

การจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์สำหรับกรณีของอุทกภัย



นาย สมศักดิ์ เกียรติสุรนนท์

วิทยานพินธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-076-9

010618

117773210

SIMULATION OF UBOL RATANA RESERVOIR ON FLOODS

---

Mr.Somsak Kiatsuranont

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

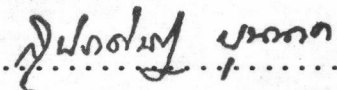
1983

ISBN 974-562-076-9

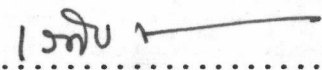
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์สำหรับกรรณภูมิ  
โดย                              นายสมศักดิ์ เกียรติสุนนท์  
ภาควิชา                              วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักวิจัย  
อาจารย์ที่ปรึกษารวม        รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุหะศรี


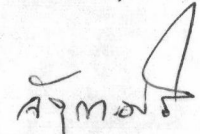


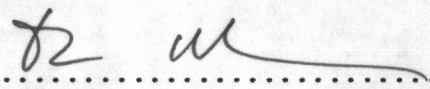
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

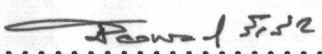
.....  ..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ เสถียร ชลาชีวะ)

.....   ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุหะศรี)

.....  ..... กรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์)

.....  ..... กรรมการ และอาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์สำหรับกรณีของอุทกภัย
ชื่อนิสิต	สมศักดิ์ เกียรติสุนนท์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักวิจัย
อาจารย์ที่ปรึกษารวม	รองศาสตราจารย์ จักรี จิตฺตะศรี
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	2525



### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษา แนวทางการจำลองสภาพการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำเอนกประสงค์อุบลรัตน์ ในกรณีการควบคุมอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำพองและชี และศึกษาการจำลองสภาพกับข้อมูลทางอุทกวิทยา ช่วงระยะเวลาที่เกิดอุทกภัยในปี 2519 2521 และ 2523 เพื่อสรุปบททวนศักยภาพของอ่างเก็บน้ำต่อการควบคุมอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำพอง-ชี

ในการศึกษาการจำลองสภาพ แบบจำลองสภาพการดำเนินการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์และระบบแม่น้ำพอง-ชี ได้ถูกสร้างขึ้นในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบด้วยกัน อันได้แก่ แบบจำลองอ่างเก็บน้ำ แบบจำลองนโยบายดำเนินการ และแบบจำลองระบบแม่น้ำพอง-ชี ซึ่งถูกสร้างตามหลักการของอุทกวิทยาคำเนินการ

แบบจำลองสภาพ ได้ถูกใช้ในการจำลองสภาพการดำเนินการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ทั้งหมด 78 กรณีด้วยกัน โดยการเปลี่ยนแปลงการจัดสรรความจุควบคุมอุทกภัย สำหรับชุดข้อมูลอุทกวิทยาระหว่าง 1 สิงหาคม - 30 พฤศจิกายน ในปี 2519 2521 และ 2523

ผลของการศึกษาการจำลองสภาพ ได้บ่งว่าอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์มีขีดความสามารถค่อนข้างจำกัดในการที่จะป้องกันการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำพอง-ชี โดยเฉพาะในปี 2521 แต่สามารถที่จะลดความรุนแรงของอุทกภัยได้มาก หากมีการจัดสรรขนาดความจุควบคุมอุทกภัยให้มากขึ้น ความรุนแรงสำหรับพื้นที่สองฝั่งของแม่น้ำพองจะลดลงได้มาก และลดลงบ้างสำหรับพื้นที่สองฝั่งของแม่น้ำชี



Thesis Title            Simulation of Ubolratana Reservoir on Flood  
Name                    Mr. Somsak Kiatsuranont  
Thesis Advisor        Associate Professor Chaipant Rukvichai, Ph.D  
Thesis Co-advisor    Associate Professor Chakri Chatuthasry  
Department            Civil Engineering  
Academic Year        1982

#### ABSTRACT

This study concerns the simulation approach towards the operations of Ubolratana Multipurpose Reservoir for the control of floods in the downstream Pong-Chi river basins. Simulation runs were conducted utilizing hydrologic recorded data during August 1 to November 30 of the year 1976, 1978 and 1980 to review the potential of Ubolratana Reservoir for the control of floods within the Pong-Chi river basins.

A simulation model were made in the form of FORTRAN computer program to represent the operation of Ubolratana Reservoir and the Pong-Chi river basin system. Three model components were the reservoir routing model, the operating policy model and the river routing model, which were constructed according to the operational hydrology.

The simulation runs of 78 runs total were made to simulate the operation of Ubotratana Reservoir by changing the allocation of flood control storage. The hydrologic recorded data during August 1 to November 30 of the year 1976, 1978 and 1980 were used.

The simulated results indicated that the Ubolratana Reservoir had limited capacity to alleviate flooding in the Pong-Chi river basin, especially in the year 1978. However, increasing of allocated flood control storage could reduce the severity of flooding on both banks of the Pong River and of the Chi River to a lesser degree.



## กิติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.นิเวศ์ คารานันท์, รองศาสตราจารย์ จกรี จิตตะศรี, ศาสตราจารย์ ธีรารัง เปรมปรีดี, รองศาสตราจารย์ เสถียร ชลาชีวะ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย ที่ได้เคยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนให้คำแนะนำ และข้อคิดที่ดีตลอดมา ทั้งในด้านความรู้ทางวิชาการ และการดำรงชีวิตความเป็นอยู่ในสังคมอัน เป็นผลสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี อนึ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ ของหน่วยงานต่าง ๆ อาทิเช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กรมชลประทาน การพลังงาน- แห่งชาติ และบัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีส่วนในการสนับสนุนเอื้ออำนวยความสะ- คดในการให้คำแนะนำและข้อคิดตลอดจนข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

จากการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทำให้ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งต่อความเมตตากรุณาจากบรรดาคณา- จารย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งสองที่ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าอย่าง มากได้สละทั้งกำลังกายและใจช่วยให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลงได้ ซึ่งข้าพเจ้ามิอาจลืมได้

สมศักดิ์ เกียรติสุรนนท์



สารบัญ

ช

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ช
สารบัญ .....	ช
สารบัญตารางประกอบ .....	ฎ
สารบัญภาพประกอบ .....	ฃ
<b>บทที่ 1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	2
1.3 ขอบข่ายของการศึกษา .....	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษา .....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้ .....	4
<b>บทที่ 2 แนวทางการศึกษาและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>8</b>
2.1 การจำลองสภาพ (Simulation) กับการศึกษาและวางแผนงาน ด้านแหล่งน้ำ .....	8
2.1.1 การจำลองสภาพกับการวิเคราะห์ระบบ .....	9
2.1.2 กรรมวิธีในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ .....	10
2.2 อุทกภัยกับอ่างเก็บน้ำ .....	15
2.3 ทฤษฎีการไหลลักษณะการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก .....	20
2.3.1 การหาการเคลื่อนตัวของน้ำหลากโดยวิธีทางชลศาสตร์ .....	21
2.3.2 การหาการเคลื่อนตัวของน้ำหลากโดยวิธีทางอุทกวิทยา .....	29
<b>บทที่ 3 โครงการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ กับ การควบคุมอุทกภัยที่ผ่านมา .....</b>	<b>39</b>
3.1 ความเป็นมาและลักษณะทั่วไปของโครงการ .....	39
3.1.1 ประวัติความเป็นมา .....	39



3.1.2	สภาพทั่วไปของโครงการ	41
3.1.3	ส่วนประกอบและโครงสร้างที่สำคัญของโครงการ	47
3.2	อุทกวิทยาและการดำเนินการของอ่าง	47
3.3	สาเหตุการเกิดและสภาวะอุทกภัยในลุ่มน้ำของโครงการ	56
3.4	การดำเนินการของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ในด้าน การควบคุม อุทกภัย	61
3.5	หลักการเบื้องต้นของการจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ในกรณี อุทกภัย	68
บทที่ 4	แบบจำลองอ่างเก็บน้ำและนโยบายดำเนินการ	73
4.1	บทนำ	73
4.2	หลักการจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์	73
4.2.1	กรณีการควบคุมการปล่อยน้ำ (Control Condition)	75
4.2.2	กรณีไม่ควบคุมการปล่อยน้ำ (Uncontrol Condition)	76
4.3	องค์ประกอบแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ (Components of Reservoir Model)	77
4.3.1	การคำนวณค่าจากตาราง-โปรแกรมย่อย TABL	77
4.3.2	ความสัมพันธ์ของความจุพื้นที่อ่างและระดับ-โปรแกรมย่อย STOR	78
4.3.3	การคำนวณอัตราการไหลผ่านทางระบายน้ำลง- โปรแกรมย่อย OUTF	81
4.4	แบบจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์-โปรแกรมย่อย RROUT	83
4.5	แบบจำลองนโยบายดำเนินการ-โปรแกรมย่อย RULE	88
4.5.1	เส้นระดับดำเนินการ (Rule Curve)	88
4.5.2	เงื่อนไขการปล่อยน้ำ (Release Criteria)	89
4.5.3	โครงร่างแบบจำลองนโยบายดำเนินการ-โปรแกรมย่อย RULE	90
4.6	การทดสอบแบบจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์	91



บทที่ 5	การจำลองระบบแม่น้ำพองและชี .....	97
5.1	บทนำ .....	97
5.2	หลักการจำลองระบบแม่น้ำพองและชี .....	97
5.2.1	ระบบแม่น้ำพองและชี .....	97
5.2.2	หลักการจำลองระบบแม่น้ำ .....	99
5.2.3	ข้อมูลน้ำท่าสำหรับการศึกษา .....	102
5.3	การคำนวณหาตัวแปรกำหนด $K$ และ $x$ .....	102
5.3.1	วิธีความจุของทางน้ำ (Channel Storage Method) .....	102
5.3.2	วิธีวิเคราะห์ชลภาพ (Hydrograph Analysis Method) ...	103
5.3.3	วิธีวิเคราะห์จากความเร็วการไหล .....	106
5.3.4	สรุปการเลือกตัวแปรกำหนด $K$ และ $x$ .....	107
5.4	การประมาณน้ำหลากระหว่างช่วงลำนน้ำ (Local Flow) .....	107
5.5	แบบจำลองระบบแม่น้ำพองและชี .....	112
5.6	การทดสอบและวิเคราะห์แบบจำลองและข้อมูลน้ำท่า .....	114
5.7	บทสรุป .....	121
บทที่ 6	แบบจำลองสภาพการดำเนินการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์กรณีของอุทกภัย .....	125
6.1	หลักการของแบบจำลองสภาพ (Concepts of Simulation Model) .....	125
6.2	องค์ประกอบของแบบจำลองสภาพ (Components of Simulation Model) .....	127
6.3	การใช้แบบจำลองสภาพ .....	129
บทที่ 7	การศึกษาศักยภาพของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ในการควบคุมอุทกภัย .....	139
7.1	การจำลองสภาพการดำเนินการอ่างเก็บน้ำกรณีต่าง ๆ .....	139
7.2	การวิเคราะห์ผลจากการจำลองสภาพ .....	141
7.3	การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่า .....	155

	หน้า
บทที่ 8 สรุปและข้อเสนอแนะ .....	156
8.1 สรุป .....	156
8.1.1 การดำเนินการศึกษา .....	156
8.1.2 การสร้างแบบจำลองต่าง ๆ .....	157
8.1.3 การจำลองสภาพ .....	158
8.1.4 ศักยภาพของอ่างเก็บน้ำ .....	158
8.2 ข้อเสนอแนะ .....	160
เอกสารอ้างอิง .....	161
ภาคผนวก .....	167
ภาคผนวก ก - ข้อมูลเกี่ยวกับอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ .....	167
ภาคผนวก ข - โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลองสภาพ ระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์และระบบแม่น้ำพอง-ชี .....	186
ภาคผนวก ค - โปรแกรมคอมพิวเตอร์ คำนวณตัวแปรของสมการ Polynomial โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด .....	197
ภาคผนวก ง - เส้นระดับดำเนินการและนโยบายดำเนินการ อ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต .....	201
ภาคผนวก จ - ลักษณะหน้าตัดของแม่น้ำ ณ สถานีวัดน้ำต่าง ๆ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ พื้นที่หน้าตัดกับระดับน้ำ .....	206
ภาคผนวก ฉ - ตัวอย่างผลการจำลองสภาพของข้อมูลชุดปี พ.ศ. 2519 และ 2523 .....	217

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3-1	แสดงลักษณะสำคัญทั่วไป ของโครงการน้ำพอง .....	49
3-2	แสดงปริมาณการไหล ของน้ำเข้าอ่างอุบลรัตน์ เดือน .....	54
3-3	แสดงปริมาณการใช้น้ำ จากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ เฉลี่ยราย เดือน .....	55
3-4	แสดงปริมาณการใช้น้ำ จากอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ เพื่อการต่าง ๆ .....	57
3-5	แสดงพื้นที่ของจังหวัดต่าง ๆ ที่ถูกน้ำท่วมเนื่องจากอุทกภัยในปี 2521 .....	64
4-1	ตารางแสดงค่าระดับพื้นที่-ความจุของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ที่มีค่า N ของสมการ Polynomial ต่าง ๆ กัน .....	79
4-2	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำความสูงของการเปิดบานประตู และปริมาณการไหลของน้ำในกรณีการไหลเป็นแบบที่มีการควบคุม .....	82
4-3	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในอ่างและระดับน้ำเหนือสันฝาย กับปริมาณน้ำในกรณีการไหลเป็นแบบไม่มีการควบคุม .....	84
4-4	แสดงความสัมพันธ์ของค่า K, x เมื่อเปิดบานประตูที่มีความสูงขนาด ต่าง ๆ กัน เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำผ่านทางระบายน้ำล้นจาก สมการ $Q = KH^x$ .....	85
4-5	สรุปผลของระดับน้ำสูงสุดและปริมาณน้ำสูงสุดที่ปล่อยออกจากอ่าง โดย Rule Curve ต่าง ๆ กัน .....	93
5-1	ค่า K และ x คำนวณโดยวิธีความจุของน้ำ (Channel Storage Method) .....	104
5-2	ค่า K และ x คำนวณจากวิธีวิเคราะห์ชลภาพ .....	105
5-3	การคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ยของแต่ละช่วงน้ำ .....	108
5-4	ค่า K, x คำนวณโดยวิธีความเร็วกระแส น้ำ .....	109
5-5	ค่า x ของแต่ละช่วงลำน้ำ .....	110
5-6	สรุปค่า K และ x ที่ได้เลือกสำหรับการสร้างแบบจำลอง .....	111

ตารางที่	หน้า
5-7	แสดงข้อมูลปริมาณการไหลที่สถานีวัดน้ำต่าง ๆ ในช่วง ระหว่างวันที่ 18 กันยายน ถึง 18 ตุลาคม ..... 118
7-1	แสดงกรณีต่าง ๆ ของการทำโปรแกรมคำนวณโดยการ เปลี่ยนแปลงระดับของ Flood Rule Curve และ Upper Rule Curve ต่าง ๆ กัน ..... 140
7-2	ระดับน้ำในอ่างสูงสุดจากการจำลองสภาพโดยกำหนดระดับดำเนินการ ต่าง ๆ กัน ..... 146
7-3	แสดงปริมาณน้ำปล่อยจากอ่างจากการทำการจำลองสภาพของอ่าง โดยกำหนดระดับของเส้นทางการดำเนินการที่ระดับต่าง ๆ ..... 147
7-4	แสดงปริมาณน้ำที่สถานีวัดน้ำ E22A จากการจำลองสภาพอ่าง โดยกำหนดระดับของเส้นทางการดำเนินการที่ระดับต่าง ๆ ..... 148
7-5	แสดงปริมาณน้ำที่สถานีวัดน้ำบ้านกกจากการจำลองสภาพอ่าง โดยกำหนดระดับของเส้นทางการดำเนินการที่ระดับต่าง ๆ กัน ..... 149
7-6	แสดงปริมาณน้ำที่สถานี E1 จากการจำลองสภาพอ่างโดยกำหนด ระดับของเส้นทางการดำเนินการที่ระดับต่าง ๆ ..... 150
7-7	แสดงปริมาณน้ำที่สถานีวัดน้ำ E8A จากการจำลองสภาพ อ่างโดยกำหนดระดับของเส้นทางการดำเนินการที่ระดับต่าง ๆ ..... 151
ก-1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับ-พื้นที่-ความจุของอ่างเก็บน้ำ อุบลรัตน์ ..... 168
ก-2	แสดงค่าของ $O_2$ และ $2S_2 / \Delta t + O_2$ เมื่อการปล่อยน้ำแบบไม่มี การควบคุม ..... 169
ก-3	ข้อมูลปริมาณของการไหลของน้ำเข้าอ่าง วัดที่อ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 พฤศจิกายน ..... 170
ก-4	ข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำออกจากอ่าง วัดที่อ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 พฤศจิกายน ..... 171
ก-5	ข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำ วัดที่ สถานี E 22A ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 พฤศจิกายน ..... 172

ตารางที่	หน้า
ก-6	ข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำ วัดที่ สถานี E16A ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 พฤศจิกายน ..... 173
ก-7	ข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำ วัดที่ สถานี บ้านกก ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 พฤศจิกายน ..... 174
ก-8	ข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำ วัดที่ สถานี E1 ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 พฤศจิกายน ..... 175
ก-9	ข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำ วัดที่ สถานี E8A ช่วงวันที่ 1 สิงหาคม ถึง 30 พฤศจิกายน ..... 176



สารบัญประกอบ

รูปที่		หน้า
1-1	แสดงที่ตั้งโดยสังเขปของโครงการเขื่อนอเนกประสงค์อุบลรัตน์ อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น .....	5
1-2	ทัศนียภาพของโครงการเขื่อนอเนกประสงค์ อุบลรัตน์ .....	6
1-3	แสดงขั้นตอนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอ่างเก็บน้ำ อุบลรัตน์และระบบแม่น้ำโดยหลักการทางอุทกวิทยาคำเนินการ .....	7
2-1	แสดงตัวอย่างการสร้างแบบจำลองทางคณิตหรือโมโนแบบขึ้นโดย เลียนจากส่วนต่าง ๆ ของระบบจริง .....	11
2-2	แผนภูมิขั้นตอนในการพัฒนาและประยุกต์การจำลองสภาพ .....	12
2-3	แสดงหลักการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำอุคุมคิตีในการบรรเทา อุทกภัย .....	18
2-4	แสดงหลักการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำในการควบคุมอุทกภัย ท้ายน้ำกรณีมีค่าปริมาณการไหลระหว่างช่วง : .....	18
2-5	กราฟแทน wave propagation สำหรับการไหลแบบ subcritical ..	24
2-6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลเข้าและการไหลออก ปริมาณการไหลออกและปริมาณการเก็บกักในช่วงของทางน้ำเนื่องจาก การหลากของน้ำ .....	31
2-7	แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณเก็บกักและปริมาณการไหลออกของน้ำ .....	31
2-8	แสดง prism และ wedge storages ในทางน้ำ .....	35
2-9	แสดงการคำนวณหาปริมาณการเก็บกักจากชลภาพจริง .....	35
2-10	การหาค่า $x$ และ $K$ สำหรับวิธีของ Muskingum Routing .....	38
2-11(ก)	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลออกของอ่างกับระดับน้ำ .....	38
2-11(ข)	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรอ่างกับระดับน้ำ .....	38

รูปที่	หน้า
3-1	แสดงเขตพื้นที่ระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ สถานีอุตุนิยมวิทยา และสถานีวัดน้ำ ..... 42
3-2	แสดงอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ พื้นที่ชลประทานและหมู่บ้านในบริเวณโครงการ .. 43
3-3	แสดงภูมิประเทศบริเวณโครงการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ (มาตราส่วน 1:250,000) ..... 45
3-4	แสดงเส้นน้ำฝนเท่า เฉลี่ยรายปีบริเวณพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ..... 46
3-5	แสดงปริมาณการไหลของน้ำรายปีที่จุดที่ตั้งของเขื่อนก่อนและหลังมีโครงการ ..... 48
3-6	แสดงทิศทางของลมมรสุมประจำปีพัดผ่านประเทศไทย ..... 59
3-7	แสดงบริเวณการก่อตัวของพายุหมุนและทิศทางที่พัดผ่าน ..... 60
3-8	แผนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมแสดงบริเวณพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำพอง และน้ำชีเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2521 ..... 62
3-9	แสดงบริเวณที่ถูกน้ำท่วมในลุ่มน้ำพองและน้ำชีเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2521 แปรจากภาพถ่ายดาวเทียมในรูปที่ 3-8 ..... 63
3-10	แสดงเส้นแห่งการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ในการควบคุมอุทกภัย ..... 66
3-11	แสดงระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ในปีต่าง ๆ เทียบกับระดับเก็บกักของอ่าง ..... 67
3-12	แสดงการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำ อุบลรัตน์ในฤดูน้ำหลากปี 2521 ..... 69
3-13	แสดงการ ดำเนินการของอ่างเก็บน้ำ อุบลรัตน์ในฤดูน้ำหลากปี 2523 .... 70
3-14(ก)	แสดงระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์และแม่น้ำพอง-ชี ..... 72
3-14(ข)	แสดงส่วนประกอบของแบบจำลองของระบบอ่างเก็บน้ำ ระบบแม่น้ำ และนโยบายการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำที่สัมพันธ์กัน ..... 72

รูปที่	หน้า
4-1	หลักการทางอุทกวิทยาในการจำลองอ่างเก็บน้ำ ..... 74
4-1(ก)	ลักษณะทางกายภาพของการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ ..... 74
4-1(ข)	ลักษณะการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ ..... 74
4-2	เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างความจุ-พื้นที่-ระดับของอ่างเก็บน้ำ อุบลรัตน์ ..... 80
4-3	เส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปิดบานประตู ( $G_0$ ) กับ $x$ และ $K$ ..... 86
4-4	ขั้นตอนในการคำนวณในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ ..... 87
4-5	ขั้นตอนการคำนวณแบบจำลองนโยบายดำเนินการ-RULE ..... 92
4-6	การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ ..... 92
4-7	แสดงรูปเปรียบเทียบผลของการทดสอบ run โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ กับการดำเนินการ ของอ่างจริงในปี 2519 ..... 94
4-8	แสดงรูปเปรียบเทียบผลของการทดสอบ run โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ กับการดำเนินการของอ่างจริง ในปี 2521 ..... 95
4-9	แสดงรูปเปรียบเทียบผลของการทดสอบ run โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ กับการดำเนินการ ของอ่างจริงในปี 2523 ..... 96
5-1(ก)	ระบบน้ำพองและซีท้ายอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ..... 98
5-1(ข)	ทิศทางการจำลองระบบแม่น้ำพองและซี ..... 98
5-2	แสดงการสร้างแบบจำลองของช่วงลำน้ำช่วงหนึ่ง ..... 100
5-3	แสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่า $K$ , $x$ โดยการทดลองเปลี่ยนค่า ..... 100
5-4	องค์ประกอบแบบจำลองระบบแม่น้ำพอง-ซี สำหรับการคำนวณ การเคลื่อนตัวของน้ำหลากในลำน้ำ ณ สถานีควบคุมต่าง ๆ ..... 113

รูปที่	หน้า
5-5	ชลภาพของน้ำหลากเข้าและออกจากอ่างและที่สถานี E22A ปี 2519 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณน้ำหลาก และ ผลของ Local Flow ..... 115
5-6	ชลภาพของน้ำหลากเข้าและออกจากอ่างและที่สถานี E22A ปี 2521 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณน้ำหลากและผลของ Local Flow ..... 116
5-7	ชลภาพของน้ำหลากเข้าและออกจากอ่างและสถานี E22A ปี 2523 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณน้ำและ ผลของ Local Flow ..... 117
5-8	แสดงปริมาณการไหลของน้ำที่ปล่อยจากอ่างและที่สถานีวัดน้ำ ในช่วงวันที่ 18 กันยายน - 18 ตุลาคม 2519 ..... 122
5-9	แสดงปริมาณการไหลของน้ำที่ปล่อยจากอ่างและที่สถานีวัดน้ำ ในช่วงวันที่ 18 กันยายน - 18 ตุลาคม 2521 ..... 123
5-10	แสดงปริมาณการไหลของน้ำที่ปล่อยจากอ่างและที่สถานีวัดน้ำ ในช่วงวันที่ 18 กันยายน - 18 ตุลาคม 2523 ..... 124
6-1	หลักการของแบบจำลองสภาพอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์และระบบ แม่น้ำพอง-ชี ในกรณีของการควบคุมอุทกภัย ..... 126
6-2	องค์ประกอบของแบบจำลองสภาพ UBOL2 ..... 128
6-3	ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมย่อย UBOL2 ..... 130
6-4	การใช้แบบจำลองสภาพระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์กรณีของการ ควบคุมอุทกภัย ..... 131
6-5	ตัวอย่างการจัดข้อมูลเข้าสำหรับกรณีอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปี 2521 ..... 133
6-6	ตัวอย่างข้อมูลออกสำหรับกรณีอุทกภัยที่เกิดขึ้นในปี 2521 ..... 138

รูปที่	หน้า
7-1	แสดงปริมาณการไหลของน้ำจากอ่างเปรียบเทียบข้อมูลจริง และจากตัวอย่างหนึ่งของการจำลองสภาพในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม - 30 พฤศจิกายน 2521 ..... 142
7-2	แสดงระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเปรียบเทียบข้อมูลจริงและจากผลการจำลองสภาพในกรณีต่าง ๆ (ปี 2521) ..... 143
7-3	แสดงปริมาณการไหลของน้ำจากอ่างและที่สถานีต่าง ๆ จากตัวอย่างหนึ่งของการจำลองสภาพในช่วงวันที่ 18 กันยายน - 18 ตุลาคม 2521 ..... 145
7-4	การเปรียบเทียบค่าสูงสุดของข้อมูลจากการจำลองสภาพ (simulated output) ในกรณีที่กำหนดให้ EUR น้อยกว่า EFR 1.00 เมตร สำหรับปี 2519 ..... 152
7-5	การเปรียบเทียบค่าสูงสุดของข้อมูลจากการจำลองสภาพ (simulated EUR น้อยกว่า EFR 1.00 เมตร สำหรับปี 2521 ..... 153
7-6	การเปรียบเทียบค่าสูงสุดของข้อมูลจากการจำลองสภาพ (simulated output) ในกรณีที่กำหนดให้ EUR น้อยกว่า EFR 1.00 เมตร สำหรับปี 2523 ..... 154
ก-1	แสดงรูปผังบริเวณโครงการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ บริเวณที่ตั้งตัวเขื่อน ..... 177
ก-2	แสดงรูปตัดของอาคารทางเข้า (Intake Structure) กับ Power House ของโครงการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ..... 178
ก-3	แสดงรูปตัดของทางน้ำล้น (Spillway) และแ่งน้ำนิ่ง (Stilling Basin) ของโครงการอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ..... 179
ก-4	ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนตก จำนวนวันฝนตกและการระเหยประจำเดือน ณ.สถานีจังหวัด ขอนแก่น ..... 180
ก-5	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิจนเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด ประจำเดือน ณ.สถานี จังหวัด ขอนแก่น ..... 180
ก-6	เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงกับพื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ เปรียบเทียบระหว่าง สภาพภูมิประเทศจริง กับ การ



รูปที่	หน้า
	จำลองโดยใช้ค่า $N$ ต่างๆกัน ..... 181
ก-7	เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูง กับ ความจุของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ เปรียบเทียบระหว่าง สภาพภูมิประเทศจริงกับการจำลองโดยใช้ค่า $N$ ต่างๆกัน ..... 182
ก-8	เส้นแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความสูงของน้ำ ( $H$ ) กับปริมาณน้ำ ..... 183
ก-9	เส้นแสดงความสัมพันธ์ปริมาณน้ำ กับ ความสูงของน้ำ เมื่อเปิดบานควยขนาดต่างๆ กัน ..... 184
ก-10	เส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูง กับ ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากทางระบายน้ำล้น และ ค่า $2S/\Delta t + 0$ กับ $0$ ..... 185
ง-1	เส้นแห่งการดำเนินการของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ที่ได้จากการศึกษาของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (Electricity Generting Authority of Thailand, 1981) ..... 205
จ-1	เส้นโค้งแสดงระดับกับพื้นที่ และระดับกับปริมาณน้ำของสถานี E 22A อ.น้ำพอง จังหวัด ขอนแก่น ..... 207
จ-2	แสดงหน้าตัดขวางของลำน้ำพองที่สถานี E 22A อ.น้ำพอง จังหวัด ขอนแก่น ..... 208
จ-3	เส้นโค้งแสดงระดับกับพื้นที่ และระดับปริมาณน้ำของสถานี E 16A อ.เมือง จังหวัด ขอนแก่น ..... 209
จ-4	แสดงหน้าตัดขวางของแม่น้ำชี ที่สถานี E 16A อ.เมือง จังหวัด ขอนแก่น ..... 210
จ-5	เส้นโค้งแสดงระดับกับพื้นที่ และ ระดับปริมาณน้ำของสถานีบ้านกอก อ.โกสุมพิสัย จังหวัด มหาสารคาม ..... 212
จ-7	รูปเส้นโค้งแสดงระดับกับพื้นที่ และ ระดับกับปริมาณน้ำของสถานี E 1 อ.โกสุมพิสัย จังหวัด มหาสารคาม ..... 213
จ-8	แสดงหน้าตัดขวางของแม่น้ำชี ที่สถานี E 1 อ.โกสุมพิสัย จังหวัด มหาสารคาม ..... 214

รูปที่		หน้า
จ-9	รูปเส้นโค้งแสดงระดับกับพื้นที่ และ ระดับกับปริมาณน้ำที่สถานี E8A อ.กัณฑ์ราวิชัย จังหวัดมหาสารคาม .....	215
จ-10	แสดงหน้าตัดขวางของแม่น้ำชี ที่สถานี E8A อ.กัณฑ์ราวิชัย จังหวัดมหาสารคาม .....	216
ฉ-1	แสดงปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเปรียบเทียบกับระหว่างข้อมูลการวัดจริง กับที่ได้จากการจำลองสภาพในกรณีต่าง ๆ ( ปี 2519) .....	218
ฉ-2	แสดงปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเปรียบเทียบกับระหว่างข้อมูลจากการวัดจริงกับที่ได้จากการจำลองสภาพในกรณีต่าง ๆ ( ปี 2523) .....	219
ฉ-3	แสดงระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงและจากผลการจำลองสภาพในกรณีต่าง ๆ ( ปี 2519) .....	220
ฉ-4	แสดงระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงและจากผลการจำลองสภาพในกรณีต่าง ๆ ( ปี 2523) .....	221
ฉ-5	แสดงปริมาณการไหลของน้ำจากอ่างและสถานีต่าง ๆ จากตัวอย่างหนึ่งของการจำลองสภาพในช่วง วันที่ 18 กันยายน ถึง 18 ตุลาคม 2519 .....	222
ฉ-6	แสดงปริมาณการไหลของน้ำจากอ่างและสถานีต่าง ๆ จากตัวอย่างหนึ่งของการจำลองสภาพในช่วง วันที่ 18 กันยายน ถึง 18 ตุลาคม 2523 .....	223