วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 (27 - 35) มกราคม – กุมภาพันธ์ 2550 บทความวิจัย
KKU Engineering Journal Vol. 34 No .1 (27 – 35) January – February 2007

การศึกษานโยบายการควบคุมน้ำหลากสำหรับอ่างเก็บน้ำโดยใช้โปรแกรมเชิงพลวัต*

ธนะ บุญญสิริกูล[1] การุณ ใจปัญญา[2] และ อดิศักดิ์ ชูสุข[3]

[1] วิศวกรระดับ 9 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 11130

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 10800

[3] วิศวกรระดับ 5 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 10330

E-mail: krc@kmitnb.ac.th

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ผลตอบแทนสูงสุด (Optimization Technique) ด้วยแบบจำลอง Dynamic Programming (DP) เพื่อกำหนดนโยบายการจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลากที่เหมาะสม ด้วยการควบคุมบานประตูระบายน้ำเหนือฝายน้ำล้น (Spillway) โดยการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำหลากออกแบบ (Design Flood) ซึ่งมีช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงทุก 6 ชั่วโมง ที่รอบปีการเกิดซ้ำจำนวน 50 ปี, 100 ปี, 500 ปี, 1,000 ปี, 5,000 ปี, 10,000 ปี และ PMF. การประมวลผลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทำ Dynamic Programming แบบย้อนกลับ (Backward Solution) โดยแบ่งช่วงปริมาตรกักเก็บของอ่างออกเป็น 16 ช่วง ๆละ 200 ล้าน ลบ.ม. เริ่มจากที่ระดับ 157.04 ม.รทก., จนถึงระดับ 169.00 ม.รทก. และการทำ Flood Routing แบบเดินหน้า (Forward Solution) ผ่านฝายน้ำล้น (Spillway) ซึ่งจะทำการศึกษา 3 วิธี คือ วิธีการเปิดบานประตูระบายน้ำล้นตามผลของ DP. วิธีปรับแก้ในช่วงแรก โดยปรับแก้ขนาดของช่องเปิดในช่วงแรกให้น้ำออกไม่เกินปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง เมื่อปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามากกว่าการระบายน้ำด้วยระยะการเปิดบานตามนโยบาย DP จึงจะระบายน้ำตามผลของ DP และวิธีปรับแก้ผ่านน้ำหลากสูงสุด โดยจะคงระดับการเปิดบานระบายน้ำล้นเมื่อเปิดบานสูงสุดตามนโยบาย DP จนปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าอ่างผ่านจุดสูงสุด จึงเปิดบานระบายตามนโยบาย DP ในช่วงเวลาที่เหลือ ผลจากการดำเนินการจัดการตามนโยบายการเปิดบานประตูระบายน้ำล้น โดยวิธีการปรับแก้ผ่านน้ำหลากสูงสุด สามารถระบายน้ำหลากได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถลดอัตราการระบายน้ำหลากสูงสุดลงสู่ท้ายน้ำได้ต่ำที่สุด และช่วงเวลาของการระบายน้ำหลากสูงสุดจะเกิดช้ากว่าปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าอ่างสูงสุด ดังนั้นจะทำให้สามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยทางด้านท้ายน้ำลง ประกอบกับนโยบายดังกล่าวสอดคล้องกับวิธีการปฏิบัติการจริงของเขื่อน ในการระบายปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลาก นั่นคือ หากปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้า (Inflow) ยังไม่ลดลงจะยังไม่ลดการระบายปริมาณน้ำหลาก (Outflow) ลงหรืออาจจะกล่าวได้ว่าจะลดปริมาณการระบายน้ำลงเมื่อปริมาณน้ำหลากไหลเข้ามีปริมาณลดลง

คำสำคัญ : Reservoir Flood Control, Policy, Dynamic Programming

---

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2549 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2549

RESERVOIR FLOOD CONTROL POLICY USING DYNAMIC PROGRAMMING *

Thana Boonyasirikul[1] Karun Jaipanya [2] and Adisak Chusuk[3]

[1] Engineering Level 9, Electricity Generating Authority of Thailand 11130

[2] Assistance Professor,Faculty of Technical Education,King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok 10800

[3] Engineering Level 5, Department of Alternative Energy Development and Efficiency 10330

E-mail: krc@kmitnb.ac.th

ABSTRACT

The Application of Optimization Technique using Dynamic Programming (DP) for the best practice of reservoir flood control can be executed by controlling flood release to downstream with spillway gate. Design Flood, changed with period of 6 hours at the returning period of 50, 100, 500, 1,000, 5,000, 10,000 years and Probable Maximum Flood (PMF) were used in the study. The study was carried out in 2 steps, Dynamic Programming backward solution for the spillway gate policy and reservoir flood routing to test the policy. Reservoir level of 157.04, 157.91, 158.78, 159.65, 160.46, 161.23 and 162.00 m.MSL. were examined in the study. Three alternatives of the policy were studied in flood routing step, DP policy, adjusted policy in which outflow will not be over inflow in pre-flood stage, and re-adjusted policy that keep the maximum gate opening from DP policy until peak inflow pass. The result shows that re-adjusted DP policy based on peak inflow is effective and practical in minimizing flood release to downstream while keeping dam safety and allowing lag time from peak inflow to peak outflow. Therefore this policy can reduce the risk of flooding downstream. This procedure conforms to common practice of reservoir operation during flood season.

Keywords : Reservoir Flood Control, Policy, Dynamic Programming

* Original manucript submitted: July 12, 2006 and Final manucript received: October 10, 2006

บทนำ

การศึกษานี้มีการประยุกต์ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ผลตอบแทนสูงสุด (Optimization Technique) ด้วยแบบจำลอง Dynamic Programming (DP) เพื่อกำหนดนโยบายการจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลากที่เหมาะสม ปริมาณน้ำหลากดังกล่าวอาจจะทำให้เกิดอันตรายแก่ตัวเขื่อนและการเกิดอุทกภัยต่อพื้นที่ด้านท้ายน้ำได้ การระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำจะต้องมีความสัมพันธ์กันกับ ปริมาณน้ำหลากที่ไหลเข้าอ่างและความสามารถในการรับน้ำของลำน้ำท้ายน้ำ การระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำเร็วเกินไปหรือมากเกินไปจะทำให้เกิดความเสียหายกับลำน้ำและพื้นที่ลุ่มด้านท้ายน้ำและยังเป็นการสูญเสียปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างโดยไม่เกิดประโยชน์ แต่ถ้าระบายน้ำออกช้าเกินไปหรือน้อยเกินไปมีความเสี่ยงต่อความมั่นคงปลอดภัยของตัวเขื่อน วัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นการหานโยบายการจัดการอ่างเก็บน้ำในการระบายปริมาณน้ำหลากด้วยการควบคุมประตูระบายน้ำและอัตราการระบายน้ำผ่านระบบน้ำล้นที่เหมาะสม โดยมีฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง DP ในการหาค่าต่ำสุดของอัตราการไหลสูงสุดของปริมาณน้ำหลากที่ถูกระบายผ่านอ่างเก็บน้ำ โดยใช้อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์เป็นกรณีศึกษา

ในการศึกษาแนวทางการจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก (ธนะ,2544) ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำหลาก ในการกำหนดนโยบายการปล่อยน้ำในช่วงน้ำหลากสำหรับอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนเขาแหลม เพื่อให้ความปลอดภัยต่อเขื่อนและลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยด้านท้ายน้ำน้อยที่สุด การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวางแผนกำหนดนโยบายช่วยในการตัดสินใจสำหรับการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก ใช้อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์เป็นกรณีศึกษา (ธนะ,2547) ในรูปปริมาณการระบายน้ำจากอ่างและการเปิดบานระบายน้ำล้น โดยพิจารณาปริมาณการไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลเข้าอ่างและระดับน้ำในอ่าง พบว่า การใช้นโยบายดังกล่าวสามารถลดอัตราการไหลสูงสุดของปริมาณน้ำที่ระบายจากอ่างลงสู่ท้ายน้ำ โดยระดับน้ำสูงสุดในอ่างสูงขึ้นเล็กน้อยแต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาเงื่อนไขการระบายน้ำที่เหมาะสมตามสภาพปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างและระดับน้ำในอ่าง (ธนะ,2548) เตรียมไว้เพื่อช่วยในการตัดสินใจระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลากสำหรับอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ โดยใช้ปริมาณน้ำหลากออกแบบ ในการวิเคราะห์กระบวนการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ ตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างและระดับน้ำในอ่างเพื่อกำหนดเงื่อนไขการเปิดบานประตูระบายน้ำและปริมาณน้ำระบายจากเขื่อน โดยการหน่วงน้ำหลากไว้ในอ่างเก็บน้ำให้นานที่สุดและค่อย ๆ ทยอยระบายน้ำเพื่อให้การเคลื่อนตัวของน้ำหลากที่ระบายจากเขื่อนไม่เกิดการเสริมยอดคลื่นกับปริมาณน้ำหลากข้างเคียงด้านท้ายน้ำ ทำให้อัตราการไหลสูงสุดของน้ำหลากลดลง เป็นการบรรเทาความรุนแรงของปริมาณน้ำหลากและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นด้านท้ายน้ำ เงื่อนไขการระบายน้ำที่ได้จากการศึกษาสามารถกำหนดอยู่ในรูปอัตราการระบายน้ำ (Rt) ซึ่งขึ้นอยู่กับระดับน้ำในอ่าง (ELt) และอัตราการไหลเข้าอ่าง (It) แสดงถึงแนวทางที่ชัดเจนมากขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการ

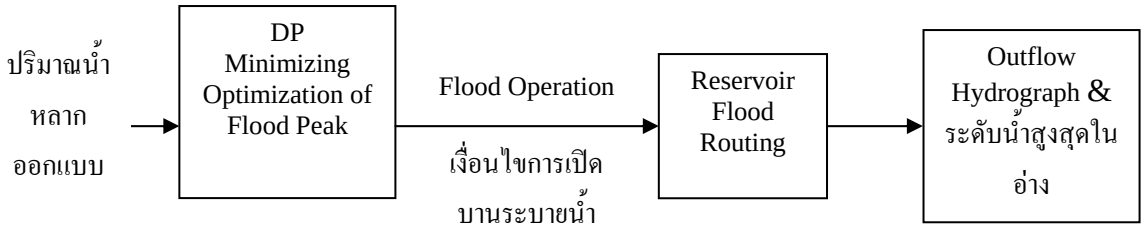
ตัดสินใจ อย่างไรก็ตามปริมาณการระบายน้ำตามเงื่อนไขเป็นเพียงข้อเสนอแนะ ในการปฏิบัติจริงต้องพิจารณาสภาพน้ำในอ่างและด้านท้ายน้ำในสภาพปัจจุบัน

การบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก

การพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำต่าง ๆ ในปัจจุบันมักจะเป็นการก่อสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำ เพื่อการชลประทาน การบรรเทาอุทกภัย และการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น แนวทางการดำเนินการอ่างเก็บน้ำ โดยทั่วไปพยายามกักเก็บน้ำในระดับที่ออกแบบไว้ เพื่อสนองตอบความต้องการของกิจกรรมแต่ละด้าน ซึ่งต้องมีการกำหนดระดับน้ำเก็บกักและปริมาณน้ำในอ่างให้เหมาะสมในแต่ละฤดู (แผนกควบคุมการใช้น้ำ กองตรวจสอบและบำรุงรักษาเขื่อน ฝ่ายบำรุงรักษาโยธา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย,2533 และคณะทำงานศึกษาเพื่อปรับปรุง Rule Curve การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย,2548) ในฤดูน้ำหลากการจัดการอ่างเก็บน้ำจะต้องคำนึงถึงปริมาตรความจุสำรอง เพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ ความสามารถในการระบายน้ำส่วนเกินและความสามารถรับปริมาณน้ำของลำน้ำด้านท้ายน้ำ เป็นต้น ปริมาตรความจุของอ่างเก็บน้ำนั้นมีวัตถุประสงค์ร่วมกันคือการเก็บกักน้ำสำหรับความต้องการใช้น้ำด้านต่าง ๆ และความจุสำรองเพื่อรับปริมาณน้ำหลาก อ่างเก็บน้ำจะสามารถปฏิบัติการสนองตอบต่อวัตถุประสงค์ร่วมกันดังกล่าวได้ จำเป็นต้องมีการจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก (Reservoir Flood Operation Policy) ที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของเขื่อน โดยไม่ให้มีการไหลล้นข้ามสันเขื่อน และคำนึงถึงความสามารถในการรับน้ำและระบายน้ำของลำน้ำด้านท้ายน้ำในการบรรเทาอุทกภัย ณ. จุดวิกฤติซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง Dynamic Programming ในการศึกษาการลดต่ำสุดของยอดคลื่นน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์

แบบจำลองที่จะสร้างขึ้นสำหรับระบบอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์เป็นกระบวนการของ Dynamic Programming (DP) ที่จะใช้สำหรับเลือกขนาดของช่องเปิดหรือความสูง (Hi) ของการเปิดบานประตูเหนือสันฝายน้ำล้น (Spillway) เพื่อระบายปริมาณน้ำหลาก ซึ่งจะได้รูปของกราฟน้ำหลาก (Outflow Hydrograph) ที่เหมาะสม ซึ่งให้ค่าต่ำสุดของอัตราการไหลสูงสุด ในการศึกษาการลดต่ำสุดของยอดคลื่นน้ำหลาก (Minimizing Optimization of Flood Peak) ผ่านอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ โดยใช้ปริมาณน้ำที่รอบปีของการเกิดซ้ำต่าง ๆ เป็นอัตราการไหลเข้าอ่าง (Inflow) และ Routing ผ่านทางระบายน้ำล้น (Spillway) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 *ขั้นตอนการศึกษา*

ฟังก์ชันความเสียหายด้านท้ายน้ำ (Return Function)

ฟังก์ชันของความเสียหายด้านท้ายเป็นมูลค่าประเมินของความเสียหายด้านท้ายน้ำ (C_i) เนื่องจากอุทุกภัยที่เกิดจากการไหลหลากของน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ (Q_i) ในแต่ละช่วงเวลา (Time Step) i ขึ้นอยู่กับการเปิดบานประตูเหนือสันฝายน้ำล้น (H_i) (Thana,1998)

$$\text{ความเสียหายด้านท้ายน้ำในช่วงเวลาที่ i} : C_i = C_i(Q_i(H_i)) \quad (1)$$

เมื่อ Q_i = ปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาที่ i

H_i = ระยะเปิดบานประตูเหนือสันฝายน้ำล้น ในช่วงเวลาที่ i

C_i = ความเสียหายด้านท้ายน้ำ ในช่วงเวลาที่ i

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการศึกษาซึ่งเป็นสมการที่ต้องการของระบบหรือของอ่างเก็บน้ำ เพื่อจะได้นำมาใช้เป็นนโยบายในการดำเนินการอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลา กล่าวคือ เป็นสมการที่ให้ค่าต่ำสุดของอัตราการไหลสูงสุด (Minimization of Flood Peak) จากรูปกราฟอัตราการไหลหลาก (Outflow Hydrograph) ผ่านประตูระบายน้ำที่มีขนาดของช่องเปิดที่ระดับต่าง ๆ เหนือสันฝายน้ำล้น (Spillway) ทั้งนี้จะต้องไม่มีผลกระทบกับอ่างเก็บน้ำและด้านท้ายน้ำ

$$\text{Min } Z = \text{Min } (\text{Max } Q_i(H_i)) \quad (2)$$

สมการแสดงมูลค่าความเสียหาย (Recursive Equation)

สมการแสดงมูลค่าความเสียหายเป็นสมการที่แสดงถึงมูลค่าความเสียหายในการดำเนินการตามนโยบายของสมการวัตถุประสงค์ของโครงการในแต่ละช่วงเวลา โดยมูลค่าความเสียหายทางด้านท้ายน้ำจะแปรผันตาม ขนาดของรูปกราฟอัตราการไหลหลาก (Outflow Hydrograph) ผ่านประตูระบายน้ำเหนือสันฝายน้ำล้น (Spillway) ดังนั้นหากลดขนาดของรูปกราฟอัตราการไหลหลาก (Outflow

Hydrograph) ให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดมีค่าต่ำสุด (Min. of Peak) แล้ว มูลค่าความเสียหายทางด้านท้ายน้ำก็จะมีมูลค่าต่ำสุดด้วย

$$f_i(S_i) = \text{Min}\{\text{Max}[Q_i(H_i), f_{i+1}(S_{i+1})]\} \quad (3)$$

เมื่อ $f_i(S_i)$ = มูลค่าความเสียหายที่เกิดจากการดำเนินการอ่างเก็บน้ำสิ้นสุดของช่วงเวลาที่ i

$f_{i+1}(S_{i+1})$ = มูลค่าความเสียหายที่เกิดจากปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาที่ i+1

$Q_i(H_i)$ = มูลค่าความเสียหายที่เกิดจากปริมาณน้ำที่ระบายออกจากอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาที่ i

ผลการศึกษา กรณีอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์

จากผลการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงพลวัตรเพื่อกำหนดนโยบายการเปิดบานระบายน้ำล้นเพื่อควบคุมน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์และการศึกษาการระบายน้ำหลาก (Flood Routing) ตามนโยบายดังกล่าว ในกรณีเกิดน้ำหลากสูงสุดที่อาจจะเป็นไปได้ (Probable Maximum Flood, PMF.) และกรณีเกิดน้ำหลากที่คาบความถี่ของการเกิดซ้ำ ในรอบ 50 ปี 100 ปี 500 ปี 1,000 ปี 5,000 ปี และ 10,000 ปี สามารถกำหนดนโยบายการควบคุมอาคารระบายน้ำล้นโดยแสดงในรูประยะการเปิดบานระบายน้ำที่เหมาะสม ตามการวิเคราะห์ DP และการปรับแก้ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 1

ระยะเวลา (ช.ม.)	รอบปีการเกิด						
	50 ปี	100 ปี	500 ปี	1,000 ปี	5,000 ปี	10,000 ปี	PMF
0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.4	6.4
6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.4	6.4
12	2.0	2.0	2.0	2.0	2.4	2.4	6.4
18	2.0	2.0	2.0	2.4	2.4	5.2	6.8
24	2.4	2.4	2.4	2.8	3.2	3.6	6.8
30	2.4	2.8	2.8	3.2	4.0	5.2	6.8
36	3.2	3.2	3.6	4.4	5.6	7.6	6.8
42	4.0	4.0	4.8	6.0	8.4	7.6	6.8
48	4.8	5.2	6.8	8.8	9.2	7.6	6.8
54	6.4	7.2	9.6	10.8	9.2	7.6	6.8
60	8.4	10.0	11.6	10.8	9.6	7.6	6.8
66	11.6	11.6	11.6	11.2	9.6	8.8	7.6
72	11.6	11.6	11.6	11.2	10.4	8.8	7.6
78	11.6	11.6	11.6	12.0	10.4	9.6	8.0
84	11.6	11.6	12.0	12.0	10.4	9.6	8.8
90	11.6	11.6	12.0	12.0	11.2	10.4	8.8
96	11.6	11.6	12.0	12.0	12.0	10.4	9.6

ตารางที่ 1 *ช่วงระยะการเปิดบานระบายน้ำตามคาบความถี่ของการเกิดซ้ำ*

102	11.6	12.0	12.0	12.0	12.0	11.2	10.4
108	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.2
114	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.2
120	2.0	1.2	2.0	2.8	3.6	3.6	4.4
126	2.0	2.0	2.8	2.8	2.8	3.6	4.0
132	1.6	2.0	2.8	2.8	2.8	2.8	3.2
138	2.0	2.0	2.8	3.6	2.8	2.8	3.2
144	2.0	2.0	2.8	3.6	3.6	2.8	2.8
150	2.0	2.8	3.6	3.6	3.6	2.8	2.8
156	2.0	2.8	3.2	3.6	3.6	3.6	2.8
162	2.0	2.4	3.2	4.0	3.6	3.6	3.6
168	2.0	2.4	3.2	4.0	3.2	3.6	3.6
174	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	3.2	3.6
180	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
186	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
192	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
198	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
204	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
210	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
216	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
222	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
228	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
234	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
240	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
246	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
252	2.4	2.4	3.2	4.0	4.0	4.0	4.0
258	2.4	2.4	3.2	4.0	3.2	3.2	4.0
264	2.4	2.4	3.2	4.0	3.2	3.2	4.0
270	2.4	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
276	2.4	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
282	2.4	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
288	2.4	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
294	1.6	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
300	1.6	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
306	1.6	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
312	1.6	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
318	1.6	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
324	1.6	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
330	1.6	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
336	1.6	2.4	3.2	3.2	3.2	3.2	4.0
342	1.6	2.4	2.4	3.2	3.2	3.2	4.0
348	1.6	2.4	2.4	3.2	3.2	3.2	4.0
354	1.6	2.4	2.4	3.2	3.2	3.2	4.0

ตารางที่ 1 *ช่วงระยะการเปิดบานระบายน้ำตามคาบความถี่ของการเกิดซ้ำ(ต่อ)*

ในช่วงน้ำหลากซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำหลากสูงสุดที่อาจจะเป็นไปได้ (PMF) การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลากตามนโยบายที่ได้จากการวิเคราะห์ DP ไม่ควรกักเก็บน้ำเกินกว่าระดับ 157.04 ม.รทก. โดยมีอัตราการไหลออกสูงสุดผ่านทางระบายน้ำล้น 2,310.65 ลบ.ม./วินาที และมีระดับน้ำสูงสุดที่เกิดขึ้นในอ่างเก็บน้ำ 165.89 ม.รทก. ไม่เกินระดับน้ำสูงสุดของอ่างเก็บน้ำ 166.00 ม.รทก. นอกจากนี้ ระดับน้ำควบคุมก่อนเริ่มเปิดบานระบายน้ำล้นตามนโยบาย (157.04 ม.รทก.) ยังคงต่ำ

กว่าระดับน้ำปฏิบัติการในช่วงน้ำหลาก (Flood Control Rule Curve) ที่ใช้ปฏิบัติการในปัจจุบัน (ระดับ 158.00 ม.รทก.) ระดับน้ำควบคุม อัตราการไหลออกสูงสุดผ่านทางระบายน้ำล้น และระดับน้ำสูงสุดในอ่างที่เกิดขึ้น สำหรับน้ำหลากขนาดต่างๆ แสดงในตารางที่ 2

ปริมาณน้ำหลาก	ระดับน้ำควบคุม (ม.รทก.)	อัตราการระบายน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำสูงสุด (ม.รทก.)
50 ปี	162.00	2,629.63	164.09
100 ปี	162.00	2,634.72	164.64
500 ปี	162.00	2,834.72	165.39
1,000 ปี	161.23	2,846.30	165.86
5,000 ปี	159.65	2,666.67	165.72
10,000 ปี	157.91	2,537.50	165.69
PMF	157.04	2,310.65	165.89

ตารางที่ 2 *ระดับน้ำควบคุมอัตราการไหลออกสูงสุดและระดับน้ำสูงสุด*

สรุปและวิจารณ์

นโยบายการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก โดยการควบคุมบานประตูระบายน้ำของทางระบายน้ำล้นแบบมีเงื่อนไขตามระยะเวลาและขนาดของปริมาณน้ำหลาก สามารถระบายน้ำหลากของอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถลดอัตราการไหลสูงสุดของยอดคลื่นน้ำหลากที่ระบายออกจากอ่างเหลือเพียงต่ำกว่าหนึ่งในสามของยอดคลื่นน้ำหลากที่ไหลเข้าอ่าง โดยที่ระดับน้ำซึ่งสูงขึ้นในอ่างอันเนื่องมาจากการเก็บหน่วงปริมาณน้ำชะลอไว้ในอ่างไม่สูงเกินระดับน้ำสูงสุดที่ยอมให้ของอ่างเก็บน้ำ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ ควรมีการตรวจสอบและปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่านสันฝายและบานประตูระบายน้ำของอาคารระบายน้ำล้น สำหรับระยะการเปิดบานต่างๆ เพื่อให้อัตราการระบายน้ำผ่านทางระบายน้ำล้นมีความถูกต้องตรงกับสภาพการระบายน้ำจริงของอาคารมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

แผนกควบคุมการใช้น้ำ กองตรวจสอบและบำรุงรักษาเขื่อน ฝ่ายบำรุงรักษาโยธา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2533. “รายงานคู่มือการ Operate อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์”.

Thana Boonyasirikul, 1998. “Optimal Design and Operation of Kok-Ing-Chao Phraya Transbasin Diversion System”. **Doctoral Dissertation**, Asian Institute of Technology.

ธนะ บุญญสิริกูล, 2544. “แนวทางการจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก”. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 1**, วิทยาลัยการชลประทาน นนทบุรี.

ธนะ บุญญสิริกูล, 2547. “แบบจำลองเพื่อกำหนดนโยบายการจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก”. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9**, โรงแรมรีเจ้นท์ ชะอำ เพชรบุรี.

ธนะ บุญญสิริกูล, การุณ ใจปัญญา, 2548. “เงื่อนไขการระบายน้ำสำหรับการจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงน้ำหลาก”. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10**, โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ซิตี้ จอมเทียน ชลบุรี.

คณะทำงานศึกษาเพื่อปรับปรุง Rule Curve การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2548. “รายงานคู่มือการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์”.

คณะทำงานศึกษาเพื่อปรับปรุง Rule Curve การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2548. “รายงานการปรับปรุง Rule Curve อ่างเก็บน้ำเขื่อนสิริกิติ์”.