บทที่ 4

แบบจำลองอ่างเก็บน้ำและนโยบายดำเนินการ

4.1 บทนำ

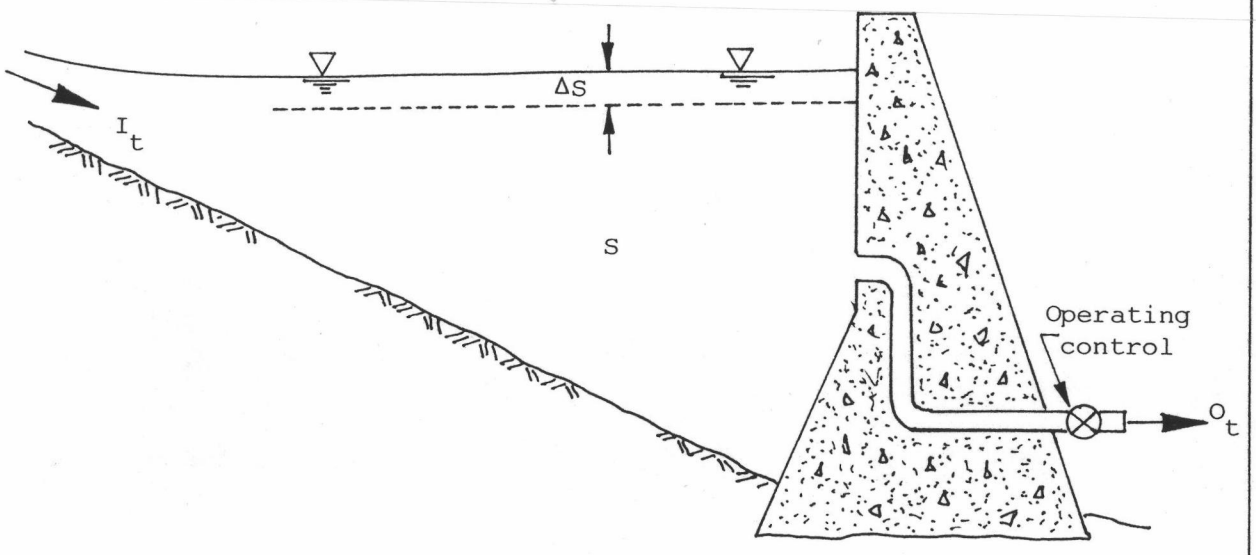
ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.5 และแสดงในรูป 3-14 (ข) ถึงหลักการเบื้องต้นของการจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ในกรณีอุทกภัย ส่วนประกอบของแบบจำลองสภาพจะประกอบด้วย แบบจำลองอ่างเก็บน้ำ (reservoir model) แบบจำลองนโยบายดำเนินการ (operating policy model) และแบบจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก (river routing model) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาและสร้างแบบจำลองอ่างเก็บน้ำและแบบจำลองนโยบายดำเนินการ

แบบจำลองอ่างเก็บน้ำเป็นแบบจำลองสร้างขึ้นจากสภาพทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ สำหรับคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำไหลเข้าอ่าง (reservoir inflow) ผ่านความจุ (storage) ของอ่าง โดยอาศัยสมการต่อเนื่องของปริมาณน้ำ (continuity equation) ภายใต้เงื่อนไขการปล่อยน้ำที่กำหนดโดยนโยบายดำเนินการ (operating policy) ส่วนแบบจำลองนโยบายดำเนินการเป็นแบบจำลองการตัดสินใจและกำหนดเงื่อนไขการปล่อยน้ำของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ แบบจำลองเหล่านี้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนหนึ่งของโปรแกรมแบบจำลองสภาพระบบอ่างเก็บน้ำ (Simulation Model) ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข

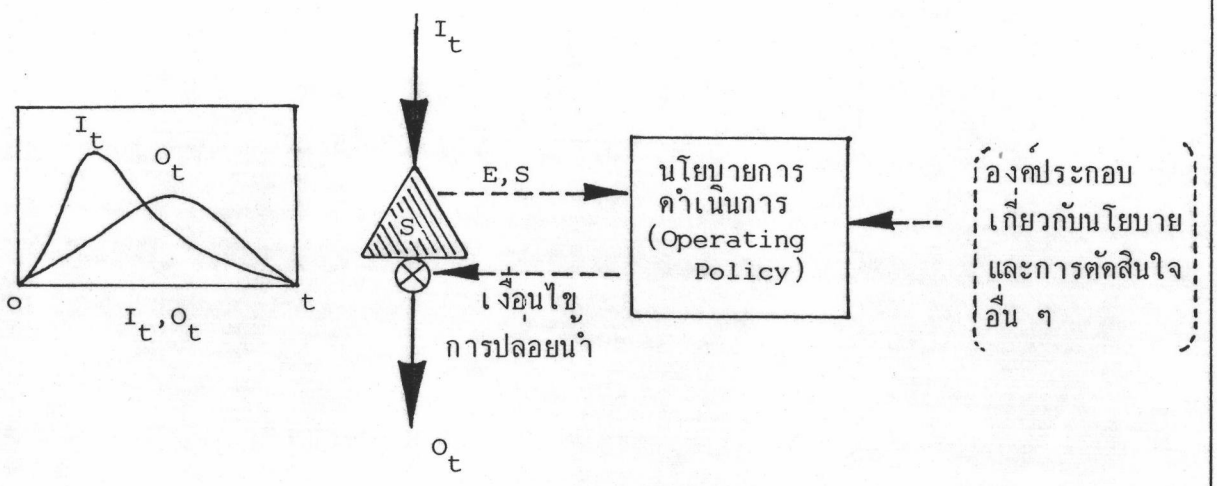
4.2 หลักการจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์

โดยหลักการทางอุทกวิทยา เมื่อมีน้ำหลากไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในรูป 4-1 จะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความจุอ่าง และปริมาณน้ำไหลออกจากอ่าง ทั้งในกรณีที่ไม่มีการควบคุม (uncontrol condition) และในกรณีที่มีการควบคุม (control condition) โดยการเปิดปิดบานระบายของทางระบายน้ำล้น (spillway) และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะเป็นไปตามหลักการของสมการต่อเนื่อง (continuity equation) ดังในสมการ 2-31

ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านความจุของอ่างเก็บน้ำในเชิงปฏิบัติ ข้อมูลที่ใช้มักจะเป็นข้อมูลเป็นช่าง ๆ (discrete data) โดยมีช่วงเวลาของข้อมูลเป็น Δt ดังนั้นสมการ



(ก) ลักษณะทางกายภาพของการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอ่างเก็บน้ำ



(ข) ลักษณะการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำ

รูปที่ 4-1 หลักการทางอุทกวิทยาในการจำลองอ่างเก็บน้ำ

2-31 อาจดังแปลงได้เป็น

$$\bar{I}_t - \bar{O}_t = \frac{\Delta S}{\Delta t} \qquad (4-1)$$

$$\tfrac{1}{2}(I_t + I_{t-1}) - \tfrac{1}{2}(O_t + O_{t-1}) = \frac{\Delta S}{\Delta t} \qquad (4-2)$$

$$S_t = S_{t-1} + \Delta S \qquad (4-3)$$

โดย I_t = ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเมื่อเวลา t, ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

O_t = ปริมาณน้ำไหลออกจากอ่างเมื่อเวลา t, ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

S_t = ขนาดความจุของอ่างเมื่อเวลา t, ลูกบาศก์เมตร

Δt = ช่วงเวลา (time interval) ที่ใช้ในการคำนวณ

ซึ่งในสมการ 4-1 และ 4-2 ได้ละทิ้งการพิจารณา ปริมาณน้ำที่ได้จากฝนตกลงบนพื้นผิวอ่าง การสูญเสียเนื่องจากการรั่วซึมและการระเหย ซึ่งปริมาณเหล่านี้ถือว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ I_t, O_t และ S ในขณะที่เกิดน้ำหลาก (flood)

แบบจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ได้อาศัยสมการ 4-2 และสมการ 4-3 เป็นหลักซึ่งจะเห็นได้ว่าตัวแปรของแบบจำลองจะประกอบด้วย I_t เป็นข้อมูลเข้า (input data) และ S_t จะเป็นข้อมูลผลลัพธ์ (model output) ส่วน O_t จะเป็นข้อมูลเข้าในกรณีที่มีการควบคุมการปล่อยน้ำผ่านทางระบายน้ำล้น หรือ O_t อาจจะเป็นข้อมูลผลลัพธ์ในกรณีที่ไม่มีการควบคุมการปล่อยน้ำโดยน้ำไหลผ่านทางระบายทางน้ำล้นโดยอิสระ (free flow condition) ซึ่งในกรณีของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ เงื่อนไขการควบคุมจะกำหนดโดยแบบจำลองนโยบายดำเนินการ ดังจะได้กล่าวในหัวข้อ 4.4 ต่อไป ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการคำนวณในกรณีควบคุมและไม่ควบคุม

4.2.1 กรณีการควบคุมการปล่อยน้ำ (control condition)

ในสภาวะอันเหมาะสมและปกติ นโยบายดำเนินการ (operating policy) อาจจะกำหนดการปล่อยน้ำแบบควบคุมในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ในกรณีของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ปริมาณน้ำไหลออกจากอ่างสามารถควบคุมให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ โดยการปรับการปล่อยน้ำด้วย

บานระบายเหนือ สันฝายของทางระบายน้ำล้น (spillway crest) ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองอ่างเก็บน้ำจะกำหนดว่า ปริมาณน้ำไหลออก (outflow - O_t) เป็นค่าที่ทราบได้ ดังนั้นในสมการ 4-2 มีค่าที่ทราบ I_t, I_{t-1}, O_t แล้ว O_{t-1} เป็นค่าที่ทราบแล้ว ค่า ΔS จะสามารถคำนวณได้ทันที โดย

$$\Delta S = \frac{\Delta t}{2} (I_t + I_{t-1} - O_t - O_{t-1}) \qquad (4-4)$$

ค่า S_t = ความจุอ่างเมื่อเวลา t จะคำนวณได้จากสมการ (4-3) และระดับน้ำในอ่าง E_t จะคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของความจุอ่าง $S = h(E)$ หรือ $E = h^{-1}(S)$

4.2.2 <u>กรณีไม่ควบคุมการปล่อยน้ำ</u> (Uncontrol Condition)

ในบางสภาวะเช่นกรณีที่มีน้ำหลากไหลเข้าอ่างมากเกินขนาด หรือระดับน้ำในอ่างอยู่สูงมาก หรือสภาวะความจำเป็นอื่น ๆ นโยบายดำเนินการอาจจะกำหนดให้มีการเปิดบานระบายเต็มที่ อันจะยังผลให้เกิดกรณีการไหลข้ามสันทางระบายน้ำล้นอย่างอิสระ (free flow over spillway crest) ดังนั้นโดยทฤษฎีแล้วอัตราการไหลออกจากอ่างผ่านทางระบายน้ำล้นจะเป็นฟังก์ชั่นของระดับน้ำในอ่าง หรืออีกนัยหนึ่งเป็นฟังก์ชั่นของความจุอ่างในขณะนั้น ๆ ดังนั้นการคำนวณสมการ 4-2 และสมการ 4-3 จะมีตัวแปรไม่ทราบค่า S_t และ O_t ซึ่งจะต้องมีวิธีการคำนวณดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.3.2.4 ของบทที่ 2 ซึ่งต้องอาศัยความสัมพันธ์ของ $O_t = f(E_t) = g(S_t)$ โดย E_t เป็นระดับน้ำในอ่าง

การคำนวณในกรณีการไหลอิสระเช่นนี้ จะอาศัยสมการ 4-2 และ 4-3 โดยกำหนดให้ $STQ = \frac{2}{\Delta t} S_t + O_t$ = ตัวแปรผสมความจุและปริมาณน้ำไหลออก

$$\frac{2}{\Delta t} S_t + O_t = I_t + I_{t-1} + \frac{2}{\Delta t} S_{t-1} - O_{t-1} \qquad (4-5)$$

$$STQ_t = I_t + I_{t-1} + \frac{2}{\Delta t} S_{t-1} - O_{t-1} \qquad (4-6)$$

เนื่องจาก O = f(E) และ S = h(E) ดังนั้น O = g(S)จะทำให้สามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ของ STQ = $f_1(S,O)$ = $f_1(S,g(S))$ = $f_2(S)$ ได้ล่วงหน้า และ

$$STQ = \frac{2}{\Delta t} S + O = f_2(S) \qquad (4-7)$$

$$S = \text{inverse } f_2(STQ) = f_2^{-1}(STQ) \qquad (4-8)$$

ดังนั้นเมื่อทำการคำนวณค่า STQ_t เมื่อเวลา t ได้จากสมการ 4-6 ได้แล้วจะสามารถหาค่าของความจุ $-S_t$ ระดับน้ำในอ่าง $-E_t$ และอัตราการไหลออกจากอ่าง $-O_t$ ได้จาก

$$S_t = f_2^{-1}(STQ_t) \qquad (4-9)$$

$$E_t = h^{-1}(S_t) \qquad (4-10)$$

$$O_t = f(E_t) \qquad (4-11)$$

ซึ่งเป็นอันว่าการคำนวณสำหรับแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ จะได้ค่า S_t, E_t, O_t ออกมาเป็นผลลัพธ์ (model output) ตามที่ต้องการ

4.3 องค์ประกอบแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ (Components of Reservoir Model)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.1 แบบจำลองอ่างเก็บน้ำเป็นการจำลองสภาพทางกายภาพของอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นองค์ประกอบต่าง ๆ ของแบบจำลองจะเป็นการจำลองลักษณะและความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของอ่างเก็บน้ำที่จำเป็นอันได้แก่ ความจุอ่างที่ระดับต่าง ๆ ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลผ่านทางระบายน้ำล้นที่ระดับและการเปิดบานระบาย ตลอดจนวิธีการคำนวณความสัมพันธ์เหล่านั้น ในหัวข้อย่อยต่อไปนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบของแบบจำลองดังโปรแกรมไว้ในภาคผนวก ข

4.3.1 การคำนวณค่าจากตาราง - โปรแกรมย่อย TABL

การคำนวณค่าจากตารางเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างแบบจำลองนี้ เป็นการประมาณค่าในระหว่างช่วงที่กำหนดไว้ในตารางซึ่งจะกระทำโดยโปรแกรมย่อยชื่อว่า TABL ดังแสดงในภาคผนวก ข

สมมุติว่ามีตารางกำหนดค่า $y = f(x)$ โดยมีลักษณะเป็นคู่ $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \ldots \ldots (x_n, y_n)$ ให้ เมื่อกำหนดค่า $\bar{x}$ ให้ จะต้องทำการคำนวณ $\bar{y} = f(\bar{x})$ ตามความสัมพันธ์ที่กำหนดให้ โปรแกรมย่อย TABL จะทำการวิเคราะห์หาช่วงของ x โดยสมมุติให้ว่า ได้ $x_i \leq \bar{x} \leq x_{i+1}$ ค่า $\bar{y}$ จะคำนวณโดยอาศัยความสัมพันธ์เส้นตรง (linear interpolation) ดังนี้

$$\Delta y = (\bar{x} - x_i) \frac{Y_{i+1} - Y_i}{X_{i+1} - X_i} \qquad (4\text{-}12)$$

$$\bar{y} = y_i + \Delta y \qquad (4\text{-}13)$$

4.3.2 <u>ความสัมพันธ์ของความจุพื้นอ่างและระดับ-โปรแกรมย่อย STOR</u>

การคำนวณเพื่อหาความจุและพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำที่ระดับต่าง ๆ ได้อาศัยความสัมพันธ์ของความจุ-พื้นที่-ระดับ จากตารางที่ได้ให้ไว้โดย EGAT (1980, 1981) ซึ่งได้วัดมาจากแผนที่แสดงชั้นความสูงของภูมิประเทศ ดังแสดงในตาราง 4-1 และรูป 4-2

ในการศึกษาครั้งนี้ได้พยายามทดลองใช้สมการ Polynomial เป็นลำดับแรก ดังแสดงในสมการ 4-14 และ 4-15 เพื่อแทนความสัมพันธ์ของความจุ $S = h(E)$ และพื้นที่ $A = g(E)$

$$S = \sum_{n=0}^{N} a_n E^n \qquad (4\text{-}14)$$

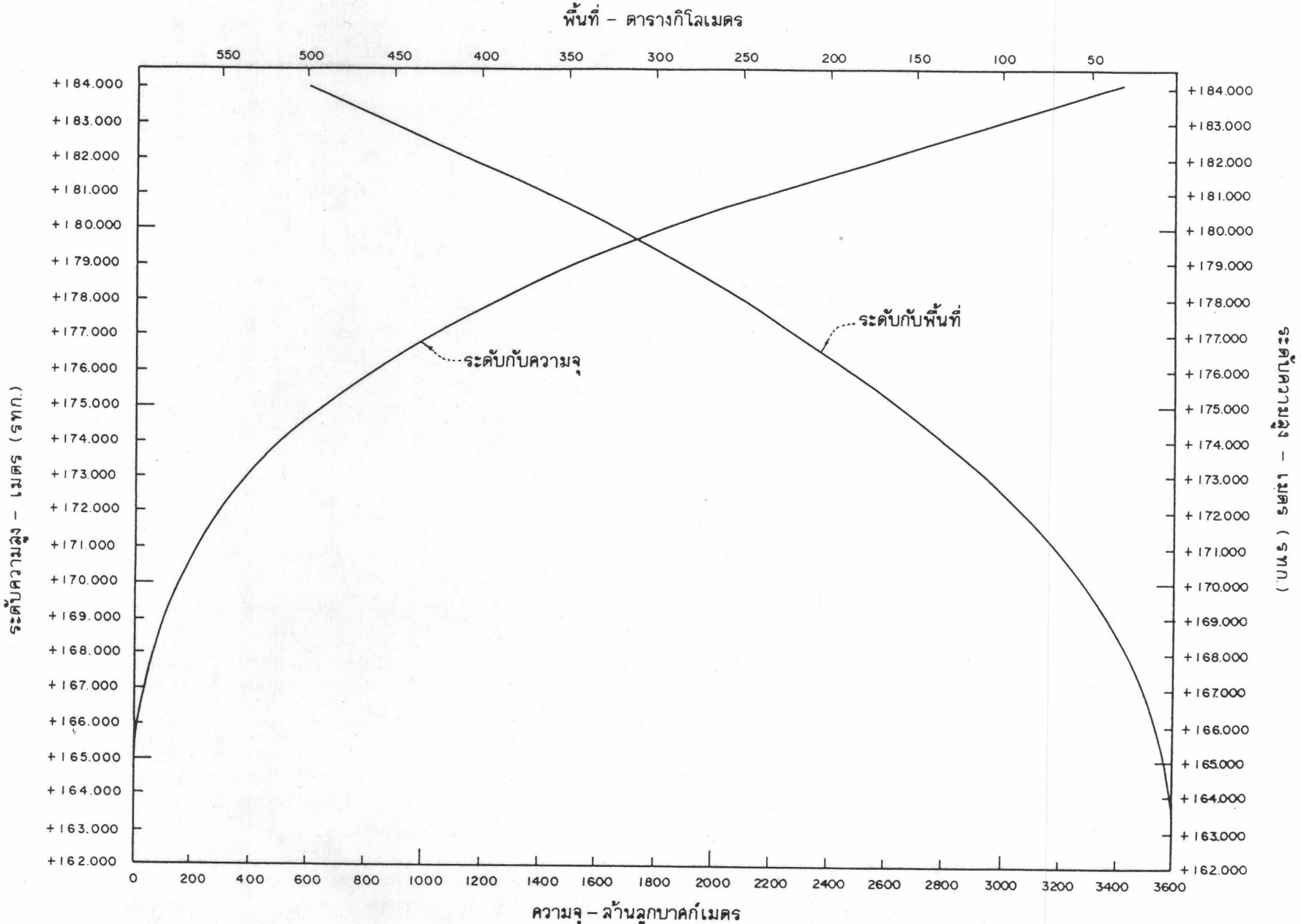
$$A = \sum_{n=0}^{N} b_n E^n \qquad (4\text{-}15)$$

การประการค่า a_n และ b_n เมื่อกำหนดค่าจำนวนเทอม N ให้ ได้กระทำโดยวิธีการกำลังสองต่ำสุด (Least Square Method) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงในภาคผนวก ค ในการประมาณค่าตัวแปรกำหนด a_n และ b_n ได้ทดลองใช้ N = 2, 3, 4 และ 5 ดังแสดงผลการทดลองในตาราง 4-1 จากการตรวจสอบพบว่าได้ผลไม่เป็นที่ยอมรับได้ เพราะความคาดเคลื่อนของความจุแม้ว่าเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วอยู่ในระหว่าง 0-5 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูล แต่ความคาดเคลื่อนนั้นเป็นหน่วยของล้านลูกบาศก์เมตรมีค่าสูงมากเพื่อเทียบกับตัวแปรอื่น ๆ เช่น น้ำไหลเข้าอ่าง..

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงค่าระดับ- พื้นที่-ความจุของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ที่มีค่า N ของสมการ Polynomial ต่าง ๆกัน

ระดับ - เมตร (รทก)	จากสภาพภูมิประเทศ		ผลจากการทดลองโดยใช้สมการ Polynomial สมการ 4-14 และ 4-15							
			N = 2		N = 3		N = 4		N = 5	
	พื้นที่	ความจุ	พื้นที่	ความจุ	พื้นที่	ความจุ	พื้นที่	ความจุ	พื้นที่	ความจุ
164.00	2.50	0	-42.00	-337	4.00	117.00	2.00	100	19	275
165.000	6.50	10.00	-24.00	-250.00	6.00	56.00	5.00	46	17	169
166.000	11.00	18.00	-6.00	-158.00	11.00	18.00	10.40	12	18	88
167.00	17.50	34.00	11.00	-61.00	18.00	0.60	18.00	-1	21	32
168.00	26.00	60.00	30.09	40.40	27.00	5.50	28.00	7	27	2
169.00	38.00	93.00	50.00	147.00	39.00	33.00	39.00	37	36	-1
170.00	53.00	140.00	71.00	260.00	53.00	82.00	54.00	89	47	23
171.00	68.00	200.00	92.00	378.00	63.00	154.00	70.00	162	61	74
172.00	85.00	275.00	113.00	501.00	88.00	248.00	89.00	257	78	155
173.00	108.00	375.00	135.00	630.00	109.00	365.00	110.00	374	98	264
174.00	134.00	495.00	158.00	764.00	132.00	505.00	133.00	514	122	402
175.00	162.00	640.00	181.00	903.00	158.00	669.00	159.00	676	148	571
176.00	190.00	810.00	205.00	1,047.00	186.00	855.00	187.00	861	178	771
177.00	220.00	1,025.00	230.00	1,196.00	217.00	1,065.00	217.00	1,069	210	1,003
178.00	250.00	1,250.00	255.00	1,351.00	250.00	1,298.00	250.00	1,300	247	1,268
179.00	283.00	1,510.00	280.00	1,511.00	285.00	1,556.00	285.00	1,554	286	1,565
180.00	318.00	1,830.00	306.00	1,676.00	323.00	1,837.00	323.00	1,832	329	1,896
181.00	362.00	2,160.00	333.00	1,847.00	364.00	2,143.00	363.00	2,134	376	2,261
182.00	410.00	2,550.00	361.00	2,023.00	407.00	2,473.00	405.00	2,459	426	2,662

หมายเหตุ พื้นที่ - ตารางกิโลเมตร . ความจุ - ล้านลูกบาศก์เมตร .



รูปที่ 4-2 เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงกับพื้นที่และความจุของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์

(Electricity Generating of Thailand, 1981)

เป็นต้น

ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ของความจุ-ระดับ-พื้นที่ สำหรับการศึกษาครั้งนี้จึงอาศัยตารางตามที่ได้กำหนดโดย EGAT (1980, 1981) และแสดงในตาราง 4-1 ซึ่งเป็นตารางที่ได้กำหนดค่า (E_n, S_n, A_n) เมื่อกำหนดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งแล้วสามารถหาค่าตัวแปรสองตัวที่เหลือได้โดยอาศัย linear interpolation ด้วย โปรแกรมย่อย TABL (ดูหัวข้อ 4.3.1)

4.3.3 การคำนวณอัตราการไหลผ่านทางระบายน้ำล้น-โปรแกรมย่อย OUTF

อ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ประกอบด้วย ทางระบายน้ำล้นซึ่งมีบานระบายควบคุมการไหลอยู่ 4 ช่อง ดังมีลักษณะบ่งไว้ในตาราง 3-1 อัตราการไหลผ่านทางระบายน้ำล้นแต่ละช่องได้กำหนดความสัมพันธ์ด้วยตาราง 4-2 ซึ่งให้ค่าอัตราการไหล Q = f(E, G) โดย E = ระดับน้ำในอ่าง และ G = ขนาดความสูงของบานระบายที่ถูกยกขึ้นเหนือสันฝายซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จาก EGAT (1981)

สำหรับการสร้างแบบจำลองนี้ เพื่อความสะดวกในการคำนวณ จึงได้ทดลองกำหนดความสัมพันธ์ ในรูปของสมการทั่วไปดังในสมการ 4-16 เมื่อเปิดบานระบายคงที่ (G = ค่าคงที่) จะได้ว่า

$$Q = KH^{x} \qquad (4\text{-}16)$$

Q = อัตราการไหลผ่านทางระบายน้ำล้นแต่ละช่อง, ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

H = ความสูงระดับน้ำเหนือสันฝาย = E - 176.00, เมตร

K,x = ตัวแปรกำหนด (parameters)

ในกรณีที่เปิดบานระบายสูงกระทั่งขอบล่างบานระบายพ้นผิวน้ำ หรืออีกนัยหนึ่ง $G \geqslant H$ จะเป็นกรณีการไหลอิสระ (freeflow condition) Q = f(H) เพียงอย่างเดียว โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ด้วยข้อมูลความสัมพันธ์จากตาราง 4-2 พบว่า K = 36.7503 และ x = 1.4979 หรือ

$$Q = 36.7503\ H^{1.4979}, \quad G \geqslant H \qquad (4\text{-}17)$$

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ระดับน้ำ ความสูงของการเปิดบานประตูและปริมาณการไหลของน้ำ ในกรณีการไหลเป็นแบบที่มีการควบคุม (Electricity Generating of Thailand, 1981)

ความสูงการเปิดบาน เมตร / ระดับน้ำ เมตร (รทก)	0.00	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
176.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
176.50	0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
177.00	0	22	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
177.50	0	29	52	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
178.00	0	34	63	87	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
178.50	0	39	73	103	127	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
179.00	0	43	82	117	146	171	190	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
179.50	0	47	90	129	164	194	220	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
180.00	0	50	97	140	179	215	246	272	293	293	293	293	293	293	293	293	293
180.50	0	53	103	150	194	233	269	301	328	350	350	350	350	350	350	350	350
181.00	0	56	110	160	207	251	291	327	359	387	409	409	409	409	409	409	409
181.50	0	59	116	169	220	267	311	301	388	420	449	472	472	472	472	472	472
182.00	0	62	121	178	232	282	330	374	414	451	484	514	538	538	538	538	538
182.50	0	65	129	186	243	297	347	395	439	480	518	552	581	607	607	607	607
183.00	0	67	135	194	254	310	364	415	463	508	549	587	622	692	678	678	678
183.50	0	70	137	202	264	324	381	435	486	534	579	621	659	694	725	752	752
184.00	0	72	142	209	274	336	396	453	507	559	607	653	695	734	769	801	829

ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิถดถอย (regression coefficient) R^2 = 99.99 % และตาราง 4-3 ได้แสดงค่าที่คำนวณได้จากสมการ 4-17

สำหรับกรณีที่การไหลผ่านบานระบายมีการควบคุม โดยการเปิดบานระบาย G < H สมการ 4-16 จะมีค่า K และ x เป็นฟังก์ชั่นของความสูงของการเปิดบานระบาย โดย

$$Q = KH^x \quad , \quad K = f_1(G) \quad , \quad x = f_2(G) \qquad (4-18)$$

ตาราง 4-4 ได้แสดงค่า K และx ที่ G ค่าต่าง ๆ ซึ่งคำนวณมาจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดพร้อมด้วยค่าสัมประสิทธถดถอย R^2 นอกจากนี้ค่า $x = f_2(G)$ นี้ยังสามารถแสดงความสัมพันธ์ด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้อีก โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้พบว่า

$$x = f_2(G) = 0.0532\ G + 0.5721 \qquad (4-19)$$

โดยสัมประสิทธิถดถอย R^2 = 99.99 % สำหรับสมการ (4-19) ดังแสดงในรูป 4-3

ในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำนี้ การคำนวณเกี่ยวกับอัตราการไหลผ่านทางระบายน้ำล้นเมื่อกำหนดค่าระดับน้ำในอ่าง และขนาดความสูงของการเปิดบานระบาย จะสามารถกระทำได้โดยโปรแกรมย่อย OUTF ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ข การคำนวณเป็นไปตามสมการ (4-17) (4-18) และ (4-19)

4.4 แบบจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์-โปรแกรมย่อย RROUT

แบบจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ในการศึกษานี้ ได้แก่ โปรแกรมย่อย RROUT ในภาคผนวก ข ซึ่งจะทำหน้าที่ในการคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านความจุอ่างเก็บน้ำ มีช่วงเวลา Δt = 1 วัน โดยมีข้อมูล (input data) เป็นปริมาณน้ำหลากไหลเข้าอ่าง ซึ่งเป็นข้อมูลจากการวัด และเงื่อนไขการปล่อยน้ำซึ่งจะได้รับจากแบบจำลองนโยบายดำเนินการดังจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อ 4.5 และข้อมูลผลลัพธ์ (model output) จะประกอบด้วย ระดับน้ำและความจุในอ่าง และอัตราการไหลออกจากอ่าง (reservoir release) ดังแสดงในรูป 4-4

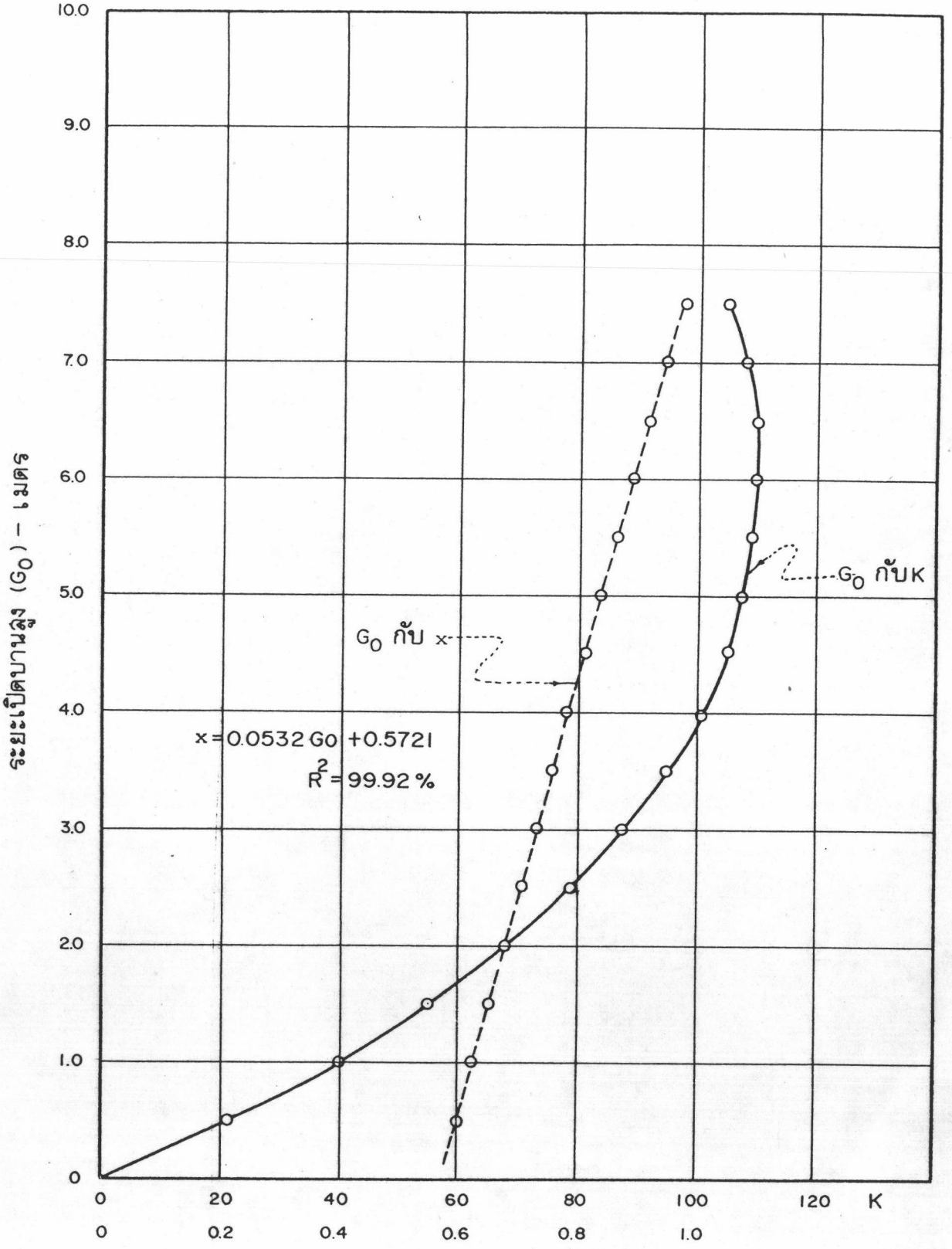
ตารางที่ 4-3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำในอ่างและระดับน้ำเหนือสันฝายกับปริมาณน้ำในกรณีการไหลเป็นแบบไม่มีการควบคุม

ระดับน้ำเหนือสันฝาย EL (เมตร-รทก)	H = EL-176.00 เมตร	ปริมาณน้ำ-ลบ.เมตร/วินาที
176.000	0	0
176.500	0.5	13
177.000	1.0	37
177.500	1.5	67
178.000	2.0	104
178.500	2.5	145
179.000	3.0	190
179.500	3.5	240
180.000	4.0	293
180.500	4.5	350
181.000	5.0	409
181.500	5.5	472
182.000	6.0	538
182.500	6.5	607
183.000	7.0	678
183.500	7.5	752
184.000	8.0	829

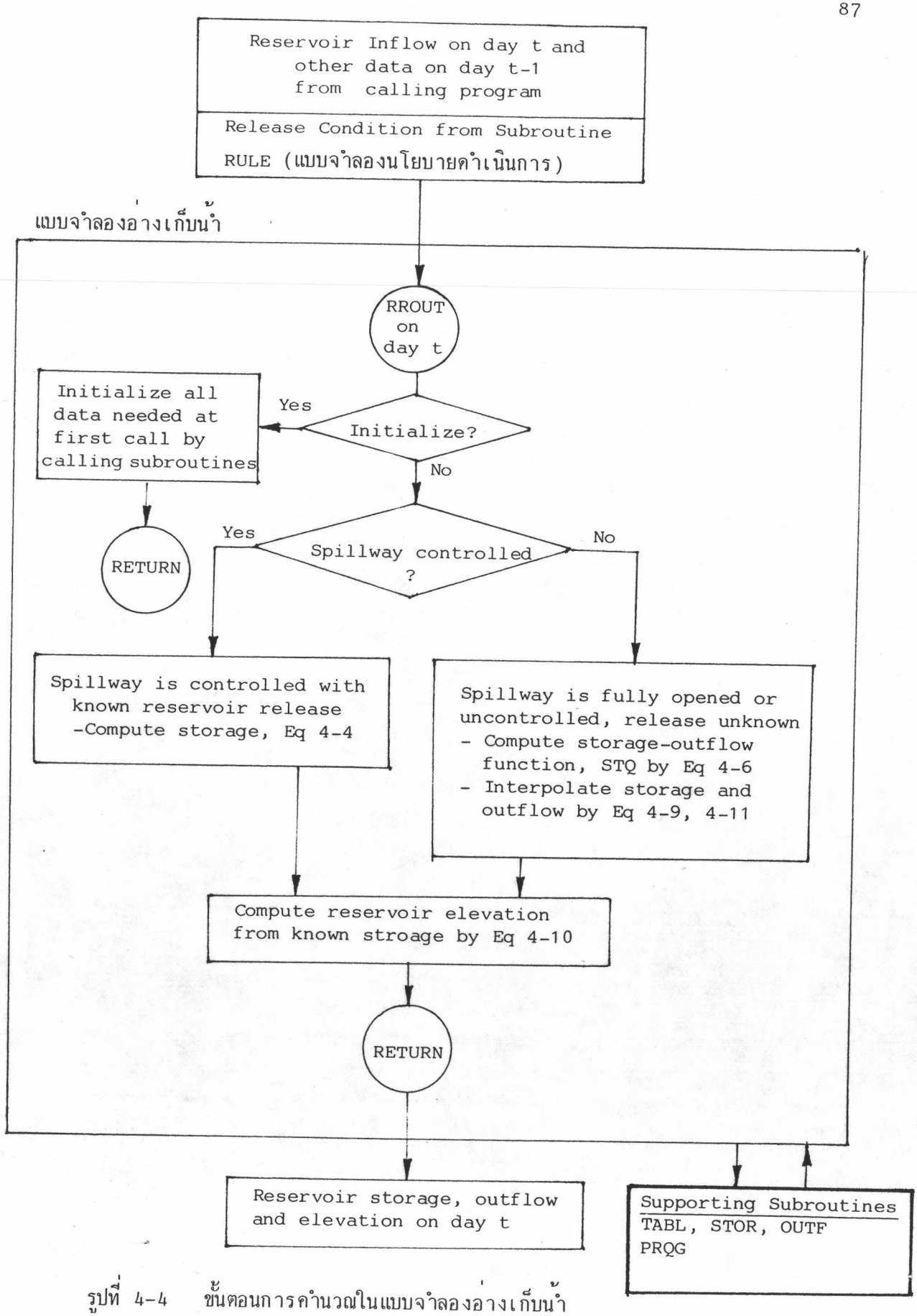
ตารางที่ 4-4 แสดงความสัมพันธ์ของค่า K, x เมื่อเปิดบานประตูที่ความสูงขนาดต่าง ๆ กัน เพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำผ่านทางระบายน้ำล้นจากสมการ $Q = KH^x$

ความสูงของการเปิดบาน-เมตร	K	x	R^2
0.5	21.6533	0.5944	99.36
1.0	39.9564	0.6238	99.42
1.5	55.1081	0.6550	99.32
2.0	68.0614	0.6822	99.48
2.5	78.7644	0.7089	99.52
3.0	87.6690	0.7346	99.52
3.5	95.0984	0.7586	99.61
4.0	100.8985	0.7828	99.66
4.5	105.1617	0.8081	99.76
5.0	107.7089	0.8354	99.77
5.5	109.2547	0.8624	99.82
6.0	109.7176	0.8894	99.88
6.5	109.7558	0.9146	99.94
7.0	108.1811	0.9435	99.97
7.5	104.7918	0.9781	100.00

หมายเหตุ R^2 = regression coefficient-percent.



รูปที่ 4-3 เส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปิดบานประตู (G_O) กับ x และ K



รูปที่ 4-4 ขั้นตอนการคำนวณในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ -RROUT

โปรแกรมย่อย RROUT จะทำการคำนวณวันต่อวัน (single day basis) และมีองค์-ประกอบหรือโปรแกรมย่อยบริวารที่สำคัญได้แก่ TABL, STOR, OUTF ดังที่ได้กล่าวถึงรายละเอียดมาแล้วในหัวข้อ 4.3 ขั้นตอนหลักในการคำนวณของโปรแกรมย่อย RROUT มีดังได้แสดงในรูป 4-4 ซึ่งการคำนวณได้เป็นไปตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2 หลักการจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ทุกประ-การ

4.5 แบบจำลองนโยบายดำเนินการ-โปรแกรมย่อย RULE

โดยการศึกษารายละเอียดในการดำเนินการ (operate) อ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ โดยเฉพาะเกี่ยวกับกรณีควบคุมอุทกภัย ซึ่งได้จากรายงานการศึกษาของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ (EGAT, 1981) จะสามารถแยกองค์ประกอบของนโยบายดำเนินการ (operating policy)ได้ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ เส้นระดับดำเนินการ (Rule Curve) และ เงื่อนไขการปล่อยน้ำ (operating criteria)

4.5.1 เส้นระดับดำเนินการ (Rule Curve)

เส้นระดับดำเนินการ (Rule Curve) เป็นเส้นที่แสดงระดับน้ำในอ่างของแต่ละวันในรอบปี ระดับดังกล่าวจะเป็นระดับสูงสุด สำหรับเป็นแนวทางในการรักษาระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ โดยจัดสรรความจุอ่างสำหรับการใช้งานประเภทต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของโครงการที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นระดับดำเนินการอาจถือได้ว่า เป็นนโยบายดำเนินการระยะยาว (long-range operating policy) และจะกำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนโครงการ (project planning) โดยการศึกษากับข้อมูลที่มีระยะเวลาหลายสิบปี เส้นระดับดำเนินการที่ให้ผลประโยชน์สูงสุดต่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของโครงการ จะนำมาใช้ในการดำเนินการ (operate) เมื่อทำการก่อสร้างเสร็จแล้ว อย่างไรก็ตามมักจะมีการแก้ไขและปรับปรุงเส้นระดับดำเนินการเป็นระยะ ภายหลังที่ได้ดำเนินการ (operate) โครงการ ตามประสบการณ์ที่ได้เพิ่มขึ้น และการเปลี่ยนแปลงของวัตถุประสงค์ของการดำเนินการโครงการ ตัวอย่างของเส้นระดับดำเนินการ ซึ่งกำหนดโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ สำหรับอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ได้แสดงในรูป 3-10

ในการศึกษาการจำลองระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ครั้งนี้ เส้นระดับดำเนินการที่เกี่ยวข้องจะประกอบด้วย 3 เส้นระดับ คือ

ELR = Lower Rule Curve ซึ่งหมายถึงเส้นระดับน้ำใช้งานต่ำสุดของอ่างเก็บน้ำ ความจุใช้เส้นระดับนี้จะเป็นความจุไม่ใช้งาน (inactive storage หรือ dead storage)

EUR = Upper Rule Curve ซึ่งหมายถึง เส้นระดับน้ำใช้งานบนของว่าง ซึ่งในบางครั้งจะเรียกว่าระดับน้ำเก็บกัก ความจุระหว่างเส้นระดับ ELR และ EUR จะถือว่าเป็นความจุสำหรับใช้งาน (conservation storage) เช่น เก็บน้ำเพื่อ การผลิตไฟฟ้า การชลประทาน การประปา เป็นต้น

EFR = Flood Control Rule Curve หมายถึง เส้นระดับควบคุมอุทกภัย ซึ่งความจุระหว่าง EUR และ EFR จะเรียกความจุควบคุมอุทกภัย (flood control storage space) และโดยปกติจะต้องว่างไว้สำหรับกักน้ำเมื่อเกิดน้ำหลากที่มีศักยภาพต่อการท่วมพื้นที่ภายใต้การควบคุมของช่าง เมื่อระดับน้ำในอ่างสูงกว่า EFR มักจะถือว่าเป็นกรณีฉุกเฉิน (emergency condition) การปล่อยน้ำออกจากอ่างมักจะถือความปลอดภัยของตัวเขื่อนเป็นหลัก โดยจะคำนึงถึงปัญหาการท่วมพื้นที่ท้ายน้ำมีความสำคัญเป็นรอง

แบบจำลองนโยบายดำเนินการ (operating policy model) ที่จะกล่าวในหัวข้อ 4.5.3 ที่ได้สร้างขึ้นมาในการศึกษานี้ ได้กำหนดให้ ELR, EUR และ EFR เป็นตัวแปรข้อมูลเข้า (input data) ที่สามารถกำหนดเปลี่ยนแปลงได้ตามชอบใจ เพื่อที่จะได้ศึกษาศักยภาพของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ต่อการควบคุมอุทกภัยในพื้นที่ควบคุมท้ายอ่าง โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้งานของความจุอ่าง เพื่อสนองวัตถุประสงค์ในการควบคุมอุทกภัย

4.5.2 เงื่อนไขการปล่อยน้ำ (Release Criteria)

เงื่อนไขการปล่อยน้ำ (Release Criteria) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำมาจากรายงานการศึกษาครั้งล่าสุด ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT 1981) ที่ได้คัดลอกไว้ในภาคผนวก ง ในการสร้างแบบจำลองนโยบายดำเนินการนี้ จะมุ่งเฉพาะประเด็นการปล่อยน้ำในกรณีของการควบคุมอุทกภัยในช่วงเวลาของน้ำหลาก ซึ่งสามารถสรุปเงื่อนไขในการปล่อยน้ำได้ดังนี้ โดย

E = ระดับน้ำในอ่างในขณะที่พิจารณา และ EMAX = ระดับน้ำสูงสุดยอมให้ ซึ่งในที่นี้เท่ากับ 184.00 ม.(รทก)

เงื่อนไขของระดับน้ำ	การปล่อยน้ำ
E > EMAX	- เป็นกรณีที่ถือว่าตัวเขื่อนไม่มีความปลอดภัยต่อไปแล้ว ซึ่งแบบจำลองจะหยุดการคำนวณโปรแกรม
EFR < E < EMAX	- เป็นกรณีฉุกเฉิน (emergency case) การปล่อยน้ำออกจากตัวเขื่อนจะกำหนดให้ เท่ากับขีดความสามารถของทางระบายน้ำล้นตามธรรมชาติ หรือเปิดบานระบายเต็มที่ ซึ่งเป็นกรณีของการไหลแบบอิสระไม่มีการควบคุมต่อไป (uncontrol condition)
EUR < E < EFR	- เป็นกรณีของน้ำหลากปกติ ความจุควบคุมอุทกภัยจะเก็บกักปริมาณน้ำหลากไว้ในอ่าง โดยปล่อยน้ำออกจากอ่างเท่ากับขีดความสามารถการรับน้ำของแม่น้ำพองท้ายอ่าง ซึ่งได้แก่ 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
ELR < E < EUR	- เป็นสภาวะที่ความจุของอ่างยังน้อยกว่าความจุใช้งาน การปล่อยน้ำออกจากอ่างจึงกำหนดให้เท่ากับค่าต่ำสุด $-Q_{MIN}$ ซึ่งกำหนดให้ $Q_{MIN} = 0$ ในการศึกษานี้
E < ELR	- เป็นกรณีที่ความจุของน้ำในอ่างมีน้อยกว่าความจุไม่ใช้งาน (dead storage) ซึ่งการปล่อยน้ำจะกำหนดให้เท่ากับ $Q_{MIN} = 0$ เพื่อกักน้ำไว้ในอ่าง

เงื่อนไขการปล่อยน้ำดังกล่าวข้างบน ได้ดัดแปลงมาจากของการไฟฟ้าฯ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ง สำหรับการศึกษาในกรณีของการควบคุมอุทกภัยเท่านั้น

4.5.3 โครงร่างแบบจำลองนโยบายดำเนินการ-โปรแกรมย่อย RULE

โครงร่างแบบจำลองนโยบายดำเนินการ-โปรแกรมย่อย RULE ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

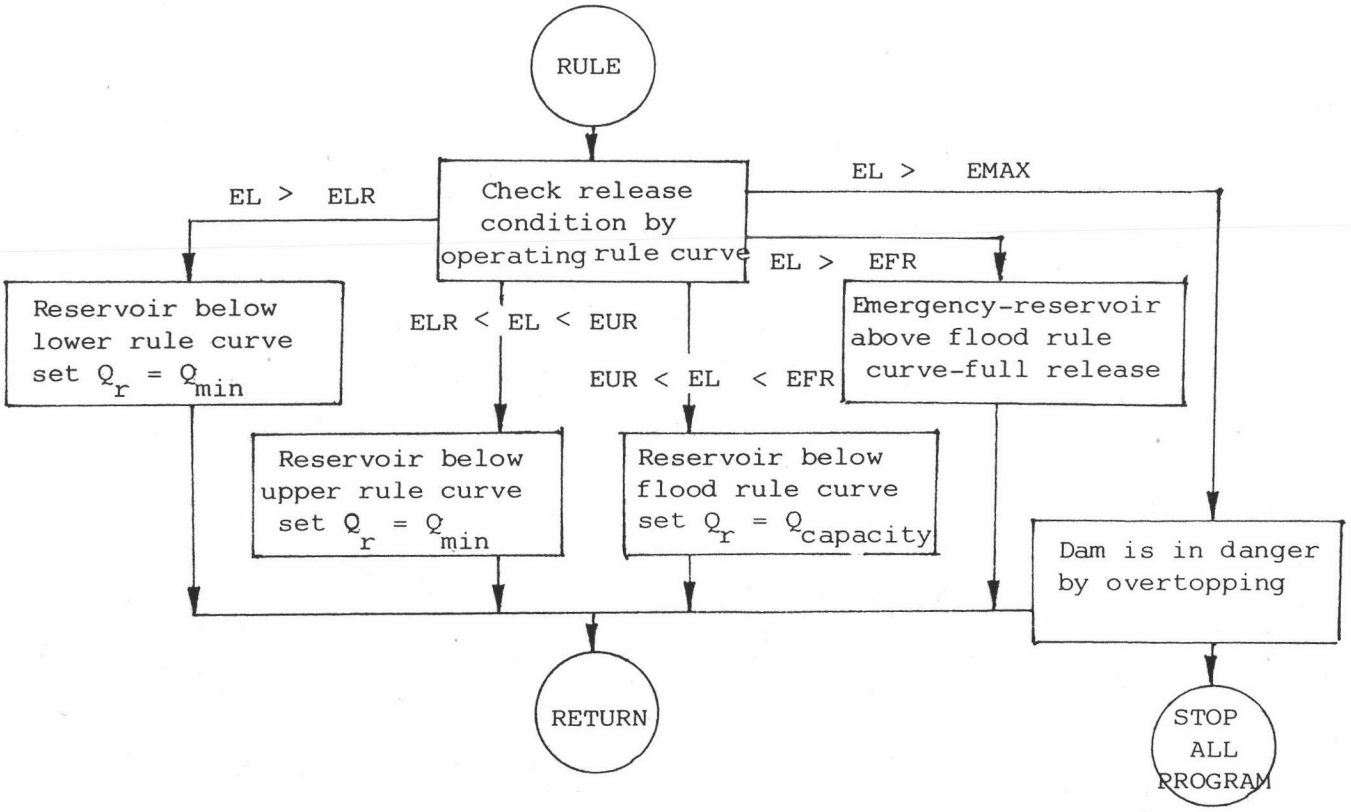
ซึ่งมีค่าโครงดังแสดงในรูป 4-5 โดยมีตัวแปรกำหนด (parameter)ได้แก่ ค่าระดับน้ำดำเนินการ (operating rule curve)คือ ELR, EUR และ EFR ข้อมูลเข้า (input data) จะเป็นค่าระดับน้ำในอ่างขณะที่พิจารณา แบบจำลองจะทำการทดสอบเงื่อนไขของระดับน้ำ และกำหนดเงื่อนไขของระดับน้ำ และกำหนดเงื่อนไขการปล่อยน้ำตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5.2

ในการศึกษาศักยภาพของอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ต่อการควบคุมอุทกภัย สามารถกระทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงระดับดำเนินการ (operating rule curve) คือ ELR, EUR และ EFR สำหรับข้อมูลน้ำหลาก (Flood) แต่ละชุด และสังเกตผลที่เกิดขึ้นมาเปรียบเทียบกันได้ระหว่างชุดของระดับดำเนินการ

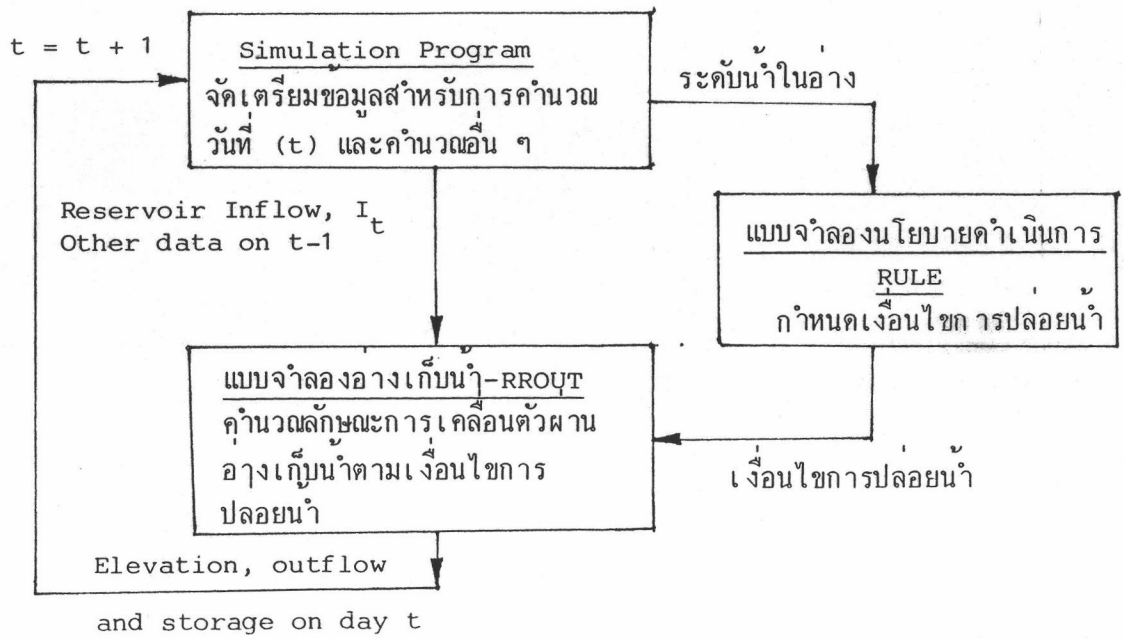
4.6 การทดสอบแบบจำลองอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์

แบบจำลองอ่างเก็บน้ำและแบบจำลองนโยบายดำเนินการที่ได้กล่าวมาในหัวข้อ 4.4 และ 4.5 เมื่อรวมกันแล้วจะเป็นแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ ดังมีค่าโครงในการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูป 4-6 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่คำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลาก ผ่านความจุของอ่างและภายใต้นโยบายดำเนินการ การคำนวณจะกระทำในลักษณะวันต่อวัน (single day basis)

ในขั้นแรกของการศึกษาได้ทำการทดสอบ Run โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของแบบจำลองระบบอ่างเก็บน้ำอุบลรัตน์ โดยอาศัยข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ในช่วงเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน ของปี พ.ศ.2519, 2521 และ 2523 (1976, 1978 และ 1980) โดยมีผลสรุปของการทดสอบและเปรียบเทียบดังแสดงในตาราง 4-5 และการเปรียบเทียบดังรูป 4-7 ถึง 4-9



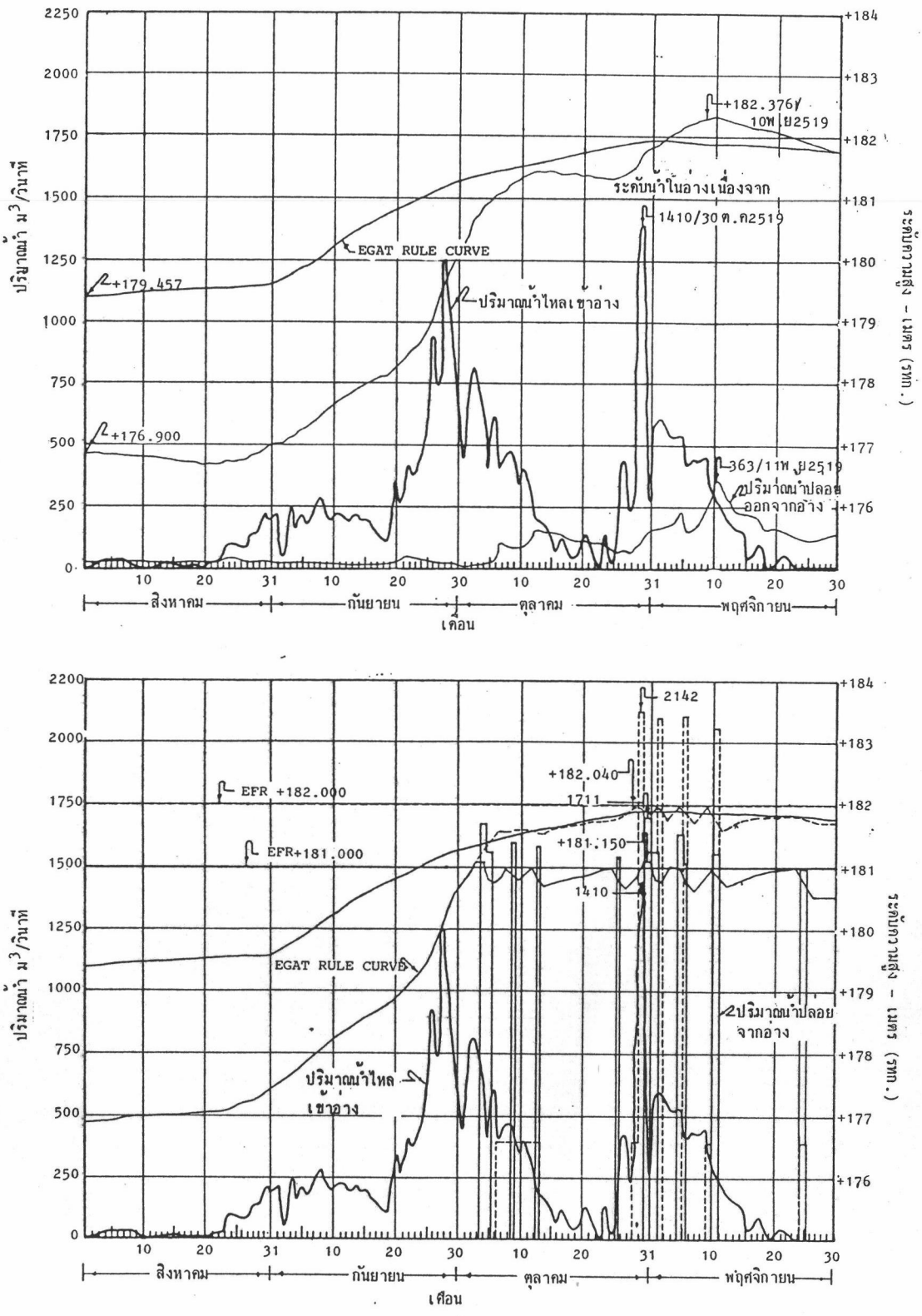
รูปที่ 4-5 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองนโยบายดำเนินการ -RULE



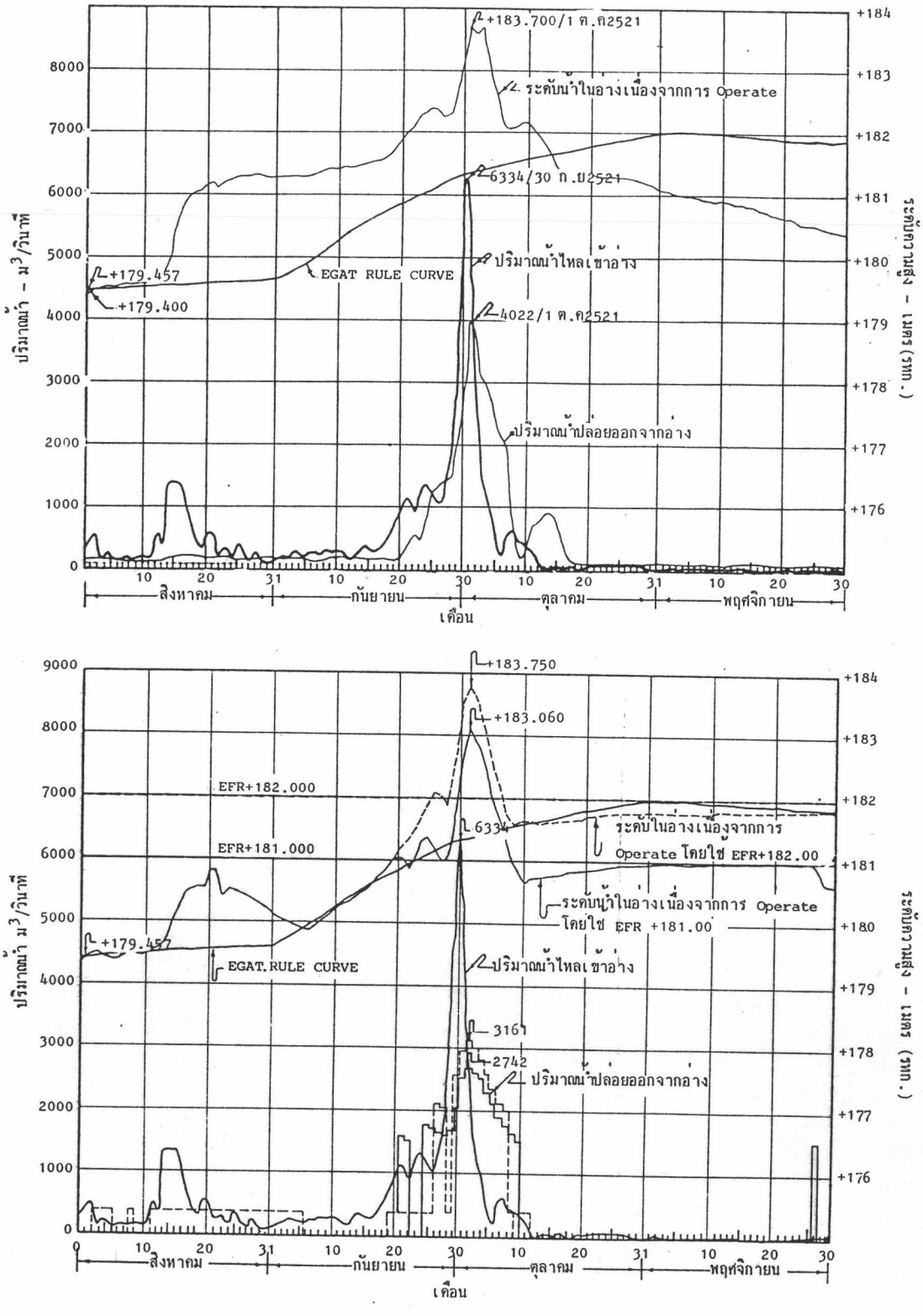
รูปที่ 4-6 การคำนวณการเคลื่อนตัวของน้ำหลากผ่านอางเก็บน้ำ

ตารางที่ 4-5 สรุปผลของระดับน้ำสูงสุดและปริมาณน้ำสูงสุด
ที่ปลอยออกจากอางโดย Rule Curve ตาง ๆ กัน

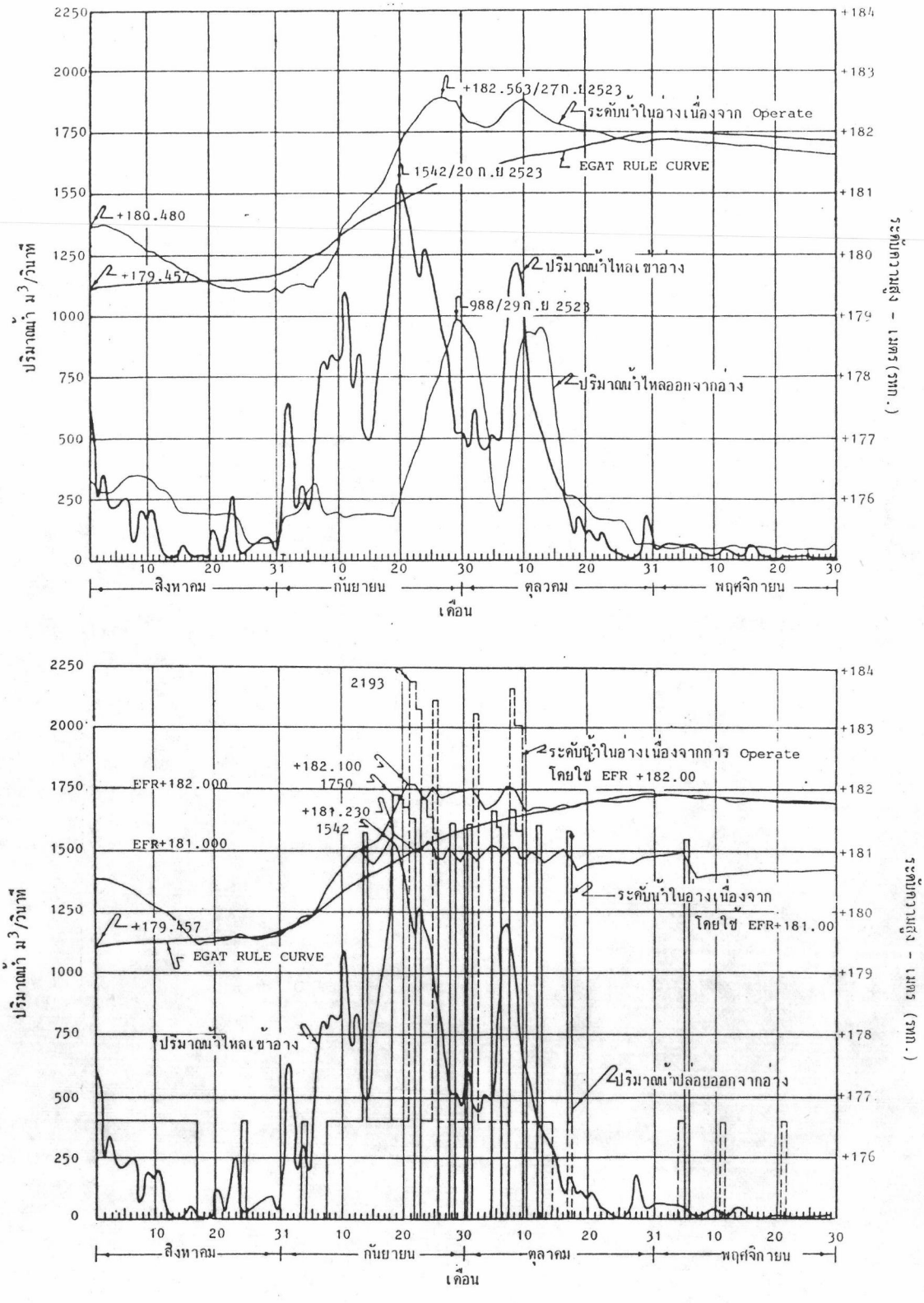
เรื่อง \ ปี	พ.ศ. 2519	พ.ศ. 2521	พ.ศ. 2523
กฟผ เดิม			
ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างสูงสุด	1,410 (30 ต.ค)	6,334 (30 ก.ย)	1,542 (20 ก.ย)
ระดับสูงสุดของ Rule Curve	+182.000	+182.000	+182.000
ปริมาณน้ำปลอยออกสูงสุด	363	4,022	988
วันที่	11 พ.ย.	1 ธ.ค.	29 ก.ย.
ระดับน้ำในอ่างสูงสุด	+182.376 (10 พ.ย)	+183.700 (1 ต.ค)	+182.553 (27 ก.ย)
Rule Curve เดิม แต Simulation			
ปริมาณน้ำเขาอาง	1,410 (30 ต.ค)	6,334 (30 ก.ย)	1,542 (20 ก.ย)
ระดับสูงสุดของ Rule Curve	+182.000	+182.000	+182.000
ระดับ Flood + 181.00			
ปริมาณน้ำปลอยสูงสุด	1,711 (31 ต.ค)	2,742 (3 ต.ค)	1,542 (23 ก.ย)
ระดับน้ำในอ่างสูงสุด	+181.500 (30 ต.ค)	183.06 (2 ต.ค)	181.23 (22 ก.ย)
ระดับ Flood + 187.000			
ปริมาณน้ำสูงสุด	2,142 (30 ต.ค)	3,161 (3 ต.ค)	2,193 (21 ก.ย)
ระดับน้ำในอัตราสูงสุด	+182.040 (29 ต.ค)	+182.750 (2 ต.ค)	+182.100 (20 พ.ย)
Rule Curve ใหมของ กฟผ แต Simulation			
ปริมาณน้ำเขาอาง	1,410 (30 ต.ค)	6,334 (30 ก.ย)	1,542 (20 ก.ย)
ระดับสูงสุดของ Flood Rule Curve	+182.000	+182.000	+182.000
ปริมาณน้ำปลอยสูงสุด	2,041 (17 พ.ย)	2,804 (3 ต.ค)	1,713 (10 ต.ค)
ระดับน้ำในอ่างสูงสุด	+182.000 (16 พ.ย)	+183.16 (2 ต.ค)	+181.50 (9 ต.ค)
เพิ่ม Rule Curve อีก 1 เมตร			
ปริมาณน้ำเขาอาง	1,410 (30 ต.ค)	6,334 (30 ก.ย)	1,542 (20 ก.ย)
ระดับสูงสุดของ Rule Curve	+183.000	+183.000	+183.000
ปริมาณน้ำปลอยสูงสุด	400 อยูใน Rule Curve	2,972 (2 ต.ค)	2,130 (12 ต.ค)
ระดับน้ำในอ่างสูงสุด	อยูใน Rule Curve	+183.44 (2 ต.ค)	+182.09 (11 ต.ค)



รูปที่ 4-7 ผลการเปรียบเทียบระดับน้ำในอ่างและปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างโดย กฟผ กับการจำลองสภาพ ปี 2519



รูปที่ 4-8 ผลการเปรียบเทียบระดับน้ำในอ่างและปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างโดย กฟผ กับการจำลองสภาพ ปี 2521



รูปที่ 4-9 ผลการเปรียบเทียบระดับน้ำในอ่างและปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างโดย กฟผ กับการจำลองสภาพ ปี 2523