

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบแบบจำลอง

การก่อสร้างแบบจำลอง เป็นไปตามกฎความคล้ายคลึงกัน (law of similitude) เมื่อทำการก่อสร้างแบบจำลองเรียบร้อยแล้วจึงต้องมีการทดสอบค่าคงที่ต่างๆ ของแบบจำลอง เพื่อให้ผลการทดลองที่ออกมาได้ค่าถูกต้อง ค่าต่างๆ ที่ทำการทดสอบแบบจำลองได้แก่ ค่าอัตราการไหลที่ใช้ในแบบจำลอง ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของวัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างแบบจำลอง โดยข้อมูลที่ทำการทดสอบแสดงไว้ในตาราง 4-1 จากนั้นนำเอาค่าข้อมูลมาหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของกราฟ แล้วนำกราฟที่ได้เป็นตัวแทนของค่าต่างๆในแบบจำลอง

- อัตราการไหลหาความสัมพันธ์ในรูปแบบกราฟโดยใช้ข้อมูลช่อง (10) และ (2)  
ข้อมูลช่อง (10) คืออัตราการไหล Q หน่วยเป็น ลิตร/วินาที ค่าที่ได้มาจากสูตร  $Q=AV$   
 $V$  = ความเร็วหน้าตัดการไหล คือค่าที่วัดได้จากการทดลองที่ STA. 150  
โดยเครื่องมือวัดจากช่อง (4) แล้วแปลงค่าเป็นความเร็วที่ใช้คำนวณในช่อง (5)  
 $A$  = พื้นที่หน้าตัดการไหล หาจากค่าความลึกการไหลจากการวัดในการทดลองช่อง (3)  
คูณกับความกว้างของแบบจำลองซึ่งเท่ากับ 50 ซม.
- สัมประสิทธิ์ความขรุขระหาความสัมพันธ์ในรูปแบบกราฟ โดยใช้ข้อมูลช่อง (10) และ (9)  
ข้อมูลช่อง (9) คือ ค่า  $n$  หาได้จากสูตร Manning

$$n = \frac{R^{2/3} \sqrt{S_o}}{V}$$

โดยที่ค่า  $R$  = รัศมีชลศาสตร์ จากช่อง (7)

$S_o$  = ความลาดชันท้องน้ำแบบจำลอง จากช่อง (8)

$V$  = ความเร็วหน้าตัดการไหล จากช่อง (5)

ตาราง 4-1 ข้อมูลการทดสอบแบบจำลอง

No	ความลึกน้ำ		ค่าความเร็ว STA. 150		ผลคำนวณ		Bed slope So	n	Q ลิตร/ วินาที	Remark
	เหนือสันฝาย	STA. 150	เครื่องวัด	แปลงค่า	พื้นที่	R				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1	5.69	4.74	192.32	171.41	237.00	3.98	0.17	0.0060	40.62	
2	5.56	4.53	190.99	170.24	226.50	3.84	0.17	0.0059	38.56	
3	5.33	4.33	179.94	160.55	216.50	3.69	0.17	0.0061	34.76	
4	5.17	4.03	177.82	158.69	201.50	3.47	0.17	0.0060	31.98	
5	4.85	3.84	172.14	153.71	192.00	3.33	0.17	0.0060	29.51	
6	4.56	3.48	162.11	144.91	174.00	3.05	0.17	0.0060	25.21	
7	3.88	2.89	156.83	140.28	144.50	2.59	0.17	0.0055	20.27	
8	3.44	2.34	155.41	139.04	117.00	2.14	0.17	0.0049	16.27	
9	3.18	1.79	152.47	136.46	89.50	1.67	0.17	0.0043	12.21	
10	2.63	1.19	145.07	129.97	59.50	1.14	0.17	0.0035	7.73	
11	2.50	0.86	121.75	109.52	43.00	0.83	0.17	0.0033	4.71	
12	1.90	0.76	113.95	102.68	38.00	0.74	0.17	0.0033	3.90	

หมายเหตุข้อมูลทดสอบจากตาราง 4-1

1. ความลึกการไหล ทำการวัด 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณเหนือสันฝาย และ STA. 150

บริเวณเหนือสันฝาย ใช้ Point gate เป็นเครื่องมือวัด ทำการวัดค่าความลึกการไหล 3 ครั้ง นำค่าที่ได้เฉลี่ยแล้วบันทึกค่าในช่องที่ (2) ตำแหน่ง STA. 150 ของแบบจำลอง ใช้ Point gate แบบอัตโนมัติเป็นเครื่องมือในการวัดทำการวัดความลึกการไหลในแนวศูนย์กลางแบบจำลอง 3 ครั้ง นำค่าที่ได้เฉลี่ยแล้วบันทึกค่าในช่องที่ (3)

2. ความเร็วกระแสน้ำ

ทำการวัดที่ตำแหน่ง STA. 150 ของแบบจำลอง ใช้เครื่องมือวัดความเร็วแบบอัตโนมัติโดยตั้งให้เครื่องวัดความเร็วอ่านค่าทุก 10 วินาที ทำการวัดความเร็วตามแนวศูนย์กลางแบบจำลอง วัดความเร็วกระแสน้ำตรงตำแหน่งกึ่งกลางความลึกการไหล ทำการวัดค่าความเร็วอย่างน้อย 3 ค่า นำค่าที่ได้เฉลี่ยแล้วบันทึกค่าในช่อง (5)

3. ค่าจากการคำนวณ

ค่าอัตราการไหลช่อง (10) ได้จากรูป 4-1 พื้นที่หน้าตัดการไหล จากผลคูณระหว่างความลึกการไหลกับความกว้างของแบบจำลองที่ตำแหน่ง STA. 150 ซึ่งเท่ากับ 50 ซม. ค่า  $n$  จากช่องที่ (9) ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการ Manning

$$n = \frac{1}{V} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

โดยที่  $S$  = ความลาดท้องแบบจำลองซึ่งเท่ากับ 0.17

ตาราง 4-2 ข้อมูลการทดสอบอ่างรับน้ำด้านบน

Q (ลิตร/วินาที)	ความลึกการไหล (ซม.)			ความเร็ว (ซม./วินาที)
	STA. -95.54	STA. -56.21	STA. 0	STA. -56.21
6.16 (0.15Qmax)	2.28	4.42	1.85	5.97
7.27 (0.18Qmax)	2.46	5.43	2.25	6.87
8.28 (0.21Qmax)	2.61	5.85	2.45	7.66
15.36 (0.38Qmax)	3.44	7.22	4.10	12.92
16.46 (0.41Qmax)	3.55	9.58	4.25	13.69
18.34 (0.46Qmax)	3.72	10.16	4.80	15.01
19.32 (0.47Qmax)	3.81	10.22	5.10	15.68
20.11 (0.49Qmax)	3.88	10.63	5.25	16.22
23.65 (0.59Qmax)	4.17	12.15	6.20	18.61
26.48 (0.66Qmax)	4.39	13.18	6.75	20.47
29.33 (0.73Qmax)	4.60	13.80	7.75	22.31
31.75 (0.79Qmax)	4.76	14.60	8.48	23.86
36.45 (0.91Qmax)	5.07	14.15	8.65	26.81
40.66 (1.01Qmax)	5.32	15.05	9.20	29.41

หมายเหตุข้อมูลทดสอบจากตาราง 4-2

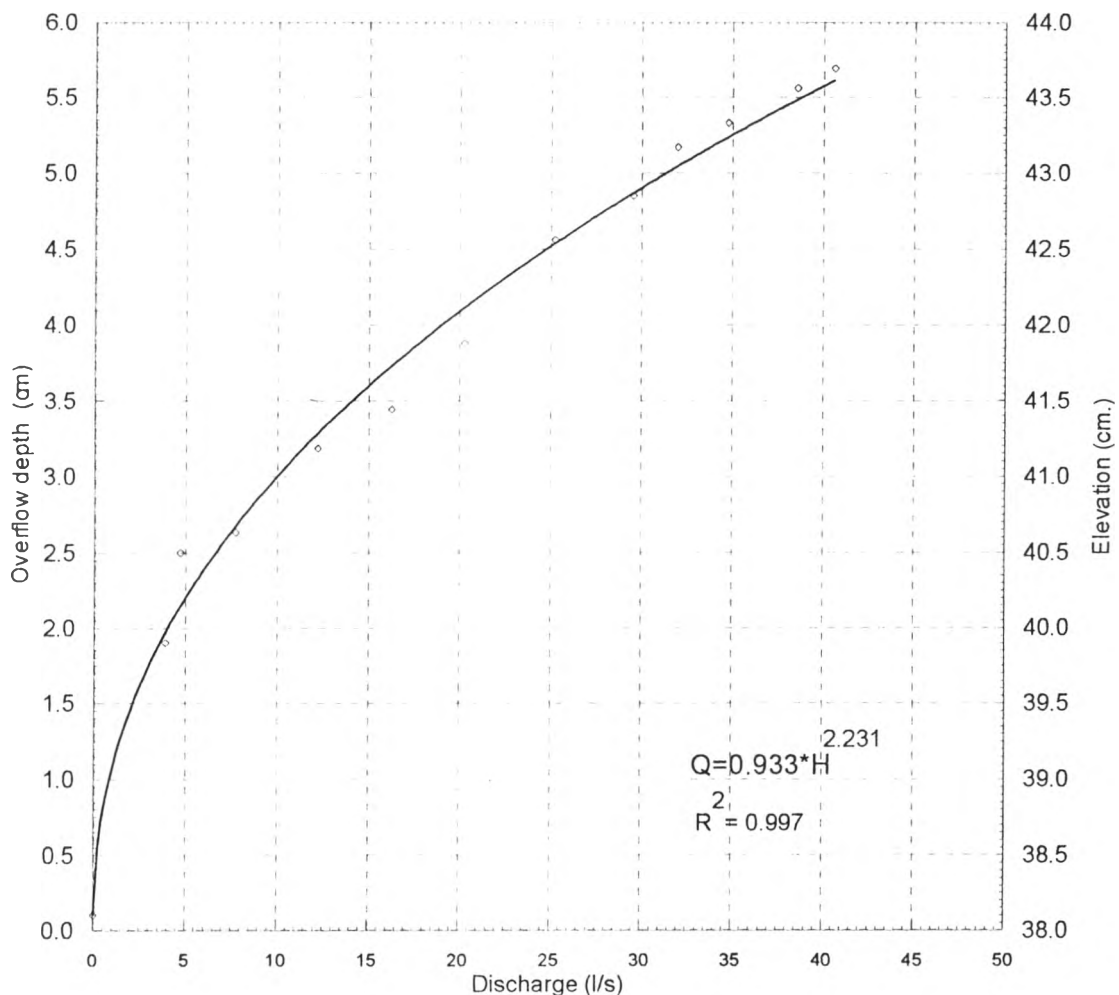
ตาราง 4-2 ทำการวัดค่าความลึกการไหล และความเร็วในแบบจำลองโดยเครื่องมือและวิธีการวัดเหมือนกับการวัดค่าในตาราง 4-1 แต่จะเปลี่ยนเพียงแต่ตำแหน่งการวัดในแบบจำลอง ตาราง 4-2 ทำการวัดค่าความลึกการไหล และความเร็วในแบบจำลอง 3 ตำแหน่งคือ STA.-95.54 STA.-56.21 และ STA.0 ซึ่งเป็นส่วนของอาคารรับน้ำด้านบน

#### 4.1.1 อัตราการไหลในแบบจำลอง

อัตราการไหลในแบบจำลองซึ่งได้จากการปรับเทียบแบบจำลองโดยทำการทดสอบแบบจำลองได้ค่า 2 ค่าจากการวัดในการทดลอง คือ

1. ค่าความสูงเหนือสันฝายทำการวัดที่ตำแหน่งห่างจากสันฝายไปทางด้านเหนือน้ำ ประมาณ 100 ซม.
2. ค่าอัตราการไหล จากสูตร  $Q=VA$  โดยที่ค่าความเร็วได้จากการวัดค่าใน STA.150 และพื้นที่หน้าตัดการไหลได้จากผลคูณของความลึกการไหลที่วัดค่าในแบบจำลองกับความกว้างแบบจำลองที่ STA. 150

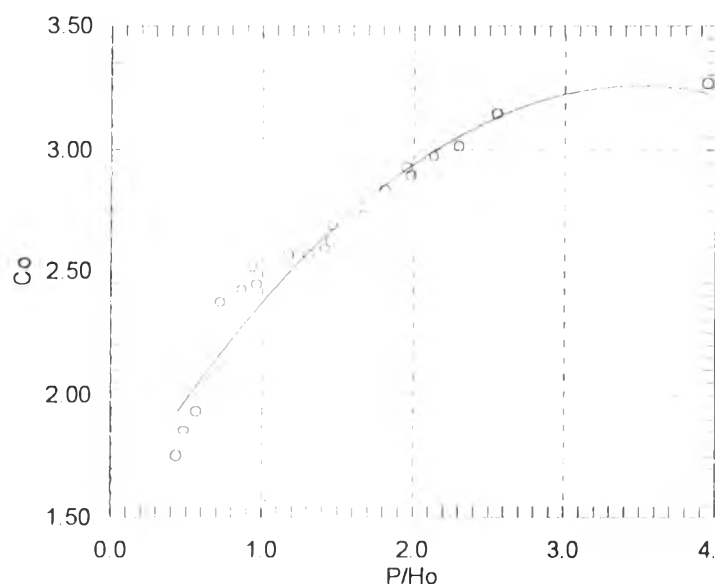
จากการปรับเทียบแบบจำลองได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับระดับน้ำในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำคือ  $Q=0.933 \cdot H^{2.231}$  โดยที่แกน X คือความลึกเหนือสันฝาย และแกน Y คือค่าอัตราการไหลในแบบจำลอง ดังรูป 4-1



รูป 4-1 การหาอัตราการไหลของแบบจำลองจากระดับน้ำ

#### 4.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล $C_d$ (coefficient of discharge) ในแบบจำลอง

ในการหาความสามารถในการระบายน้ำข้ามสันฝายของอ่างรับน้ำด้านบน พิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล  $C_d$  ในแบบจำลองทำการทดสอบได้ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเหนือสันฝาย และค่า  $C_d$  จากสมการ 2-14 ดังแสดงในรูป 4-2 เป็นกราฟหาสัมประสิทธิ์อัตราการไหลจากความลึกเหนือสันฝาย



รูป 4-2 ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลของแบบจำลอง

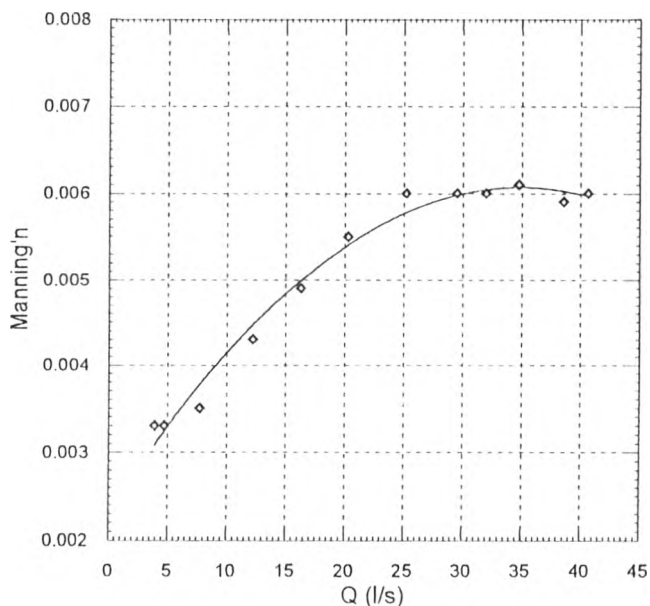
การไหลผ่านสันฝายมีความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความสูงของน้ำเหนือสันฝาย การหาความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับความสูงของน้ำเหนือสันฝายมีอิทธิพลต่างๆมาก ในการวิเคราะห์จึงต้องเริ่มต้นโดยการตั้งสมมุติฐานต่างๆ คือ

1. การกระจายความเร็วมีขนาดเท่ากันตลอดความลึก
2. การไหลที่สันฝายต้องเป็นแนวระดับ
3. ล้ำของไหลที่ข้ามสันฝายต้องมีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ
4. การไหลไม่มีผลของความหนืดหรือความฝืดการไหล

เมื่อทำการวิเคราะห์ตามสมมุติฐานที่กล่าวมาจะได้สมการอัตราการไหลตามสมการ (2-4) โดย  $C_d$  คือสัมประสิทธิ์ปรับแก้ค่าอัตราการไหลหรือสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (coefficient of discharge) และมีความสัมพันธ์กับความสูงของน้ำเหนือสันฝายเป็นหลัก และความสูงของฝายรองลงมา ความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $C_d$  กับ  $P/H_o$  ของแบบจำลองแสดงในรูป 4-2

### 4.1.3 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning' n

ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ในแบบจำลองจากค่าคำนวณตาราง 4-1 ทำการทดสอบ ได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล และค่า Manning' n ดังแสดงในรูป 4-3



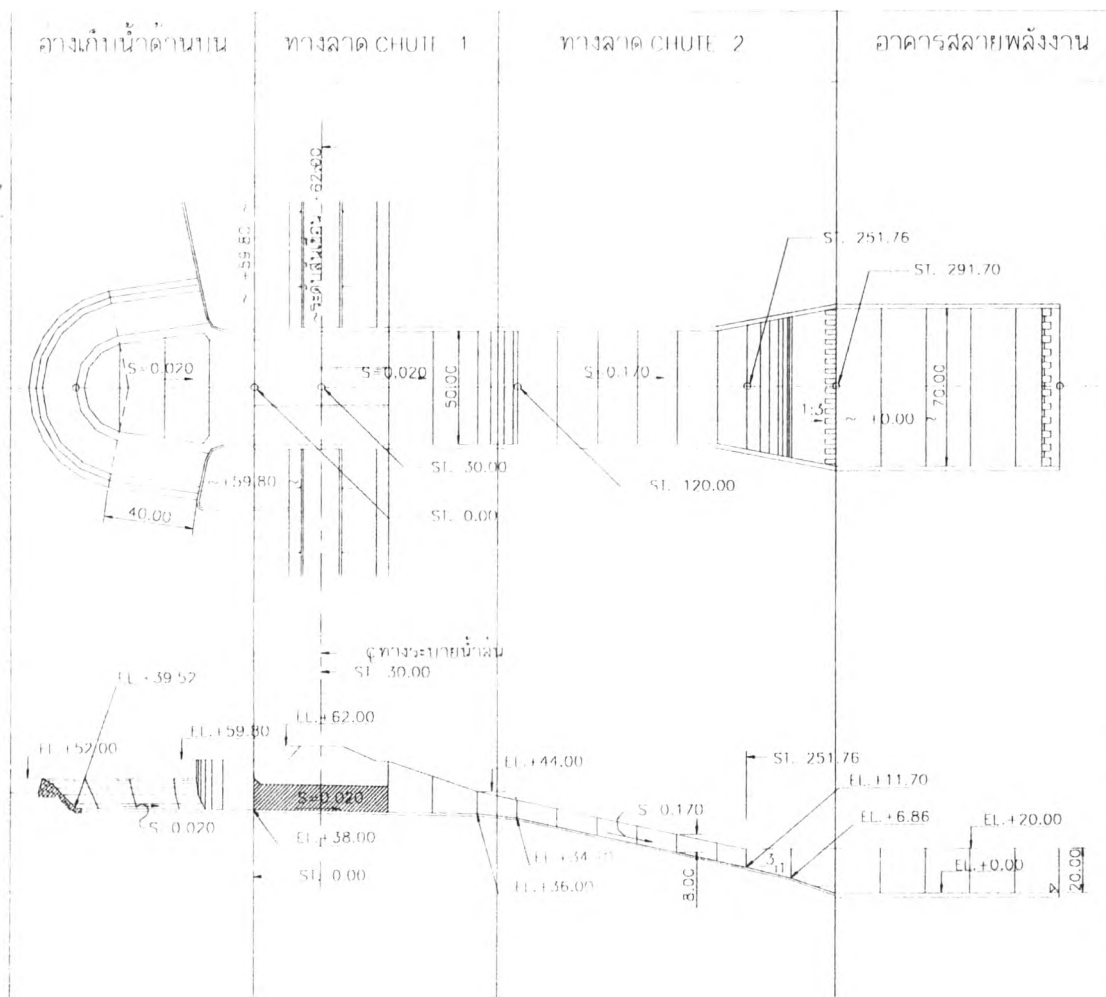
รูป 4-3 ค่า Manning' n ของแบบจำลอง

ค่า Manning' n จากรูป 4-3 เป็นค่าที่ทำการคำนวณจากแบบจำลองโดยนำค่าคำนวณจากตาราง 4-1 วัสดุที่นำมาใช้ทำแบบจำลองเป็นพลาสติก จากกราฟค่าของ  $n$  ขึ้นกับอัตราการไหล โดยมีค่าเพิ่มเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ค่า  $n$  ของพลาสติกมีค่า 0.009-0.01 (Chow, 1959) ค่า  $n$  ที่อ้างอิงเป็นเพียงตัวอย่างและแนวทางประกอบการเลือก ผลการทดลองได้ค่าอยู่ในเลขหลักดังผลที่นำเสนอ

ค่าของ Manning' n ในแบบจำลองเป็นค่าที่ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบจากแบบจำลองซึ่งวัสดุที่ใช้ก่อสร้างเป็นพลาสติกการเปรียบเทียบได้ค่า Manning' n ดังรูป 4-3 โดยใช้ค่า  $n$  ในรูป 4-3 เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณ

#### 4.2 พฤติกรรมการไหลในแบบจำลอง

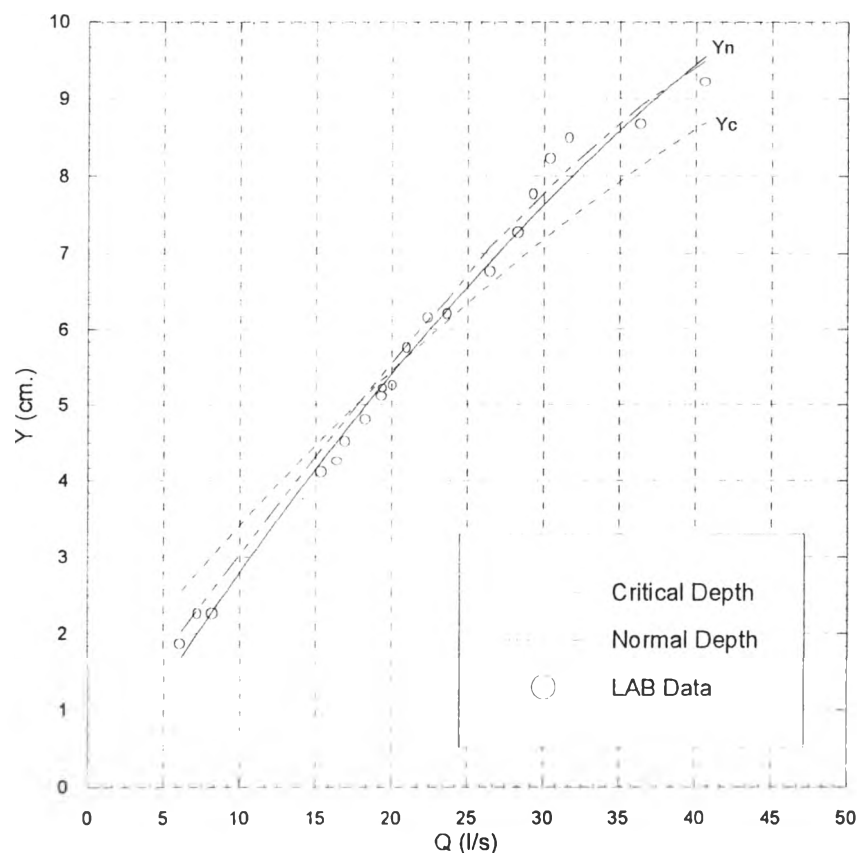
ในการทดลองได้แบ่งการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลออกเป็น 4 ส่วน คือ บริเวณอ่างเก็บน้ำด้านบน (STA -95.54 ถึง STA.0) บริเวณทางลาด chute 1 (STA. 0 ถึง STA.110) ทางลาด chute 2 (STA.110 ถึง STA. 290) และบริเวณอาคารสลายพลังงาน (STA. 290 ถึง STA. 390) ดังแสดงในรูป 4-4



รูป 4-4 การแบ่งการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหล

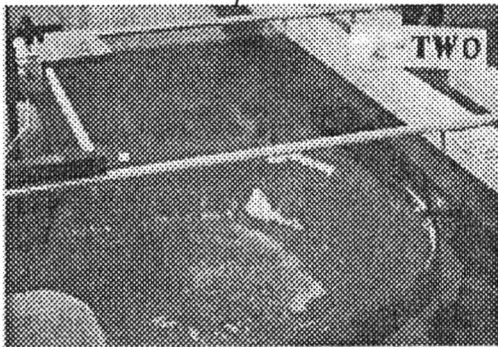
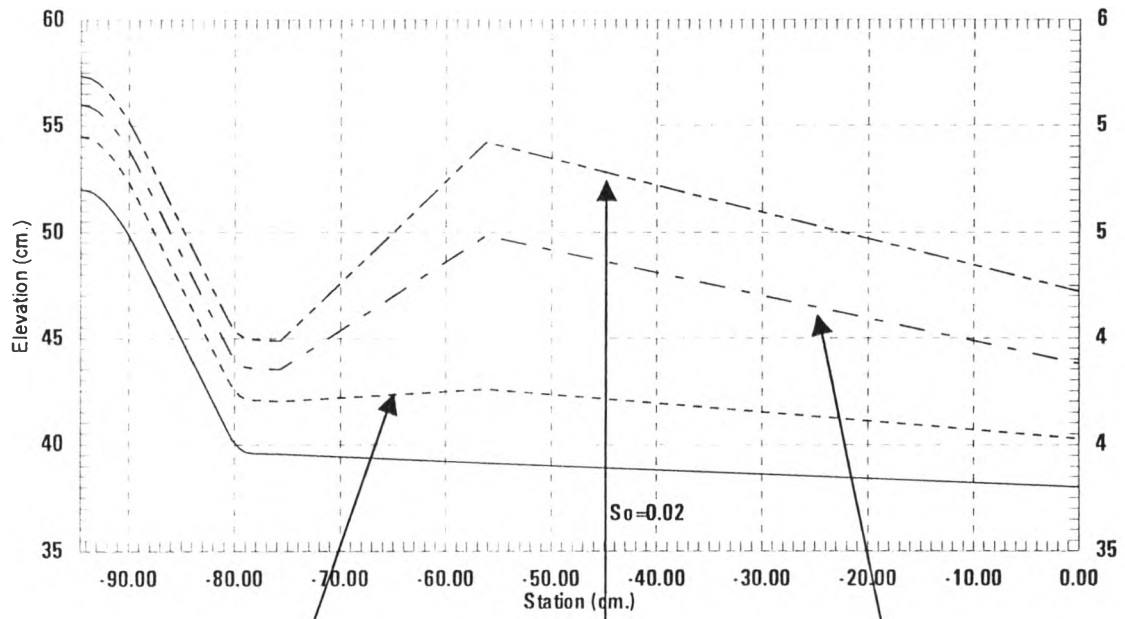
#### 4.2.1 การไหลในอ่างรับน้ำด้านบน

แบบจำลองอ่างรับน้ำด้านบน รูปแบบเป็นแบบเกือกม้า (horse shoe shape) จากรูป 4-5 ระดับน้ำที่ตำแหน่งด้านท้ายน้ำของอ่างรับน้ำด้านบน STA. 0 ซึ่งเป็นจุดควบคุมการไหล (control section) อัตราการไหลน้อยกว่า 21.02 ลิตร/วินาที ( $0.52Q_{max}$ ) ทำให้ความลึกการไหลน้อยกว่าค่าความลึกวิกฤต (critical depth) และความลึกปกติ (normal depth)  $Y < Y_n < Y_c$  ความลาดชันท้องน้ำ  $S_0 > S_c$  ท้องน้ำเป็นความลาดชัน (steep slope) การไหลเป็นแบบ supercritical เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที ( $0.52Q_{max}$ ) ความลึกการไหลที่หน้าตัดควบคุมมีแนวโน้มมากกว่าความลึกวิกฤต (critical depth) แต่น้อยกว่าค่าความลึกปกติ (normal depth)  $Y_c < Y < Y_n$  ความลาดชันท้องน้ำ  $S_0 < S_c$  ท้องน้ำเป็นความลาดน้อย (mild slope) การไหลในส่วนของอ่างรับน้ำด้านบน จึงเป็นการไหลแบบ subcritical เป็นผลให้เกิดปรากฏการณ์ submerge ในอ่างรับน้ำด้านบน ดังรูป 4-6 และ 4-7 ระดับน้ำในอ่างรับน้ำด้านบนสรุปได้ดังตาราง 4-2 โดยสรุปแล้วการไหลในอ่างรับน้ำด้านบนจะมีค่าตามความลึกปกติตลอดช่วงอัตราการไหล และการไหลจะเป็นแบบ supercritical เมื่ออัตราการไหลน้อยกว่า 21.02 ลิตร/วินาที การไหลเปลี่ยนเป็นแบบ subcritical เมื่ออัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที เป็นผลให้เกิดการไหลแบบ submerge ในอ่างรับน้ำด้านบน

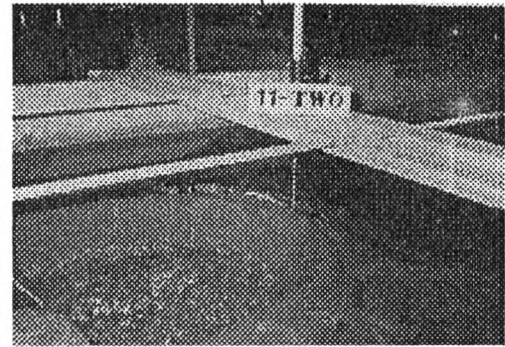


รูป 4-5 ความสัมพันธ์อัตราการไหลกับความลึกการไหลที่ STA. 0

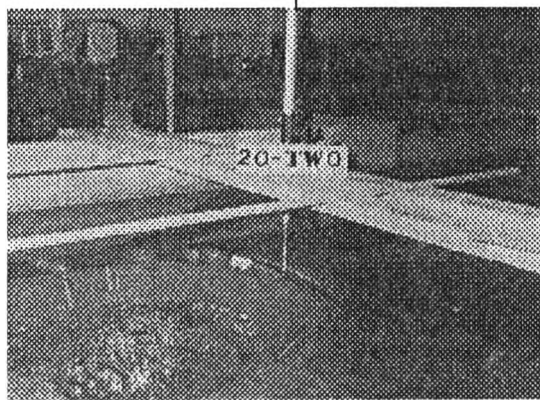




อัตราการไหล 7.27 ลิตร/วินาที

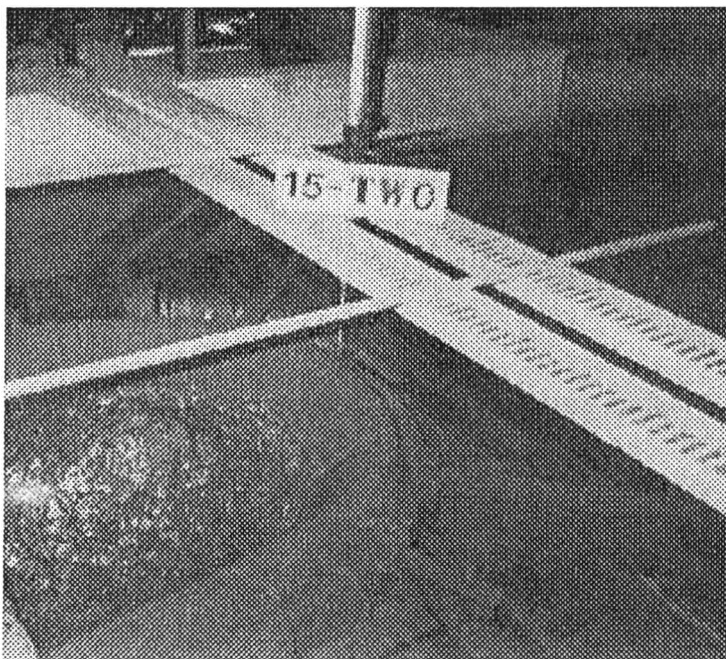


อัตราการไหล 21.02 ลิตร/วินาที



อัตราการไหล 40.66 ลิตร/วินาที

รูป 4-6 ความลึกการไหลอย่างรับน้ำด้านบน



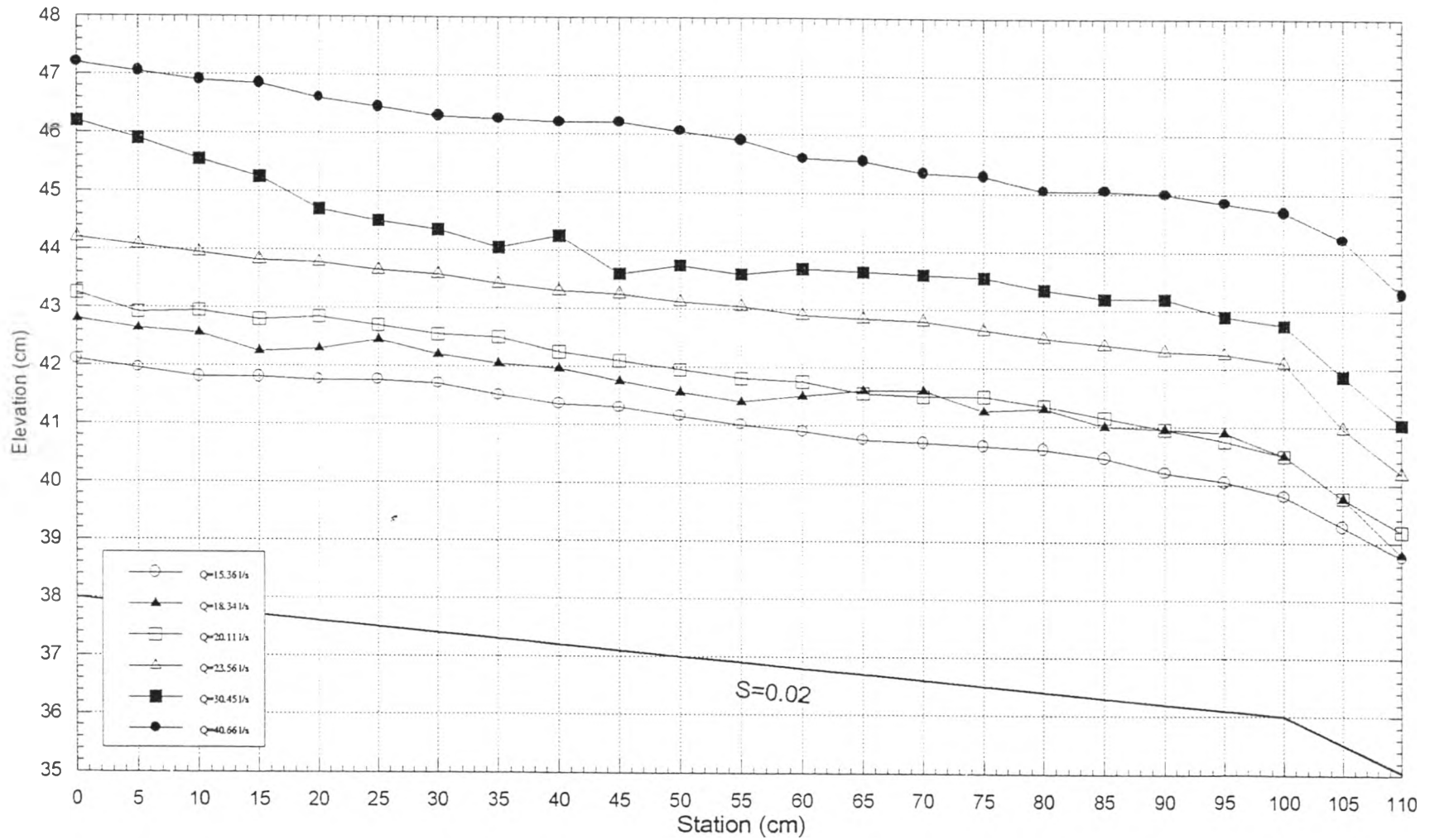
รูป 4-7 การเกิด submerge flow ในอ่างรับน้ำด้านบน

#### 4.2.2 การไหลในทางลาด chute 1 และ chute 2

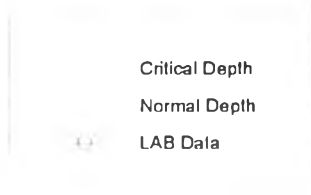
การไหลในทางลาด chute 1 มีความลาดชัน 0.02 ที่อัตราการไหลต่างๆ ตามรูป 4-8 ความลึกการไหลเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหล การไหลในทางลาด chute 1 เมื่ออัตราการไหลน้อยกว่า 20.02 ลิตร/วินาที ( $0.52Q_{max}$ ) ความลึกการไหลน้อยกว่าความลึกวิกฤต เป็นการไหลแบบ supercritical ดังรูป 4-9 (ก) เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ความลึกการไหลในทางลาด chute 1 มีความลึกการไหลมากกว่าความลึกวิกฤต (critical depth) เนื่องจากผลของการไหลแบบ submerge ในอ่างรับน้ำด้านบน ทำให้น้ำตัดควบคุม (control section) เลื่อนจากตำแหน่ง STA.0 ไปทางด้านท้ายน้ำ ดังรูป 4-9 (ค) และ รูป 4-9 (ง)

การไหลในทางลาด chute 2 เป็นการไหลบนทางลาดที่มีความลาดชันมากกว่า chute 1 คือ 0.17 ที่ตำแหน่ง STA. 110 ความลึกการไหลเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหล ดังรูป 4-10 ความลึกการไหลมีค่าน้อยกว่าความลึกวิกฤต การไหลเป็นแบบ supercritical ในทุกอัตราการไหล ดังรูป 4-11 (ก) ถึง 4-11 (ง)

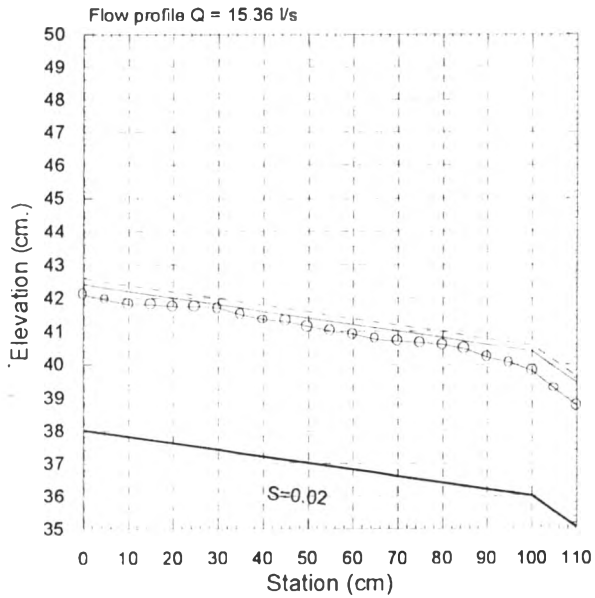
ตำแหน่ง STA. 110 จากรูป 4-12 เป็นจุดเปลี่ยนความลาดท้องน้ำ (จาก  $S_0=0.02$  เป็น  $S_0=0.17$ ) ค่าความลึกการไหลน้อยกว่าความลึกวิกฤตแต่มากกว่าความลึกปกติ  $Y_n < Y < Y_c$  ความลาดชันท้องน้ำ  $S_n > S_0$  ( $S_0$  กรณีเท่ากับ 0.0253) ท้องน้ำเป็นความลาดชัน (steep slope) การไหลเป็นแบบ supercritical STA.110 เป็นจุดที่เปลี่ยนจาก steep slope เป็น steeper slope หน้าตัดการไหลเป็นแบบ S2



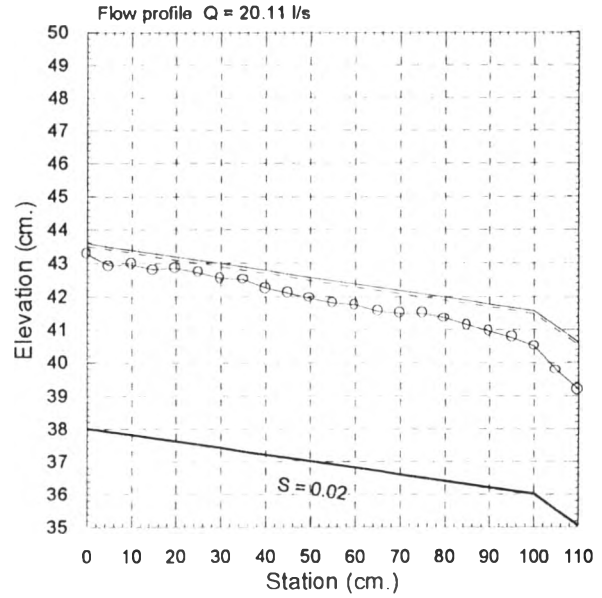
รูป 4-8 ความลึกการไหลทางลาด chute 1



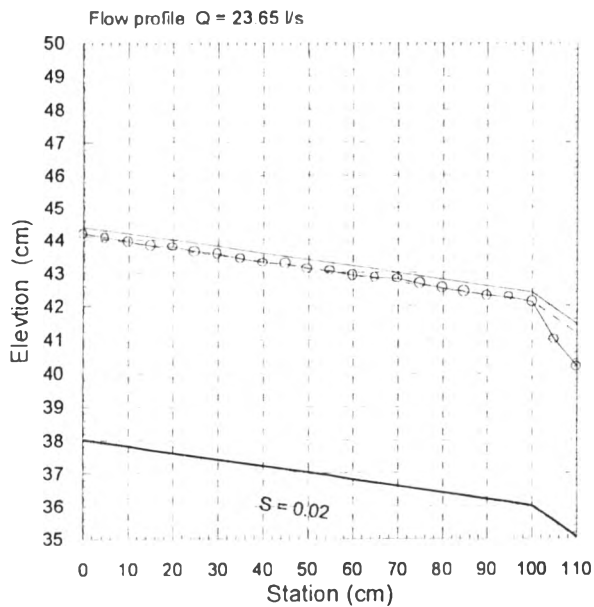
Water Surface Profile



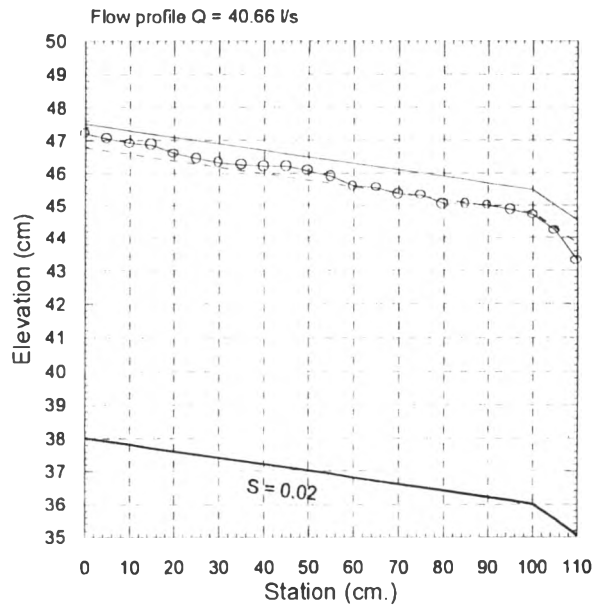
(น)



(ข)

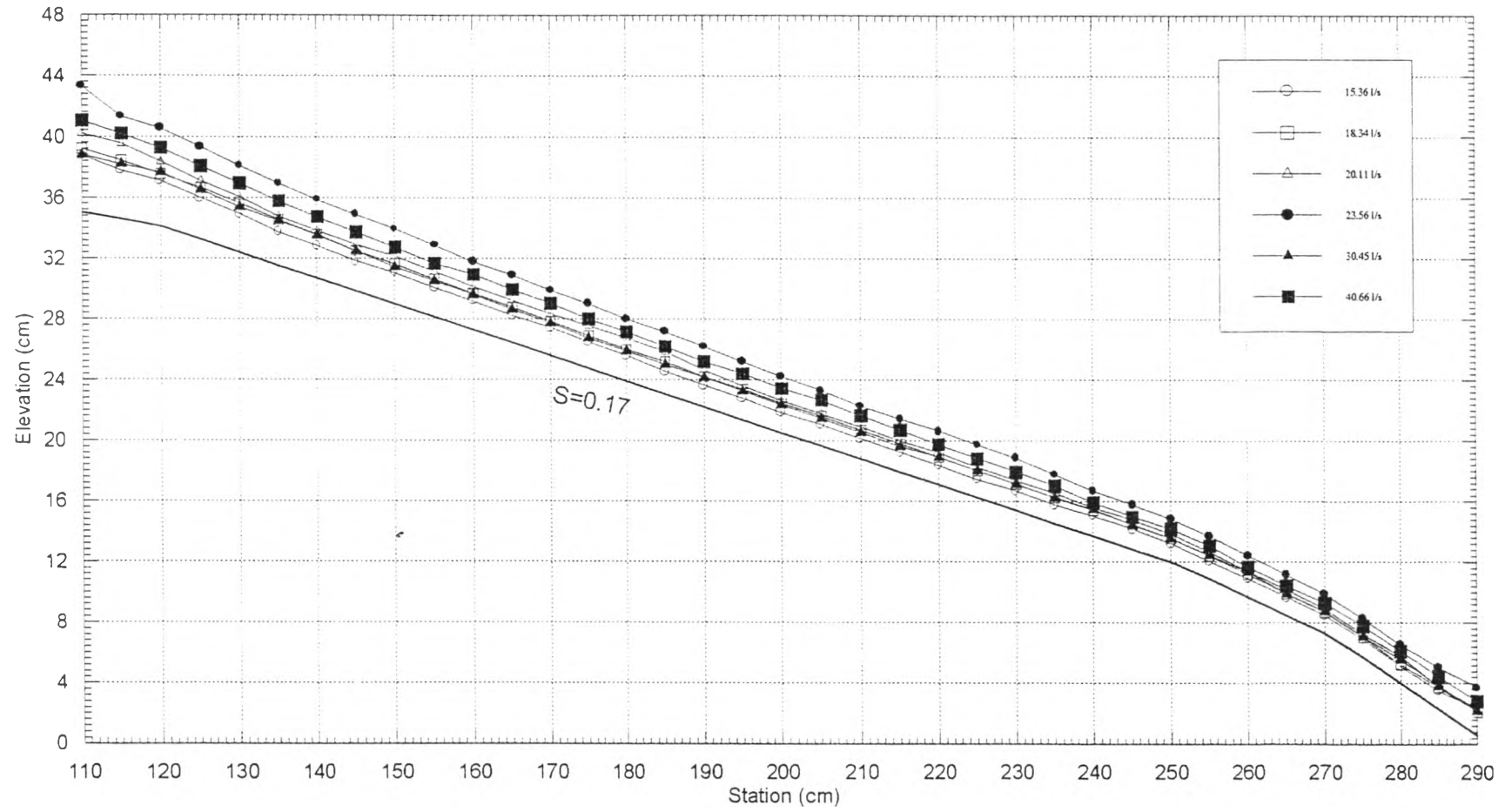


(ค)



(ง)

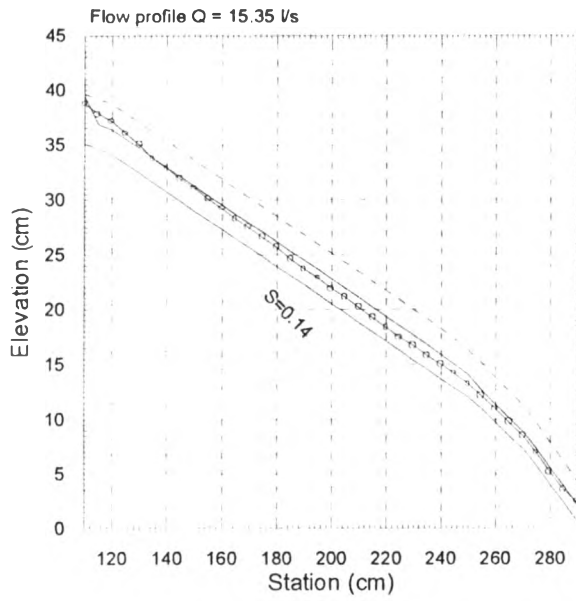
รูป 4-9 ความสัมพันธ์อัตราการไหลและความลึกการไหลที่ทางลาด chute 1



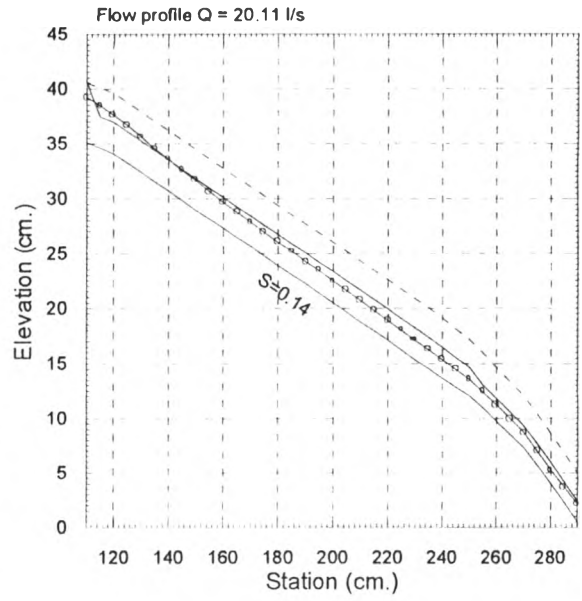
รูป 4-10 ความลึกการไหลทางลาด chute 2

○ Critical Depth  
 ○ Normal Depth  
 ○ LABORATORY

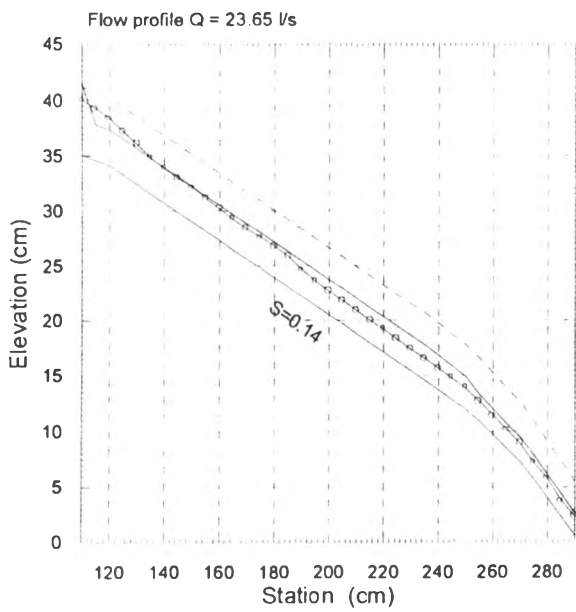
Water Surface Profile



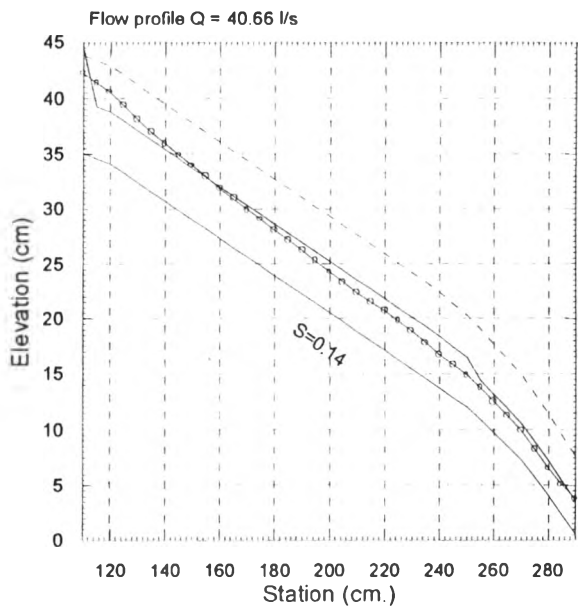
(ก)



(ข)



(ค)

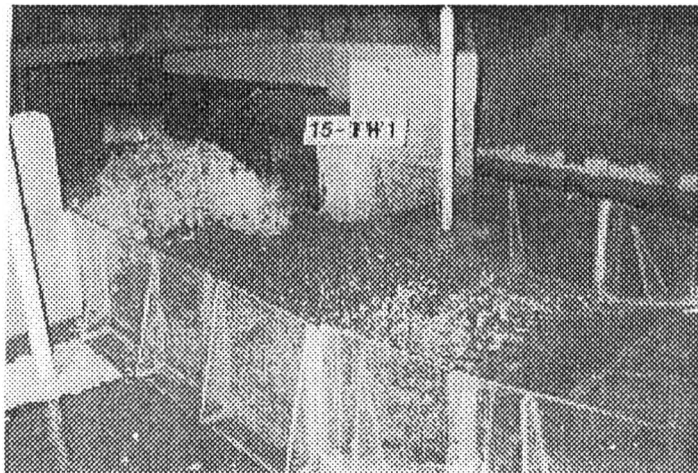


(ง)

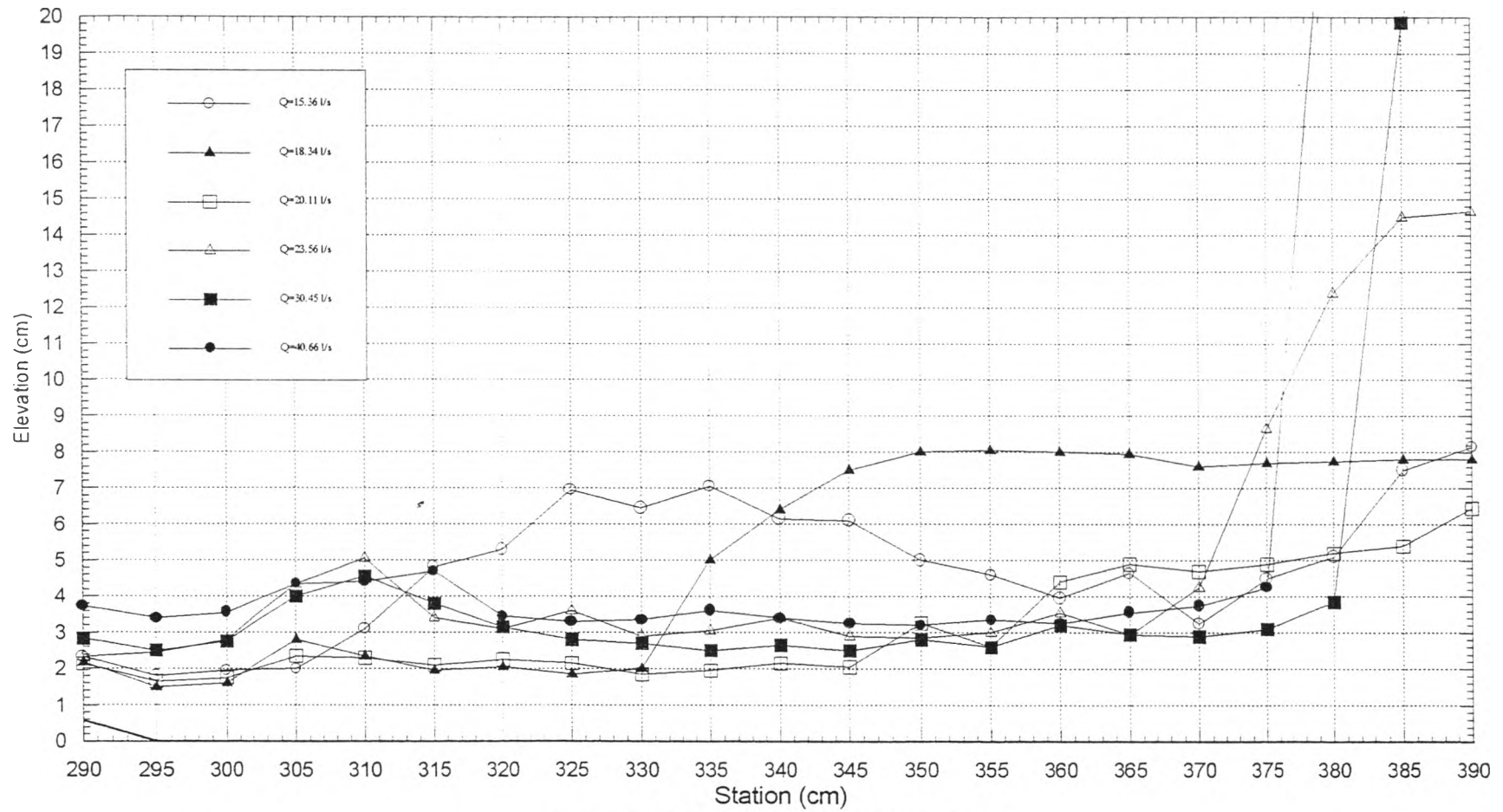
รูป 4-11 ความสัมพันธ์อัตราการไหลและความลึกการไหลที่ทางลาด chute 2

#### 4.2.3 การไหลในอาคารสลายพลังงาน

ความลึกการไหลในอาคารสลายพลังงาน ที่อัตราการไหลต่างๆ กันแสดงดังรูป 4-13 เมื่ออัตราการไหลน้อยกว่า 21.02 ลิตร/วินาที ( $0.52Q_{max}$ ) ความลึกการไหลเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหล แต่เมื่ออัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที ( $0.52Q_{max}$ ) ความลึกการไหลทำให้เกิด sweep-out คือ กระแสน้ำจะพุ่งด้วยความเร็วสูงชน endsill ที่ STA. 390 ของอาคารสลายพลังงาน ทำให้น้ำพุ่งออกนอกอาคารสลายพลังงาน ดังแสดงในรูป 4-12 น้ำกระโดดที่เกิดในอาคารสลายพลังงานแสดงดังรูป 4-14 เมื่ออัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที ปรากฏการณ์ sweep-out ทำให้ความลึกการไหลมีค่าสูงกว่าความสูงและพุ่งออกนอกอาคารสลายพลังงาน



รูป 4-12 การเกิด sweep-out



รูป 4-13 ความลึกการไหลในอาคารสลายพลังงาน

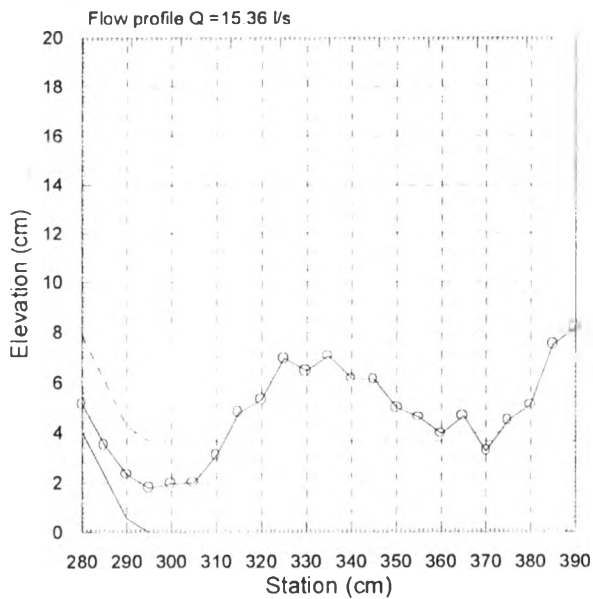


Jump Computed  
by USBR Chart

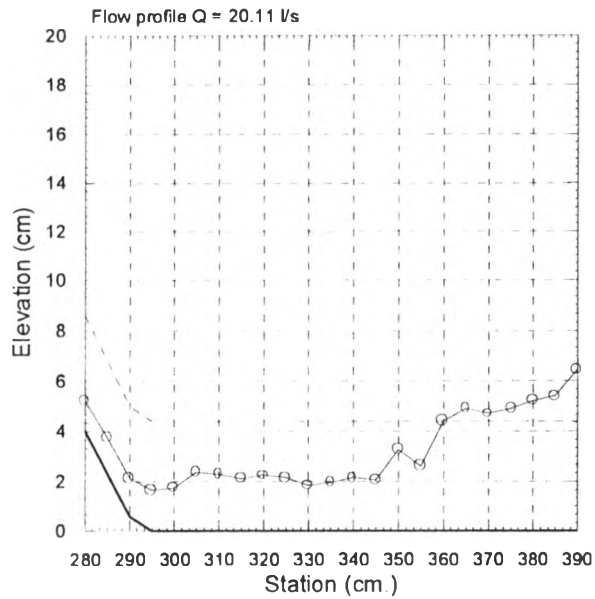
Critical Depth

○ LAB Data

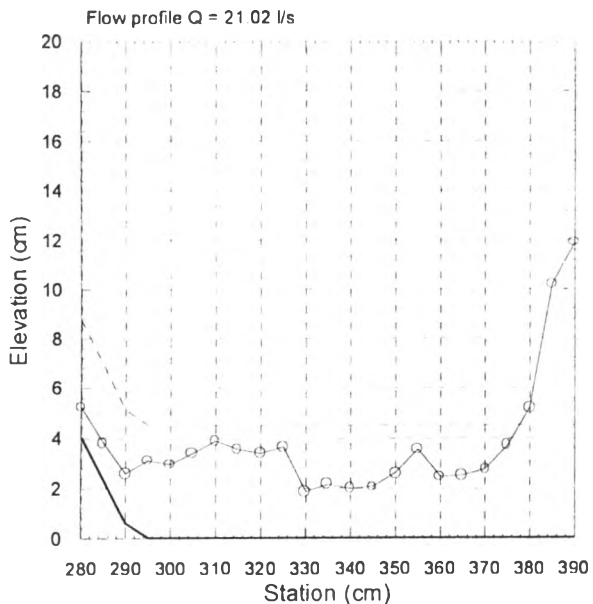
### Water Surface Profile TW1



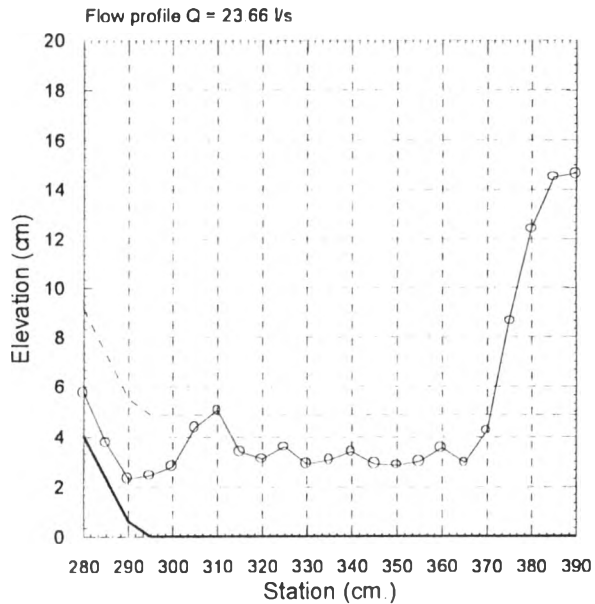
(h)



(ข)



(ค)



(ง)

รูป 4-14 ความสัมพันธ์อัตราการไหลและความลึกการไหลในอาคารสลายพลังงาน

#### 4.3 ประสิทธิภาพการสลายพลังงาน

การสลายพลังงานในแบบจำลองโดยรวมทั้งหมด แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. อ่างรับน้ำด้านบน
2. บริเวณทางลาด
3. อาคารสลายพลังงาน

การสลายพลังงานซึ่งทำการคำนวณโดยการยึดตำแหน่งจุดเริ่มต้นของอ่างรับน้ำด้านบนเป็นตำแหน่งแรกของการคำนวณและตำแหน่งที่สองคือตำแหน่งที่ต้องการทราบ ทำการคำนวณหาประสิทธิภาพการสลายพลังงาน โดยนำผลต่างของจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายที่ต้องการทราบมาคำนวณเทียบให้เป็นร้อยละ กำหนดให้จุดเริ่มต้นคือตำแหน่งของอ่างรับน้ำด้านบนมีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานร้อยละ 100 ผลการทดสอบในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 คือ อ่างรับน้ำด้านบน และบริเวณทางลาดการสลายพลังงานสองส่วนนี้มีเพียงร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 18 ซึ่งต่างกับส่วนที่ 3 คือ ส่วนของอาคารสลายพลังงานที่มีการสลายพลังงานสูงถึงร้อยละ 90 โดยใช้สมการ 2-20 ทำการคำนวณ ดังแสดงในรูป 4-15

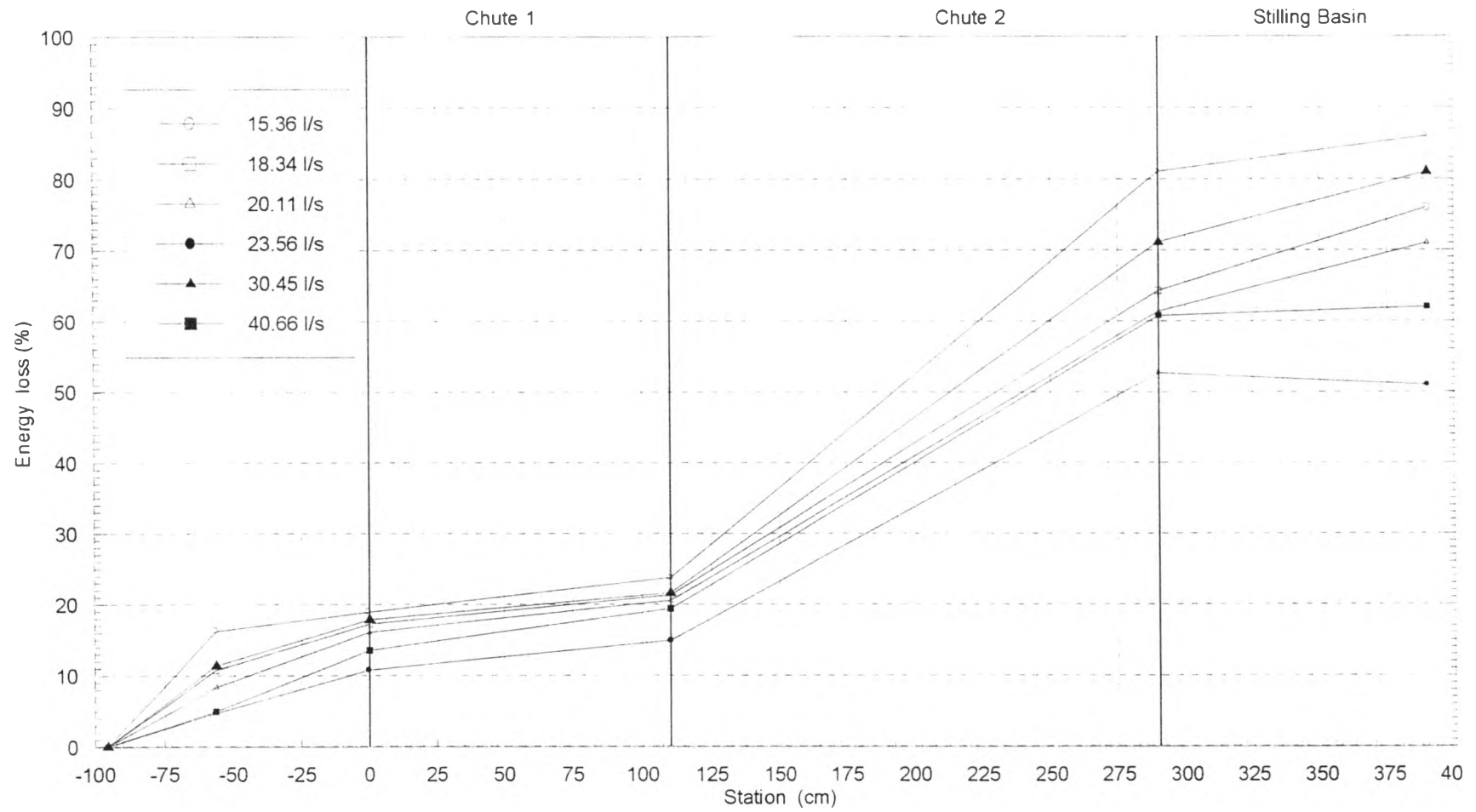
การศึกษาการสลายพลังงานที่อัตราการไหลต่าง ๆ ของแบบจำลองนี้ จากรูป 4-16 การสลายพลังงานมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการไหลน้อย การสลายพลังงานมีสูงได้ถึงร้อยละ 90 แต่เมื่ออัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Q<sub>max</sub>) การสลายพลังงานลดลง เมื่ออัตราการไหลที่ 40.66 ลิตร/วินาที(1.01Q<sub>max</sub>) การสลายพลังงานเหลือเพียงร้อยละ 50

ชิ้นส่วนพิเศษในอาคารสลายพลังงานของ USBR ที่ช่วยในการสลายพลังงานและป้องกันการกัดเซาะในอาคารสลายพลังงาน มีดังนี้

Chute block เป็นชิ้นส่วนที่อยู่จุดเริ่มแรกเข้าสู่อาคารสลายพลังงาน มีหน้าที่แบ่งลำน้ำ (jet) ที่พุ่งมาด้วยความเร็วสูงแล้วยกลำน้ำขึ้นจากพื้นให้ความยาวน้ำกระโดดสั้นลง และทำให้เกิดน้ำกระโดดสมบูรณ์ ซึ่งทำให้ลักษณะทำนองดีขึ้น

Sills เป็นชิ้นส่วนที่อยู่ปลายสุดของอาคารสลายพลังงาน มี 2 ชนิดคือแบบตัน (solid) ซึ่งจะขวางเต็มความกว้างอาคาร และแบบมีร่อง คือ ทำช่องเว้าช่อง (dentated) มีหน้าที่ลดความยาวน้ำกระโดดและลดการกัดเซาะ อาคารสลายพลังงานใหญ่ๆ dentated จะทำเป็นช่องเว้าช่องเพื่อทำลายความเร็วของลำน้ำที่ยังมีเหลือ แล้ววิ่งไปท้ายอาคารสลายพลังงาน ซึ่งจะทำให้เกิดการกัดเซาะได้

Baffle piers หรือ floor block เป็นชิ้นส่วนอยู่กลางระหว่าง chute block และ endsill ลักษณะเรียงกัน block เว้า block ทำหน้าที่ลดพลังงานโดยการกระแทกกับตัว block ซึ่งจะได้ผลมากเมื่อความเร็วที่ปะทะไม่เกิน 15 เมตร/วินาที ใช้สำหรับอาคารเล็กๆ



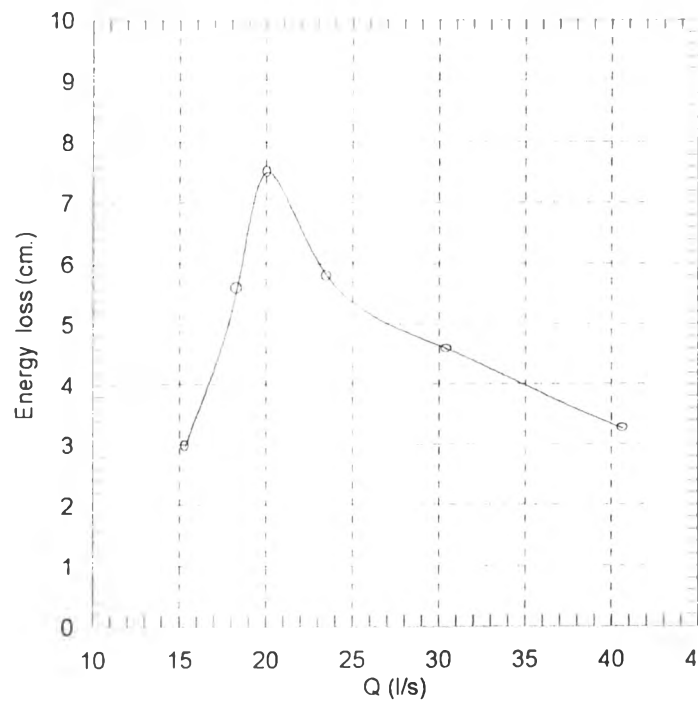
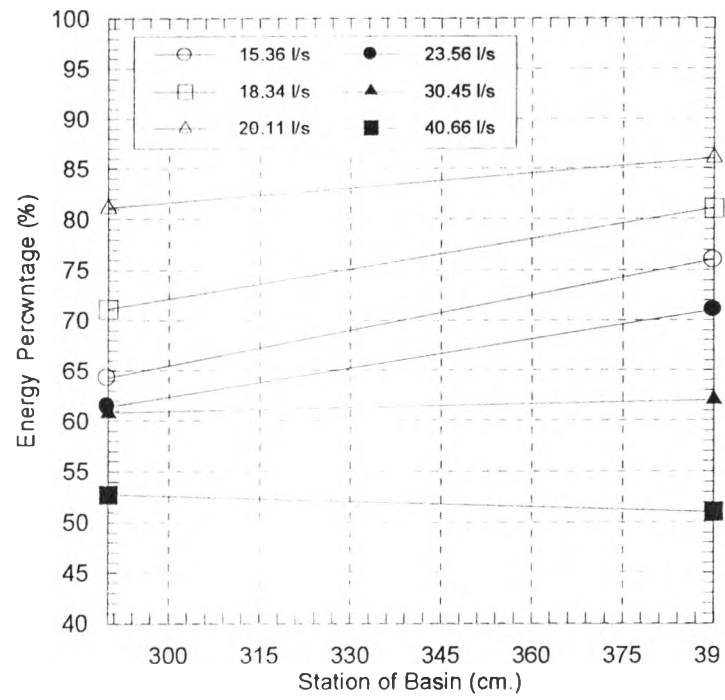
รูป 4-15 ประสิทธิภาพการสลายพลังงานในแบบจำลอง

#### 4.4 สรุปผลทดลองกรณีโครงการ

เมื่อเพิ่มอัตราการไหล ความลึกการไหลในอ่างรับน้ำด้านบนเพิ่มตามไปด้วย รูปแบบการไหลในช่วงอาคารรับน้ำด้านบนเป็นการไหลแบบ subcritical เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งควบคุม(control section) STA. 0 และอัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที ( $0.52Q_{max}$ ) ความลึกการไหลมากกว่าค่าความลึกวิกฤต (critical depth) ทำให้การไหลเปลี่ยนแปลงระดับน้ำแกว่งขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ

การไหลในทางลาด chute1 และ chute 2 การไหลเป็นแบบ supercritical ความลึกการไหลมีค่าน้อยกว่าความลึกวิกฤต (critical depth) ในทุกอัตราการไหล

การสลายพลังงานในอาคารสลายพลังงาน สามารถใช้งานและสลายพลังงานได้ถึงอัตราการไหลที่ 21.02 ลิตร/วินาที ( $0.52Q_{max}$ ) เมื่ออัตราการไหลมากขึ้นอาคารสลายพลังงานไม่สามารถใช้การได้น้ำกระโดดเกิดภายนอกอาคารสลายพลังงาน ทำให้เกิดการกัดเซาะด้านท้ายน้ำ



รูป 4-16 ประสิทธิภาพการสลายพลังงานในอาคารสลายพลังงาน

#### 4.5 แนวทางการปรับปรุง

ในการปรับปรุงการสลายพลังงาน จะทำการปรับปรุงเป็น 2 กรณี คือ

1. การปรับปรุงด้านท้ายน้ำ อาคารสลายพลังงาน
2. การปรับปรุงด้านเหนือน้ำ อ่างรับน้ำด้านบน

4.5.1 การปรับปรุงด้านท้ายน้ำ ทำการทดลองโดยการยกกระดบท้ายน้ำจากระดับเดิมที่ได้ออกแบบไว้ คือ 3.2 ช.ม. โดยทำการทดลองเพิ่มอีก 4 ระดับ คือ 4.7 ช.ม., 6.2 ช.ม., 7.2 ช.ม. และ 7.7 ช.ม. เมื่อทำการยกกระดบห้องคลองระบายน้ำ ผลการทดลองทำให้ได้ระดับด้านท้ายน้ำสูงขึ้นดังตาราง 4-2

ตาราง 4-3 ปริมาณน้ำและระดับท้ายน้ำที่ทำการทดลอง

Q (l/s)	ระดับความสูงของน้ำด้านท้ายน้ำ STA. 490				
	TW1 (3.2)*	TW2 (4.7)**	TW3 (6.2)***	TW4 (7.2)**	TW5 (7.7)**
6.16 (0.15Qmax)	+3.84	+5.03	+7.47	+7.87	+8.16
7.27 (0.18Qmax)	+3.96	+5.94	+8.56	+9.04	+9.69
8.28 (0.21Qmax)	+4.25	+6.02	+9.88	+10.07	+10.26
15.36 (0.38Qmax)	+4.64	+6.08	+9.95	+10.53	+11.08
16.46 (0.41Qmax)	+4.95	+6.10	+10.04	+10.65	+11.48
16.97 (0.42Qmax)	+5.08	+7.26	+10.53	+12.19	+13.91
18.34 (0.46Qmax)	+5.12	+7.56	+10.58	+12.85	+13.96
19.32 (0.47Qmax)	+5.31	+7.97	+10.98	+13.28	+14.22
19.43 (0.48Qmax)	+5.61	+8.01	+11.34	+13.67	+14.36
20.11 (0.49Qmax)	+5.74	+8.28	+11.55	+13.78	+14.45
21.02 (0.52Qmax)	+6.12	+8.64	+11.82	+13.95	+15.26
22.44 (0.56Qmax)	+6.32	+8.32	+12.01	+13.17	+14.77
23.65 (0.59Qmax)	+6.45	+8.68	+12.24	+13.92	+15.30
26.48 (0.66Qmax)	+6.52	+8.71	+12.23	+14.38	+15.59
28.36 (0.71Qmax)	+7.09	+8.89	+12.59	+14.53	+15.93
29.33 (0.73Qmax)	+6.78	+9.03	+12.55	+14.75	+16.50
30.45 (0.76Qmax)	+7.14	+9.44	+12.64	+14.94	+16.73
31.75 (0.79Qmax)	+7.26	+9.86	+12.76	+15.32	+16.78
36.45 (0.91Qmax)	+7.31	+9.97	+12.94	+15.45	+16.76
40.66 (1.01Qmax)	+7.36	+10.07	+12.94	+14.85	+16.75

หมายเหตุ :-

- \* การทดลองกรณีตามแบบก่อสร้างโครงการ
  - \*\* การทดลองกรณีการปรับปรุงท้ายน้ำ
  - \*\*\* การทดลองกรณีท้ายน้ำตามแบบของ USBR
- Qmax อัตราการไหลสูงสุดรอบ 100 ปี

ความลึกการไหลในอาคารสลายพลังงาน

เมื่อทำการปรับปรุงกรณีระดับทำynnน้ำ TW2 TW3 TW4 และ TW5 ความลึกการไหลเพิ่มมากขึ้น สัมพันธ์กับระดับของห้องคลองระบาย ดังรูป 4-17

- เมื่อทำการยกระดับทำynnน้ำกรณี TW2 สามารถรองรับอัตราการไหลถึงค่าระดับหนึ่งคือที่อัตราการไหล 29.33 ลิตร/วินาที (0.73Qmax) เมื่ออัตราการไหลมากกว่า 29.33 ลิตร/วินาที (0.73Qmax) ความลึกการไหลจะไม่คงที่ มีการยกตัวของน้ำขึ้นสูง ตรงตำแหน่งทำynnอาคารสลายพลังงานกระแสจะพุ่งชนส่วนทำynnอาคารสลายพลังงานตรง endsill ออกภายนอกอาคารสลายพลังงาน ดังรูป 4-17 (ค) และ รูป 4-17 (ง)
- เมื่อทำการยกระดับทำynnน้ำกรณี TW3 TW4 และ TW5 สามารถรองรับอัตราการไหล 40.66 ลิตร/วินาที (1.01Qmax) ความลึกการไหลภายในอาคารสลายพลังงานคงที่ ดังรูป 4-17 (ก) และ รูป 4-17 (ข) โดยไม่เกิดการ sweep-out

การเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำกระโดด

เมื่อทำการยกระดับทำynnน้ำกรณี TW2 ตำแหน่งการเกิดน้ำกระโดดเกิดในอาคารสลายพลังงานที่อัตราการไหลน้อยกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) เมื่ออัตราการไหลมากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) จะเกิดปรากฏการณ์ sweep-out อาคารสลายพลังงานไม่สามารถรองรับอัตราการไหลที่มากกว่า 21.02 ลิตร/วินาที (0.52Qmax) ได้ ดังรูป 4-18

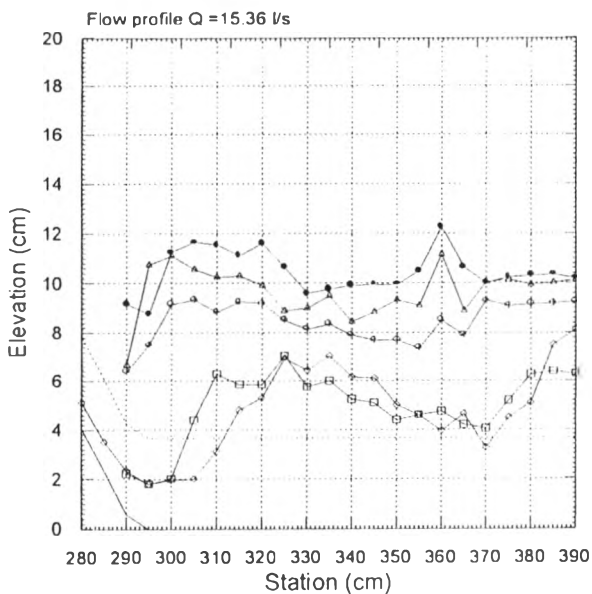
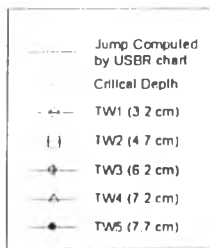
การทดลองยกระดับทำynnน้ำกรณี TW3, TW4 และ TW5 ตำแหน่งการเกิดน้ำกระโดดที่อัตราการไหล 40.66 ลิตร/วินาที (1.01Qmax) ยังคงอยู่ในขอบเขตของอาคารสลายพลังงาน ดังรูป 4-19 และ 4-20 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความยาวของน้ำกระโดดที่ยกระดับทั้ง 3 ค่าคือ TW3 TW4 และ TW5 จะมีค่าน้อยกว่าการคำนวณ ดังรูป 4-19 และ รูป 4-20

ความยาวของน้ำกระโดดยาวขึ้นตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น อิทธิพลที่ทำให้ความยาวของน้ำกระโดดลดน้อยลงคือระดับความสูงด้านทำynnน้ำ เมื่อความสูงด้านทำynnน้ำมากขึ้นทำให้ความยาวของน้ำกระโดดลดลงโดยเฉพาะกรณี TW4 และ TW5 ความยาวน้ำกระโดดลดลงอยู่ในอาคารสลายพลังงาน

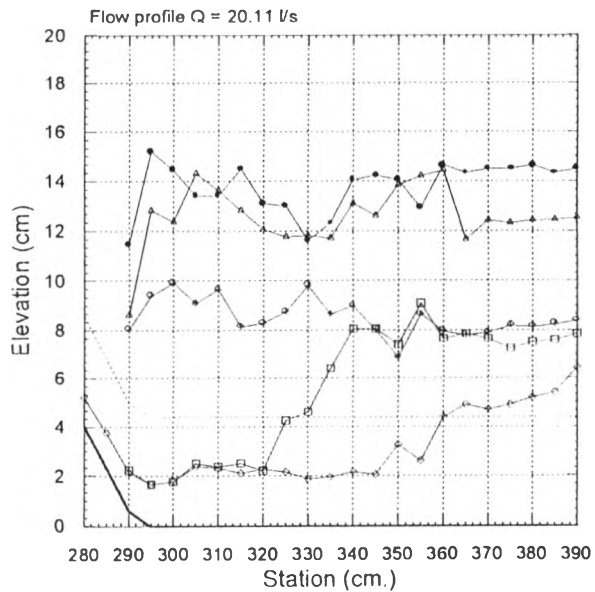
ความเร็วหลังการเกิดน้ำกระโดด จากรูป 4-22 ซึ่งเป็นความเร็วตำแหน่งทำynnอาคารสลายพลังงาน เมื่อทำการยกระดับทำynnน้ำกรณี TW2 - TW5 ความเร็วหลังการเกิดน้ำกระโดดมีค่าลดลงต่ำกว่า 120 ซม./วินาที USBR (1987) ได้เสนอว่าเป็นความเร็วที่ต้องทำการปูหินเรียงเพื่อป้องกันการกัดเซาะทำynnน้ำ เมื่อยกระดับทำynnน้ำทั้ง 4 กรณี สามารถลดความเร็วหลังเกิดน้ำกระโดดได้ เป็นผลให้ทำynnน้ำไม่เกิดการกัดเซาะจากผลของน้ำกระโดด

ประสิทธิภาพการสลายพลังงาน ของอาคารสลายพลังงาน หลังจากทำการยกระดับทำynnน้ำกรณี TW2, TW3, TW4 และ TW5 จะเห็นได้ว่า การสลายพลังงานมีความสัมพันธ์กับกรณีการยกระดับทำynnน้ำ โดยเมื่อทำการยกระดับทำynnน้ำกรณี TW4 และ TW5 ประสิทธิภาพการสลายพลังงานมีค่าร้อยละ 80 เพิ่มจากค่าระดับทำynnน้ำกรณี TW1 ที่ทำการออกแบบไว้ ถึงร้อยละ 30

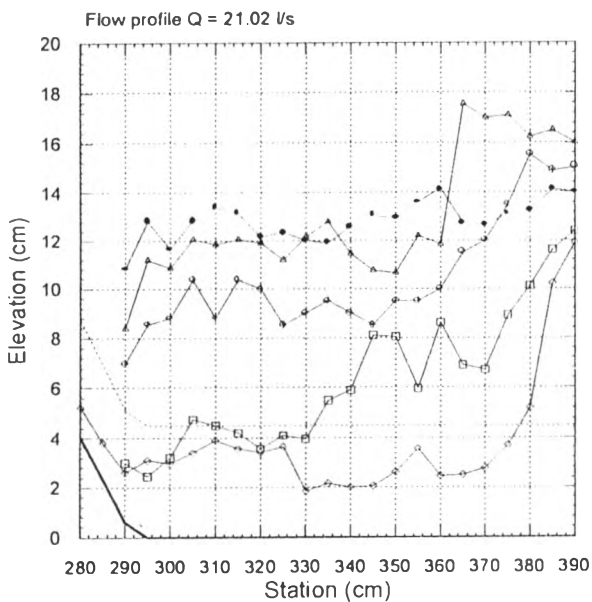
### Water Surface Profile TW1 - TW5



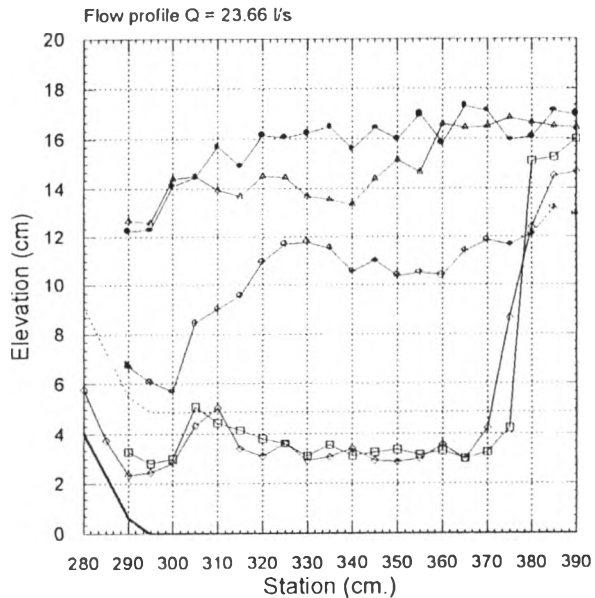
(น)



(จ)



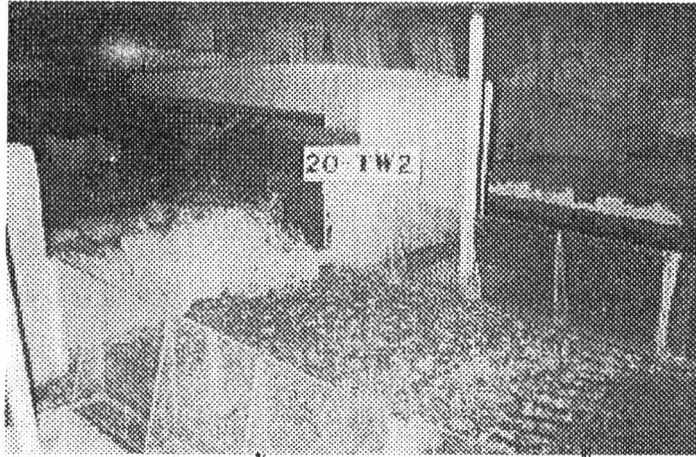
(ค)



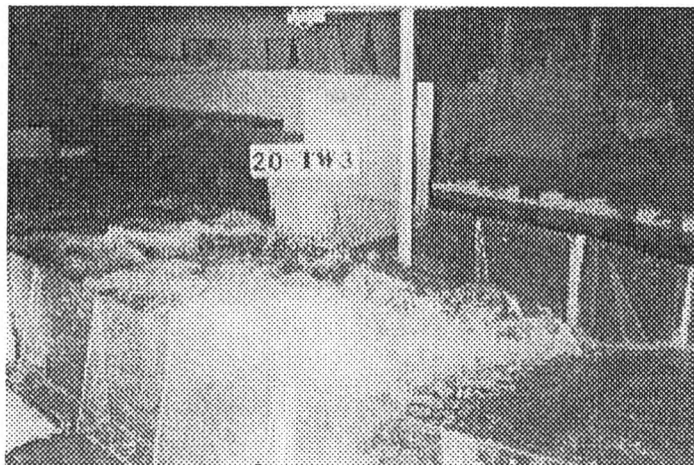
(ง)

รูป 4-17 ความสัมพันธ์อัตราการไหลและความลึกการไหลในอาคารสลายพลังงาน  
(กรณียกระดับทำน้ำ TW1-TW5)

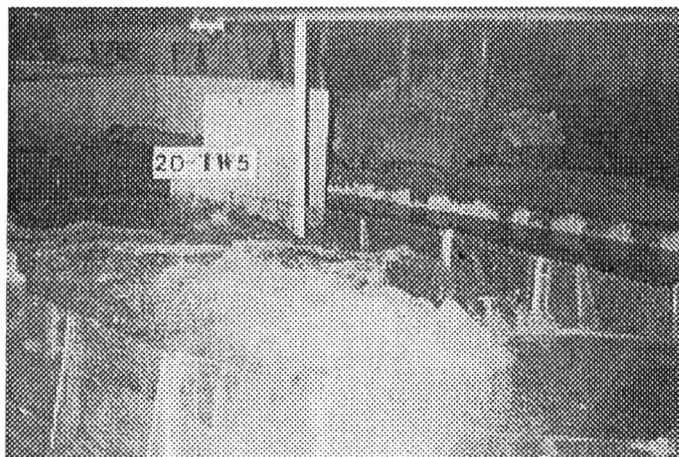




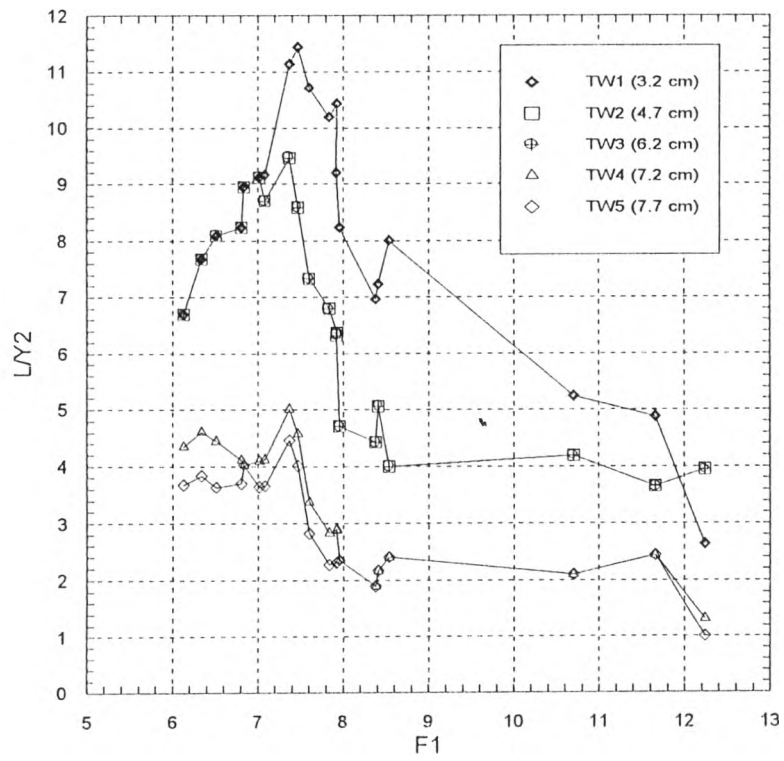
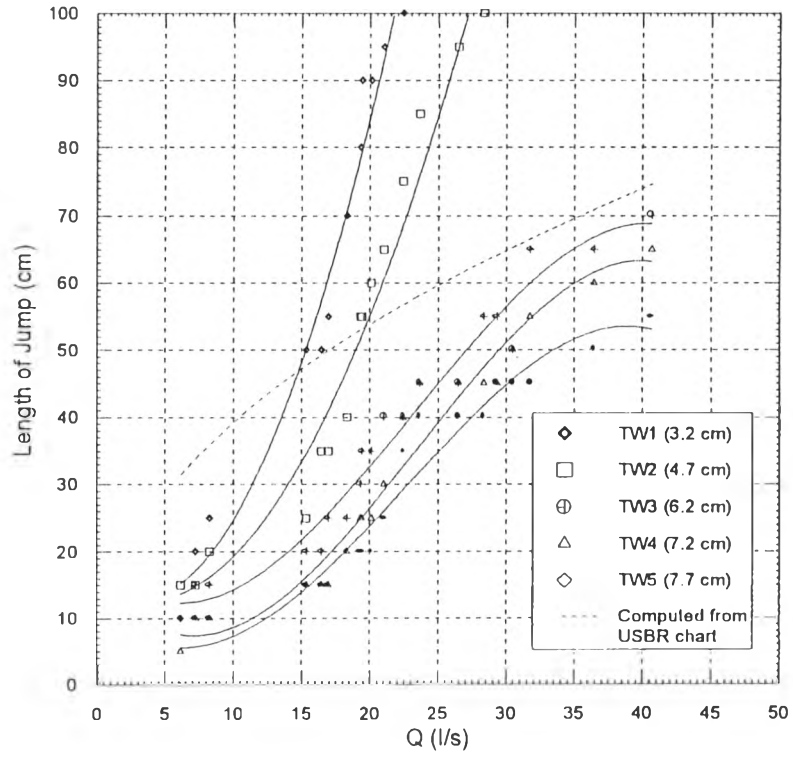
รูป 4-18 การเกิดน้ำกระโดด (กรณียกระดับท้ายน้ำ TW2)



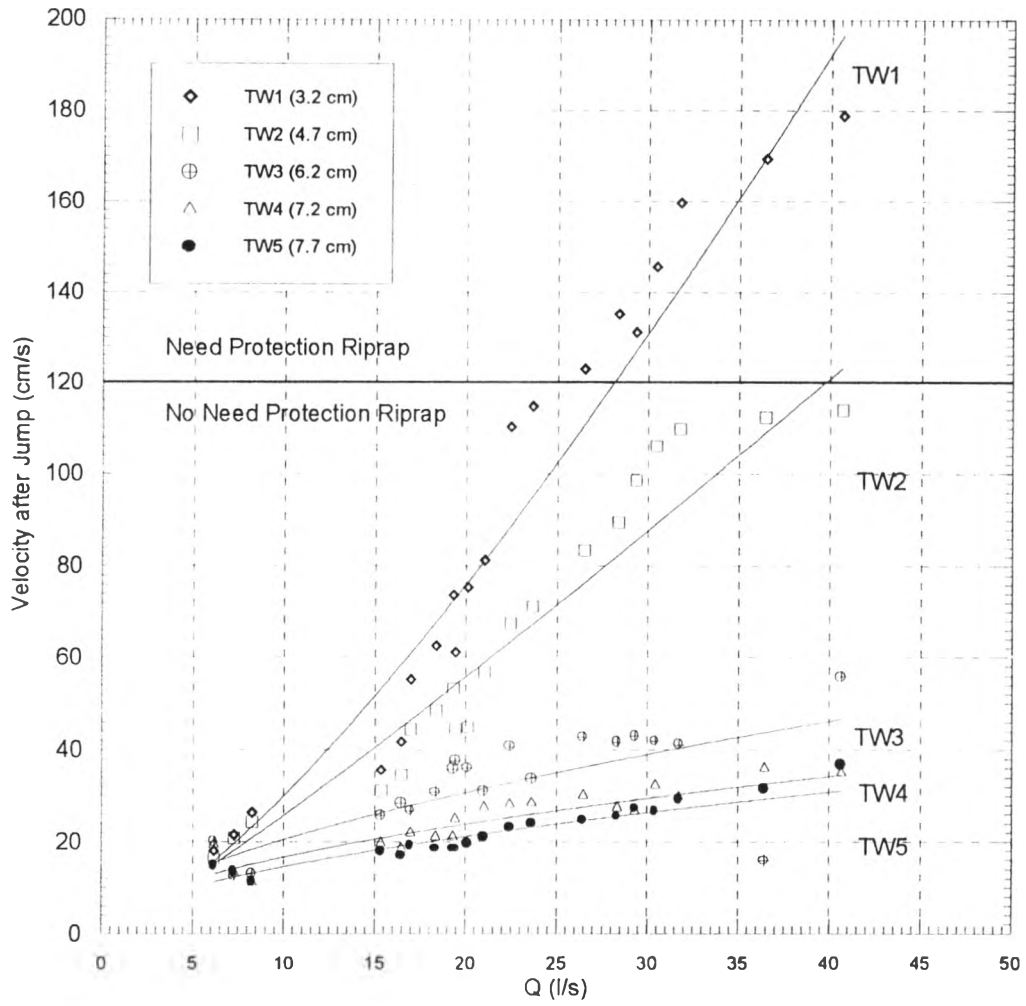
รูป 4-19 การเกิดน้ำกระโดด (กรณียกระดับท้ายน้ำ TW3)



รูป 4-20 การเกิดน้ำกระโดด (กรณียกระดับท้ายน้ำ TW5)



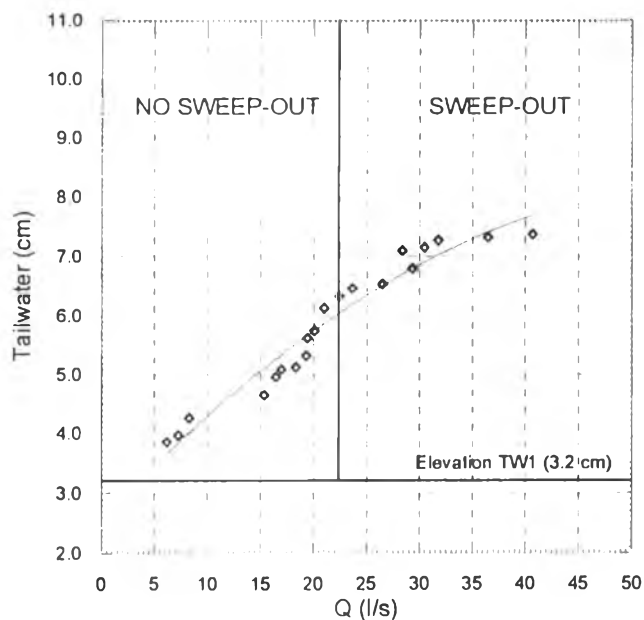
รูป 4-21 ความยาวของน้ำกระโดด



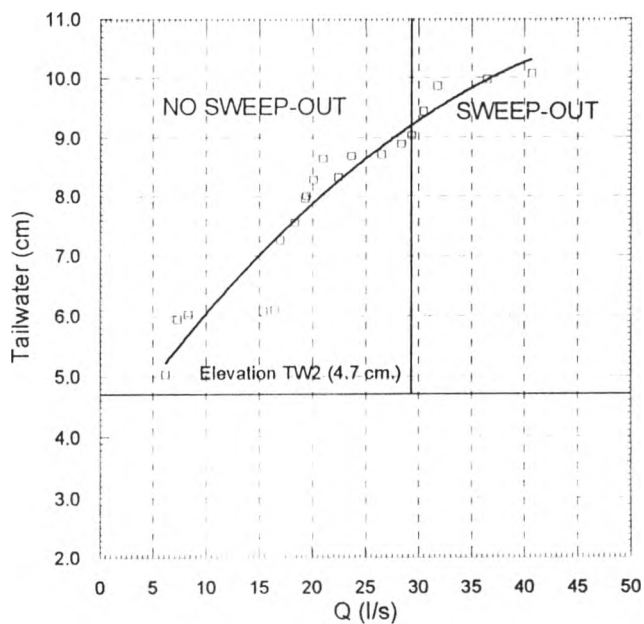
รูป 4-22 ความเร็วหลังเกิดน้ำกระโดดท้ายอาคารสลายพลังงาน

ปรากฏการณ์ sweep-out

ในการเกิด sweep-out ขึ้นกับความสัมพันธ์ระดับด้านท้ายน้ำ (tailwater depth) กับอัตราการไหลโดยแสดงความสัมพันธ์ ดังรูป 4-23



(n)



(ข)

รูป 4-23 ความสัมพันธ์อัตราการไหลกับระดับท้ายน้ำในการเกิด sweep-out

ตาราง 4-4 การเกิด sweep-out ในการทดลอง

Q (l/s)	ระดับความสูงของน้ำด้านท้ายน้ำ STA. 490				
	TW1 (3.2)*	TW2 (4.7)**	TW3 (6.2)***	TW4 (7.2)**	TW5 (7.7)**
6.16 (0.15Qmax)	+3.84	+5.03	+7.47	+7.87	+8.16
7.27 (0.18Qmax)	+3.96	+5.94	+8.56	+9.04	+9.69
8.28 (0.21Qmax)	+4.25	+6.02	+9.88	+10.07	+10.26
15.36 (0.38Qmax)	+4.64	+6.08	+9.95	+10.53	+11.08
16.46 (0.41Qmax)	+4.95	+6.10	+10.04	+10.65	+11.48
16.97 (0.42Qmax)	+5.08	+7.26	+10.53	+12.19	+13.91
18.34 (0.46Qmax)	+5.12	+7.56	+10.58	+12.85	+13.96
19.32 (0.47Qmax)	+5.31	+7.97	+10.98	+13.28	+14.22
19.43 (0.48Qmax)	+5.61	+8.01	+11.34	+13.67	+14.36
20.11 (0.49Qmax)	+5.74	+8.28	+11.55	+13.78	+14.45
21.02 (0.52Qmax)	+6.12	+8.64	+11.82	+13.95	+15.26
22.44 (0.56Qmax)	+6.32	+8.32	+12.01	+13.17	+14.77
23.65 (0.59Qmax)	+6.45	+8.68	+12.24	+13.92	+15.30
26.48 (0.66Qmax)	+6.52	+8.71	+12.23	+14.38	+15.59
28.36 (0.71Qmax)	+7.09	+8.89	+12.59	+14.53	+15.93
29.33 (0.73Qmax)	+6.78	+9.03	+12.55	+14.75	+16.50
30.45 (0.76Qmax)	+7.14	+9.44	+12.64	+14.94	+16.73
31.75 (0.79Qmax)	+7.26	+9.86	+12.76	+15.32	+16.78
36.45 (0.91Qmax)	+7.31	+9.97	+12.94	+15.45	+16.76
40.66 (1.01Qmax)	+7.36	+10.07	+12.94	+14.85	+16.75

หมายเหตุ :-

- \* การทดลองกรณีตามแบบก่อสร้างโครงการ
  - \*\* การทดลองกรณีการปรับปรุงท้ายน้ำ
  - \*\*\* การทดลองกรณีท้ายน้ำตามแบบของ USBR
- Qmax อัตราการไหลสูงสุดรอบ 100 ปี



ช่วงการเกิด sweep-out

#### 4.5.2 การปรับปรุงด้านเหนือน้ำ

ทำการปรับปรุงโดยทำการคำนวณเปรียบเทียบ 2 กรณี คือ

1. เพิ่มความลาดของอาคารรับน้ำด้านบน โดยเพิ่มความลาดให้มากขึ้นจากเดิม 0.02 เพิ่มความลาดอีก 4 ค่า คือ 0.025 0.030 0.035 และ 0.040 (ความลาดวิกฤตเท่ากับ 0.0253) เปรียบเทียบหาความลึกการไหลที่ทำให้ด้านท้ายน้ำของอ่างรับน้ำด้านบน STA.0 ซึ่งเป็นจุดควบคุมการไหลมีความลึกการไหลน้อยหรือมากกว่าความลึกวิกฤต (critical depth) หรือป้องกันการเกิดการแกว่งของระดับน้ำ
2. เพิ่มความกว้างของท้ายน้ำอาคารรับน้ำด้านบน STA. 0 โดยเพิ่มทุก 10 ซม. จากค่าเดิม คือ 50 ซม. เป็น 60 70 80 และ 90 ซม. ความกว้างเป็นตัวควบคุมความลึกวิกฤต (critical depth) ที่หน้าตัดควบคุม STA.0

ตาราง 4-5 การปรับปรุงทางลาดของอ่างรับน้ำด้านบน

Q ลิตร/วินาที	ความลึกปกติที่หน้าตัดควบคุม STA.0 (ซม.)				
	S=0.020	S=0.025	S=0.030	S=0.035	S=0.040
6.16 (0.15Qmax)	2.0130	1.8745	1.7699	1.6940	1.6250
7.27 (0.18Qmax)	2.3070	2.1520	2.0310	1.9390	1.8605
8.28 (0.21Qmax)	2.5730	2.4000	2.2650	2.1620	2.0740
15.36 (0.38Qmax)	4.4000	4.0970	3.8670	3.6830	3.5300
16.46 (0.41Qmax)	4.6760	4.3550	4.1080	3.9130	3.7500
16.97 (0.42Qmax)	4.8030	4.4720	4.2200	4.0150	3.8510
18.34 (0.46Qmax)	5.1430	4.7870	4.5160	4.2990	4.1200
19.32 (0.47Qmax)	5.3820	5.0100	4.7250	4.4980	4.3100
19.43 (0.48Qmax)	5.4100	5.0350	4.7480	4.5200	4.3305
20.11 (0.49Qmax)	5.5750	5.1870	4.8900	4.6560	4.4610
21.02 (0.52Qmax)	5.7920	5.3880	5.0805	4.8360	4.6330
22.44 (0.56Qmax)	6.1270	5.6980	5.3720	5.1120	4.8970
23.65 (0.59Qmax)	6.3930	5.9570	5.6160	5.3420	5.1170
26.48 (0.66Qmax)	7.3820	6.5400	6.6120	5.8600	5.6120
28.36 (0.71Qmax)	7.4340	6.9070	6.5070	6.1870	5.9240
29.33 (0.73Qmax)	7.6320	7.0900	6.6780	6.3500	6.0800
30.45 (0.76Qmax)	7.8540	7.2960	6.8710	5.5320	6.2540
31.75 (0.79Qmax)	8.1040	7.5250	7.0860	6.7360	3.4480
36.45 (0.91Qmax)	8.9090	8.2685	7.7816	7.3960	7.0770
40.66 (1.01Qmax)	9.4860	8.8010	8.2810	7.8660	7.5270

หมายเหตุ :- S = ความลาดชันของอาคารรับน้ำด้านบน

Qmax = อัตราการไหลสูงสุดรอบ 100 ปี

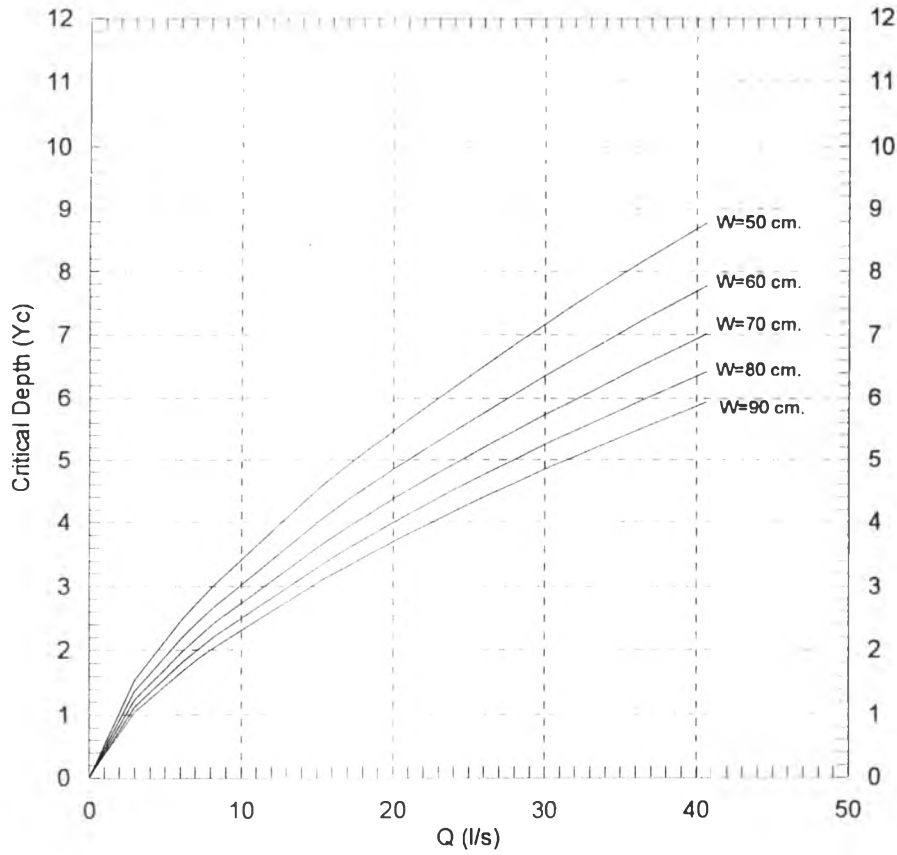
ตาราง 4-6 การปรับปรุงความกว้างด้านท้ายน้ำของบ่อรับน้ำด้านบน

Q ลิตร/วินาที	ความลึกวิกฤตที่หน้าตัดควบคุม STA.0 (ซม.)				
	W=50 ซม.	W=60 ซม.	W=70 ซม.	W=80 ซม.	W=90 ซม.
6.16 (0.15Qmax)	2.49	2.21	1.99	1.82	1.68
7.27 (0.18Qmax)	2.78	2.46	2.22	2.03	1.88
8.28 (0.21Qmax)	3.03	2.69	2.43	2.22	2.05
15.36 (0.38Qmax)	4.58	4.06	3.66	3.35	3.10
16.46 (0.41Qmax)	4.80	4.25	3.83	3.51	3.24
16.97 (0.42Qmax)	4.90	4.34	3.91	3.58	3.31
18.34 (0.46Qmax)	5.16	4.57	4.12	3.77	3.49
19.32 (0.47Qmax)	5.34	4.73	4.27	3.90	3.61
19.43 (0.48Qmax)	5.36	4.75	4.28	3.92	3.62
20.11 (0.49Qmax)	5.48	4.86	4.38	4.01	3.71
21.02 (0.52Qmax)	5.65	5.00	4.51	4.13	3.82
22.44 (0.56Qmax)	5.90	5.22	4.71	4.31	3.99
23.65 (0.59Qmax)	6.11	5.41	4.88	4.47	4.13
26.48 (0.66Qmax)	6.59	5.83	5.26	4.82	4.45
28.36 (0.71Qmax)	6.90	6.11	5.51	5.04	4.66
29.33 (0.73Qmax)	7.05	6.25	5.64	5.16	4.77
30.45 (0.76Qmax)	7.23	6.40	5.78	5.29	4.89
31.75 (0.79Qmax)	7.44	6.58	5.94	5.44	5.02
36.45 (0.91Qmax)	8.15	7.22	6.51	5.96	5.51
40.66 (1.01Qmax)	8.77	7.76	7.01	6.41	5.93

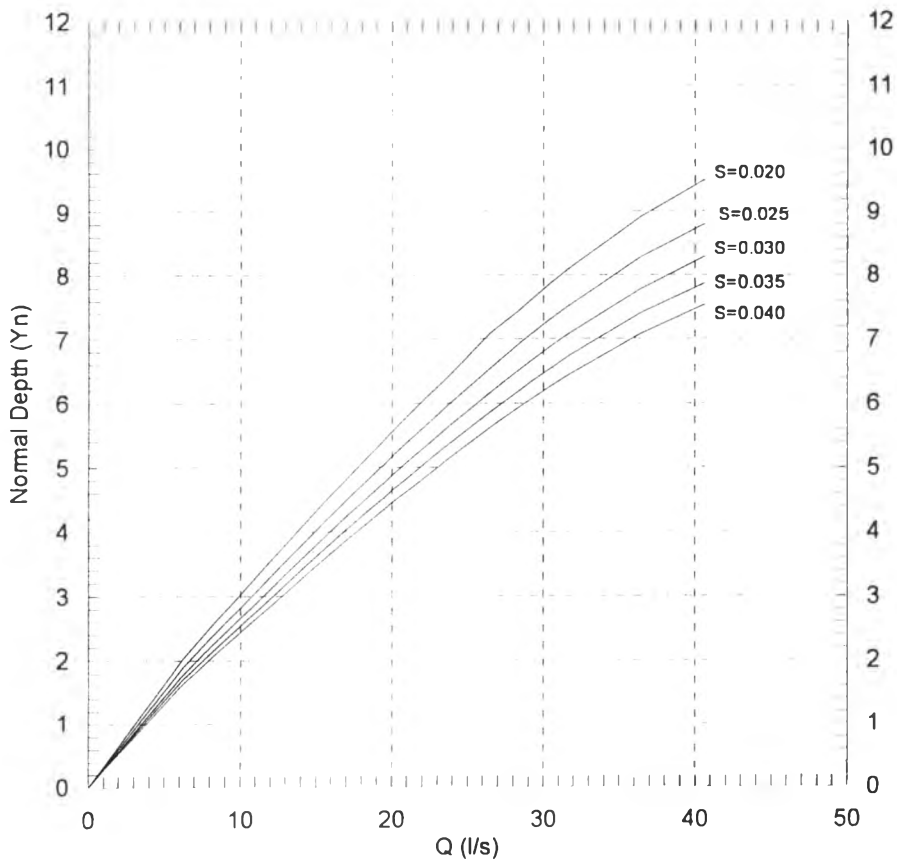
หมายเหตุ :-

W = ความกว้างด้านท้ายน้ำของอ่างรับน้ำด้านบน

Qmax = อัตราการไหลสูงสุดรอบ 100 ปี



รูป 4-24 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความลึกวิกฤต



รูป 4-25 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความลึกปกติ



ตาราง 4-7 ข้อมูลความยาวสันฝายกับความกว้างทางระบายของอ่างรับน้ำด้านบน

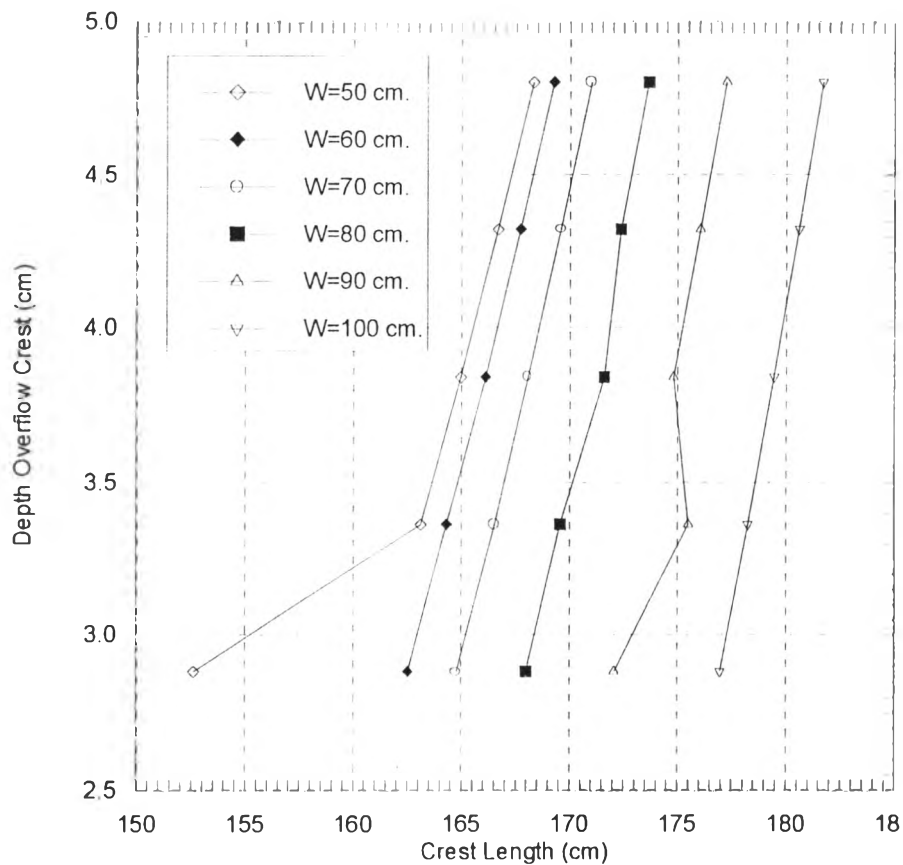
ความลึกเหนือสันฝาย (ซม.)	L = ความยาวสันฝาย (ซม.)					
	W=50	W=60	W=70	W=80	W=90	W=100
2.88	152.62	162.52	164.80	168.00	172.08	176.98
3.36	163.12	164.32	166.52	169.56	175.50	178.26
3.84	164.96	166.10	168.08	171.60	174.82	179.46
4.32	166.68	167.72	169.58	172.36	176.06	180.60
4.80	168.32	169.26	171.00	173.66	177.26	181.70

หมายเหตุ :-

$$S_0 = 0.02$$

W = ความกว้างทางระบายออก (ซม.)

ระยะทางจากสันฝายถึงหน้าตัดควบคุม = 95.54 ซม.



รูป 4-26 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวสันฝายกับความกว้างทางระบายออกของอ่างรับน้ำด้านบน

ผลจากตาราง 4-5 และ 4-6 คำนวณการปรับปรุงด้านเหนือน้ำ เมื่อเพิ่มความลาดอ่างรับน้ำด้านบนขึ้น ความลึกปกติมีค่าลดลง เช่นเดียวกับการเพิ่มความกว้างด้านท้ายน้ำของอ่างรับน้ำด้านบน ค่าความลึกวิกฤตจะลดลงเช่นกัน

ผลการปรับปรุงด้านเหนือน้ำที่คำนวณได้ในตาราง 4-5 และ ตาราง 4-6 นำมาหาความสัมพันธ์ในรูปกราฟ ได้ดังรูป 4-24 และรูป 4-25 เมื่อต้องการให้น้ำตัดควบคุมเกิดที่ตำแหน่ง STA.0 ในทุกอัตราการไหล ต้องหาความสัมพันธ์อัตราการไหล ความลาด ความกว้าง เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมและไม่เกิดปัญหาในภายหลังการก่อสร้าง

เช่น เมื่อต้องการหาความกว้าง และความลาดของอ่างรับน้ำด้านบน ที่อัตราการไหล 20 ลิตร/วินาที จากรูป 4-24 อัตราการไหล 20 ลิตร/วินาที เลือกเส้นกราฟ  $W=60$  เมื่อต้องการความกว้างท้ายน้ำอ่างรับน้ำด้านบนเป็น 60 ซม. อ่านค่าจะได้ค่าความลึกวิกฤต 4.8 ซม. ค่าที่ได้ 4.8 นำไปแทนค่าของความลึกปกติในรูป 4-25 เพื่อหาความลาด อัตราการไหล 20 ลิตร/วินาที ความลึกปกติ 4.8 ซม. จุดตัดเกิดบนเส้น  $S=0.030$  นั่นคือ ที่อัตราการไหล 20 ลิตร/วินาที ความกว้างท้ายน้ำอ่างรับน้ำด้านบนที่ STA.0 เป็น 60 ซม. จะได้ความลาด  $S=0.03$  ซึ่งทำให้ STA. 0 เกิดเป็นหน้าตัดควบคุม และไม่เกิดการไหลแบบ submerge ในอาคารรับน้ำด้านบน

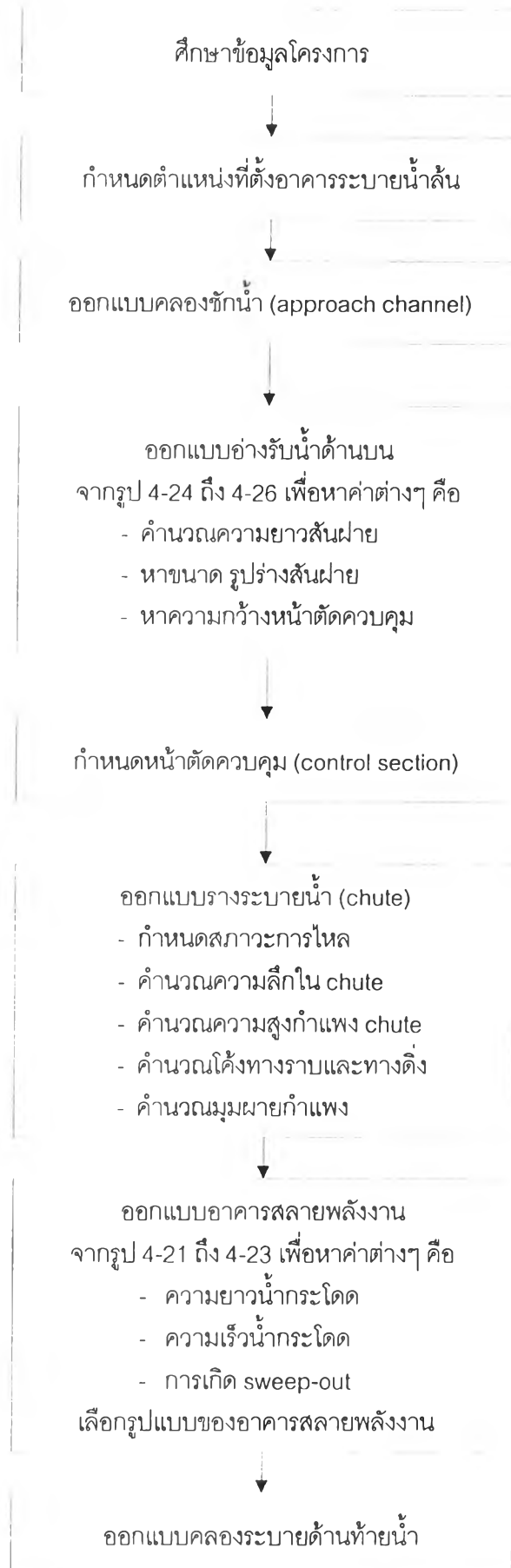
จากรูป 4-26 เมื่อกำหนดขนาดความลาด ระยะทางจากสันฝายไปยังตำแหน่งควบคุมคงที่ ความยาวของสันฝายจะเปลี่ยนแปลงเมื่อความกว้างทางระบายออกเพิ่มขึ้น อัตราส่วนจะเพิ่มตามความกว้างของทางระบายออก ทำให้ได้อัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น เมื่อกำหนดความกว้างทางระบายออกมากเกินไป จะส่งผลไปถึงรูปร่างลักษณะความสวยงามของอ่างรับน้ำด้านบน เมื่อเพิ่มความกว้างถึง 100 ซม. อัตราส่วนระหว่างความยาวของสันฝายกับทางระบายออกมีแนวโน้มน้อยลง นั่นคือเส้นกราฟมีความชันมากขึ้น การออกแบบให้อัตราส่วนที่พอเหมาะสำหรับอ่างรับน้ำด้านบน คือ ความกว้างของทางระบายออก มีความกว้าง 0.25-0.35 เท่าของความยาวสันฝาย

#### 4.5.3 สรุปแนวทางการออกแบบต่อไป

- อ่างรับน้ำด้านบน การกำหนดความลาดของอ่างรับน้ำด้านบนมีอิทธิพลต่อความลึกการไหล เมื่อกำหนดค่าความลาดชันน้อยเกินไป จะทำให้เมื่ออัตราการไหลมากขึ้น ความลึกการไหลตรงตำแหน่งทางระบายออกซึ่งเป็นหน้าตัดควบคุม ก็มากตามไปด้วยจนถึงอัตราการไหลค่าหนึ่ง ที่ทำให้ความลึกการไหลที่ตำแหน่งควบคุม มีค่ามากกว่าความลึกวิกฤต เป็นผลให้ภายในอ่างรับน้ำด้านบนมีการไหลแบบ Submerge การกำหนดความลาดควรสัมพันธ์กับทางระบายออก เพราะทางระบายออกเป็นตัวกำหนดค่าความลึกการไหลอีกค่าหนึ่ง ทางระบายออกกว้างขึ้นทำให้ ความลึกการไหลที่หน้าตัดควบคุมลดลง ส่งผลถึงการไหลในอ่างรับน้ำด้านบนด้วย ค่าลาดและความกว้างของทางระบายออกที่ใช้ในการออกแบบ ต้องเป็นค่าที่ส่งผลให้หน้าตัดควบคุมมีค่าความลึกวิกฤตเท่ากับความลึกปกติ

- การกำหนดขนาดความยาวของสันฝายและความกว้างของทางระบายออก ขึ้นอยู่กับพื้นที่ก่อสร้างว่ามีพื้นที่จำกัดต่อขนาดที่ออกแบบหรือไม่ ในพื้นที่ก่อสร้างที่จำกัด การใช้สันฝายในแนวไม่ตรงจะได้ค่าความยาวของสันฝายมากขึ้น เมื่อความยาวสันฝายมากส่งผลให้ อัตราการไหลผ่านสันฝายมากตามไปด้วย การออกแบบความยาวสันฝายนอกเหนือจากที่กล่าวมา ยังมีความกว้างทางระบายออก โดยการกำหนดความกว้างทางระบายออกไม่ควรกำหนดให้มากเกินไป ควรคำนึงถึงรูปร่าง ความสวยงามของอ่างรับน้ำด้านบน ความกว้างของทางระบายออกเทียบกับความยาวสันฝายที่เหมาะสมอยู่ประมาณ 0.25-0.35 เท่าของความยาวสันฝาย

- อาคารสลายพลังงาน เป็นส่วนของอาคารที่จำเป็นที่สุด คือต้องออกแบบให้น้ำกระโดดที่เกิดขึ้นอยู่ภายในขอบเขตของอาคารสลายพลังงาน และไม่เกิดการกัดเซาะด้านท้ายน้ำเนื่องจากน้ำกระโดดด้วย ในการออกแบบอาคารสลายพลังงาน เมื่อคำนวณออกแบบ และใช้มาตรฐานของ USBR ทั้ง 3 แบบ ควรคำนึงถึงพื้นที่ในการก่อสร้างประกอบด้วย กรณีพื้นที่ก่อสร้างอาคารสลายพลังงานห่างจากลำน้ำเดิมมากพอที่จะสร้างคลองระบายได้ ควรยกพื้นคลองระบายสูงขึ้นเพื่อให้ระดับด้านท้ายน้ำมีระดับสูงกว่าระดับของการเกิดน้ำกระโดด เพื่อให้ระดับท้ายน้ำเป็นตัวควบคุมน้ำกระโดดไม่ให้เกิดภายนอกอาคารสลายพลังงาน แต่ถ้าพื้นที่ก่อสร้างห่างจากลำน้ำเดิมเล็กน้อยไม่เพียงพอแก่การสร้างคลองระบาย ควรแก้ไขด้วยการกั้นระดับของอาคารสลายพลังงานให้ต่ำลง หรือสร้างฝายขนาดเล็กด้านท้ายอาคารสลายพลังงานเพื่อเป็นตัวควบคุมระดับท้ายน้ำ (tailwater) วิธีนี้สามารถควบคุมน้ำกระโดดและลดความเสียหายทางด้านท้ายน้ำเนื่องจากน้ำกระโดดได้เป็นอย่างดี แต่ต้องอาศัยค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าวิธีอื่นๆ



รูป 4-27 ขั้นตอนในการออกแบบด้านชลศาสตร์อาคารระบายน้ำล้น