บทที่ 7

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ประกอบด้วย การทบทวนทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในทางน้ำภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำบางปะกง และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกับค่าตัวแปรทางชลศาสตร์ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา มีสมมติฐานเริ่มต้นจากสมการการไหลในทางน้ำเปิด (Saint Venant) เมื่อแบ่งตามสมมติฐานในการวิเคราะห์สามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบได้แก่

1.1 รากสมการโดย First Order Solution ได้จากการละเว้นเทอมการนำพา และเทอมแรงเสียดทานในสมการโมเมนตัม ผลการวิเคราะห์ที่ได้สรุปว่า ในกรณีไม่มีแรงเสียดทาน อัตราส่วนคลื่นขยายตัวมีค่าเป็นอนันต์ เมื่อระยะปิดกั้นลำน้ำเป็น 1/4 3/4 และ 5/4...ของความยาวคลื่น

1.2 สมการ Telegraphers ได้จากการละเว้นเทอมการนำพา และทำเทอมแรงเสียดทานให้เป็นเชิงเส้น ผลการวิเคราะห์สรุปว่า พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงลดลงตามระยะทางแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล จากทฤษฎีนี้ทำให้มีแนวคิดที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำด้วยค่า สัมประสิทธิ์การลดขนาดคลื่น Damped Coefficient - μ

1.3 วิธีฮาร์โมนิก (Harmonic Method) ได้จากการทำเทอมการนำพา และเทอมแรงเสียดทานให้เป็นเชิงเส้น และสมมติให้คำตอบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่แต่ละตำแหน่งเป็นฮาร์โมนิกอย่างง่ายกับเวลา ทำให้สามารถหารากสมการได้ วิธีนี้มีข้อจำกัดที่หน้าตัดทางน้ำต้องเป็นหน้าตัดคงรูป และค่าขอบเขตต้องเป็นฮาร์โมนิกอย่างง่ายเท่านั้น

1.4 วิธีผลต่างสืบเนื่อง เป็นการหาคำตอบของสมการการไหล โดยแบ่งช่วงลำน้ำและเวลาออกเป็นช่วงย่อยๆ (ใช้ทุกเทอมในการวิเคราะห์) ไม่มีข้อจำกัดด้านรูปตัดลำน้ำ และลักษณะค่าขอบเขต ทำให้สะดวกในการประยุกต์ใช้ในเหตุการณ์จริง แต่ผลการวิเคราะห์ไม่สามารถแสดงในรูปความสัมพันธ์ของตัวแปรทางชลศาสตร์ดังเช่นการวิเคราะห์เชิงทฤษฎี (ข้อ 1.1 – 1.3) จึงอาจยากต่อการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทางชลศาสตร์

โดยในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ 2 ทฤษฎี คือ วิธีฮาร์โมนิกบนสมมติฐานว่าองค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ คือองค์ประกอบ M_2 (Principal Lunar Tidal Constituent) และ วิธีผลต่างสืบเนื่องโดยใช้ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจริงในการวิเคราะห์การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำบางปะกง

2. เปรียบเทียบแบบจำลองฮาร์โมนิก กับแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง

2.1 ในกรณีทางน้ำอย่างง่าย ที่ตำแหน่งปากแม่น้ำ แบบจำลองฮาร์โมนิกให้ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายสูงกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง และที่ตำแหน่งอาคาร(ปลายปิด) แบบจำลองฮาร์โมนิกให้ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายต่ำกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจาก การใช้ความเร็วเฉลี่ยในการทำแรงเสียดทาน และการนำพาให้เป็นเชิงเส้น

2.2 ในกรณีแม่น้ำบางปะกง แบบจำลองทั้งสองให้ผลที่ใกล้เคียงกันในกรณีไม่มีอาคาร แต่ในกรณีมีอาคารให้ผลแตกต่างกัน โดยเมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าประมาณ 0.50 ม. แบบจำลองผลต่างสืบเนื่องให้ค่าสูงกว่าแบบจำลองฮาร์โมนิก 0.25 ม. เมื่อพิสัยมีค่ามากขึ้นเป็น 2.00 – 3.50 ม. แบบจำลองผลต่างสืบเนื่องให้ค่าต่ำกว่าแบบจำลองฮาร์โมนิก 0.30 – 0.53 ม. ซึ่งการที่วิธีวิเคราะห์ทั้งสองให้ผลที่ต่างกันนี้ เกิดจากเหตุผล 3 ประการ ได้แก่ (1) ความแตกต่างด้านสมมติฐานในการวิเคราะห์ (การทำเทอมการนำพา และแรงเสียดทานให้เป็นเชิงเส้น (2) รูปร่างหน้าตัด และ (3) โครงข่ายลำน้ำที่ใช้ในแบบจำลองทั้งสอง โดยการศึกษานี้จึงเสนอให้ใช้ผลการศึกษาจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ผลของสภาพทางกายภาพ(รูปร่างหน้าตัด และโครงข่ายลำน้ำ) ได้ดีกว่า

2.3 แบบจำลองฮาร์โมนิกให้ผลที่คลาดเคลื่อนไปจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง แต่มีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่สะดวกกว่า ดังนั้นในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเบื้องต้น สามารถนำแบบจำลองฮาร์โมนิกมาประยุกต์ใช้ได้

3. ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ

3.1 ในกรณีไม่มีอาคารกั้นลำน้ำ ระดับน้ำสูงสุดมีค่าลดลงตามระยะทาง ในขณะที่ระดับน้ำต่ำสุดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทาง โดยการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำต่ำสุดมีค่ามากกว่าการลดลงของระดับน้ำสูงสุด พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าลดลงตามระยะทางจากปากแม่น้ำสู่ต้นน้ำ โดยการลดลงนี้ขึ้นกับค่าพิสัยที่ปากแม่น้ำ เมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่ามากส่งผลให้การลดลงตามระยะทางมีค่ามากด้วย โดยพบว่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน (ห่างจากปากแม่น้ำ 66 กม.) มีค่าเป็นร้อยละ 59 ถึง 79 ของพิสัยที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง (ห่างจากปากแม่น้ำ 8 กม.) เมื่อพิสัยที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงมีค่าในช่วง 3.50 ม. ถึง 0.50 ม. ตามลำดับ

3.2 ในกรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน ระดับน้ำสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทาง ในขณะที่ระดับน้ำต่ำสุดมีค่าลดลงตามระยะทาง โดยการลดลงของระดับน้ำต่ำสุดและการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกัน พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากแม่น้ำสู่ต้นน้ำ โดยการเพิ่มขึ้นนี้แปรผกผันกับค่าพิสัยที่ปากแม่น้ำ เมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่ามากส่งผลให้การเพิ่มขึ้นตามระยะทางมีค่าน้อย โดยพบว่า พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน มีค่าเป็นร้อยละ 110 ถึง

202 ของพิสัยที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง เมื่อพิสัยที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงมีค่าในช่วง 3.50 ม.ถึง 0.50 ม. ตามลำดับ

3.3 การศึกษาผลต่างของกรณีไม่มีและมีอาคารพบว่า พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันมีค่าเพิ่มขึ้น 0.60 ถึง 1.80 ม. เมื่อพิสัยที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงมีค่าในช่วง 0.50 ม. ถึง 3.50 ม. ตามลำดับ

3.4 การศึกษาในกรณีอาคารอยู่ในตำแหน่งต่างๆ พบว่า ตำแหน่งอาคารที่มีผลให้พิสัยน้ำขึ้นน้ำลง ณ.อาคาร มีค่าสูงสุดคือ ที่ระยะประมาณ 63 กม.จากปากแม่น้ำ และตำแหน่งที่ทำให้ผลต่างพิสัยของกรณีไม่มี และมีอาคารสูงสุดคือ ระยะประมาณ 68 – 75 กม.จากปากแม่น้ำ

4. ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกับตัวแปรทางชลศาสตร์

4.1 การเปลี่ยนแปลงพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงตามระยะทาง ได้แสดงในรูปตัวแปรไร้มิติ โดยพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงได้เขียนในรูป ค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเทียบความลึกเฉลี่ย (H_x/D สำหรับที่แต่ละจุดบนลำน้ำ และ H_0/D สำหรับที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง) ระยะทางเป็นระยะจากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกงขึ้นมาทางต้นน้ำเขียนอยู่ในรูปความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N โดย $N = \frac{2\pi x}{L}$ เมื่อ x คือระยะทาง และ L คือความยาวคลื่นขององค์ประกอบ M_2) และตัวแปรซึ่งแสดงถึงการลดลงของพิสัย ได้ใช้ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายตัว (H_r) โดยที่ $H_r(x) = \frac{H_x}{H_0}$ คือเป็นอัตราส่วนระหว่างพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่จุดใดๆเทียบกับที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง

4.2 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดตามระยะทาง ได้แสดงในรูปตัวแปรไร้มิติ โดย ระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดได้เขียนในรูป ความสูงน้ำขึ้นน้ำลงเหนือระดับน้ำนิ่งเทียบความลึกเฉลี่ย (h_x/D สำหรับที่แต่ละจุดบนลำน้ำ และ h_0/D สำหรับที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง) ระยะทางเป็นระยะจากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกงขึ้นมาทางต้นน้ำเขียนอยู่ในรูปความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N)

7.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาโดยแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง พบว่า ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายตัว(Hr) สำหรับค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเทียบความลึกเฉลี่ยค่า(H_0/D)หนึ่งๆ ที่แต่ละจุดบนลำน้ำมีลักษณะเป็นช่วง อาจเป็นเพราะ พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงจริงที่ใช้มีลักษณะเป็นน้ำผสม เกิดจากหลายองค์ประกอบที่มีคาบน้ำขึ้นน้ำลงแตกต่างกันมารวมกัน และโดยทฤษฎี อัตราส่วนคลื่นขยายตัวมีค่าขึ้นกับคาบที่แตกต่างกันนี้ ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของรูปแบบน้ำขึ้นน้ำลงต่อค่าอัตราส่วนคลื่นขยายตัว

2. การศึกษานี้ได้ใช้สมมติฐานให้ ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายตัว(Hr) สัมพันธ์กับค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเทียบความลึกเฉลี่ยค่า(H_0/D) เป็นรูปสมการยกกำลัง ซึ่งเป็นรูปสมการที่ให้ค่า R-Square ดีที่สุด และมี

ความใกล้เคียงผลการวิเคราะห์ทางทฤษฎีของ Knight(1973) แต่อย่างไรก็ตาม รูปสมการมีความแตกต่างกับทางทฤษฎีเล็กน้อย อาจเกิดจากผลของวิธีวิเคราะห์ที่ต่างกัน และอาจเป็นผลจากการนำข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงจริงมาใช้วิเคราะห์

3. ควรมีการศึกษาผลของเทอมการนำพา และเทอมแรงเสียดทาน ต่อผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ซึ่งในการศึกษาควรเริ่มจากพัฒนาแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องขึ้นมา (ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป จึงไม่สามารถวิเคราะห์ผลของเทอมการนำพา และเทอมแรงเสียดทานได้)

4. ผลการศึกษานี้ได้จากแบบจำลองซึ่งปรับเทียบจากช่วงเหตุการณ์หนึ่ง(อัตราการไหลต้นน้ำประมาณ 20 ลบ.ม./ว.) การประยุกต์ใช้ในกรณีไม่มีอาคารจึงควรใช้ในช่วงอัตราการไหลใกล้เคียงกับช่วงเหตุการณ์นี้

5. กรณีเขื่อนทดน้ำบางปะกงซึ่งการปิดบานระบายเขื่อนก่อให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงแนวทางการเปิดปิดบานระบายเพื่อลดผลกระทบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ และความเค็มในลำน้ำ โดยอาจใช้ผลการศึกษานี้เป็นแนวทางประกอบในการควบคุมระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดบริเวณท้ายเขื่อนได้

6. เมื่อมีการดำเนินการเขื่อนทดน้ำบางปะกง ควรมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ อัตราการไหล และความเค็มในลำน้ำ เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงเกณฑ์ปฏิบัติการเขื่อน โดยอาจใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือหนึ่งในการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย