บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการจำลองพฤติกรรมทางชลศาสตร์ของทางระบายน้ำล้นจากผลการทดลองแบบจำลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล C_o (coefficient of discharge) ในแบบจำลอง

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลจากแบบจำลองตามสมการ 2-4 โดย C_o คือ สัมประสิทธิ์ปรับแก้ค่าอัตราการไหลหรือสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (coefficient of discharge) และมีความสัมพันธ์กับความสูงของน้ำเหนือสันฝายเป็นหลัก และความสูงของฝายรองลงมา ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_o กับ P/H_o ของแบบจำลองเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน P/H_o เมื่อค่าของ P/H_o มากกว่า 3.0 สัมประสิทธิ์อัตราการไหลจะมีค่าคงที่

5.1.2 สภาพการไหลบริเวณอ่างรับน้ำ STA. -99.54 ถึง STA. 0

การไหลในอ่างรับน้ำด้านบนเป็นแบบ supercritical หรือ subcritical ขึ้นอยู่กับความลึกการไหลที่หน้าตัดควบคุม STA.0 เมื่อความลึกการไหลหน้าตัดควบคุมมากกว่า ความลึกวิกฤต (critical depth) เป็นช่วงอัตราการไหลที่น้อยกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) การไหลเป็นแบบ supercritical เมื่ออัตราการไหลที่มีค่ามากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) เกิดปรากฏการณ์ submerge flow ในอ่างรับน้ำด้านบน ความสูงของน้ำส่งผลให้ความลึกการไหลด้านท้ายอ่างรับน้ำด้านบนที่หน้าตัดควบคุม STA.0 มีความลึกการไหลมากกว่าความลึกวิกฤต (critical depth)

5.1.3 สภาพการไหลในบริเวณทางลาด Chute

- การไหลในบริเวณ chute1 (STA.0 - STA.110) เป็นการไหลแบบ supercritical flow คือ ความลึกการไหลน้อยกว่าความลึกวิกฤติ (critical depth) ยกเว้นในช่วงอัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) ช่วงหน้าตัดควบคุม STA. 0 มีความลึกการไหลมากกว่าความลึกวิกฤติ (critical depth) ทำให้หน้าตัดควบคุมเลื่อนออกไปจากตำแหน่งเดิม ไปทางด้านท้ายน้ำ แต่หน้าตัดควบคุมที่เลื่อนออกไปยังอยู่ในช่วง chute 1 คือ ยังอยู่ในระหว่าง STA. 0 - STA. 110

อัตราการไหลที่น้อยกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) เกิดหน้าตัดควบคุมที่ STA. 0 คือ การไหลเป็นแบบ supercritical ความลาดท้องน้ำชัน (steep slope) $S_o > S_c$ แต่ถ้าอัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) การไหลเปลี่ยนเป็นแบบ subcritical ความลาดท้องน้ำเปลี่ยนเป็นความลาดน้อยน้อย (mild slope) $S_o < S_c$

- การไหลในบริเวณ Chute 2 (STA. 110 – STA. 290) เป็นการไหลแบบ supercritical คือ ความลึกการไหลน้อยกว่าความลึกวิกฤติ (critical depth) ความลาดท้องน้ำชัน (steep slope) $S_o > S_c$

ในทุกๆ อัตราการไหล ตำแหน่ง STA.110 เป็นจุดเปลี่ยนความลาดจาก S=0.02 (steep slope) เป็น S=0.17 (steeper slope) รูปตัดการไหลเป็นแบบ S2

5.1.4 การไหลในอ่างสลายพลังงาน

อัตราการไหลน้อยกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) ความยาวของน้ำกระโดด และความสูงของน้ำกระโดดยังคงอยู่ภายในอาคารสลายพลังงาน เมื่อค่าอัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax)น้ำกระโดดไม่เกิดในอาคารสลายพลังงานเมื่อเพิ่มอัตราการไหลมากขึ้นอีกจะเกิดปรากฏการณ์ sweep-out ลำน้ำพุ่งชนส่วนของ endsill ที่ STA.390 ลำน้ำพุ่งขึ้นออกนอกอาคารสลายพลังงาน

5.1.5 ประสิทธิภาพในการสลายพลังงาน

ประสิทธิภาพในการสลายพลังงานในการสลายพลังงานที่อัตราการไหลต่างๆ ในส่วนของอ่างรับน้ำด้านบนสามารถสลายพลังงานได้ประมาณร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 18 ส่วนในช่วงทางลาด chute1 และ chute 2 การสลายพลังงานเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 20 จึงจำเป็นต้องสร้างอาคารสลายพลังงานขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพในการสลายพลังงานของอาคารสลายพลังงานสามารถสลายพลังงานได้ดีถึงร้อยละ 80 ถึงร้อยละ 90 เมื่ออัตราการไหลมีค่าน้อยกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) แต่เมื่ออัตราการไหลมีค่ามากกว่า 0.52Qmax ประสิทธิภาพการสลายพลังงานจะลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 40 ถึง ร้อยละ 60

5.1.6 สรุปผลการทดลอง

ในส่วนด้านอาคารรับน้ำด้านบน เนื่องจากสันฝายเป็นแนวไม่ตรงทำให้การไหลในอ่างรับน้ำอัตราการไหลที่มากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที เป็นการไหลแบบ submerge flow ทำให้ความลึกการไหลของน้ำในอ่างรับน้ำด้านบนเพิ่มขึ้น ในการออกแบบควรออกแบบเพิ่มความลาด หรือเพิ่มความกว้าง ในอ่างรับน้ำด้านบนให้มากโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ความลาด และความกว้าง ในอ่างรับน้ำด้านบน

ส่วนในอาคารสลายพลังงานควรคำนึงถึงระดับด้านท้ายน้ำ (tailwater depth) ซึ่งมีผลต่อการเกิดน้ำกระโดดอย่างมาก การกำหนดความสูงของท้ายน้ำ ที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยสุด โดยการประมาณความสูงของระดับพื้นคลองระบายท้ายน้ำอย่างต่ำสุด 0.40 เท่าของความสูงน้ำกระโดดที่ค่าอัตราการไหลสูงสุดในการออกแบบ (Qmax) ความสูงดังกล่าวทำให้อาคารสลายพลังงานที่ได้ออกแบบไว้ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เป็นผลให้น้ำกระโดดยังคงอยู่ภายในขอบเขตของอาคารสลายพลังงาน

5.1.7 แนวทางการปรับปรุง

แนวทางปรับปรุงแยกเป็น 2 แบบ คือ (1) การปรับปรุงอ่างรับน้ำด้านบน และ (2) การปรับปรุงอาคารสลายพลังงาน การปรับปรุงอ่างรับน้ำด้านบน คือ ปรับปรุงตำแหน่งควบคุมการไหล ให้อยู่ใน STA.0 ทุกอัตราการไหล โดยการเพิ่มความลาดของอ่างรับน้ำด้านบน หรือเพิ่มความกว้างด้านท้ายน้ำอาคารรับน้ำด้านบน ค่าความลาดที่ปรับปรุงอยู่ระหว่าง 0.020 ถึง 0.040 การปรับปรุงโดยการเพิ่มความกว้างด้านท้ายน้ำอาคารรับน้ำด้านบน เมื่อเพิ่มขนาดความกว้างทำให้ความลึกการไหลที่หน้าตัดควบคุมเปลี่ยนไป โดยค่าความกว้างที่ทำการปรับปรุงอยู่ระหว่าง 50 ซม. ถึง 90 ซม.

การปรับปรุงอาคารสลายพลังงาน ทำการปรับปรุงยกระดับท้ายน้ำ เมื่อทำการยกระดับท้ายน้ำสูงขึ้น ตำแหน่งของน้ำกระโดดที่อัตราการไหลสูงสุดเลื่อนไปทางเหนือน้ำ ความยาวของน้ำกระโดดลดลง โดยที่ระดับท้ายน้ำเหมาะสมอยู่ที่ระดับ 6.2 ซม.(อ้างอิงจากระดับ +0.00 พื้นอาคารสลายพลังงาน) ระดับดังกล่าวนี้ทำให้ความยาวน้ำกระโดดลดลงจากเดิมและน้ำกระโดดเกิดในอาคารสลายพลังงาน ประสิทธิภาพการสลายพลังงานสามารถสลายพลังงานถึงร้อยละ 90 จากผลการศึกษาค่าระดับความสูงที่เหมาะสมของการยกระดับท้ายน้ำอยู่ที่ 0.40 เท่าของความสูงน้ำกระโดดที่อัตราการไหลในการออกแบบสูงสุด (Qmax)

5.1.8 แนวทางการออกแบบ

แนวทางการออกแบบพิจารณาในส่วนของอ่างรับน้ำด้านบนต้องมีความยาวสันฝาย ความลาดความกว้างหน้าตัดควบคุม ความสัมพันธ์ของ 3 ค่าที่กล่าวมาหาความสัมพันธ์ได้จาก รูป 4-24 ถึง 4-26 เพื่อที่ให้การไหลในอ่างรับน้ำด้านบนไม่เกิด submerge และหน้าตัดควบคุมไม่เปลี่ยนตำแหน่ง การออกแบบทางลาด chute ให้เป็นการไหลแบบ supercritical โดยสามารถหาความลึกการไหลในทางลาด chute ใช้วิธี standard step ตามหัวข้อ 2.4 โดยกำหนดหน้าตัดควบคุมให้มีความลึกการไหลเท่ากับความลึกวิกฤต (critical depth) เมื่อได้ความลึกการไหลก็สามารถหาความสูงของกำแพงทางลาดได้

การออกแบบอาคารสลายพลังงาน โดยยึดค่าฟรุ้ดนัมเบอร์จากตำแหน่งจุดเริ่มต้นของอาคารสลายพลังงานและอัตราการไหลในแบบจำลอง สามารถหาความยาวของน้ำกระโดด (hydraulic jump) ความเร็วหลังจากการเกิดน้ำกระโดด การเกิด sweep-out จากรูป 4-21 ถึง 4-23 เมื่อได้ความยาวน้ำกระโดดสามารถหารูปแบบของอาคารสลายพลังงาน USBR ตามรูป 2-9 ถึง 2-11 ค่าของความเร็วหลังการเกิดน้ำกระโดดสามารถนำไปหาขนาดของหินเรียงท้ายน้ำ (riprap) เพื่อป้องกันการกัดเซาะ ระดับด้านท้ายน้ำกำหนดอย่างน้อย 0.4 เท่าของความสูงน้ำกระโดดที่อัตราการไหลสูงสุด (Qmax) และนำค่าความสูงของท้ายน้ำที่ได้เป็นตัวกำหนดระดับพื้น ความกว้างของคลองระบายด้านท้ายน้ำเพื่อให้ได้ระดับน้ำตามที่กำหนดป้องกันการเกิด sweep-out ในอาคารสลายพลังงาน

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการออกแบบต่อไป

การศึกษาแบบจำลองควรมีการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติมคือ

- ควรมีการนำข้อมูลด้านท้ายน้ำในพื้นที่จริงประกอบในการศึกษาแบบจำลอง
- วัสดุที่ใช้ทดลองควรทำการปรับเทียบวัสดุให้ได้ค่า n ตามวัสดุที่ใช้ก่อสร้างจริง
- ทำการทดลองเปรียบเทียบอ่างรับน้ำด้านบนที่มีสันฝายในแนวตรง
- ทำการทดลองโดยเปลี่ยนความลาดชันของอ่างรับน้ำด้านบนเป็นหลายๆ ค่า
- ทำการทดลองโดยเปลี่ยนความกว้างของหน้าตัดควบคุมเป็นหลายๆ ค่า

ในการออกแบบเป็นฝายสันโค้งจะทำให้พื้นที่ในการก่อสร้างลดลง ลดปริมาณในการขุดเจาะฐานราก รวมถึงการระเบิดหินฐานราก แต่ต้องคำนึงถึงการสลายพลังงานในอ่างรับน้ำด้านบน ในส่วนอาคารสลายพลังงานการออกแบบต้องคำนึงถึงระดับน้ำท้ายน้ำด้วย