บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

1. ประสิทธิภาพในการสลายพลังงานของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันได โดยแอ่งสลายพลังงานทั้ง 5 แบบ มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานอยู่ระหว่าง 35-90% ค่าประสิทธิภาพในการสลายพลังงานมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อค่าฟรูดนัมเบอเพิ่มขึ้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้กำหนดความยาวแอ่งสลายพลังงาน (L) มีค่าคงที่ และควบคุมความยาวของน้ำกระโดดจากจุดเริ่มต้นถึงปลายแอ่งสลายพลังงาน (L_x) มีค่าค่อนข้างคงที่ โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนความสูงของขั้นบันได(s) และความยาวของขั้นบันได (l) จะมีผลต่อประสิทธิภาพการสลายพลังงาน โดยเมื่อมีการปรับเปลี่ยนความสูงของขั้นบันได(s) และความยาวของขั้นบันได(l) ให้เหมาะสมกับความยาวของน้ำกระโดด (L_x) ซึ่งทำให้แอ่งสลายพลังงานมีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานได้สูงสุด โดยอัตราส่วนของ l/s ที่เหมาะสมกับแอ่งสลายพลังงานทั้ง 5 รูปแบบ สรุปดังตาราง 6-1

ตารางที่ 6-1 สรุปอัตราส่วน l/s ของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้นโดยมีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานสูงสุด

รูปแบบแอ่งสลายพลังงาน	S_1	S_2	S_3	S_4	S_0
อัตราส่วน l/s	12.60	10.30	10.40	13.50	14.40

2. จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การลากดึง (C_D) โดยค่าสัมประสิทธิ์การลากดึงขึ้นกับลักษณะรูปร่างของแอ่งสลายพลังงาน และอัตราส่วนของความยาวขั้นบันได (l) ต่อความสูงของขั้นบันได (s) โดยในแต่ละลักษณะแอ่งสลายพลังงานทั้ง 5 รูปแบบ คือ แบบ S_1, แบบ S_2, แบบ S_3, แบบ S_4 และ แบบ S_0 เมื่ออัตราส่วนของความยาวขั้นบันได (l) ต่อความสูงของขั้นบันได (s) เพิ่มขึ้นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลากดึงเพิ่มขึ้น และค่าสัมประสิทธิ์การลากดึงมีการเปลี่ยนแปลงในทางกลับกันกับค่าอัตราส่วนระหว่างความสูงของแอ่งสลายพลังงาน (d) ต่อความลึกการไหลก่อนเกิดน้ำกระโดด(y_1) โดยค่าของสัมประสิทธิ์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเนื่องมาจากแรงลากดึงที่เกิดขึ้น

ในแอ่งสลายพลังงานมีค่ามากหรือน้อย ซึ่งค่าแรงลากดึงจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับการปรับลักษณะทางกายภาพของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น ซึ่งเมื่อมีการปรับเปลี่ยนความสูงขั้นบันได (s) และความยาวของขั้นบันได(l) ให้เหมาะสมกับความยาวของน้ำกระโดด (L_x) ก็ทำให้เกิดแรงลากดึงสูงสุดในแอ่งสลายพลังงานทำให้การสลายพลังงานเกิดขึ้นสูงสุดตามไปด้วย โดยในการปรับลักษณะของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้นเพื่อให้เกิดแรงลากดึงสูงสุดนั้น สรุปได้ดังตาราง 6-1

3. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรไร้มิติของอัตราส่วนระหว่างการสลายพลังงานในแอ่งสลายพลังงานต่อความลึกการไหลก่อนเกิดน้ำกระโดด ($\Delta E/y_1$) , ความยาวขั้นบันไดของแอ่งสลายพลังงานต่อความลึกการไหลก่อนเกิดน้ำกระโดด (l/y_1) และ ความสูงของขั้นบันไดต่อความลึกการไหลก่อนเกิดน้ำกระโดด (s/y_1) ของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น แสดงว่าลักษณะรูปร่างของแอ่งสลายพลังงานแต่ละรูปแบบ เมื่อพิจารณาอัตราส่วนความยาวขั้นบันไดของแอ่งสลายพลังงานต่อความลึกการไหลก่อนเกิดน้ำกระโดด (l/y_1) มีค่าคงที่ จากกราฟความสัมพันธ์ในตัวแปรไร้มิติ ในแอ่งสลายพลังงานรูปแบบหนึ่งๆ เมื่อต้องการสลายพลังงานให้ได้สูงสุด ต้องมีการปรับเปลี่ยนความยาวขั้นบันได (l) ต่อความสูงของขั้นบันได (s)ของแอ่งสลายพลังงานให้เหมาะสมกับค่าความยาวของน้ำกระโดด (L_x) เมื่อปรับเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของแอ่งสลายพลังงานเป็นไปตามบทสรุปดังตาราง 6-1 จะทำให้แอ่งสลายพลังงานมีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานได้สูงที่สุด

4. ลักษณะความดันและผิวน้ำของแอ่งสลายพลังงาน ได้วิเคราะห์ในรูปแบบของผิวน้ำไร้มิติ ซึ่งลักษณะของผิวน้ำที่เกิดขึ้นในแอ่งสลายพลังงานจะมีการเปลี่ยนแปลงที่บริเวณขั้นบันได โดยลักษณะผิวน้ำที่เปลี่ยนแปลงจากมากมาน้อย ทำให้เกิดการสลายพลังงานขึ้นบริเวณขั้นบันได เมื่อต้องการให้เกิดการสลายพลังงานมาก ต้องปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของความสูงขั้นบันได(s) ต่อความยาวขั้นบัน(l) ของแอ่งสลายพลังงานให้เหมาะสมกับความยาวของน้ำกระโดด โดยลักษณะที่มีความเหมาะสมควรเป็นไปตามข้อสรุปดังตาราง 6-1

5. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์อัตราส่วนระหว่าง $\frac{y_s/y_1}{y_2/y_1}$ (ratio/effectiveness of step) และ ค่าฟรูดนัมเบอ (F_1) ของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น แสดงว่าขั้นบันไดในแอ่งสลายพลังงานมีผลต่อความลึกน้ำหลังเกิดน้ำกระโดด เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นราบ พบว่าขั้นบันไดช่วยในการลดความลึกน้ำ(sequent depth)หลังเกิดน้ำกระโดด ได้มากกว่าการเกิดน้ำกระโดดบนพื้นราบ และขั้นบันไดยังมีผลในการช่วยสลายพลังงานได้เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยจะมีผลมากขึ้นเมื่อค่าฟรูดนัมเบอร์เพิ่มมากขึ้น

6. จากการวิเคราะห์อัตราส่วนความยาวของน้ำกระโดดจากจุดเริ่มต้นจนถึงปลายแอ่งสลายพลัง งาน (L_x) ต่อ ความลึกด้านท้ายน้ำ(y_s) กับความสัมพันธ์ กับค่าฟรูดนัมเบอ ในแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น อัตราส่วน Lx/y_s มีความสัมพันธ์ไม่เด่นชัดกับค่าฟรูดนัมเบอ ไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการควบคุมระดับน้ำด้านท้ายน้ำเพื่อให้เกิดระยะ Lx คงที่ จึงทำให้อัตราส่วนของ Lx/y_s มีความสัมพันธ์ไม่เด่นชัดกับค่าฟรูดนัมเบอ

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการทำวิจัยต่อไป

1. เนื่องจากการศึกษานี้มุ่งเน้นถึงประสิทธิภาพของการสลายพลังงานของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้นโดยการกำหนดให้อัตราส่วนของ l/s ในแต่ละรูปแบบมีค่าคงที่ ซึ่งการศึกษาไม่ได้เปรียบเทียบ แต่ละรูปแบบเมื่ออัตราส่วนของ l/s ไม่คงที่เพื่อดูถึงประสิทธิภาพการสลายพลังงานที่เกิดขึ้นว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร จึงควรมีการปรับเปลี่ยนความยาวของขั้นบันได (l) ให้มีความยาวของขั้นบันไดไม่เท่ากันทุกขั้น หรือโดยมีการปรับเปลี่ยนความสูงของขั้นบันได (s) ให้มีความสูงไม่เท่ากันทุกขั้น หรืออาจจะมีการปรับทั้ง ความยาวของขั้นบันได และความสูงของขั้นบันได ให้มีความสูงไม่เท่ากันทุกขั้น เพื่อศึกษาลักษณะและรูปร่างของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้นที่มีผลต่อการสลายพลังงานให้คอบคุมทุกกรณีเพื่อใช้ประยุกต์ในการออกแบบต่อไป

2. ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นเฉพาะด้านการสลายพลังงานของแอ่งสลายพลังงาน โดยไม่ได้ศึกษาถึงพลังงานที่ออกจากแอ่งสลายพลังงานว่ามีผลต่อการกัดเซาะด้านท้ายน้ำมากน้อยเพียงใด จึงควรทำการศึกษาถึงการกัดเซาะบริเวณปลายแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น เนื่องจากพลังงานที่ออกจากแอ่งสลายพลังงานเป็นปัญหาหนึ่งทางด้านชลศาสตร์ หากไม่มีการศึกษาอย่างถูกต้องอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่ออาคารตามมาในภายหลัง

3. เนื่องจากการศึกษานี้มุ่งเน้นถึงประสิทธิภาพของการสลายพลังงานในแต่ละรูปแบบของแอ่งสลายพลังงานที่แตกต่างกัน แต่ในข้อเท็จจริงในทางปฏิบัตินั้น ประสิทธิภาพของการสลายพลังงานที่สูง (มีพลังงานสลายได้มาก) ของแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดดังกล่าว อาจมีผลของความไม่เหมาะสมอื่นเกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะปัญหาทางด้านชลศาสตร์การไหลปัญหาหนึ่งที่สำคัญมากคือ ปัญหาการเกิด cavitation จากการไหลผ่านโครงสร้างที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับของขอบเขตการไหลอย่างทันทีทันใด เช่น การยกตัวหรือกดพื้นท้องน้ำในแอ่งสลายพลังงาน ซึ่งมักพบปัญหาของการเกิด cavitation ในบริเวณดังกล่าว ดังนั้น ในการนำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติควรจะมีการศึกษาถึงความเหมาะสมของปัญหาดังกล่าวด้วย

4. เนื่องจากการศึกษานี้มุ่งเน้นถึงการศึกษาการสลายพลังงานในแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น โดยในการศึกษาจะควบคุมลักษณะความยาวของน้ำกระโดดจากจุดเริ่มต้น จนถึงจุดสิ้นสุดแอ่งสลายพลังงาน (L_x) ให้มีค่าค่อนข้างคงที่และกำหนดแอ่งสลายพลังงานให้มีค่าคงที่ (L) ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถควบคุมให้เกิดน้ำกระโดดลักษณะนี้ได้ จึงควรมีการศึกษาความยาวน้ำกระโดด (length of jump) ที่เกิดขึ้นจริงในแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการออกแบบแอ่งสลายพลังงานแบบขั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น เพราะความยาวน้ำกระโดดเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบแอ่งสลายพลังงาน

5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในการประยุกต์ใช้ในการออกแบบในการทำงานจริง โดยต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการทำงานจริง ซึ่งมีความเหมาะสมทางด้านชลศาสตร์ ด้านโครงสร้าง รวมไปถึงด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด