หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 บทสรุป

7.1.1) การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการไหลผ่านตะแกรงผันน้ำ

จากการศึกษาพฤติกรรมการไหลในทางน้ำเปิดที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีตะแกรงผันน้ำอยู่ที่ท้องน้ำ ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ดังตาราง 7-1 ถึง ตาราง 7-4 ดังนี้ คือ

ตาราง 7-1 ความสัมพันธ์ระหว่าง E_o กับ Q_D , Q_R , C_D และ $y_{x=0\ cm.}$

ตัวแปรที่ศึกษา	ความสัมพันธ์กับ E_o		หมายเหตุ
	การไหลแบบใต้วิกฤติ	การไหลแบบเหนือวิกฤติ	
Q_D	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	พิจารณาในแต่ละค่าของ ε ที่เปลี่ยนไป
Q_R	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	พิจารณาในแต่ละค่าของ ε ที่เปลี่ยนไป
C_D	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	
$y_{x=0\ cm.}$	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	

ตาราง 7-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Q_s กับ Q_D , Q_R , C_D และความลึกการไหลในทางน้ำที่หน้าตัดต่าง ๆ ก่อนถึงตะแกรงผันน้ำ

ตัวแปรที่ศึกษา	ความสัมพันธ์กับ Q_s		หมายเหตุ
	การไหลแบบใต้วิกฤติ	การไหลแบบเหนือวิกฤติ	
Q_D	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	อัตราการเพิ่มขึ้นของ Q_D เมื่อเทียบกับ Q_s จะแปรผกผันกับ Q_s ทั้งนี้เนื่องจากขีดจำกัดของความสามารถในการผันน้ำของตะแกรงผันน้ำ
Q_R	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	อัตราการเพิ่มขึ้นของ Q_R เมื่อเทียบกับ Q_s จะแปรผันโดยตรงกับ Q_s ทั้งนี้เนื่องจากขีดจำกัดของความสามารถในการผันน้ำของตะแกรงผันน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น (Q_s) ไม่สามารถผันออกไปได้หมด ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเหลือจากการถูกผัน เพิ่มมากขึ้น
C_D	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	
ความลึกการไหลที่หน้าตัดต่างๆ ก่อนถึงตะแกรงผันน้ำ	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	

ตาราง 7-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ε กับ Q_D , Q_R , C_D และความลึกการไหลในทางน้ำที่หน้าตัดต่าง ๆ ก่อนถึงตะแกรงผันน้ำ

ตัวแปรที่ศึกษา	ความสัมพันธ์กับ Q_S		หมายเหตุ
	การไหลแบบใต้วิกฤติ	การไหลแบบเหนือวิกฤติ	
Q_D	แปรผันโดยตรง	แปรผันโดยตรง	
Q_R	แปรผกผัน	แปรผกผัน	
C_D	แปรผกผัน	แปรผกผัน	พิจารณาที่ Q_D ใดๆ
ความลึกการไหลที่หน้าตัดต่างๆ ก่อนถึงตะแกรงผันน้ำ	แปรผกผัน	แปรผกผัน	

ตาราง 7-4 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลอันเนื่องมาจากสภาพการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำ

ตัวแปรที่ศึกษา	รูปแบบของสภาพการไหล	ผลการเปรียบเทียบ	รูปแบบของสภาพการไหล	หมายเหตุ
E_o	ใต้วิกฤติ	ต่ำกว่า	เหนือวิกฤติ	
Q_D	ใต้วิกฤติ	ต่ำกว่า	เหนือวิกฤติ	เนื่องจาก E_o ของการไหลแบบเหนือวิกฤติมีค่าสูงกว่าการไหลแบบใต้วิกฤติ ทำให้การไหลแบบเหนือวิกฤติสู่ตะแกรงผันน้ำมีศักย์ (Head) ที่จะผันน้ำให้ลอดผ่านตะแกรงผันน้ำได้มากกว่า
Q_R	ใต้วิกฤติ	สูงกว่า	เหนือวิกฤติ	อธิบายได้โดยใช้เหตุผลเช่นเดียวกับกรณีของ Q_D
C_D	ใต้วิกฤติ	สูงกว่า	เหนือวิกฤติ	พิจารณาที่ Q_D เดียวกัน
ความลึกการไหลที่หน้าตัดต่างๆก่อนถึงตะแกรงผันน้ำ	ใต้วิกฤติ	สูงกว่า	เหนือวิกฤติ	
ความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำ	ใต้วิกฤติ	สูงกว่า	เหนือวิกฤติ	

7.1.2) การหาความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำโดยใช้วิธี Finite Difference Method

จากการเปรียบเทียบระหว่างความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำที่คำนวณได้ จากวิธี Finite Difference Method และที่วัดค่าได้จากการทดลองของแต่ละอัตราการไหล จะพบว่า

ก) ความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำที่คำนวณได้ จากวิธี Finite Difference Method จะมีค่ามากกว่าความลึกการไหลที่วัดค่าได้จากการทดลองเพียงเล็กน้อย เนื่องจากสาเหตุหลัก คือ ในสภาพการไหลจริงจะมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น แต่ในการคำนวณความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำโดยใช้วิธี Finite Difference Method จะพิจารณาว่าพลังงานจำเพาะมีค่าคงที่ตลอดความยาวของทางน้ำ

ข) สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความลึกเหนือตะแกรงผันน้ำ ที่คำนวณได้จากวิธี Finite Difference Method เทียบกับที่วัดค่าได้จากการทดลองมีดังนี้ คือ

- ในกรณีที่การไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำเป็นการไหลแบบใต้วิกฤติ จะมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5 % ถึง 10 %
- ในกรณีที่การไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำเป็นการไหลแบบเหนือวิกฤติ จะมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3 % ถึง 9 %

7.1.3) การเปรียบเทียบความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำที่ได้จากวิธี Finite Difference Method และจากวิธี Analytical ที่ได้จากสมการของ Mostkow

จากการเปรียบเทียบพบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำ ณ ตำแหน่งหน้าตัดต่างๆที่คำนวณได้จากทั้ง 2 วิธี จะมีค่าเท่ากัน สำหรับในบางหน้าตัดที่ได้ค่าความลึกการไหลไม่เท่ากัน จะมีความแตกต่างของค่าความลึกการไหลที่คำนวณได้ไม่เกิน 0.01 เซนติเมตร โดยจะพบว่า

ก) ในกรณีที่สภาพการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำเป็นการไหลแบบใต้วิกฤติ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความลึกการไหลที่คำนวณได้จากวิธี Finite Difference Method เทียบกับที่คำนวณได้จากสมการของ Mostkow จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 0.35 %

ข) ในกรณีที่การไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำเป็นการไหลแบบเหนือวิกฤติ จะพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของความลึกการไหลที่คำนวณได้จากวิธี Finite Difference Method เทียบกับที่คำนวณได้จากสมการของ Mostkow จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 0.25 %

7.1.4) องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและความลึกการไหล ของการไหลผ่านตะแกรงผันน้ำ

จากการศึกษาพฤติกรรมการไหลในทางน้ำเปิดที่มีหน้าตัดการไหลเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีตะแกรงผันน้ำอยู่ที่ท้องน้ำ สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลและความลึกการไหลของการไหลผ่านตะแกรงผันน้ำ ขึ้นอยู่กับ

- ขนาดของตะแกรงผันน้ำ (b x L)
- อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดของตะแกรงผันน้ำ (ε)
- รูปร่างและการจัดเรียงตัวกันของชี่ตะแกรงผันน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลลอดผ่านตะแกรงผันน้ำ (C_D)
- พลังงานจำเพาะของการไหลสู่ตะแกรงผันน้ำ (E_o)
- สภาพของการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำ (ใต้วิกฤติ/เหนือวิกฤติ)

7.1.5) แนวทางในการออกแบบตะแกรงผันน้ำ

การนำเอาตะแกรงผันน้ำมาใช้งานในด้านต่างๆ มีจุดประสงค์เพื่อ ใช้เปลี่ยนแปลงอัตราการไหลรวมทั้งความลึกการไหลในทางน้ำ ซึ่งจะทำให้อัตราการไหลและความลึกการไหลในทางน้ำลดลง โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางในการออกแบบลักษณะของตะแกรงผันน้ำ ซึ่งในการคำนวณแล้วโดยส่วนใหญ่จะเป็นการวิเคราะห์หาค่า ε และค่า L จากการใช้สมการที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ดังที่ได้แสดงตัวอย่างไว้แล้วในบทที่ 6

7.2 ข้อเสนอแนะ

7.2.1) การศึกษาที่จะมีขึ้นในครั้งต่อไป

1) จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่ามีความคลาดเคลื่อนของลักการไหลที่คำนวณได้จากวิธี Finite Difference Method เทียบกับที่ได้จากการทดลองแล้ว ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากสมมติฐานเบื้องต้นของการศึกษาในครั้งนี้ที่กำหนดไว้ว่า พลังงานจำเพาะของการไหลมีค่าคงที่ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปควรจะพิจารณาถึงพลังงานที่สูญเสียขณะเกิดการไหลผ่านตะแกรงผันน้ำด้วย
2) ในการศึกษาวิจัยที่จะมีในครั้งต่อไป ควรจะมีการทดลองเปลี่ยนลักษณะรูปร่างของซี่ตะแกรงผันน้ำหรือวัสดุที่ใช้ในการทำซี่ตะแกรง ตลอดจนลักษณะการวางตัวของซี่ตะแกรง เพื่อที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้
3) จากการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า ลักษณะของรางน้ำจะมีผลต่อพฤติกรรมการไหลที่เกิดขึ้น ดังนั้นในการศึกษาที่จะมีขึ้นในโอกาสต่อไป ควรจะมีการศึกษาถึงผลของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทางน้ำซึ่งอาจจะมีผลต่อพฤติกรรมการไหล อันได้แก่
    - ความกว้างของทางน้ำหรือตะแกรงผันน้ำ
    - ความยาวของตะแกรงผันน้ำ
    - วัสดุที่ใช้ทำทางน้ำ
    - ความลาดของท้องน้ำ

7.2.2) การนำเอาผลการศึกษาในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

1) จากการศึกษาในครั้งนี้นอกจากจะทราบถึงพฤติกรรมการไหลผ่านทางน้ำเปิดที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีตะแกรงผันน้ำอยู่ที่ท้องน้ำแล้ว ยังสามารถหาสมการ

ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถนำเอาไปใช้อธิบายพฤติกรรมการไหลในลักษณะดังกล่าว แต่จะมีข้อจำกัดของการใช้สมการที่ได้ดังนี้ คือ

- สมการที่ได้สามารถใช้ได้ดีกับ การไหลในทางน้ำเปิดที่มีหน้าตัดของทางน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีตะแกรงผันน้ำติดตั้งอยู่ที่ท้องน้ำ โดยซี่ตะแกรงทำจากวัสดุชนิดเดียวกับที่ใช้สร้างทางน้ำซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้พลาสติกผิวเรียบ สำหรับลักษณะของซี่ตะแกรงจะมีหน้าตัดขวางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผิวด้านบนจะแบนเรียบเสมอระดับท้องน้ำของทางน้ำ วางตัวขนานกับทิศทางการไหลในทางน้ำด้วยระยะห่างระหว่างซี่ต่อซี่อย่างสม่ำเสมอตามอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิด (ε) ที่กำหนด
- ในการเลือกใช้สมการจะต้องทราบถึงสภาพการไหลในทางน้ำก่อนที่จะไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำเพื่อที่จะได้สามารถเลือกใช้สมการได้อย่างถูกต้อง
- สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ สภาพการไหลแบบใต้วิกฤติสู่ตะแกรงผันน้ำ คือ การไหลในทางน้ำที่อยู่ในแนวราบเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำ โดยมีความลึกการไหลปกติมากกว่าความลึกวิกฤติ (Critical depth) นั่นคือ $Fr < 1$ ส่วนสภาพการไหลแบบเหนือวิกฤติสู่ตะแกรงผันน้ำ คือ การไหลในทางน้ำที่มีความลาดเอียงจากเหนือน้ำไปยังท้ายน้ำ (ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ท้องน้ำของทางน้ำจะมีความลาด (slope) – 0.97 %) ซึ่งจะทำให้ความลึกการไหลปกติมีค่าน้อยกว่าความลึกวิกฤติ (Critical depth) นั่นคือ $Fr > 1$ ซึ่งในการนำเอาสมการที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้งาน ควรจะมีการตรวจสอบดูก่อนว่าลักษณะการไหลในทางน้ำคล้ายคลึงกับลักษณะของการไหลในทางน้ำที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้หรือไม่

2) ในการเปรียบเทียบผลการคำนวณความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำที่ได้จากวิธี Finite Difference Method และที่ได้จากสมการของ Mostkow จะเห็นได้ว่าให้ค่าเท่ากัน แม้ว่าจะมีบางหน้าตัดที่ให้ค่าแตกต่างกันบ้าง ซึ่งถือว่าแตกต่างกันน้อยมากและมีจำนวนน้อย ดังนั้นในการเลือกใช้งานจึงขึ้นอยู่กับว่า ผู้ใช้มีความเข้าใจในวิธีการของ

แต่ละวิธีเพียงใด ซึ่งจุดเด่นของการคำนวณความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำโดยใช้วิธี Finite Difference Method ก็คือสามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง t และ $\psi(t)$ สำหรับแต่ละค่า K ไว้หลายๆค่า เมื่อจะทำการคำนวณก็สามารถอ่านค่าจากกราฟมาแทนค่าในสมการ (4-45) ได้ทันที ซึ่งต่างกับการคำนวณโดยใช้สมการของ Mostkow ที่ต้องทำการลองผิดลองถูก (trial & error) หลายๆ ครั้งเพื่อหาค่าความลึกการไหล ดังนั้นการใช้วิธี Finite Difference Method ในการหาความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำจึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการคำนวณ

3) จากการคำนวณความลึกการไหลเหนือตะแกรงผันน้ำโดยใช้วิธี Finite Difference Method จะเห็นได้ว่ามีการคำนวณหลายขั้นตอนและมีปริมาณการคำนวณมาก ดังนั้นหากมีการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณจะทำให้การคำนวณสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น
4) จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะและหน้าที่ของตะแกรงผันน้ำที่ติดตั้งอยู่ที่ท้องน้ำ หากมีการนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมก็จะเกิดประโยชน์อย่างมาก โดยเฉพาะในการระบายน้ำออกจากทางน้ำ, การผันน้ำจากทางน้ำไปใช้งานในกระบวนการต่างๆหรือใช้ในการลดระดับน้ำในทางน้ำ
5) ในการออกแบบตะแกรงผันน้ำสิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือประสิทธิภาพในการระบายน้ำ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักๆ คือ
    - ขนาดของตะแกรงผันน้ำ (b x L)
    - อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดของตะแกรงผันน้ำ (ε)
    - สัมประสิทธิ์อัตราการไหลลอดผ่านตะแกรงผันน้ำ (C_D)
    - พลังงานจำเพาะของการไหลสู่ตะแกรงผันน้ำ (E_o)
    - สภาพการไหลเข้าสู่ตะแกรงผันน้ำ(การไหลแบบใต้วิกฤติ/เหนือวิกฤติ)

    ซึ่งถ้าหากมีการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆเหล่านี้ให้เหมาะสมก็จะทำให้การผันน้ำของตะแกรงผันน้ำมีประสิทธิภาพสูงสุด