



บทที่ 4

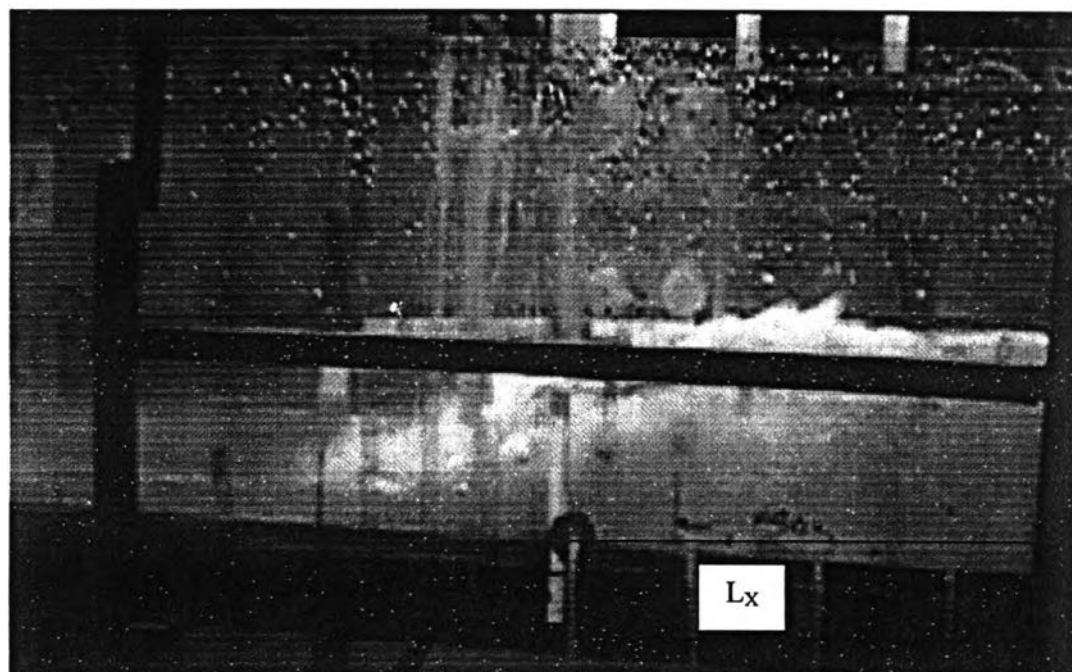
ผลการทดลอง

4.1 ผลของการดำเนินการทดลอง

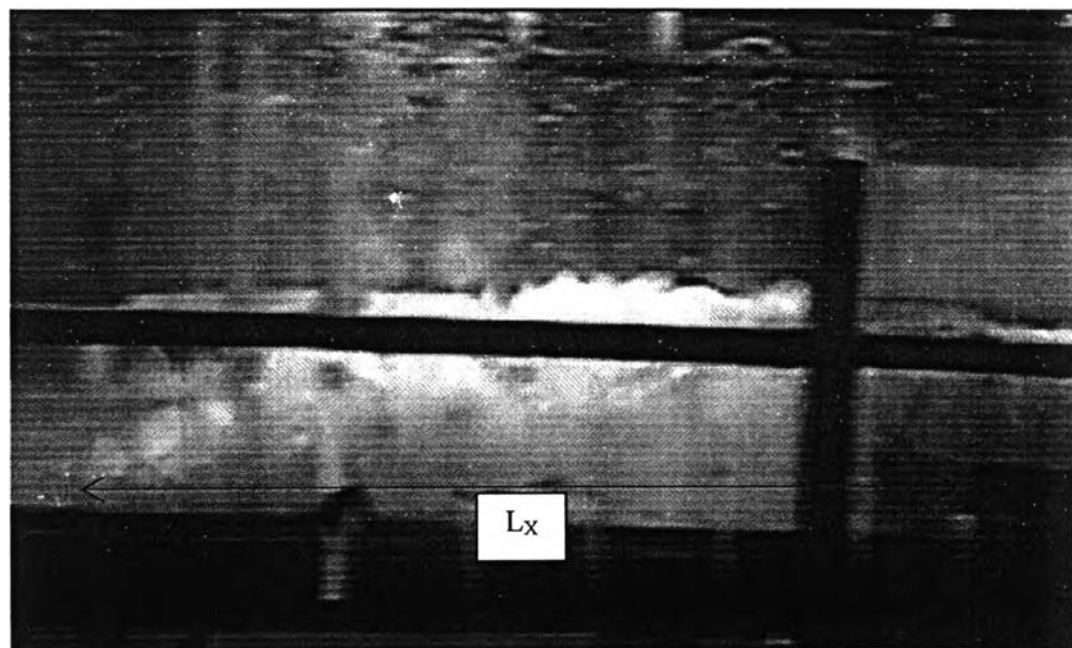
การศึกษาการสลายพลังงานของแ่งสลายพลังงาน แบบชั้นบันไดบนพื้นเอียงชันได้ ทำการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ ซึ่งได้จัดทำแ่งสลายพลังงานแบบชั้นบันไดบนพื้นเอียงชัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงความยาวชั้นบันได (l) และความสูงชั้นบันได(s) ในลักษณะต่าง ๆ กัน 20 รูปแบบ โดยในการทำการทดลองกำหนดให้ความยาวน้ำกระโดดจากจุดเริ่มต้นการเกิดน้ำกระโดดถึงจุดสิ้นสุดแ่งสลายพลังงาน(L_x) มีค่าคงที่ โดยการควบคุมจากระดับด้านท้ายน้ำ(tail water depth) ซึ่งการเก็บข้อมูลจากการทดลองในทุกกรณีนั้นจะเก็บข้อมูลเมื่อควบคุมความยาวน้ำกระโดดได้คงที่ เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมด ทั้ง 20 รายการแสดงใช้ในภาคผนวก สามารถสรุปได้ดังนี้

จำนวนการทดลอง	20	การทดลอง
จำนวนรูปแบบแ่งสลายพลังงาน	20	รูปแบบ
อัตราการไหล (q)	0.40 – 0.73	ลิตร/วินาที
ค่าฟรูดนัมเบอร์ (F_1)	3.90 – 19.05	
ประสิทธิภาพการสลายพลังงาน (%)	35 – 90 %	
อุณหภูมิน้ำ	25.0 – 29.5 °C	

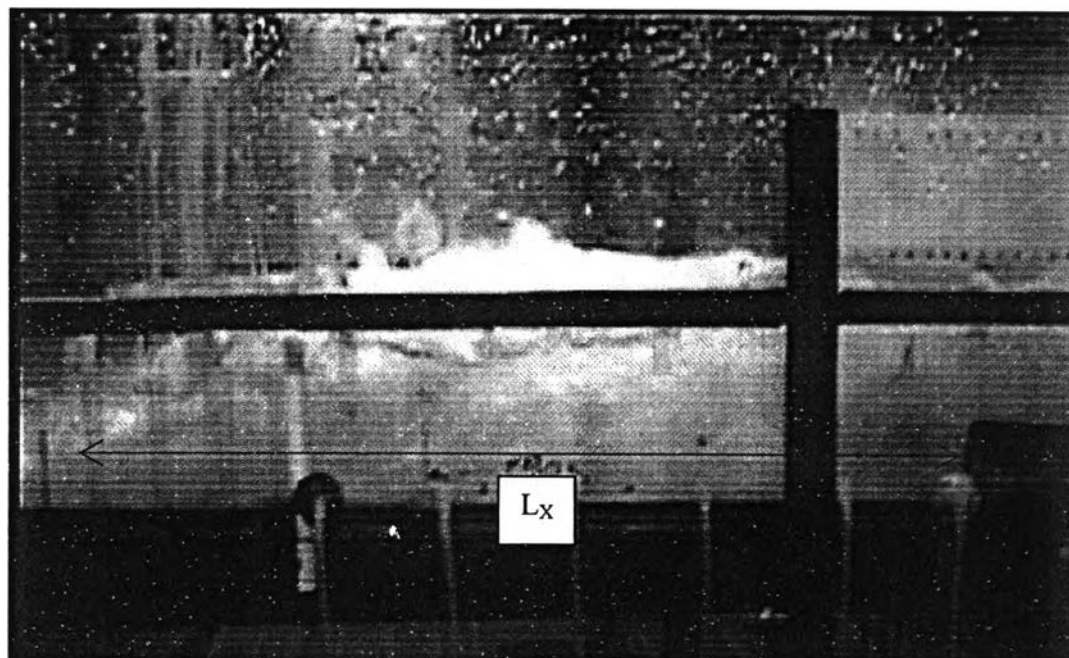
เมื่อแบ่งการทดลองตามลักษณะรูปแบบ และความสูง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-1 ถึง 4-6 (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก)



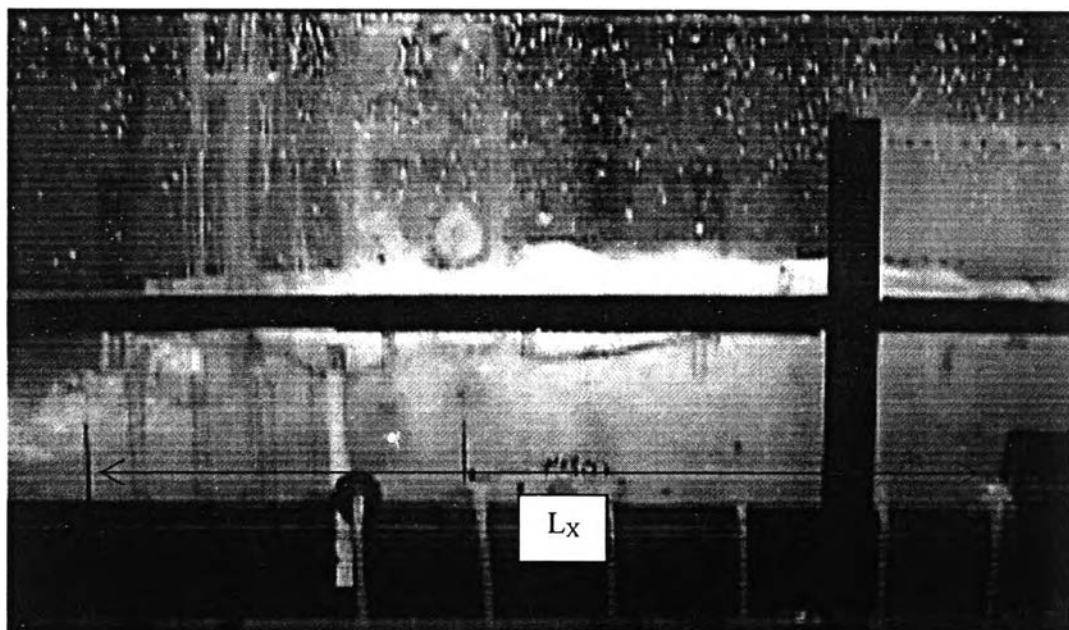
รูปที่ 4-1 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ $S_1 - 4$ ($q=0.65$ l/s., time step 1)



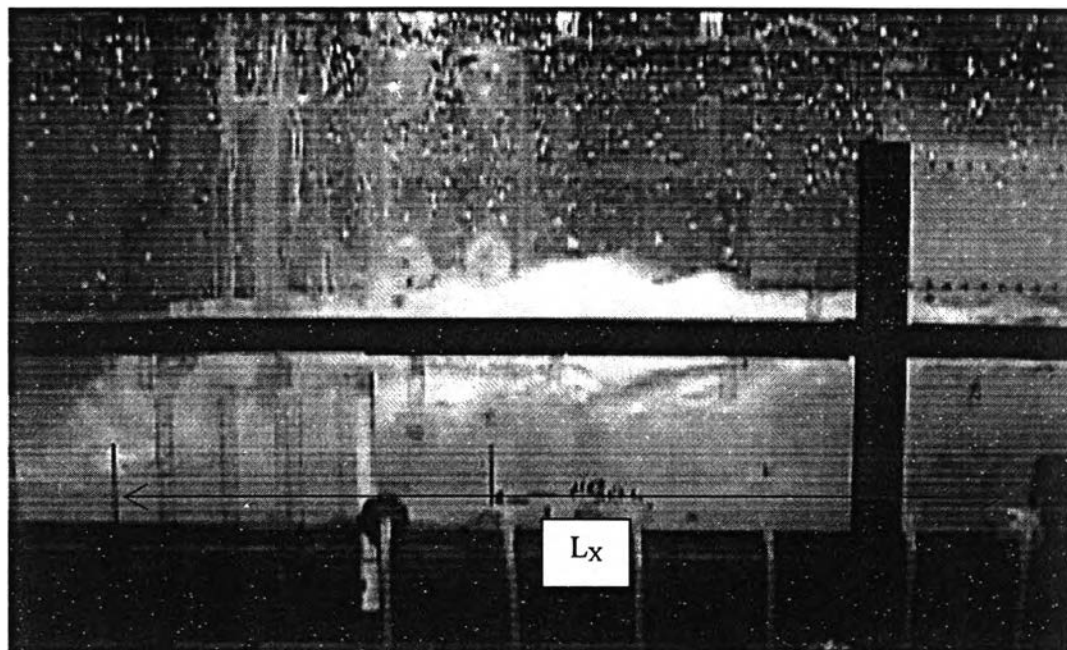
รูปที่ 4-2 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ $S_1 - 4$ ($q=0.65$ l/s., time step 2)



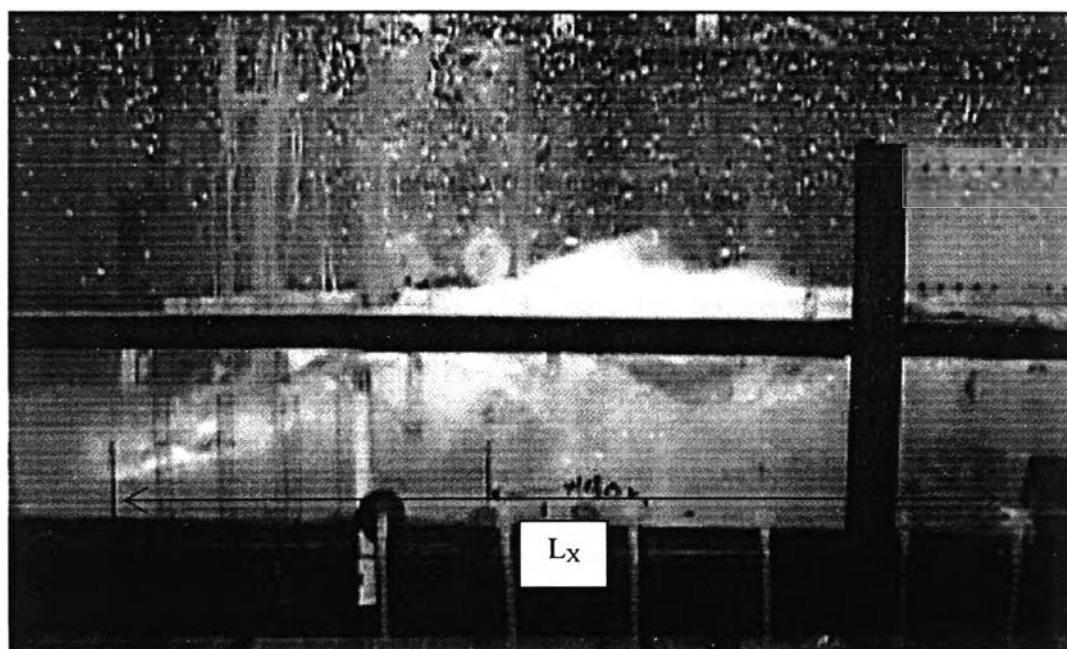
รูปที่ 4-3 การเกิดน้ำกระโดดแฉ่งสลายพลังงานแบบ S₁ - 4 ($q=0.65$ l/s., time step 3)



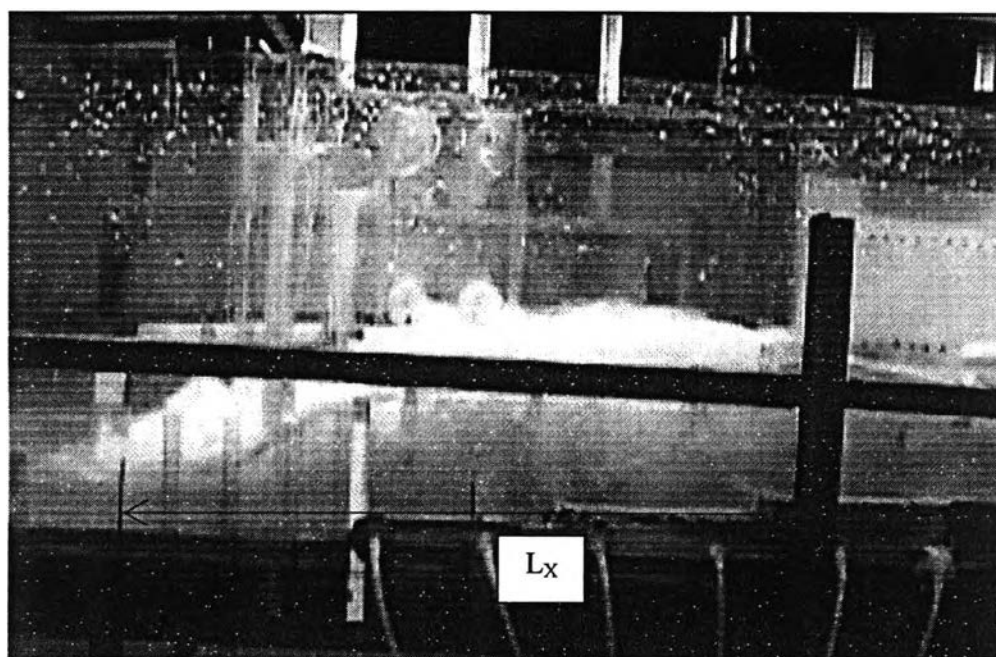
รูปที่ 4-4 การเกิดน้ำกระโดดแฉ่งสลายพลังงานแบบ S₁ - 4 ($q=0.65$ l/s., time step 4)



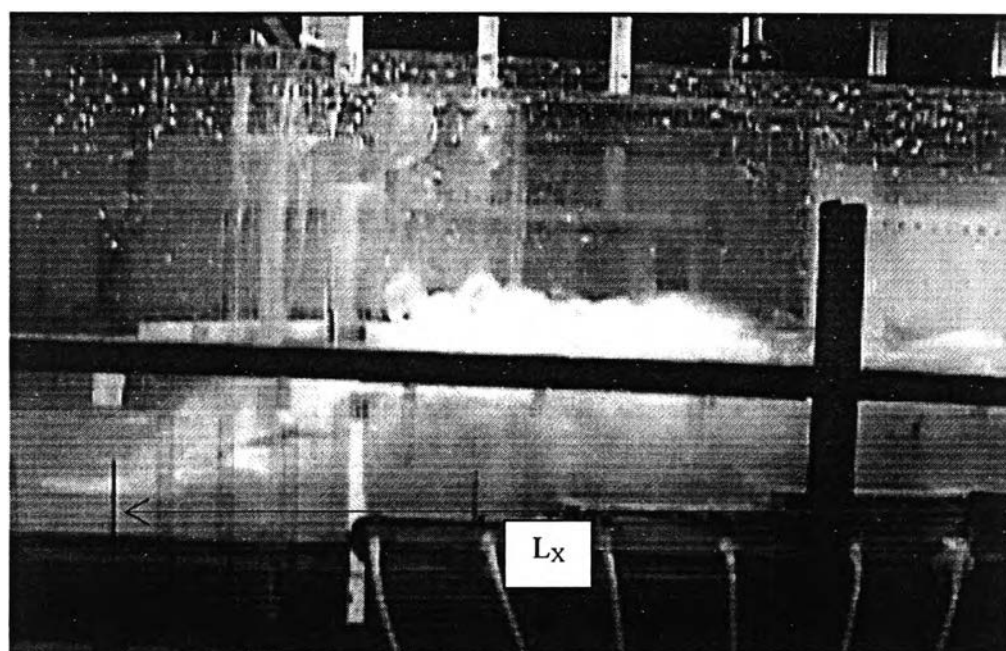
รูปที่ 4-5 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ $S_1 - 4$ ($q=0.65$ l/s., time step 5)



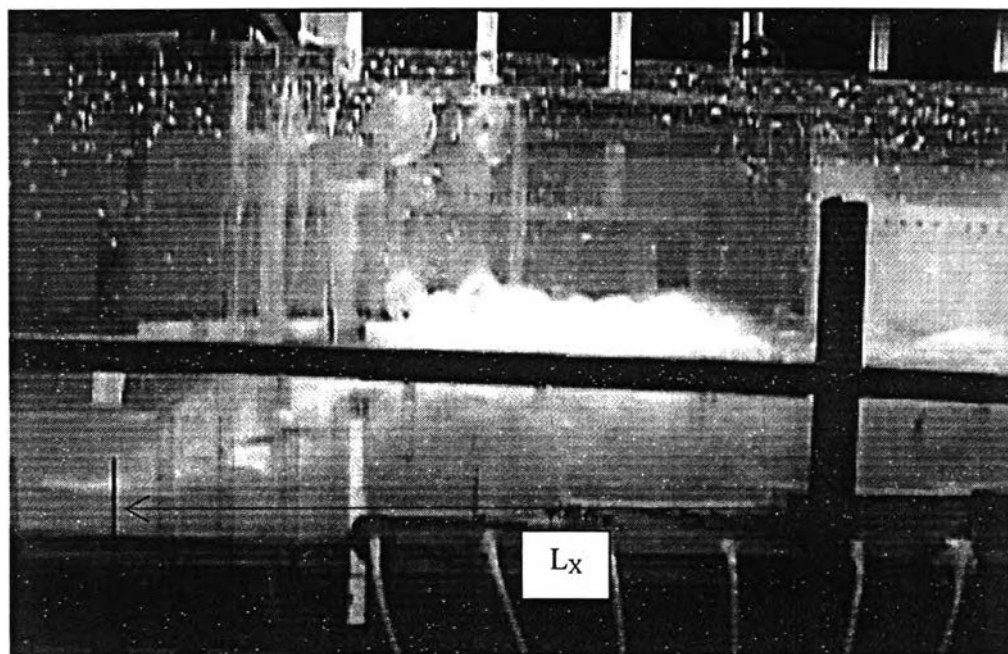
รูปที่ 4-6 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ $S_1 - 4$ ($q=0.65$ l/s., time step 6)



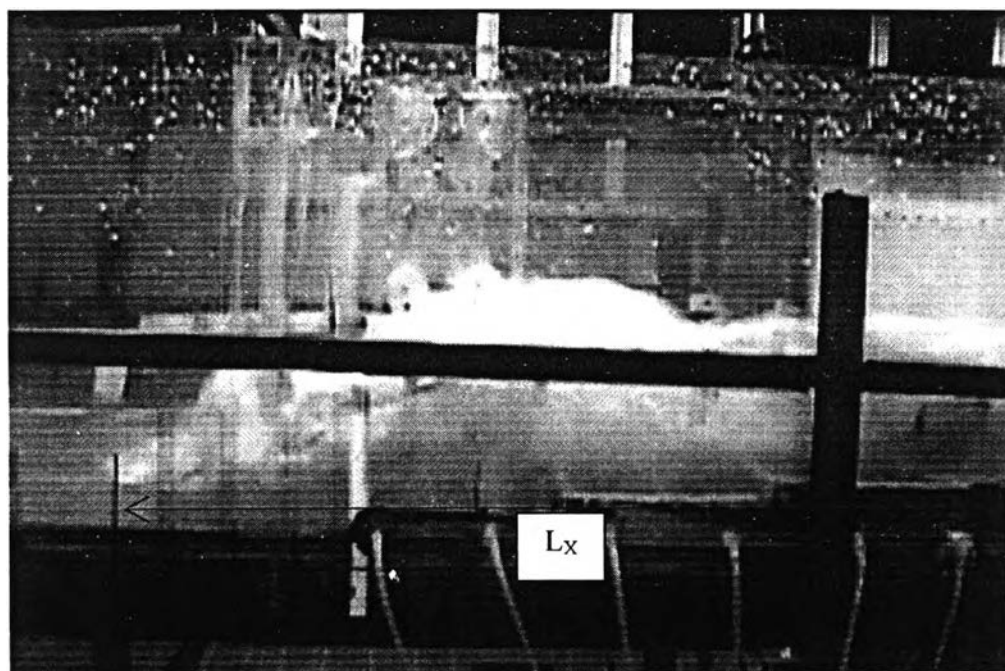
รูปที่ 4-7 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ $S_3 - 3$ ($q=0.72$ l/s., time step 1)



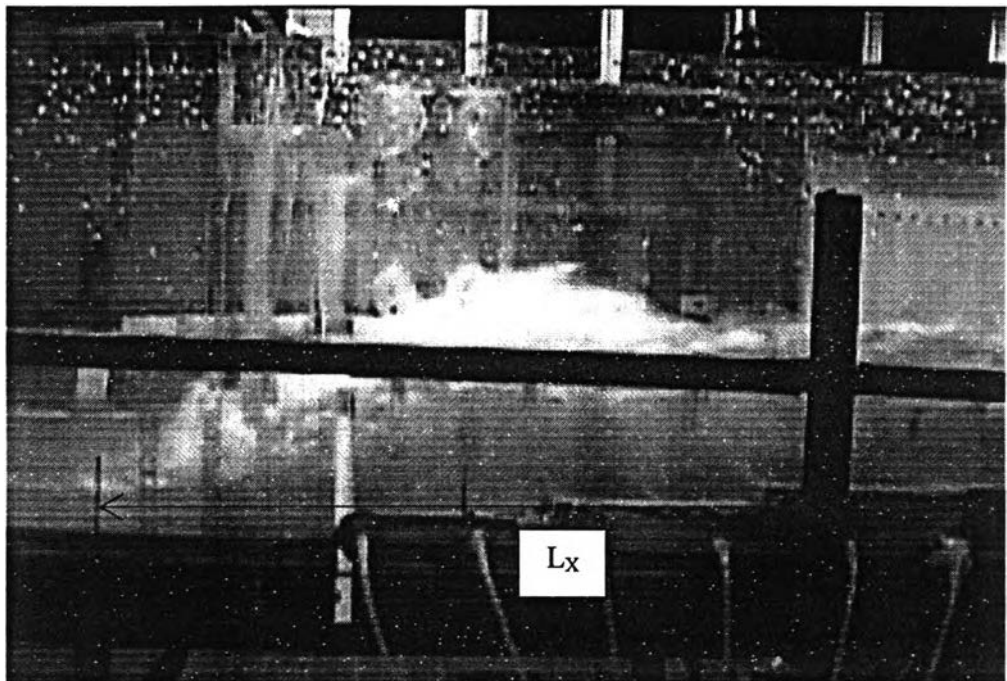
รูปที่ 4-8 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ $S_3 - 3$ ($q=0.72$ l/s., time step 2)



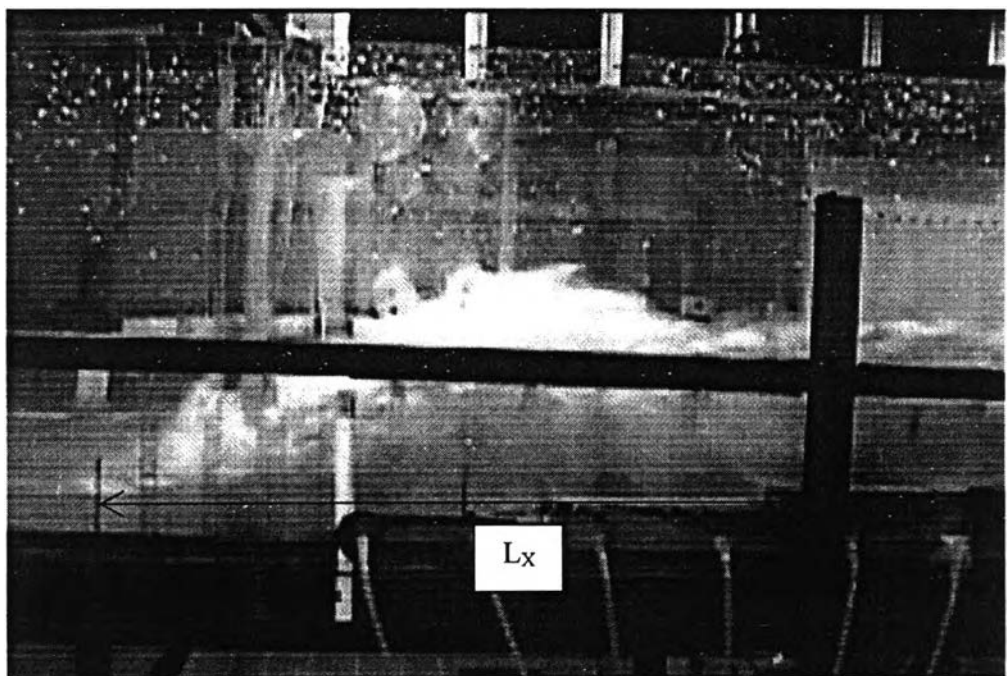
รูปที่ 4-9 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ $S_3 - 3$ ($q=0.72$ l/s., time step 3)



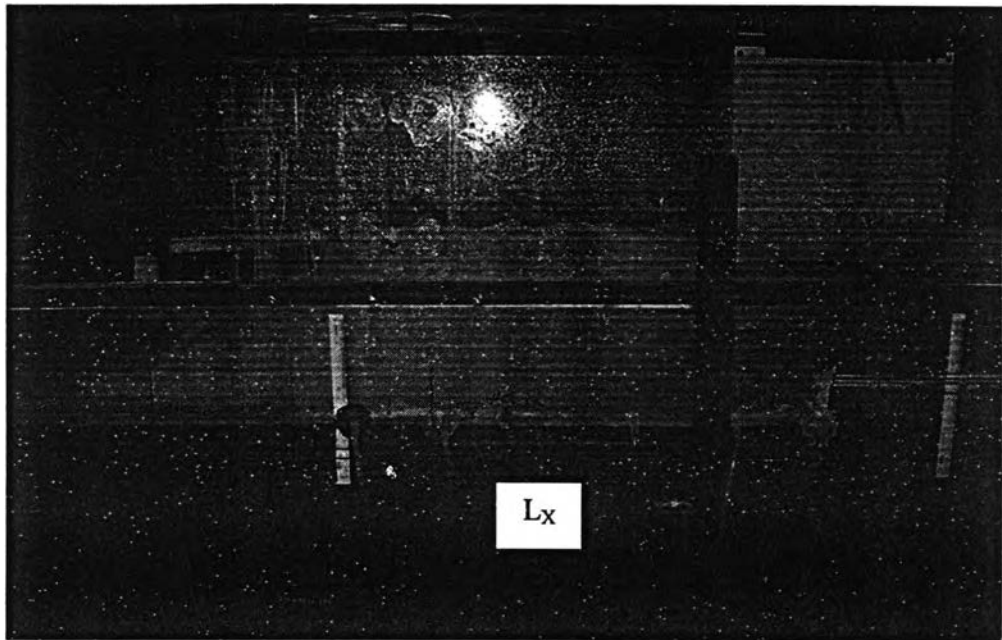
รูปที่ 4-10 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ $S_3 - 3$ ($q=0.72$ l/s., time step 4)



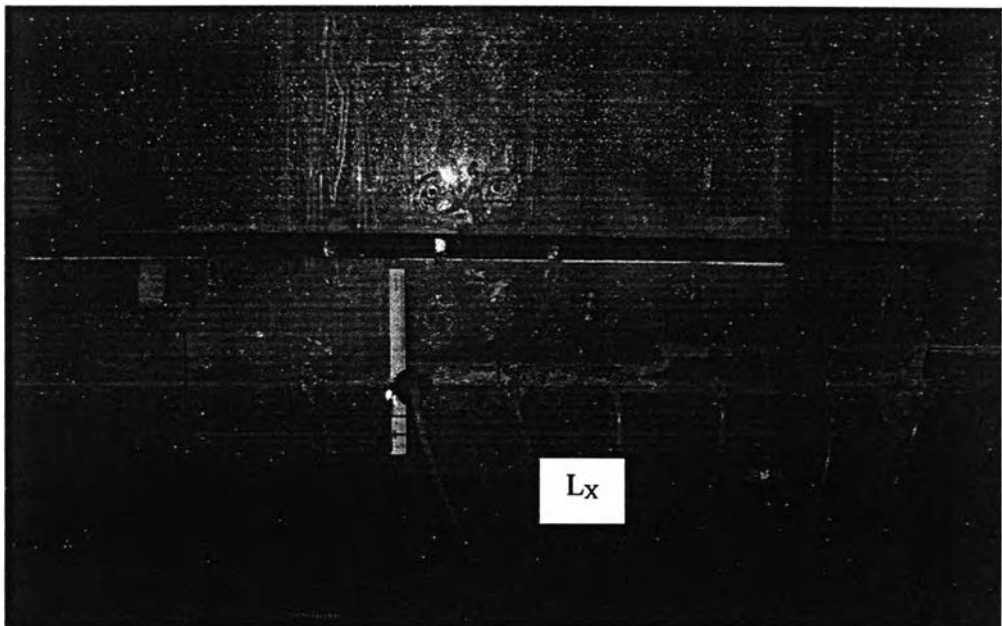
รูปที่ 4-11 การเกิดน้ำกระโดดอ่างสลายพลังงานแบบ $S_3 - 3$ ($q=0.72$ l/s., time step 5)



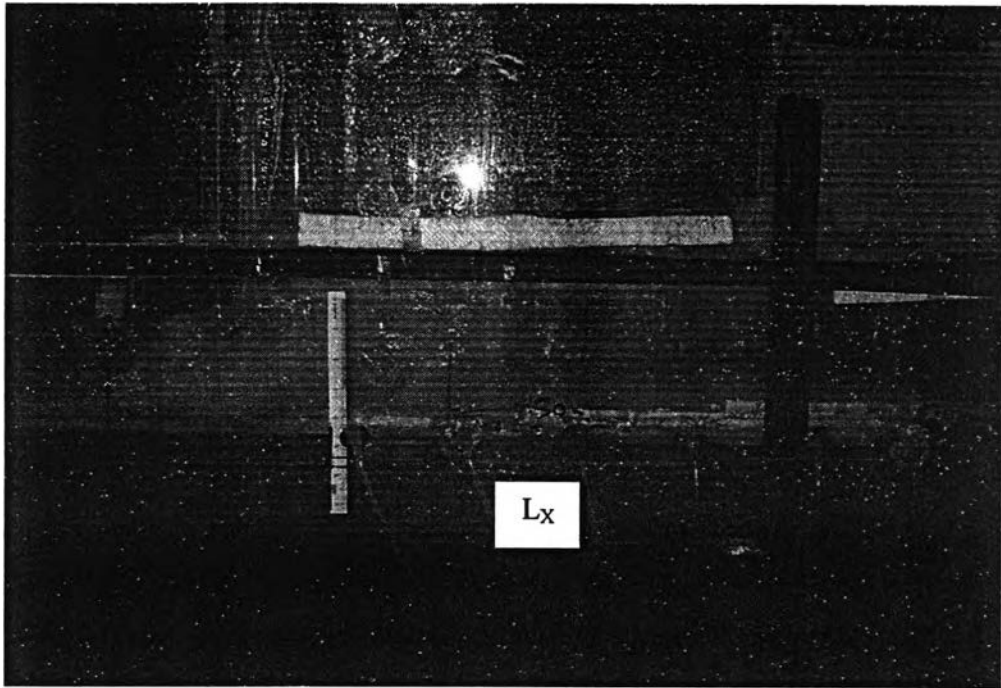
รูปที่ 4-12 การเกิดน้ำกระโดดอ่างสลายพลังงานแบบ $S_3 - 3$ ($q=0.72$ l/s., time step 6)



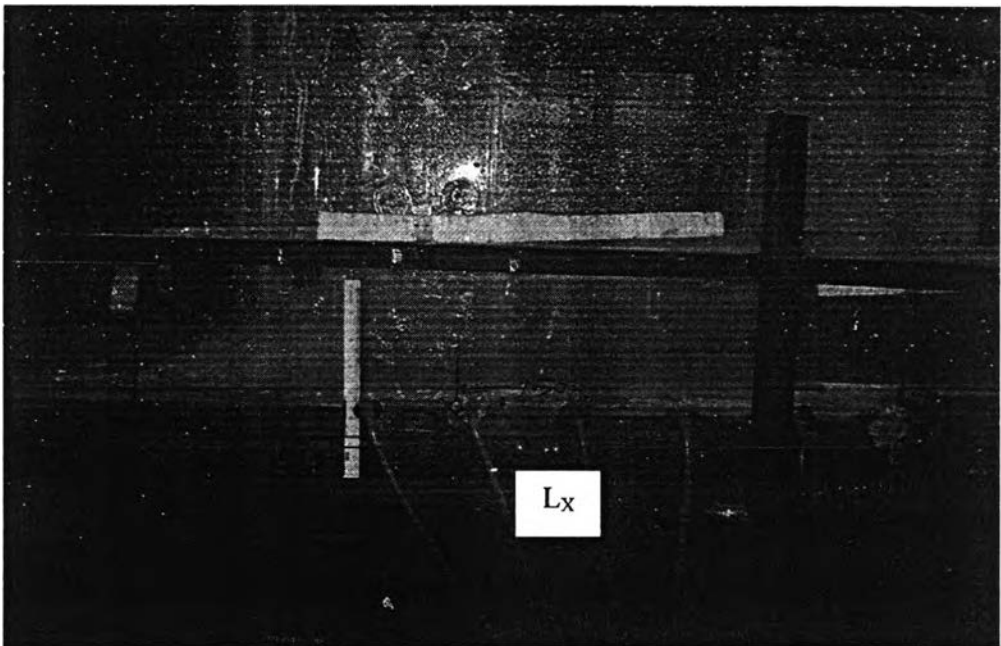
รูปที่ 4-13 การเกิดน้ำกระโดดแฉ่งสลายพลังงานแบบ S_1



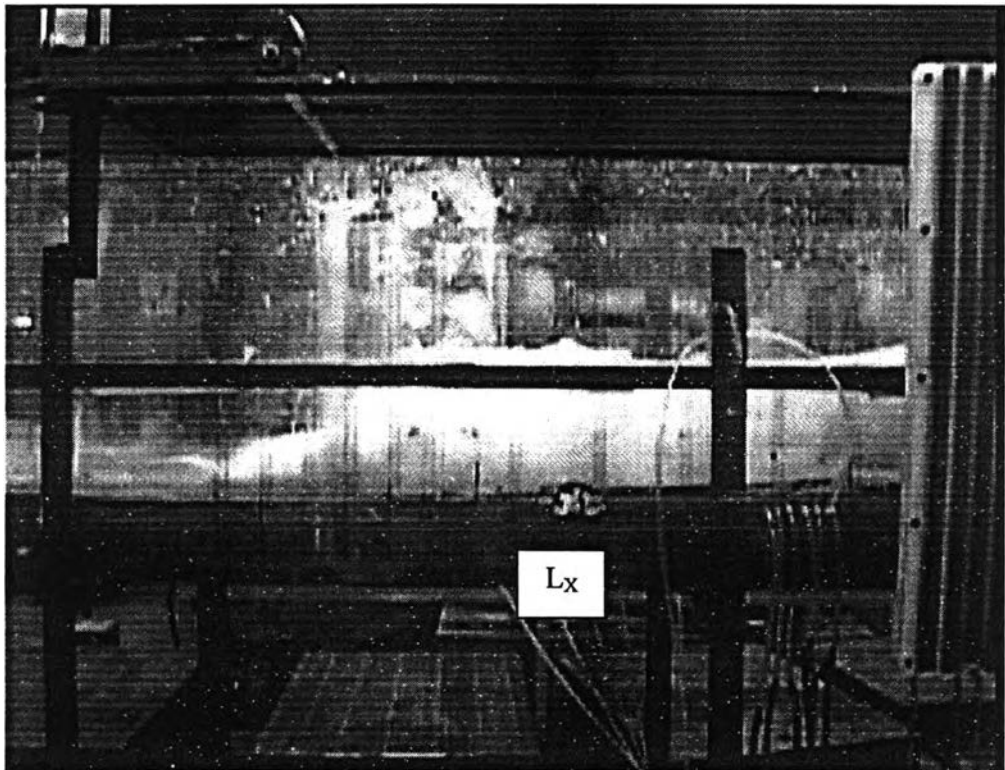
รูปที่ 4-14 การเกิดน้ำกระโดดแฉ่งสลายพลังงานแบบ S_2



รูปที่ 4-15 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ S_3



รูปที่ 4-16 การเกิดน้ำกระโดดแอ่งสลายพลังงานแบบ S_4



รูปที่ 4-17 การเกิดน้ำกระโดดแฉ่งสลายพลังงานแบบ S_0

ตารางที่ 4-1 สรุปผลการทดลองแอ่งสลายพลังงานแบบ S_1

ลักษณะแอ่งสลายพลังงาน		อัตราการไหล q (l/s)	ค่าฟรูดนัมเบอร์ F_1	พลังงานก่อนเข้า แอ่งสลายพลังงาน E_1 (cm.)	พลังงานหลังออกจาก แอ่งสลายพลังงาน E_2 (cm.)	ประสิทธิภาพใน การสลายพลังงาน ($\Delta E/E_1$)%
$S_1 - 1$		0.47 - 0.69	4.66 - 18.03	29.37 - 143.89	14.11 - 15.44	47.35 - 88.80
s (cm.)	l (cm.)					
3.6	54.0					
$S_1 - 2$		0.47 - 0.73	5.50 - 14.57	41.32 - 112.44	16.10 - 17.86	57.40 - 85.68
s (cm.)	l (cm.)					
4.8	54.0					
$S_1 - 3$		0.54 - 0.72	6.58 - 12.80	45.54 - 109.54	18.23 - 19.85	59.97 - 81.16
s (cm.)	l (cm.)					
5.4	54.0					
$S_1 - 4$		0.48 - 0.70	6.80 - 12.65	41.19 - 115.78	17.00 - 21.87	58.72 - 81.13
s (cm.)	l (cm.)					
6.0	54.0					

ตารางที่ 4-2 สรุปผลการทดลองแอ่งสลายพลังงานแบบ S_2

ลักษณะแอ่งสลายพลังงาน		อัตราการไหล q (l/s)	ค่าฟรูดนัมเบอร์ F_1	พลังงานก่อนเข้า แอ่งสลายพลังงาน E_1 (cm.)	พลังงานหลังออกจาก แอ่งสลายพลังงาน E_2 (cm.)	ประสิทธิภาพใน การสลายพลังงาน ($\Delta E/E_1$)%
$S_2 - 1$		0.45 - 0.54	3.90 - 16.16	22.80 - 128.99	14.80 - 16.37	35.06 - 87.31
s (cm.)	l (cm.)					
1.8	27.0					
$S_2 - 2$		0.43 - 0.70	4.00 - 16.93	32.31 - 137.16	16.10 - 17.38	46.20 - 88.26
s (cm.)	l (cm.)					
2.4	27.0					
$S_2 - 3$		0.49 - 0.70	5.77 - 13.59	42.30 - 105.50	16.04 - 17.98	57.48 - 84.79
s (cm.)	l (cm.)					
2.7	27.0					
$S_2 - 4$		0.46 - 0.72	6.41 - 13.63	48.71 - 107.92	16.25 - 20.17	58.59 - 84.94
s (cm.)	l (cm.)					
3.0	27.0					

ตารางที่ 4-3 สรุปผลการทดลองแอ่งสลายพลังงานแบบ S_3

ลักษณะแอ่งสลายพลังงาน		อัตราการไหล q (l/s)	ค่าฟรูดนัมเบอร์ F_1	พลังงานก่อนเข้า แอ่งสลายพลังงาน E_1 (cm.)	พลังงานหลังออกจาก แอ่งสลายพลังงาน E_2 (cm.)	ประสิทธิภาพใน การสลายพลังงาน ($\Delta E/E_1$)%
$S_3 - 1$		0.45 - 0.61	3.92 - 19.05	23.52 - 155.13	15.20 - 16.55	35.37 - 89.33
s (cm.)	l (cm.)					
1.2	18.0					
$S_3 - 2$		0.45 - 0.66	4.48 - 8.64	29.98 - 157.34	17.00 - 17.09	43.29 - 89.14
s (cm.)	l (cm.)					
1.6	18.0					
$S_3 - 3$		0.45 - 0.73	5.18 - 15.20	39.28 - 119.94	16.59 - 15.46	53.00 - 86.17
s (cm.)	l (cm.)					
1.8	18.0					
$S_3 - 4$		0.39 - 0.70	5.71 - 11.67	33.21 - 106.89	15.86 - 17.99	52.25 - 83.17
s (cm.)	l (cm.)					
2.0	18.0					

ตารางที่ 4-4 สรุปผลการทดลองแอ่งสลายพลังงานแบบ S_4

ลักษณะแอ่งสลายพลังงาน		อัตราการไหล q (l/s)	ค่าฟรูดนัมเบอร์ F_1	พลังงานก่อนเข้า แอ่งสลายพลังงาน E_1 (cm.)	พลังงานหลังออกจาก แอ่งสลายพลังงาน E_2 (cm.)	ประสิทธิภาพใน การสลายพลังงาน ($\Delta E/E_1$)%
$S_4 - 1$		0.46 - 0.70	4.46 - 18.33	27.96 - 147.04	14.55 - 14.86	47.97 - 89.89
s (cm.)	l (cm.)					
0.9	13.5					
$S_4 - 2$		0.45 - 0.63	5.30 - 18.12	36.59 - 146.96	16.67 - 16.82	54.04 - 88.65
s (cm.)	l (cm.)					
1.2	13.5					
$S_4 - 3$		0.48 - 0.66	5.62 - 13.92	39.33 - 103.70	16.40 - 17.31	55.99 - 84.18
s (cm.)	l (cm.)					
1.35	13.5					
$S_4 - 4$		0.40 - 0.56	5.90 - 12.92	34.22 - 83.56	14.82 - 15.44	54.87 - 82.27
s (cm.)	l (cm.)					
1.5	13.5					

ตารางที่ 4-5 สรุปผลการทดลองแอ่งสลายพลังงานแบบ S_0

ลักษณะแอ่งสลายพลังงาน		อัตราการไหล q (l/s)	ค่าฟรูดนัมเบอร์ F_1	พลังงานก่อนเข้า แอ่งสลายพลังงาน E_1 (cm.)	พลังงานหลังออกจาก แอ่งสลายพลังงาน E_2 (cm.)	ประสิทธิภาพใน การสลายพลังงาน ($\Delta E/E_1$)%
$S_0 - 1$		0.45 - 0.59	4.00 - 15.64	23.36 - 118.33	15.07 - 16.88	35.50 - 85.73
s (cm.)	l (cm.)					
3.6	54					
$S_0 - 2$		0.46 - 0.58	5.44 - 14.52	34.15 - 124.42	15.76 - 18.97	53.84 - 84.76
s (cm.)	l (cm.)					
4.8	54					
$S_0 - 3$		0.44 - 0.58	5.20 - 16.11	32.83 - 125.54	16.33 - 18.11	50.26 - 85.57
s (cm.)	l (cm.)					
5.4	54					
$S_0 - 4$		0.46 - 0.57	5.12 - 15.82	32.21 - 122.32	17.16 - 19.06	46.72 - 84.42
s (cm.)	l (cm.)					
6.0	54					

ตารางที่ 4-6 สรุปค่าอัตราส่วนระหว่าง I/s , F_1 และ $(\Delta E/E_1)\%$ ของแอ่งสลายพลังงานแบบชั้นบันไดบนพื้นเอียงชัน

I/s	แบบ S ₁		แบบ S ₂		แบบ S ₃		แบบ S ₄		แบบ S ₀	
	F ₁	($\Delta E/E_1$)%	F ₁	($\Delta E/E_1$)%	F ₁	($\Delta E/E_1$)%	F ₁	($\Delta E/E_1$)%	F ₁	($\Delta E/E_1$)%
15.00	4.66 - 18.03	47.35 - 88.80	3.90 - 16.16	35.06 - 87.31	3.92 - 19.05	35.37 - 89.33	4.46 - 18.33	47.97 - 89.89	4.00 - 15.64	35.50 - 85.73
11.25	5.50 - 14.57	57.40 - 85.68	4.60 - 16.93	46.26 - 88.26	4.48 - 8.64	43.29 - 89.14	5.30 - 18.12	54.04 - 88.65	5.44 - 14.52	53.84 - 84.76
10.00	6.58 - 12.80	59.97 - 81.16	5.77 - 13.59	57.48 - 84.79	5.18 - 15.20	53.00 - 86.17	5.62 - 13.92	55.99 - 84.18	5.20 - 16.11	50.26 - 85.57
9.00	6.80 - 12.65	58.72 - 81.13	6.41 - 13.63	58.59 - 84.94	5.71 - 11.67	52.25 - 83.17	5.90 - 12.92	54.87 - 82.27	5.12 - 15.82	46.72 - 84.42

การทดลองในแบบจำลองทำการทดลองโดยอ่างสลายพลังงาน 20 รูปแบบ โดยมีการเปลี่ยนแปลงตามยาวชั้นบันได (l) และความสูงชั้นบันได (s) ซึ่งแต่ละรูปแบบใช้อัตราการไหล 14-15 ค่า โดยอัตราการไหลต่ำสุดคือ 0.40 ลิตร/วินาที และอัตราการไหลสูงสุดคือ 0.73 ลิตร/วินาที พลังงานที่สูญเสียในอ่างสลายพลังงาน แบบชั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้นอยู่ระหว่าง 8.29 – 132.18 เซนติเมตร และมีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานอยู่ระหว่าง 35.50 – 89.32 % โดยมีฟรูดนัมเบอร์ (F_1 อยู่ระหว่าง 3.92 – 19.05) โดยพลังงานที่สูญเสียในอ่างสลายพลังงานมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อฟรูดนัมเบอร์เพิ่มมากขึ้น

4.2 ลักษณะความดันและผิวน้ำบนอ่างสลายพลังงานแบบชั้นบันไดบนพื้นเอียงขึ้น (pressure and surface profiles)

จากการศึกษาทำการวัดความดัน (pressure) บนพื้นผิวของอ่างสลายพลังงาน ซึ่งในการวัดความดันที่จุดต่างๆ บนพื้นอ่างสลายพลังงานนั้นได้เทียบเคียงโดยแสดงเป็นลักษณะของผิวน้ำได้ ในการวิเคราะห์จะแสดงอยู่ในรูปของผิวน้ำไร้มิติ (dimensionless surface profiles) ที่เกิดขึ้นในอ่างสลายพลังงานแบบต่างๆ โดยจะแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ของลักษณะผิวน้ำตามความยาวของอ่างสลายพลังงานในรูปอัตราส่วน (y/h_j) และ (x/h_j) โดยแสดงในรูปของค่าฟรูดนัมเบอร์

โดยที่	y	=	ความสูงของระดับผิวน้ำ (ซม.)
	x	=	ระยะของน้ำกระโดดตามความยาวของอ่างสลายพลังงาน (ซม.)
	h_j	=	ความสูงของน้ำกระโดดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความลึกการไหลก่อนเกิดน้ำกระโดด (y_1) (ซม.)

4.2.1 อ่างสลายพลังงานแบบ S_1

เมื่อพิจารณาอ่างสลายพลังงานแบบ S_1 -1 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของอ่างสลายพลังงาน ส่วนใหญ่ระดับน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยมีค่าสูงกว่าระดับน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์มาก เมื่อพิจารณาระดับน้ำที่บริเวณกลางอ่างสลายพลังงาน ผิวน้ำส่วนใหญ่ที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์มาก เริ่มยกตัวขึ้นและมีค่าสูงกว่าผิวน้ำที่มีฟรูดนัมเบอร์น้อย ส่วนบริเวณช่วงท้ายอ่างสลายพลังงานคือบริเวณสิ้นสุดของอ่างสลายพลังงาน ระดับผิวน้ำส่วนใหญ่ที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อย จะมีการลดลงของระดับผิวน้ำ โดยมีค่าการลดลงมากกว่าระดับผิวน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์มาก ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่า อ่างสลายพลังงานแบบ

S_1-1 ชั้นบันไดจะส่งผลในการช่วยสลายพลังงาน เมื่อค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยจะมีส่วนช่วยในการสลายพลังงานมากกว่าช่วงที่ค่า ฟรูดนัมเบอร์มาก

แ่งสลายพลังงานแบบ S_1-2 ลักษณะของระดับผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นส่วนใหญ่ลักษณะผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยมีระดับผิวน้ำสูงกว่าลักษณะผิวน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์มาก และเมื่อพิจารณาระดับผิวน้ำช่วงกลางแ่งสลายพลังงาน โดยผิวน้ำในทุกค่าฟรูดนัมเบอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนบริเวณช่วงท้ายของแ่งสลายพลังงาน ระดับผิวน้ำทุกค่าฟรูดนัมเบอร์มีค่าลดลง ซึ่งค่าฟรูดนัมเบอร์ที่น้อยกว่าจะมีค่าระดับน้ำลดลงมากกว่าระดับผิวน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์มาก จากผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าแ่งสลายพลังงานแบบ S_1-2 ชั้นบันไดมีผลต่อการช่วยสลายพลังงาน โดยที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยมีผลในการช่วยสลายพลังงานได้มากกว่าช่วงที่ ฟรูดนัมเบอร์มาก

แ่งสลายพลังงานแบบ S_1-3 ลักษณะของระดับผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแ่งสลายพลังงานส่วนใหญ่ลักษณะผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยมีระดับผิวน้ำสูงกว่าลักษณะผิวน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์มาก และเมื่อพิจารณาระดับผิวน้ำช่วงกลางแ่งสลายพลังงาน ระดับผิวน้ำส่วนใหญ่ค่าฟรูดนัมเบอร์มากมีการยกตัวของระดับผิวน้ำขึ้นและมีค่าสูงกว่าระดับน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์น้อย ส่วนบริเวณช่วงท้ายของแ่งสลายพลังงาน ลักษณะผิวน้ำส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้น ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าแ่งสลายพลังงานแบบ S_1-3 ชั้นบันไดมีประสิทธิภาพในการช่วยสลายพลังงานได้น้อย

แ่งสลายพลังงานแบบ S_1-4 ลักษณะของระดับผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแ่งสลายพลังงานส่วนใหญ่ลักษณะผิวน้ำสูงต่ำไม่แน่นอนตามค่าฟรูดนัมเบอร์ และเมื่อพิจารณาระดับผิวน้ำช่วงกลางแ่งสลายพลังงาน ระดับผิวน้ำทุกค่าฟรูดนัมเบอร์มีการเพิ่มขึ้น ส่วนบริเวณช่วงท้ายของแ่งสลายพลังงาน ลักษณะผิวน้ำส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีการเพิ่มของระดับน้ำใกล้เคียงกัน ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าแ่งสลายพลังงานแบบ S_1-4 ชั้นบันไดมีประสิทธิภาพในการช่วยสลายพลังงานได้น้อย

4.2.2 แ่งสลายพลังงานแบบ S_2

เมื่อพิจารณาแ่งสลายพลังงานแบบ S_2-1 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นแรก) ส่วนใหญ่ระดับน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์มากมีระดับผิวน้ำสูงกว่าระดับผิวน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์น้อย เมื่อพิจารณาระดับน้ำที่บริเวณกลางแ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นสอง) ผิวน้ำส่วนใหญ่มีระดับลดต่ำลง โดยที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยระดับน้ำจะมีการลดลงมากกว่าค่าฟรูดนัมเบอร์มาก ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่า บันไดขั้นที่สองมีผลต่อการช่วยสลายพลังงาน โดยที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยช่วยสลาย

พลังงานได้น้อยกว่าที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มาก ส่วนบริเวณช่วงท้ายแ่งสลายพลังงาน ลักษณะผิวน้ำจะมีระดับเพิ่มสูงขึ้นโดยการเพิ่มของระดับผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยจะสูงกว่าค่าฟรูดนัมเบอร์มาก จากข้างต้นแสดงว่าชั้นบันไดของแ่งสลายพลังงานแบบ S_2-1 มีประสิทธิภาพในการช่วยสลายพลังงานได้

แ่งสลายพลังงานแบบ S_2-2 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นแรก) มีลักษณะสูงต่ำไม่แน่นอนตามค่าฟรูดนัมเบอร์ เมื่อพิจารณาระดับผิวน้ำที่บริเวณกลางแ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นสอง) พบว่าผิวน้ำส่วนใหญ่มีระดับลดต่ำลง โดยที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยระดับน้ำสูงกว่าค่า ฟรูดนัมเบอร์มาก ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดขั้นที่สองมีผลต่อการช่วยสลายพลังงาน ซึ่งช่วยสลายพลังงานได้มากที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยและจะสลายพลังงานได้น้อยที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มาก ส่วนบริเวณช่วงท้ายแ่งสลายพลังงาน ก่อนออกจากแ่งสลายพลังงาน ลักษณะผิวน้ำจะเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มของระดับน้ำที่ค่า ฟรูดนัมเบอร์น้อยจะสูงกว่าระดับผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มาก จากข้างต้นแสดงว่าชั้นบันไดในแ่งสลายพลังงานแบบ S_2-2 มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานได้

แ่งสลายพลังงานแบบ S_2-3 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นแรก) มีลักษณะของระดับผิวน้ำสูงต่ำที่ไม่แน่นอนตามค่าฟรูดนัมเบอร์ เมื่อพิจารณาระดับน้ำที่บริเวณกลางแ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นสอง) พบว่าผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง โดยค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยระดับผิวน้ำจะลดลงมากกว่าค่าฟรูดนัมเบอร์มาก ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่า บันไดขั้นที่สองมีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแ่งสลายพลังงานแบบ S_2-3 ซึ่งจะช่วยสลายพลังงานได้มากที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยและจะสลายพลังงานได้น้อยที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มาก ส่วนบริเวณช่วงท้ายแ่งสลายพลังงาน ลักษณะผิวน้ำจะเพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มของระดับผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยจะสูงกว่าที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มาก จากข้างต้นแสดงว่าชั้นบันไดในแ่งสลายพลังงานแบบ S_2-3 มีประสิทธิภาพในการช่วยสลายพลังงานได้

แ่งสลายพลังงานแบบ S_2-4 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นแรก) ส่วนใหญ่ระดับผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มากมีระดับผิวน้ำสูงกว่าระดับผิวน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์น้อย เมื่อพิจารณาระดับน้ำที่บริเวณกลางแ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นสอง) พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่า บันไดขั้นที่สองมีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแ่งสลายพลังงาน ส่วนบริเวณช่วงท้ายแ่งสลายพลังงาน ระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มของระดับผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยจะสูงกว่าระดับผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มาก จากที่กล่าวข้างต้นแสดงว่าชั้นบันไดในแ่งสลาย แบบ S_2-4 มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานได้

สลายพลังงานในแอ่งสลายพลังงาน ส่วนบริเวณช่วงท้ายแอ่งสลายพลังงาน ระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในระดับที่ใกล้เคียงกัน จากที่กล่าวมาแสดงว่าชั้นบันไดในแอ่งสลาย แบบ S_3-3 มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานโดยขึ้นอยู่กับค่าฟรูดนัมเบอร์

แอ่งสลายพลังงานแบบ S_3-4 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแอ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นแรก) ส่วนใหญ่ระดับผิวน้ำที่มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดขั้นที่สองพบว่าระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกค่าฟรูดนัมเบอร์ ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดขั้นที่สองมีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแอ่งสลายพลังงานน้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดขั้นที่สาม พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง ไม่แน่นอนตามค่า ฟรูดนัมเบอร์ ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าชั้นบันไดขั้นที่สามมีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแอ่งสลายพลังงาน ส่วนบริเวณช่วงท้ายแอ่งสลายพลังงาน ระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นในระดับที่ใกล้เคียงกัน จากที่กล่าวข้างต้นแสดงว่าชั้นบันไดในแอ่งสลาย แบบ S_3-4 มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานโดยขึ้นอยู่กับค่าฟรูดนัมเบอร์

4.2.4 แอ่งสลายพลังงานแบบ S_4

แอ่งสลายพลังงานแบบ S_4-1 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแอ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นแรก) ส่วนใหญ่ระดับผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มากมีระดับผิวน้ำสูงกว่าระดับผิวน้ำที่มีค่าฟรูดนัมเบอร์น้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดขั้นที่สอง พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลงที่ค่าฟรูดนัมเบอร์น้อยและระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มาก ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดขั้นที่สองมีผลช่วยสลายพลังงานได้มากกว่าค่า ฟรูดนัมเบอร์มีค่าน้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดขั้นที่สาม พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลงโดยที่ค่า ฟรูดนัมเบอร์มากระดับน้ำลดลงน้อยกว่าค่าฟรูดนัมเบอร์น้อย ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าชั้นบันไดขั้นที่สามมีผลต่อการช่วยสลายพลังงานโดยมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อค่าฟรูดนัมเบอร์เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดขั้นที่สี่ พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง โดยที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มากระดับน้ำลดลงน้อยกว่าค่าฟรูดนัมเบอร์น้อย ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดขั้นที่สี่มีผลต่อการช่วยสลายพลังงาน โดยมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อค่าฟรูดนัมเบอร์เพิ่มขึ้นส่วนบริเวณช่วงท้ายแอ่งสลายพลังงาน ระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มของระดับผิวน้ำที่ค่า ฟรูดนัมเบอร์น้อยจะสูงกว่าระดับผิวน้ำที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มาก จากที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าชั้นบันไดในแอ่งสลายแบบ S_4-1 มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานได้โดยขึ้นอยู่กับค่าฟรูดนัมเบอร์

แอ่งสลายพลังงานแบบ S_4-2 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแอ่งสลายพลังงาน (บันไดขั้นแรก) มีลักษณะของระดับผิวน้ำสูงต่ำที่ไม่แน่นอนตามค่าฟรูดนัมเบอร์ เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดขั้นที่

สอง พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลงที่ค่าฟรุตนัมเบอน้อยและระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นที่ค่าฟรุตนัมเบอมาก ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดชั้นที่สองมีผลช่วยสลายพลังงานได้มากเมื่อค่าฟรุตนัมเบอมีค่าน้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดชั้นที่สามพบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง โดยที่ค่าฟรุตนัมเบอมาก ระดับผิวน้ำจะลดลงน้อยกว่าค่าฟรุตนัมเบอน้อย ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดชั้นที่สามมีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแง่สลายพลังงานโดยมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อค่าฟรุตนัมเบอเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดชั้นที่สี่ พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง โดยที่ค่าฟรุตนัมเบอมากระดับน้ำลดลงน้อยกว่าค่าฟรุตนัมเบอน้อย ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดชั้นที่สี่มีผลต่อการช่วยสลายพลังงานโดยมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อค่าฟรุตนัมเบอเพิ่มขึ้น ส่วนบริเวณช่วงท้ายแง่สลายพลังงาน ระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มของระดับผิวน้ำที่ค่าฟรุตนัมเบอน้อยจะสูงกว่าระดับผิวน้ำที่ค่าฟรุตนัมเบอมาก จากที่กล่าวข้างต้นแสดงว่าชั้นบันไดในแง่สลายแบบ S_4-2 มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงานได้โดยขึ้นอยู่กับค่าฟรุตนัมเบอ

แง่สลายพลังงานแบบ S_4-3 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแง่สลายพลังงาน (บันไดชั้นแรก) ส่วนใหญ่ระดับผิวน้ำที่ค่าฟรุตนัมเบอมากมีระดับผิวน้ำสูงกว่าระดับผิวน้ำที่มีค่าฟรุตนัมเบอน้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดชั้นที่สอง พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง ที่ค่าฟรุตนัมเบอน้อย และระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นที่ค่าฟรุตนัมเบอมาก ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดชั้นที่สองมีผลช่วยสลายพลังงานได้มากเมื่อค่า ฟรุตนัมเบอมีค่าน้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดชั้นที่สาม จะพบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง โดยที่ค่า ฟรุตนัมเบอมากระดับผิวน้ำจะลดลงน้อยกว่าค่าฟรุตนัมเบอน้อย ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดชั้นที่สามมีผลต่อการช่วยสลายพลังงาน โดยจะมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อค่าฟรุตนัมเบอเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดชั้นที่สี่ พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง โดยที่ค่าฟรุตนัมเบอมากระดับน้ำลดลงน้อยกว่าค่า ฟรุตนัมเบอน้อย ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดชั้นที่สี่มีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแง่สลายพลังงาน โดยมีประสิทธิภาพน้อยลงเมื่อค่าฟรุตนัมเบอเพิ่มขึ้น ส่วนบริเวณช่วงท้ายแง่สลายพลังงาน ระดับผิวน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มของระดับผิวน้ำมีความสูงต่ำที่ไม่แน่นอนตามค่าฟรุตนัมเบอ จากที่กล่าวข้างต้นแสดงว่าชั้นบันไดในแง่สลายแบบ S_4-3 มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงาน โดยขึ้นอยู่กับค่าฟรุตนัมเบอ

แง่สลายพลังงานแบบ S_4-4 ลักษณะผิวน้ำที่บริเวณช่วงต้นของแง่สลายพลังงาน (บันไดชั้นแรก) ส่วนใหญ่ระดับผิวน้ำที่ค่าฟรุตนัมเบอมากมีระดับผิวน้ำสูงกว่าระดับผิวน้ำที่มีค่าฟรุตนัมเบอน้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดชั้นที่สองพบว่าระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกค่าฟรุตนัมเบอ ผลที่เกิดขึ้น

แสดงว่าบันไดขั้นที่สองมีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแง่สลายพลังงานน้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดขั้นที่สามพบว่าระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกค่าฟรูดนัมเบอร์ ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดขั้นที่สองมีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแง่สลายพลังงานน้อย เมื่อพิจารณาบริเวณบันไดขั้นที่สี่ พบว่าระดับผิวน้ำมีค่าลดต่ำลง โดยที่ค่าฟรูดนัมเบอร์มากระดับน้ำลดลงน้อยกว่าค่า ฟรูดนัมเบอร์น้อย ผลที่เกิดขึ้นแสดงว่าบันไดขั้นที่สี่มีผลต่อการช่วยสลายพลังงานในแง่สลายพลังงาน โดยมีประสิทธิภาพน้อยลง เมื่อค่าฟรูดนัมเบอร์เพิ่มขึ้น ส่วนบริเวณช่วงท้ายแง่สลายพลังงาน ระดับผิวน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มของระดับผิวน้ำมีความสูงต่ำที่ไม่แน่นอนตามค่าฟรูดนัมเบอร์ จากที่กล่าวข้างต้นแสดงว่าขั้นบันไดในแง่สลายแบบ S_{d-4} มีประสิทธิภาพในการสลายพลังงาน โดยขึ้นอยู่กับค่าฟรูดนัมเบอร์

4.2.5 แอ่งสลายพลังงานแบบ S_0

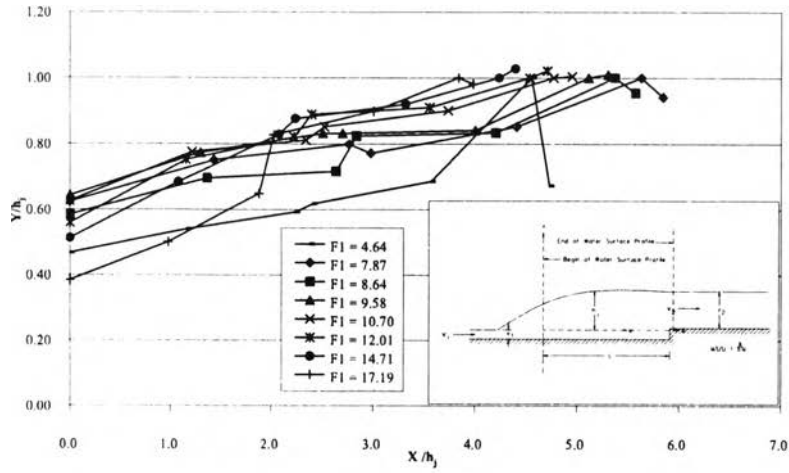
แอ่งสลายพลังงานแบบ S_0-1 ลักษณะของระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดความยาวของแอ่งสลายพลังงาน โดยระดับความสูงของน้ำกระโดดจะมากขึ้นเมื่อค่าของฟรูดนัมเบอร์เพิ่มขึ้น และจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณปลายแอ่งสลายพลังงาน

แอ่งสลายพลังงานแบบ S_0-2 ลักษณะของระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดความยาวของแอ่งสลายพลังงาน โดยระดับความสูงของน้ำกระโดดจะมากขึ้นเมื่อค่าของ ฟรูดนัมเบอร์เพิ่มขึ้น และจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณปลายแอ่งสลายพลังงาน

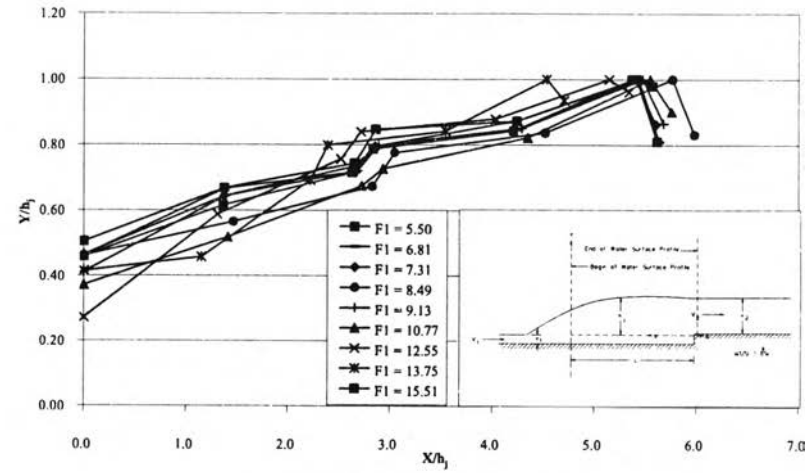
แอ่งสลายพลังงานแบบ S_0-3 ลักษณะของระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดความยาวของแอ่งสลายพลังงาน โดยระดับความสูงของน้ำกระโดดจะมากขึ้นเมื่อค่าของฟรูดนัมเบอร์เพิ่มขึ้น และจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณปลายแอ่งสลายพลังงาน

แอ่งสลายพลังงานแบบ S_0-4 ลักษณะของระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดความยาวของแอ่งสลายพลังงาน โดยระดับความสูงของน้ำกระโดดจะมากขึ้นเมื่อค่าของฟรูดนัมเบอร์เพิ่มขึ้น และจะมีค่าสูงสุดที่บริเวณปลายแอ่งสลายพลังงาน

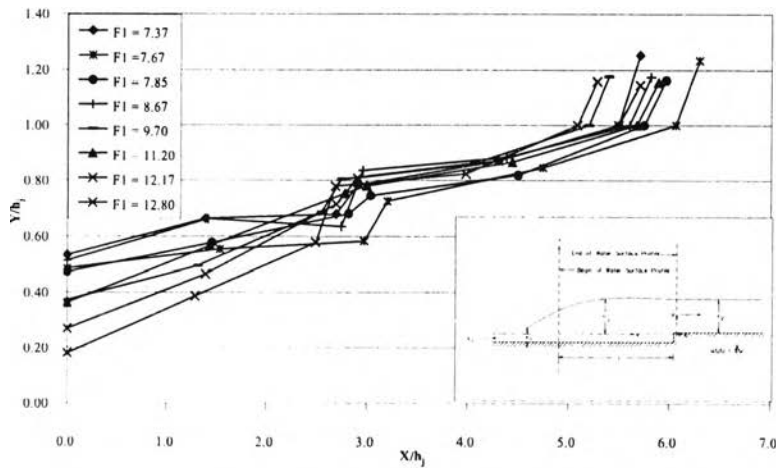
จากที่กล่าวมา เมื่อพิจารณาแอ่งสลายพลังงานในรูปแบบ S_0 ทั้ง 4 แบบ แสดงว่าลักษณะของระดับผิวน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดความยาวความยาวของแอ่งสลายพลังงาน โดยระดับความสูงของน้ำกระโดดจะแปรผันโดยตรงกับค่าของฟรูดนัมเบอร์



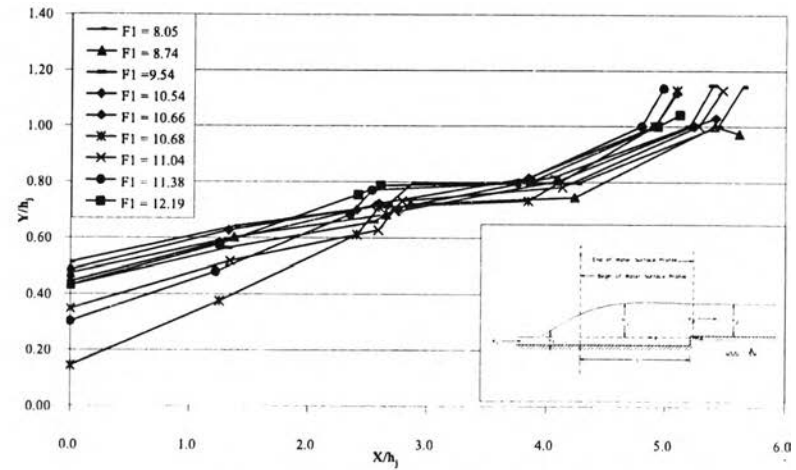
ก. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_1 -1



ข. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_1 -2

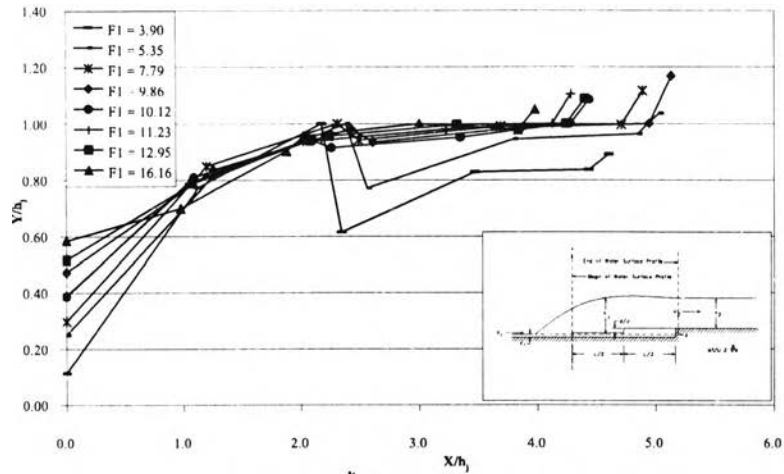


ค. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_1 -3

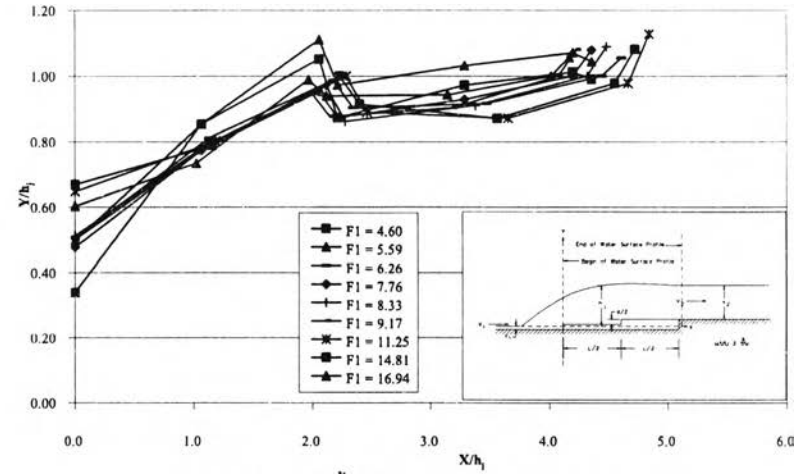


ง. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_1 -4

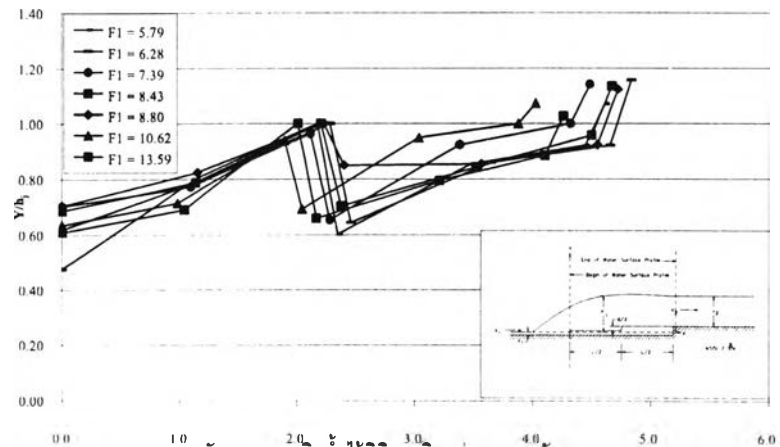
รูปที่ 4-18 ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_1 (dimensionless surface profiles)



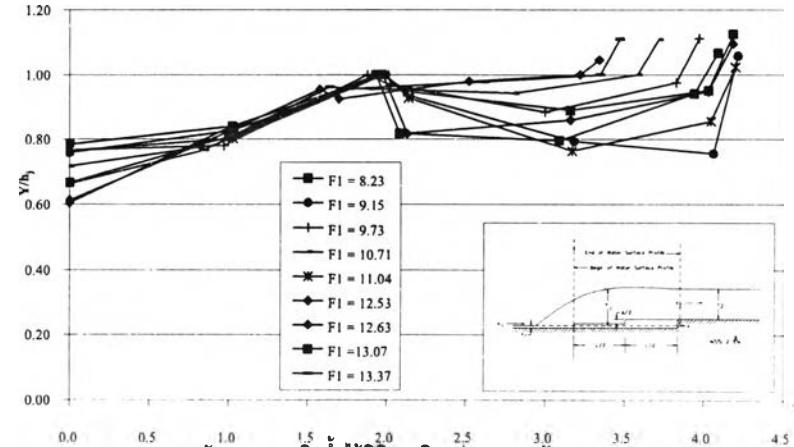
ก. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_2-1



ข. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_2-2

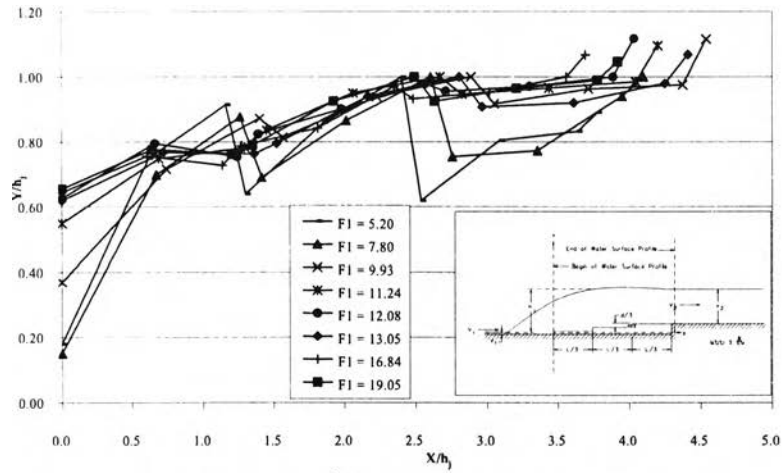


ค. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_2-3

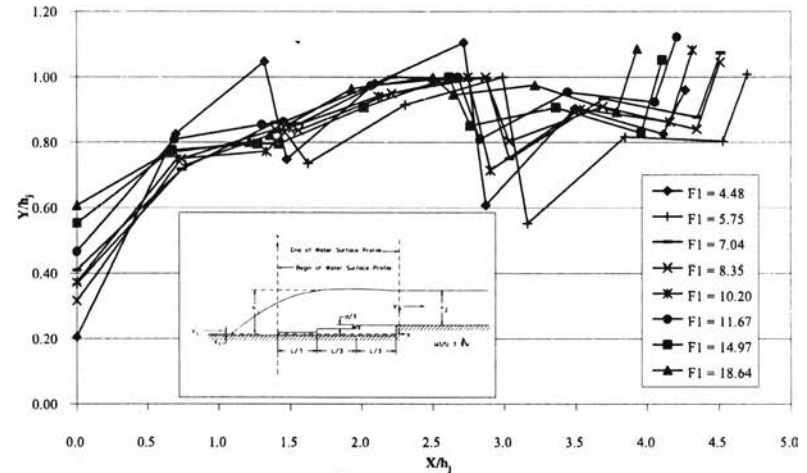


ง. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_2-4

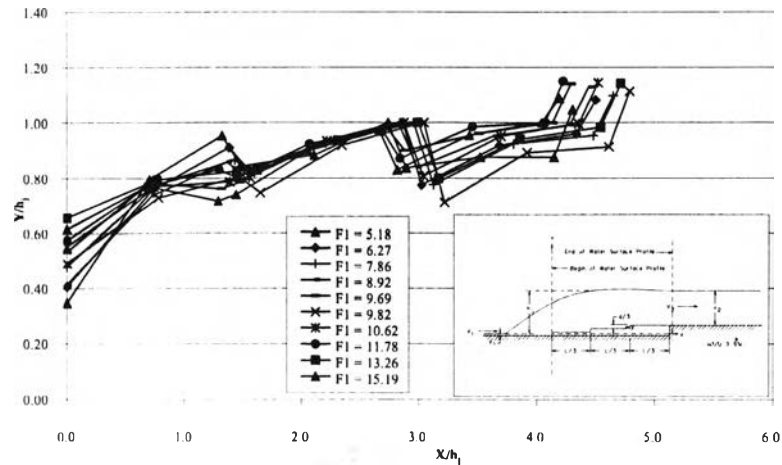
รูปที่ 4-19 ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_2 (dimensionless surface profiles)



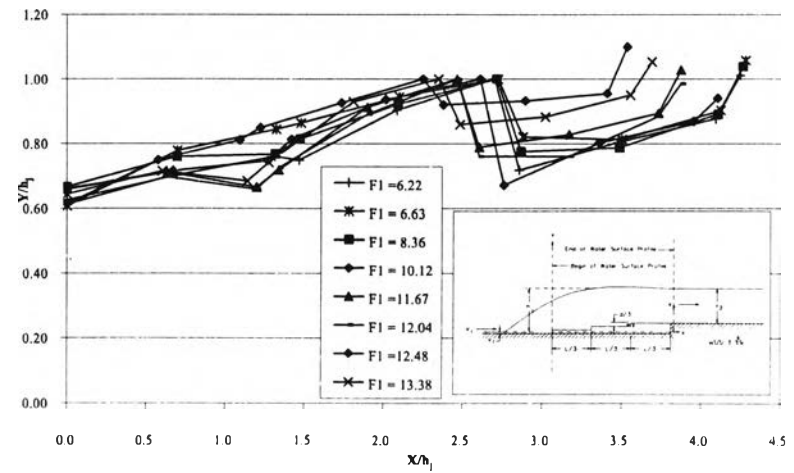
ก. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S₃-1



ข. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S₃-2

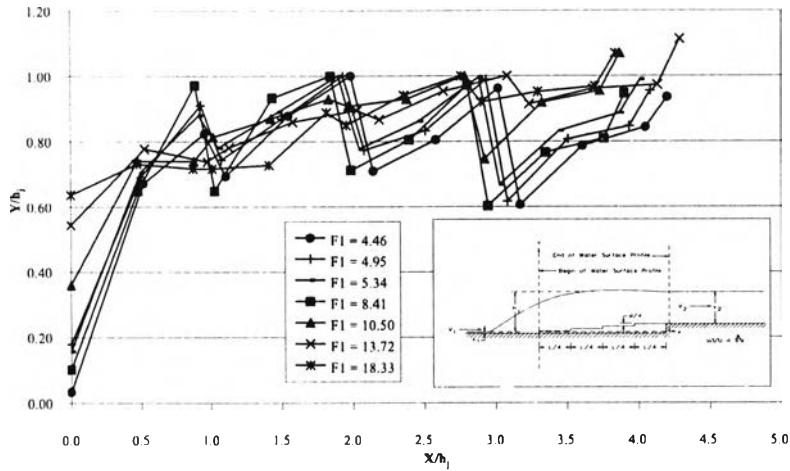


ค. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S₃-3

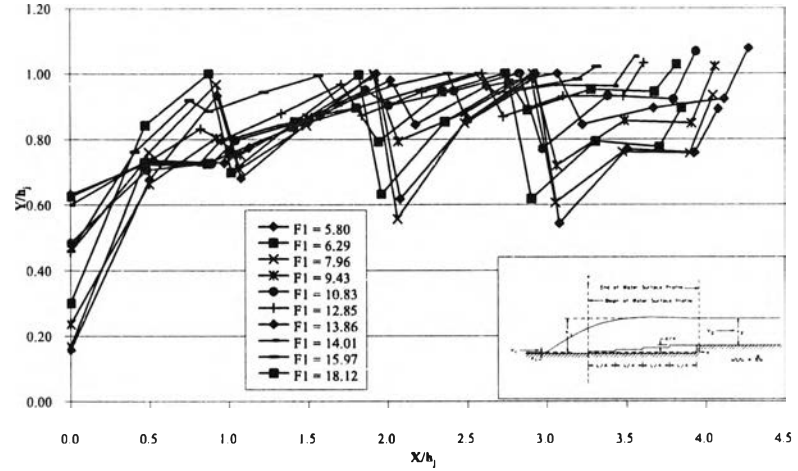


ง. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S₃-4

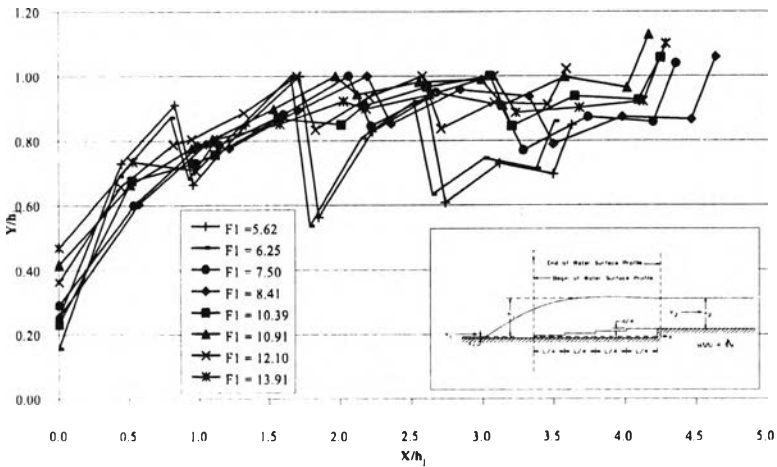
รูปที่ 4-20 ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S₃ (dimensionless surface profiles)



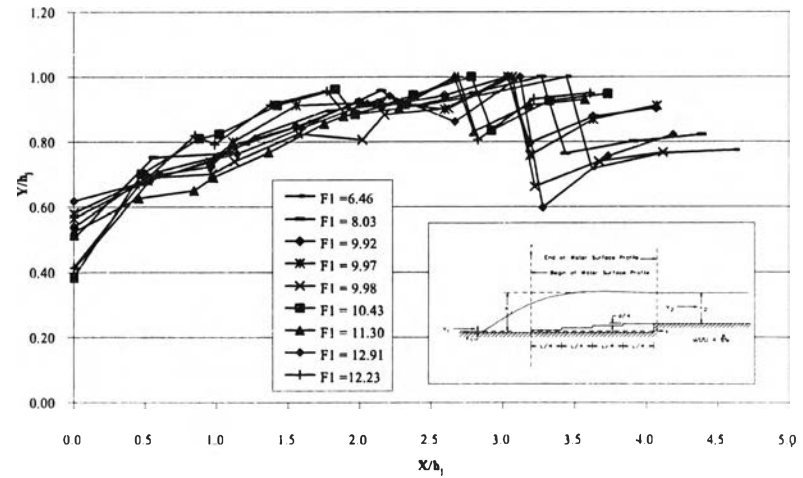
ก. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวน้ำแอ่งสลายพลังงานแบบ S_4-1



ข. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวน้ำแอ่งสลายพลังงานแบบ S_4-2

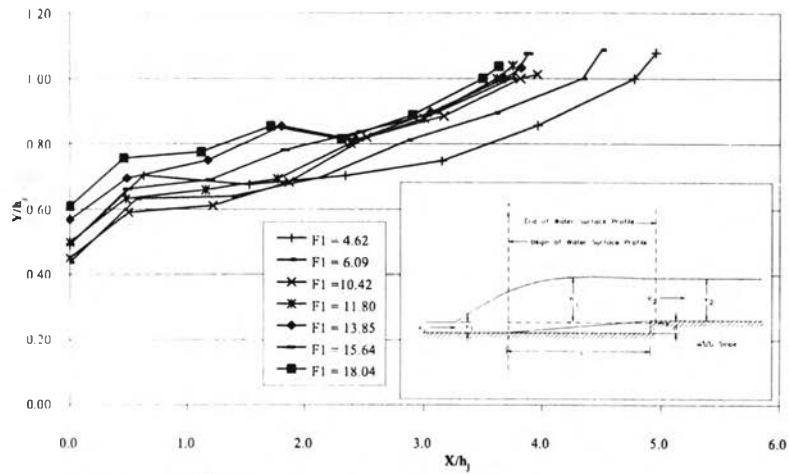


ค. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวน้ำแอ่งสลายพลังงานแบบ S_4-3

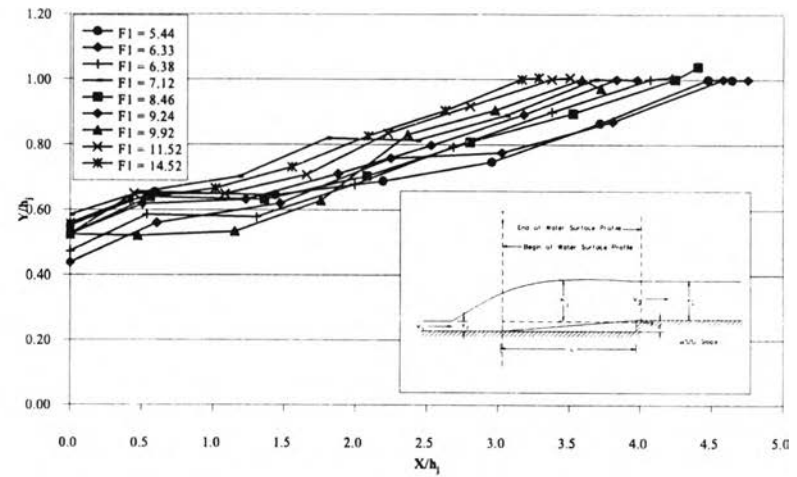


ง. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวน้ำแอ่งสลายพลังงานแบบ S_4-4

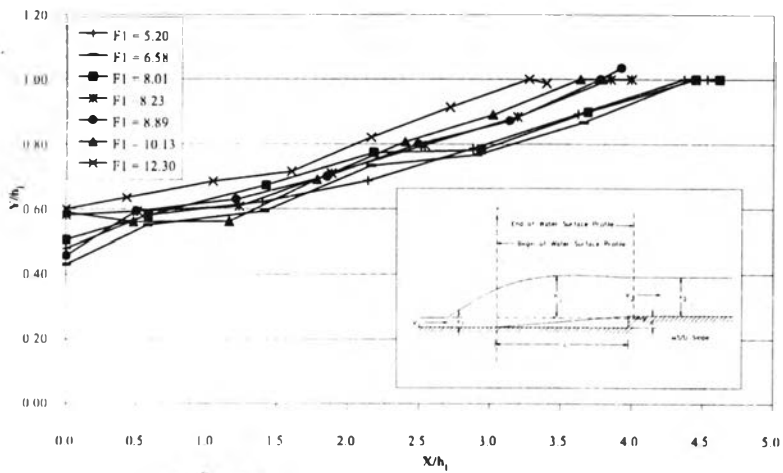
รูปที่ 4-21 ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวน้ำแอ่งสลายพลังงานแบบ S_4 (dimensionless surface profiles)



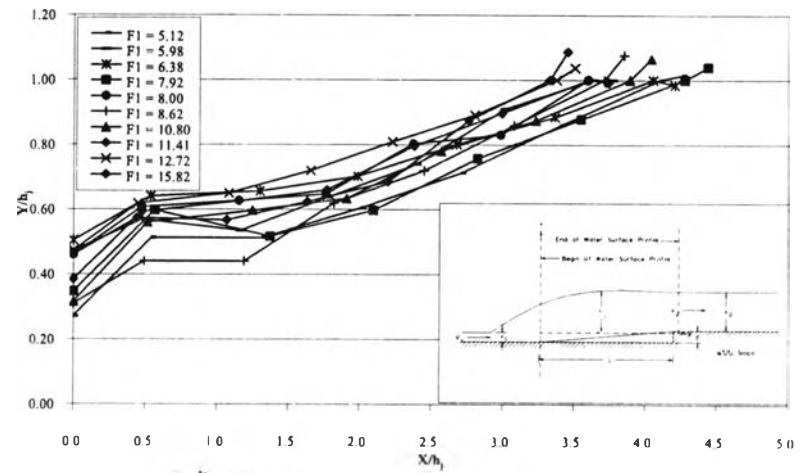
ก. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_0-1



ข. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_0-2



ค. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_0-3



ง. ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_0-4

รูปที่ 4-22 ลักษณะของผิวน้ำไร้มิติ บนผิวแอ่งสลายพลังงานแบบ S_0 (dimensionless surface profiles)