ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอันเนื่องมาจากเขื่อนทดน้ำบางปะกง

นาย พิทยา แซ่ปึง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4946-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHARACTERISTICS OF WATER LEVEL FLUCTUATION DUE TO THE BANG PAKONG DAM

Mr. Pitthaya Paung

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4946-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอันเนื่องมาจากเขื่อนทดน้ำบางปะกง
โดย	นาย พิทยา แซ่ปึง
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทรโยธา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิทยา แซ่ปึง : ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอันเนื่องมาจากเขื่อนทดน้ำบางปะกง (CHARACTERISTICS OF WATER LEVEL FLUCTUATION DUE TO THE BANG PAKONG DAM) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์, 180 หน้า. ISBN 974-17-4946-5.

การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำของแม่น้ำที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงขึ้นกับตัวแปรด้านอุทกวิทยาหลายตัวแปร เช่น อัตราการไหล และรูปแบบการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล ทำให้ชลภาพระดับน้ำที่แต่ละจุดบนลำน้ำเปลี่ยนแปลงต่างกัน ทั้งพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงและค่าระดับน้ำสูงสุดต่ำสุด แม่น้ำบางปะกงก็เป็นแม่น้ำสายหนึ่งที่มีลักษณะเช่นนี้ และเนื่องจากในปัจจุบันได้มีการสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกงขึ้น ทำให้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเมื่อมีเขื่อนเปลี่ยนไปจากสภาพเดิม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อเข้าใจปรากฏการณ์นี้มากขึ้น

ในการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ แบบจำลองฮาร์โมนิก และแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง ในการวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำบางปะกง กรณีไม่มี และมีอาคารปิดกั้นลำน้ำ โดยใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจริงในการวิเคราะห์ และให้ความสนใจต่อการเปลี่ยนแปลงพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง และระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดตามระยะทาง ซึ่งสัมพันธ์กับ ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร และพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ

ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายที่แต่ละตำแหน่งบนลำน้ำขึ้นกับค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ โดยเมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำมีค่ามาก มีผลให้อัตราส่วนคลื่นขยายมีค่าน้อย ซึ่งในกรณีไม่มีอาคารกั้นลำน้ำ(สภาพธรรมชาติ) ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายลดลงตามระยะทางจากปากแม่น้ำ โดยมีค่า 0.79 – 0.59 ที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน และในกรณีมีอาคาร ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายเพิ่มขึ้นตามระยะทาง มีค่า 2.02–1.10 ที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน เมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำมีค่า 0.50–3.50 ม. ตามลำดับ นอกจากนี้การศึกษายังพบว่า ตำแหน่งอาคารที่ให้ความต่างของอัตราส่วนคลื่นขยายเปรียบเทียบกรณีไม่มีอาคารมีค่าสูง อยู่ในช่วงระยะ 67 - 76 กิโลเมตร จากปากแม่น้ำ โดยให้ความต่างของอัตราส่วนคลื่นขยายเป็น 1.26 – 0.44 เมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำมีค่า 0.50–3.50 ม. ตามลำดับ

ผลการศึกษาทำให้เข้าใจการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำของแม่น้ำบางปะกงได้ดีขึ้น และสามารถนำไปเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินผลกระทบจากการสร้างเขื่อนทดน้ำบางปะกง

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่อนิสิต พิทยา แซ่ปึง

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

4370421421 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING

KEY WORD: HYDRODYNAMIC MATHEMATICAL MODEL / TIDAL BARRAGE /TIDAL EFFECT

PITTHAYA PAUNG : CHARACTERISTICS OF WATER LEVEL FLUCTUATION DUE TO THE BANG PAKONG DAM. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. SUCHARIT KOONTHANAKULVONG, 180 pp. ISBN 974-17-4946-5.

Water level fluctuation in a tidal river varies according to hydrological factors such as inland-water discharge and tidal pattern etc, these factors cause the change in water level hydrograph (tidal range and maximum-minimum water level) at each station different. The Bang Pakong River also has similar characters. At present the Bang Pakong Dam Project was completed and it may change the water level fluctuation pattern in the Bang Pakong River. This change may lead to some environmental impacts, hence, a study is needed to understand more on these phenomena.

This study applied two mathematical models namely, the Harmonic method and the Finite Difference method to investigate the water level fluctuation in the Bang Pakong River. The tidal range and maximum-minimum water level at each station were compared in case of with and without closure dam by using real tidal data at the river mouth.

The study showed that tidal amplification factor at each station correlated with the tidal range at the river mouth, the larger value of tidal range caused the smaller amplification factor. In case of without closure dam i.e., natural condition, the tidal amplification factor decreased with the distance from the river mouth and became 0.79 – 0.59 times at the present dam site. In case of with the present dam, the tidal amplification factor increased with the distance from the river mouth and became 2.02 – 1.10 times at the dam site when the tidal ranges at the river mouth were 0.50 – 3.50 m. respectively. This study also found that the dam site, which caused high difference of the tidal amplification factor compared with the case of without dam, was located between 67 – 76 kilometers from the river mouth. These high differences were 1.26 – 0.44 times when tidal ranges at the river mouth were 0.50 – 3.50 m. respectively.

The study made better understanding on water fluctuation characteristics in the Bang Pakong River. The conclusions can be used as a part of impact assessment of the Bang Pakong Dam Project.

Department Water Resources Engineering Student's signature Pitthaya Paung

Field of study Water Resources Engineering Advisor's signature

Academic year 2003

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าครั้งนี้ ข้าพเจ้าได้รับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากบุคคลและหน่วยงานต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำอย่างใกล้ชิดมาโดยตลอด ทั้งยังให้การช่วยสนับสนุน ผลักดัน ในการทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทรโยธา และ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาของท่านในการให้คำชี้แนะ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาการต่างๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ และบุคลากรของภาคทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ งานภาคสนาม และการติดต่อประสานงานในเรื่องต่างๆ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ชาวแหล่งน้ำทุกท่าน ที่ช่วยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ กรมชลประทาน โครงการเขื่อนทดน้ำบางปะกง และบริษัทโปรเกรสเทคโนโลยี คอนซัลแตนท์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในการทำวิทยานิพนธ์บางส่วน

ท้ายสุดนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และคนในครอบครัวของข้าพเจ้า เป็นอย่างยิ่งที่ให้โอกาส และเป็นกำลังใจที่ดีต่อข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบข่ายการศึกษา 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 3

บทที่2 การศึกษาที่ผ่านมา 6

2.1 การวิเคราะห์เชิงทฤษฎี 6

2.2 การศึกษาด้านแบบจำลองทางกายภาพ 9

2.3 การศึกษาในแม่น้ำอื่น 10

2.4 การศึกษาเกี่ยวกับโครงการเขื่อนทดน้ำบางปะกง 11

2.5 สรุปผลการศึกษาที่ผ่านมา 12

2.5.1 การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ 12

2.5.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง 13

บทที่3 สภาพพื้นที่ศึกษา 18

3.1 โครงการเขื่อนทดน้ำบางปะกง 18

3.1.1 ลักษณะของโครงการ 18

3.1.2 สภาพปัญหาเมื่อเปิดดำเนินการเขื่อน 20

3.2 ลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำบางปะกง 22

3.3 สภาพน้ำท่า 23

3.4 ลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ 24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 28
4.1 ทฤษฎีน้ำขึ้นน้ำลง 28
4.1.1 นิยามของศัพท์ 28
4.1.2 การวิเคราะห์น้ำขึ้นน้ำลงโดยวิธีฮาร์โมนิก 30
4.2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในทางน้ำภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง 33
4.2.1 สมการพื้นฐาน 33
4.2.2 สมการ Telegraphers 35
4.2.3 ทฤษฎี Cooscilating Tide 36
4.2.4 วิธีฮาร์โมนิก (Harmonic Method) ของสมการการไหล 40
4.3 การหาคำตอบของสมการโดยวิธีผลต่างสืบเนื่อง 45
4.3.1 การประมาณค่าอนุพันธ์ย่อย 46
4.3.2 การประยุกต์ใช้กับสมการการไหล 46
4.4 การวัดความคลาดเคลื่อน 48

บทที่5 การจัดสร้างและทดสอบแบบจำลอง 49
5.1 แบบจำลองฮาร์โมนิก 49
5.2 แบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 50
5.2.1 โปรแกรม ISIS 50
5.2.2 ลักษณะของแบบจำลอง 52
5.2.3 การปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองของแม่น้ำบางปะกง 53
5.2.4 ผลการปรับเทียบและสอบทาน 54
5.2.5 ความอ่อนไหวของแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 62
5.3 การทดสอบแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องกรณีทางน้ำปลายด้านหนึ่งปิด 63
5.3.1 การทดสอบกับผลการทดลองของ Ippen และHerleman 63
5.3.2 การทดสอบกับผลจากรากฮาร์โมนิกของสมการการไหล 68

บทที่6 ผลการศึกษา 77
6.1 ผลการศึกษาโดยแบบจำลองฮาร์โมนิก 78
6.1.1 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกรณีไม่มีอาคาร (สภาพธรรมชาติ) 78
6.1.2 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน 78
6.1.3 ผลของตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ 79

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

6.2 การศึกษาโดยแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 82
6.2.1 ผลการคำนวณโดยแบบจำลอง 82
6.2.2 การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรไร้มิติ 82
6.2.3 ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้ม 83
6.2.4 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกรณีไม่มีอาคาร 91
6.2.5 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน 92
6.2.6 ผลของตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ 92
6.3 เปรียบเทียบแบบจำลองฮาร์โมนิก กับแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 97
6.3.1 กรณีทางน้ำอย่างง่าย 97
6.3.2 กรณีแม่น้ำบางปะกง 98
6.4 การประยุกต์ใช้ผลการศึกษา 102
6.4.1 ระดับน้ำเมื่อปิดบานระบายเขื่อนทดน้ำบางปะกง 102
6.4.2 ระดับน้ำสูงสุดต่ำสุด ตามระยะทาง 103

บทที่7 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 105

รายการอ้างอิง 109

ภาคผนวก

ก ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลง 113
ข การสำรวจภาคสนาม 119
ค ผลการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 137
ง ผลการวิเคราะห์โดยแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 154
จ การวิเคราะห์โดยรากสมการ Telegraphers 173
ฉ การวิเคราะห์โดยทฤษฎี Cooscilating Tide 176
ช การวิเคราะห์โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก 178

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 180

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 การศึกษาที่ผ่านมา ด้านการวิเคราะห์เชิงทฤษฎี 14
ตารางที่ 2-2 ลักษณะของแม่น้ำภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง 16
ตารางที่ 3-1 ลักษณะของเขื่อนทดน้ำบางปะกง 21
ตารางที่ 3-2 ตัวแทนเหตุการณ์ระดับน้ำในแต่ละเดือน 26
ตารางที่ 4-1 นิยามของศัพท์ต่างๆในการศึกษาปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง 28
ตารางที่ 4-2 องค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง 31
ตารางที่ 5-1 ผลการปรับเทียบและสอบทานของการวิเคราะห์โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก 50
ตารางที่ 5-2 ข้อมูลหน้าตัดที่ใช้ในแบบจำลอง 52
ตารางที่ 5-3 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ใช้ในแต่ละกรณีการปรับเทียบ แบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 56
ตารางที่ 5-4 ความคลาดเคลื่อนของแต่ละกรณีการปรับเทียบ แบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 57
ตารางที่ 5-5 ผลการปรับเทียบและสอบทาน แบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 60
ตารางที่ 5-6 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแมนนิ่งในแม่น้ำบางปะกง ที่ใช้ในการศึกษาต่างๆ 61
ตารางที่ 5-7 ค่าขอบเขตที่ใช้ในแต่ละกรณี 65
ตารางที่ 5-8 ผลการทดสอบกับการศึกษาของ Ippen และ Harleman 66
ตารางที่ 5-9 ค่าขอบเขตที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องกับแบบจำลองฮาร์โมนิก 70
ตารางที่ 5-10 เปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองกับแบบจำลองฮาร์โมนิก 70
ตารางที่ 6-1 นิยามค่าตัวแปรไร้มิติ 77
ตารางที่ 6-2 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ กรณีไม่มีอาคาร 87
ตารางที่ 6-3 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ กรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน 87
ตารางที่ 6-4 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ กรณีมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ 88
ตารางที่ 6-5 ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้ม กรณีไม่มีอาคาร 89
ตารางที่ 6-6 ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้ม กรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน 89
ตารางที่ 6-7 ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้ม กรณีมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ 90
ตารางที่ 6-8 เปรียบเทียบข้อดี และข้อจำกัดของแบบจำลองฮาร์โมนิก กับ แบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 102

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่1-1 พื้นที่ศึกษา 4

รูปที่ 1-2 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา 5

รูปที่ 3-1 เขื่อนทดน้ำบางปะกง 20

รูปที่ 3-2 ความกว้างลำน้ำของแม่น้ำบางปะกงตามระยะทางจากปากแม่น้ำ 22

รูปที่ 3-3 ความลึกของแม่น้ำบางปะกงตามระยะทางจากปากแม่น้ำ 23

รูปที่ 3-4 อัตราการไหลเฉลี่ยของแม่น้ำสายหลักในพื้นที่ศึกษา 23

รูปที่ 3-5 ระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยรายเดือนที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง 25

รูปที่ 3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง กับระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุด 25

รูปที่ 3-7 ความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง กับช่วงเวลาน้ำขึ้น ของเหตุการณ์คัดเลือก 27

รูปที่ 3-8 ความสัมพันธ์ระหว่างพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง กับคาบ ของเหตุการณ์คัดเลือก 27

รูปที่ 4-1 นิยามค่าระดับน้ำของน้ำขึ้นน้ำลงแบบผสมที่ใช้ในการศึกษานี้ 30

รูปที่ 4-2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 36

รูปที่ 4-3 คำตอบของระบบสมการของทฤษฎี Coosccilating Tide
เมื่อเขียนลงในแกน η_H/η_{0H} และ σt_H 38

รูปที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่าง H_r กับ $N=\sigma//c$ ที่ Rs ต่างๆ
(จากการศึกษาของ Kawachi และ Minami (1979)) 45

รูปที่ 4-5 ระนาบ ระยะทาง–เวลา ของวิธีผลต่างสืบเนื่อง 47

รูปที่ 5-1 ผลการปรับเทียบ การวิเคราะห์โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก 51

รูปที่ 5-2 ผลการสอบทาน การวิเคราะห์โดยแบบจำลองฮาร์โมนิก 51

รูปที่ 5-3 โครงข่ายแบบจำลองแม่น้ำบางปะกง 53

รูปที่ 5-4 ผลการปรับเทียบ ที่สถานีโทรมาตรเขื่อนทดน้ำบางปะกง 58

รูปที่ 5-5 ผลการสอบทานชุดที่ 1 ที่สถานีโทรมาตรเขื่อนทดน้ำบางปะกง 58

รูปที่ 5-6 ผลการสอบทานชุดที่ 2(ค่าระดับน้ำ) ที่สถานีโทรมาตรเขื่อนทดน้ำบางปะกง 59

รูปที่ 5-7 ผลการสอบทานชุดที่ 2(ค่าความเร็วการไหล) ที่สถานีโทรมาตรเขื่อนทดน้ำบางปะกง 59

รูปที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 62

รูปที่ 5-9 ขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับ
ผลการศึกษาของ Ippen และHarleman (1966) 64

รูปที่ 5-10 ผลการคำนวณจากแบบจำลองกับข้อมูลจากการทดลองของ Ippen และHarleman 67

รูปที่ 5-11 ขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องกับแบบจำลองฮาร์โมนิก 68

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5-12 เปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง กับแบบจำลองฮาร์โมนิก กรณีที่ 1 71

รูปที่ 5-13 เปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง กับแบบจำลองฮาร์โมนิก กรณีที่ 2 72

รูปที่ 5-14 เปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง กับแบบจำลองฮาร์โมนิก กรณีที่ 3 73

รูปที่ 5-15 เปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง กับแบบจำลองฮาร์โมนิก กรณีที่ 4 74

รูปที่ 5-16 เปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง กับแบบจำลองฮาร์โมนิก กรณีที่ 5 75

รูปที่ 5-17 เปรียบเทียบผลการคำนวณจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง กับแบบจำลองฮาร์โมนิก กรณีที่ 6 76

รูปที่ 6-1 อัตราส่วนคลื่นขยายที่แต่ละจุดบนลำน้ำ $H_r(x)$ ในกรณีไม่มี และมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน จากแบบจำลองฮาร์โมนิก 80

รูปที่ 6-2 อัตราส่วนคลื่นขยายที่ตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ $H_r(c)$ ในกรณีไม่มี และมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ จากแบบจำลองฮาร์โมนิก 81

รูปที่ 6-3 ชลภาพระดับน้ำกรณีไม่มีอาคาร 84

รูปที่ 6-4 ชลภาพระดับน้ำกรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน 84

รูปที่ 6-5 ความสัมพันธ์ (H_x/D) กับ (H_0/D) กรณีไม่มีอาคาร 85

รูปที่ 6-6 ความสัมพันธ์ (H_x/D) กับ (H_0/D) กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน 85

รูปที่ 6-7 ความสัมพันธ์ (h_x/D) กับ (h_0/D) กรณีไม่มีอาคาร 86

รูปที่ 6-8 ความสัมพันธ์ (h_x/D) กับ (h_0/D) กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน 86

รูปที่ 6-9 อัตราส่วนคลื่นขยายที่แต่ละจุดบนลำน้ำ $H_r(x)$ ในกรณีไม่มี และมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน จากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 93

รูปที่ 6-10 อัตราส่วนคลื่นขยายที่แต่ละจุดบนลำน้ำ $H_r(c)$ ในกรณีไม่มี และมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ จากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง 94

รูปที่ 6-11 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงต่อความลึกเฉลี่ย (h_x/D) กับความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) กรณีไม่มีอาคาร 95

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6-12 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงต่อความลึกเฉลี่ย (h_x/D) กับความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน 95

รูปที่ 6-13 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงต่อความลึกเฉลี่ย (h_c/D) กับความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) กรณีมีอาคารกั้นลำน้ำในตำแหน่งต่างๆ 96

รูปที่ 6-14 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองฮาร์โมนิก กับแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง กรณีทางน้ำอย่างง่าย 99

รูปที่ 6-15 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ H_r – N ของแต่ละแบบจำลอง 100

รูปที่ 6-16 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ H_r(C)– H_0/D ของแต่ละแบบจำลอง 101

รูปที่ 6-17 ระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ตามระยะทาง กรณีไม่มีอาคาร 104

รูปที่ 6-18 ระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ตามระยะทาง กรณีมีอาคาร 104

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย