (3 side contraction) และการไหลบีบรัด 4 ด้าน (4 side contraction) เมื่อนำมาเปรียบเทียบในแต่ละลักษณะการไหลโดยให้พื้นที่ช่องหน้าตัดการไหล (A_o) มีค่าเท่ากันตลอด รวมทั้งให้ระดับน้ำ(H) มีค่าเท่ากัน ค่าอัตราการไหล(Q) ของแต่ละลักษณะการไหลจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การไหล(Cd) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบถึงอัตราการไหลในลักษณะการไหลต่างๆ กันมีค่ามากน้อยเช่นไร

สรุปได้ว่ากรณีของการไหลบีบรัด 4 ด้าน (4 side contraction) มีค่าสัมประสิทธิ์การไหล (Cd) มากที่สุด โดยเมื่อให้พื้นที่ช่องหน้าตัดการไหล (Ao) และระดับน้ำ(H) มีค่าเท่ากันในแต่ละลักษณะการไหล เป็นผลทำให้ค่าอัตราการไหล(Q) มีค่ามากที่สุด และค่าอัตราการไหลมีค่าน้อยลงเมื่อการไหลบีบรัดน้อยลงด้วย โดยค่าอัตราการไหลมีค่าน้อยที่สุดเมื่อการไหลบีบรัดด้านเดียว ซึ่งในการเปรียบเทียบยังคงต้องให้ค่าพื้นที่ช่องหน้าตัดการไหล(Ao) และระดับน้ำ(H) เท่ากัน

5.4 ความผันแปรของค่า C_d

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การไหล (Cd) ที่คำนวณได้จากการทดลองโดยนำมาหาความสัมพันธ์กับอัตราส่วนระดับความสูงน้ำต่อการยกเปิดบานประตู(H/G) ในทุกกรณีศึกษา พบว่า เมื่อให้ค่า H/G น้อยค่า Cd มีค่าน้อยและเมื่อให้ H/G เพิ่มขึ้น ค่า Cd มีค่ามาก

จากการตรวจสอบค่า Cd กับผลกระทบของการไหลบีบรัดในแต่ละลักษณะ โดยให้ค่า H/G เท่ากัน และนำมาเปรียบเทียบกัน ดังตัวอย่างเมื่อให้ H/G มีค่า 15 เท่ากันทุกลักษณะการไหล ค่า Cd กรณีการไหลบีบรัดด้านเดียวมีค่าอยู่ระหว่าง 0.62-0.65 และกรณีการไหลบีบรัด 2 ด้าน ค่า Cd มีค่าอยู่ระหว่าง 0.57-0.72 และกรณีการไหลบีบรัด 3 ด้าน ค่า Cd อยู่ในช่วงระหว่าง 0.51-0.63 และกรณีการไหลบีบรัด 4 ด้าน ค่า Cd อยู่ในระหว่าง 0.58-0.75 เห็นได้ว่ากรณีการไหลบีบรัด 4 ด้าน ให้ค่า Cd มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ H/G ค่าหนึ่ง ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้นำไปเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่ายังคงเป็นไปตามทฤษฎี โดยที่เส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นโค้งคว่ำ ค่า Cd เพิ่มขึ้นเมื่อค่า H/G เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มคงที่เมื่อค่า H/G มีค่ามากขึ้น ค่า Cd อยู่ในช่วง 0.45-0.75 เมื่อให้ค่า H/G อยู่ในช่วง 0-25

5.5 ลักษณะของการไหลลอดผ่านบานประตูระบาย

ลักษณะการไหลลอดผ่านบานประตูระบาย ได้จัดกรณีศึกษา 4 ลักษณะ คือการไหลบีบรัดด้านเดียว(1 side contraction) การไหลบีบรัด 2 ด้าน (2 side contraction) การไหลบีบรัด 3 ด้าน (3 side contraction) และ การไหลบีบรัด 4 ด้าน (4 side contraction) ในการศึกษาจัดค่าความเร็วในแบบจำลองทางน้ำเปิด โดยใช้เครื่องมือวัดความเร็วของกระแสน้ำ (Portable Electromagnetic Current Meter) ในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ภาควิชาเพิ่งได้จัดซื้อหามาโดยงบประมาณ ซึ่งเครื่องมือชนิดนี้บอกหน่วยของความเร็วที่วัดได้นี้เป็น ซม./วินาที การศึกษาครั้งนี้ได้พบว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความเร็วที่คำนวณได้จากการทดลอง ซึ่งโดยสรุปแล้วต้องนำค่าคงที่ (K) ไปคูณกับความเร็วที่วัดได้จากเครื่องมือเพื่อทำให้ค่าความเร็วที่วัดได้นั้นเกิดความถูกต้อง แต่ในการศึกษานี้ยังไม่สามารถคำนวณค่าคงที่ได้ เพราะต้องมีการตรวจสอบอย่างละเอียด (Calibration) จึงเป็นที่น่าสนใจสำหรับการศึกษาที่ต้องใช้เครื่องมือชนิดนี้ในคราวต่อไป

การศึกษาการกระจายค่าความเร็วของการไหลด้านเหนือน้ำไกลจากบานประตูออกไป ที่บริเวณผิวน้ำมีค่าความเร็วมากและลดลงที่บริเวณท้องน้ำ เมื่อการไหลถึงหน้าบานประตู

ค่าความเร็วที่บริเวณผิวน้ำมีค่าน้อย และเพิ่มขึ้นที่บริเวณช่วงกลางลำน้ำจนถึงบริเวณท้องน้ำมีความเร็วมากสุด และยิ่งมีค่าความเร็วมากสุดที่บริเวณท้องน้ำเมื่อการไหลถูกบีบรัด 3 ด้าน และถ้าความกว้างหน้าตัดการไหลมีค่าน้อย ค่าความเร็วบริเวณท้องน้ำตรงช่วงกลางมีค่ามาก ส่วนค่าความเร็วบริเวณด้านข้างของแบบจำลองมีค่าน้อย และขึ้นอยู่กับระดับความสูงน้ำ (H) โดยความสูงของน้ำมากค่าความเร็วบริเวณท้องน้ำมากขึ้น การไหลด้านท้ายค่าความเร็วมากขึ้นเมื่อระดับน้ำด้านเหนือน้ำสูงขึ้นมีคลื่นเกิดขึ้นและเมื่อทางน้ำขยายความกว้างโดยทันทีการไหลของน้ำไม่แตะขอบด้านข้างหลังจากไหลลอดผ่านบานประตู

สำหรับกรณีการไหลบีบรัด 2 ด้าน และ 4 ด้าน ค่าความเร็วของการไหลด้านเหนือน้ำไกลจากประตูออกไปที่บริเวณผิวน้ำมีค่าความเร็วมากและลดลงที่บริเวณท้องน้ำ แต่เมื่อการไหลถึงหน้าบานประตูค่าความเร็วที่บริเวณผิวน้ำมีค่าน้อยและมีค่าความเร็วมากสุดที่บริเวณช่วงกลางของลำน้ำ ส่วนบริเวณท้องน้ำมีค่าความเร็วใกล้เคียงกับบริเวณช่วงกลางลำน้ำแต่จะน้อยกว่า ยิ่งถ้าการไหลถูกบีบรัดมากโดยความกว้างหน้าตัดการไหลน้อยค่าความเร็วบริเวณด้านหน้าของหน้าตัดการไหลมีค่ามาก การไหลด้านท้ายน้ำเกิดคลื่นมากมีค่าความเร็วการไหลมากเมื่อระดับน้ำด้านเหนือน้ำเพิ่มสูงขึ้น และโดยสรุปลักษณะการไหลลอดผ่านประตูระบายน้ำทางด้านเหนือน้ำมีลักษณะเป็น Subcritical Flow ส่วนการไหลด้านท้ายน้ำมีลักษณะเป็น Supercritical Flow

5.6 ผลกระทบต่อการขยายความกว้างทางน้ำเปิดด้านท้ายน้ำ

จากการวิเคราะห์การทดลองกรณีศึกษาการไหลบีบรัดในลักษณะต่างๆ กัน โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหล(Q) กับระดับน้ำ(H) และค่าสัมประสิทธิ์การไหล(Cd) กับอัตราส่วนระดับความสูงน้ำต่อการเปิดบานประตู (H/G) นั้น ในทุกๆ กรณีศึกษาพบว่า การขยายความกว้างด้านท้ายน้ำ โดยให้ทางน้ำเปิดในแบบจำลองด้านท้ายน้ำมีค่ามากกว่าทางน้ำเปิดด้านเหนือน้ำ และเมื่อให้ระดับน้ำเท่ากันในกรณีศึกษาต่างกันเพียงการขยายความกว้างด้านท้ายน้ำ ค่าอัตราการไหล(Q) มีค่าใกล้เคียงกันมาก และเมื่อให้ค่า H/G เท่ากัน ค่า Cd ในกรณีที่ศึกษาดังกล่าวให้ค่า Cd ใกล้เคียงกัน แต่จะมีอยู่บางกรณีที่ค่า Cd มีค่าแตกต่างกันไปซึ่งเป็นส่วนน้อย จึงสรุปได้ว่าการขยายทางน้ำเปิดด้านท้ายน้ำไม่มีผลกับอัตราการไหลลอดผ่านประตูระบายน้ำ ในกรณีของการไหลอิสระเช่น กรณีที่ศึกษานี้

5.7 ข้อเสนอแนะ

จากผลที่ได้นี้ทำให้ทราบถึงลักษณะและพฤติกรรมการไหลของทางน้ำเปิด ซึ่งลักษณะการไหลบีบรัดในกรณีต่างๆ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำ และจากการทดลองในครั้งนี้มีข้อเสนอดังนี้

1. ศึกษาการไหลลอดผ่านประตูระบายโดยให้มีลักษณะการไหลเป็นแบบจุ่มจม (Submerge Flow)

2. เปลี่ยนรูปลักษณะของประตูระบายให้มีรูปร่างลักษณะอื่นๆ เช่น บานประตูระบายแบบบานโค้ง บานประตูระบายรูปกลอง

3. ให้มีความลาดชันที่ระดับพื้นรางแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความเร็วด้านเหนือน้ำว่ามีผลกระทบต่อการไหลลอดประตูระบายอย่างไร

4. ควรปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการศึกษา วัดข้อมูลต่างๆ เช่น เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ ควรมีการตรวจสอบให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานได้เสียก่อน เพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูล รวมถึงวัสดุต่างๆ ที่จะนำมาประกอบและทำแบบจำลอง พร้อมทั้งตรวจสอบปริมาณน้ำให้พอเพียงกับความต้องการ
5. ควรวิเคราะห์ผลการทดลองเป็นขั้นตอนในแต่ละกรณีก่อนจะทดลองในกรณีต่อไป เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งอาจจะเป็นผลสืบเนื่องต่อกันไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย