

# อาคารสลายพลังงาน (Energy Dissipator)

- ❖ อาคารที่ทำหน้าที่สลายพลังงานของน้ำที่ไหลผ่าน **Spillways** หรือ ประตู. หรืออาคารชลศาสตร์ ก่อนปล่อยลงสู่ลำน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลเร็วและแรงจนเกิดการกัดเซาะ (**Scouring**) ตลิ่งและท้องน้ำ และเป็นอันตรายต่อตัวอาคาร
- ❖ หลักการสลายพลังงาน
  - (1) ใช้หลัก **Hydraulic Jump**
  - (2) สร้างอาคารรับแรงกระแทกของน้ำเพื่อสลายพลังงาน
  - (3) สร้างอาคารเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของน้ำให้พุ่งสู่อากาศหรือไหลม้วน และตกลงในที่ที่จัดเตรียมไว้

รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวิชัย

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

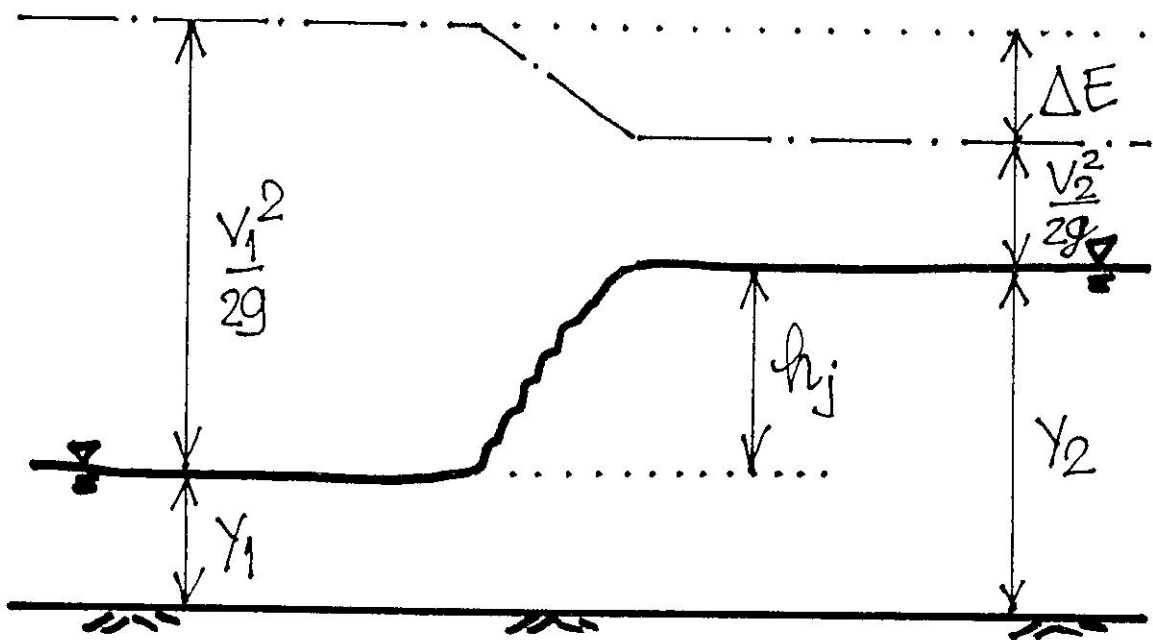
❖ **USBR เสนอแนะอาคารสลายพลังงาน  
10 แบบ เรียกว่า Basin I-Basin X**

- **Basin I - Basic Hydraulic Jump**
- **Basin II - Hydraulic Jump for High Spillways and Large Canal Structure**
  - Chute Block
- **Basin III - Hydraulic Jump for Small Spillways and Canal Structure**
  - Chute Blocks + Baffle Piers
- **Basin IV - Transition Hydraulic Jump ไม่ Stable**
  - Canal Structure
  - Diversion Dam
  - Deflector Block หรืออุปกรณ์ลดคลื่น
- **Basin V - Hydraulic Jump on Sloping Apron**
- **Basin VI - Impact Type**
  - Pipe or Open Channel Canal Structure
- **Basin VII - Slotted and Solid Buckets**

- Basin VIII - Hollow Jet Value
  - Power House
- Basin IX - Baffled Chute
- Basin X - Flip Bucket

ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะ Basin I- Basin IV และ Basin VI

### หลักการของ Hydraulic Jump (ดู Open Channel Flow)



$$M_1 = M_2$$

$$\frac{Q^2}{g y_1} + \frac{y_1^2}{2} = \frac{Q^2}{g y_2} + \frac{y_2^2}{2}$$

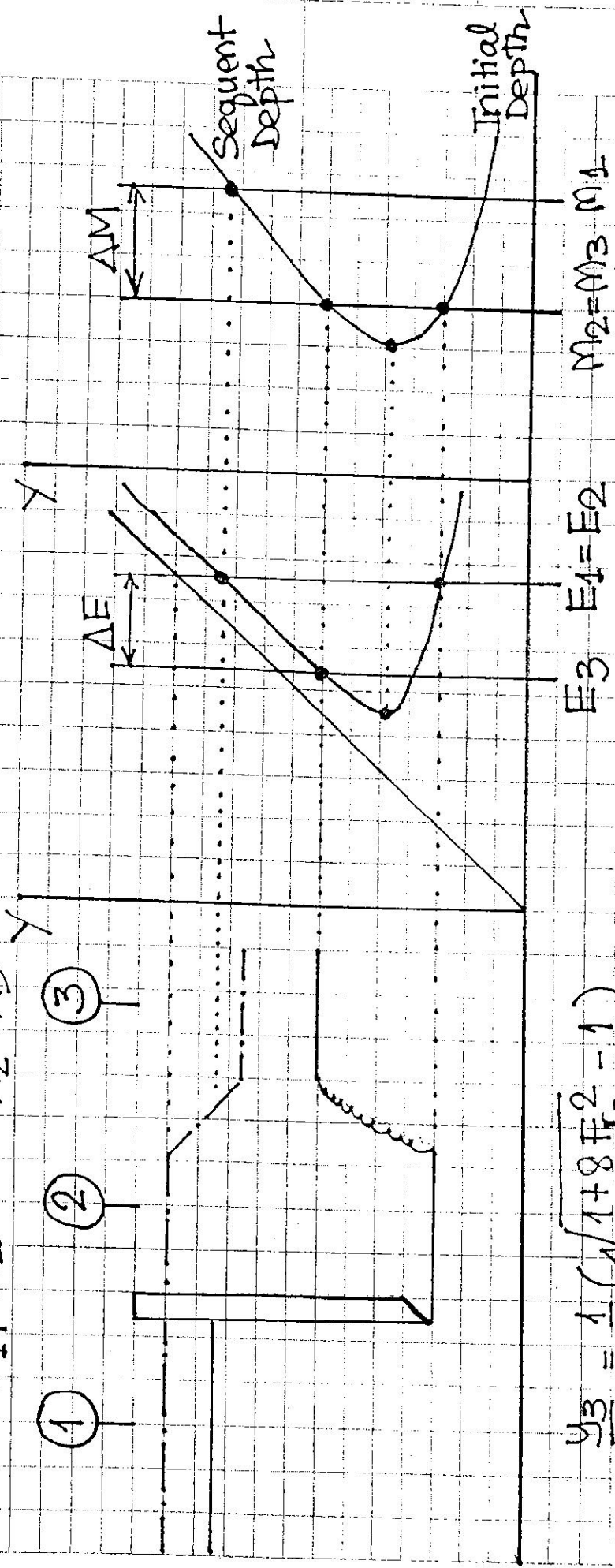


$$\frac{M-y}{M} = \frac{Q^2}{gy} + \frac{y^2}{2}$$

$$\frac{E-y}{E} = y + \frac{Q^2}{2gy^2}$$

$$E_1 = E_2 \quad E_2 \neq E_3$$

$$M_1 \neq M_2 \quad M_2 = M_3$$

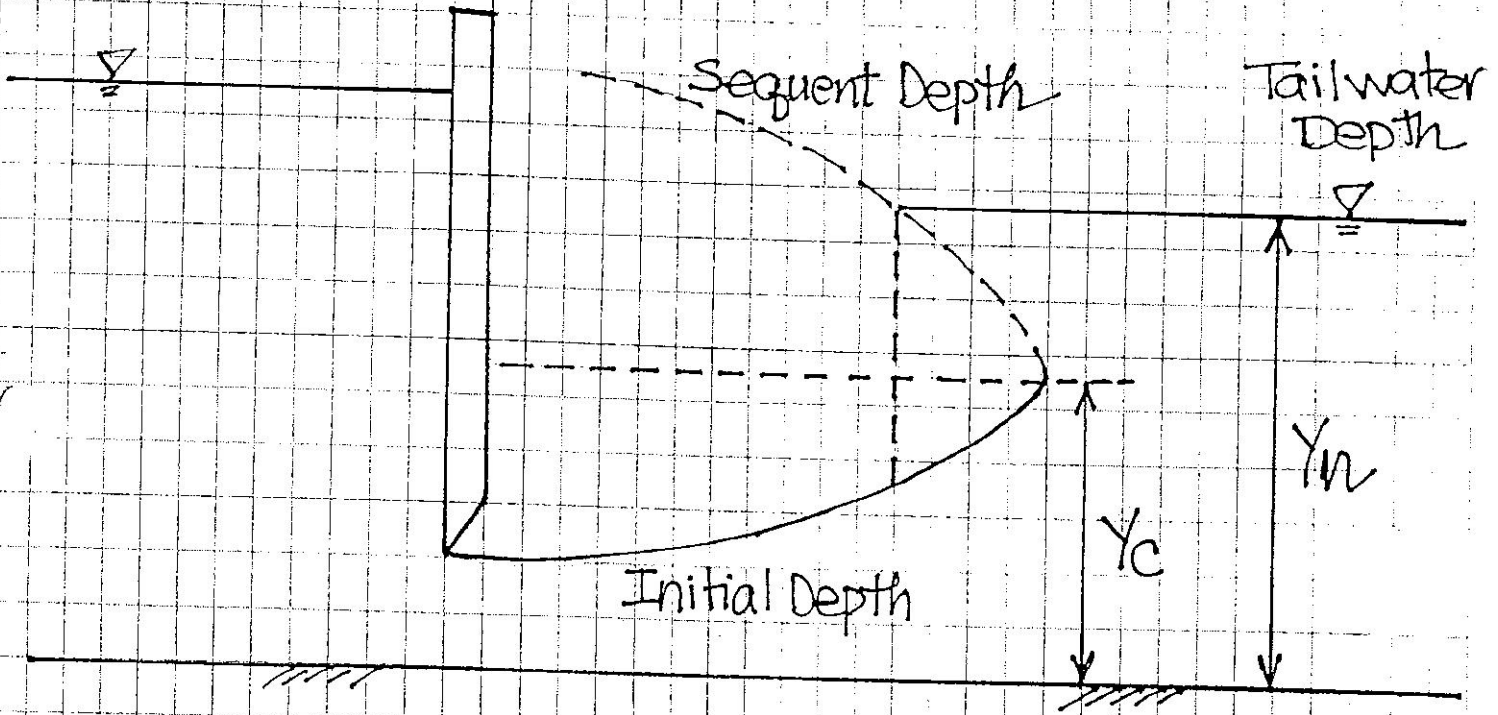


$$\frac{y_3}{y_2} = \frac{1}{2} (\sqrt{1+8F_2^2} - 1)$$

$y_2 =$  Initial Depth  
 $y_3 =$  Sequent Depth



# Position of Hydraulic Jump.





$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1) \quad \dots \textcircled{1}$$

๑๑๖๐

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1) \quad \dots \textcircled{2}$$

$$Fr^2 = \frac{V^2}{gy} = \frac{Q^2}{gy^3} = \frac{Q^2 B}{gA^3}$$

$$\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1 y_2}$$

๑๑๖๐ Hydraulic Jump Error (h<sub>j</sub>)

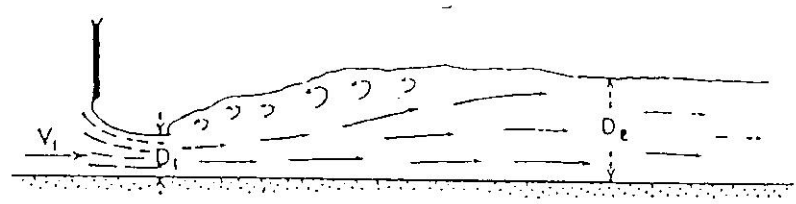
$$y_2 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1)$$

$$h_j = y_2 - y_1 = \frac{y_1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 3)$$

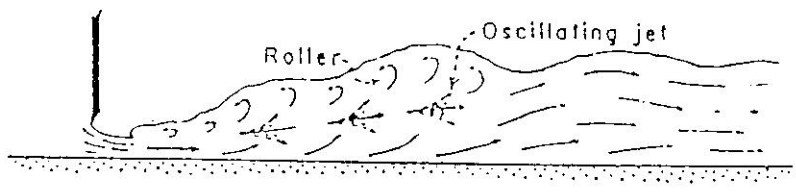
$$\begin{aligned} E_1 &= y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_1 + \frac{V_1^2}{gy_1} \left(\frac{y_1}{2}\right) \\ &= y_1 \left(1 + \frac{Fr_1^2}{2}\right) = \frac{y_1}{2} (Fr_1^2 + 2) \end{aligned}$$

$$\frac{h_j}{E_1} = \frac{\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 3}{Fr_1^2 + 2} \quad \dots \textcircled{3}$$

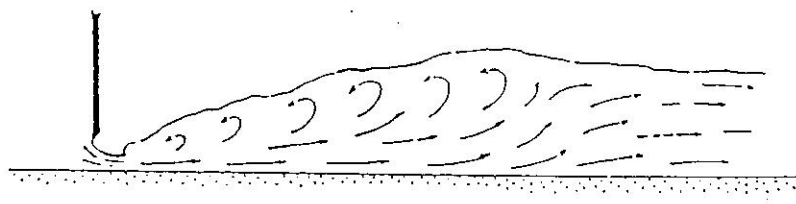
# ชนิดของ Hydraulic Jump แบบพื้นฐาน



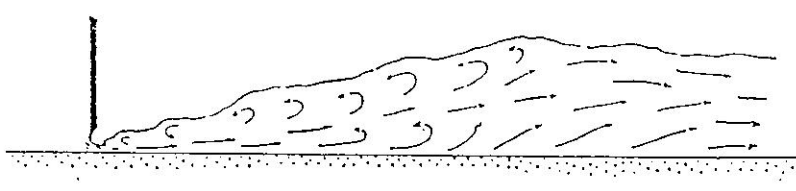
$F_1 = 1.7 \text{ to } 2.5$   
 A—Pre-jump—very low energy loss



$F_1 = 2.5 \text{ to } 4.5$   
 B—Transition—rough water surface



$F_1 = 4.5 \text{ to } 9.0$ —range of good jumps  
 C—Least affected by tail water variations



$F_1 = 9.0 \text{ upward}$   
 D—effective but rough

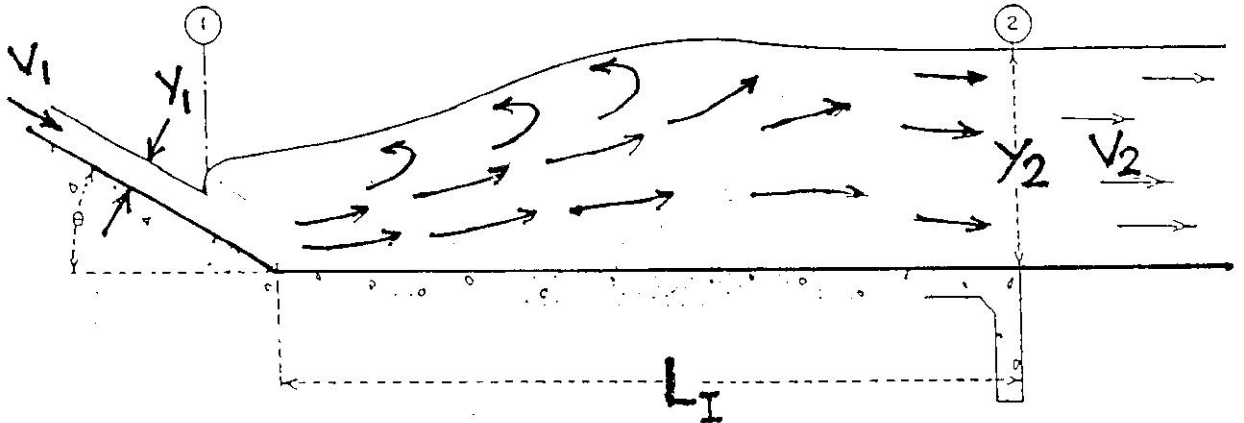
รูปที่ 5.6 รูปแบบของจุ่มบนพื้นราบ (เบซิน 1)

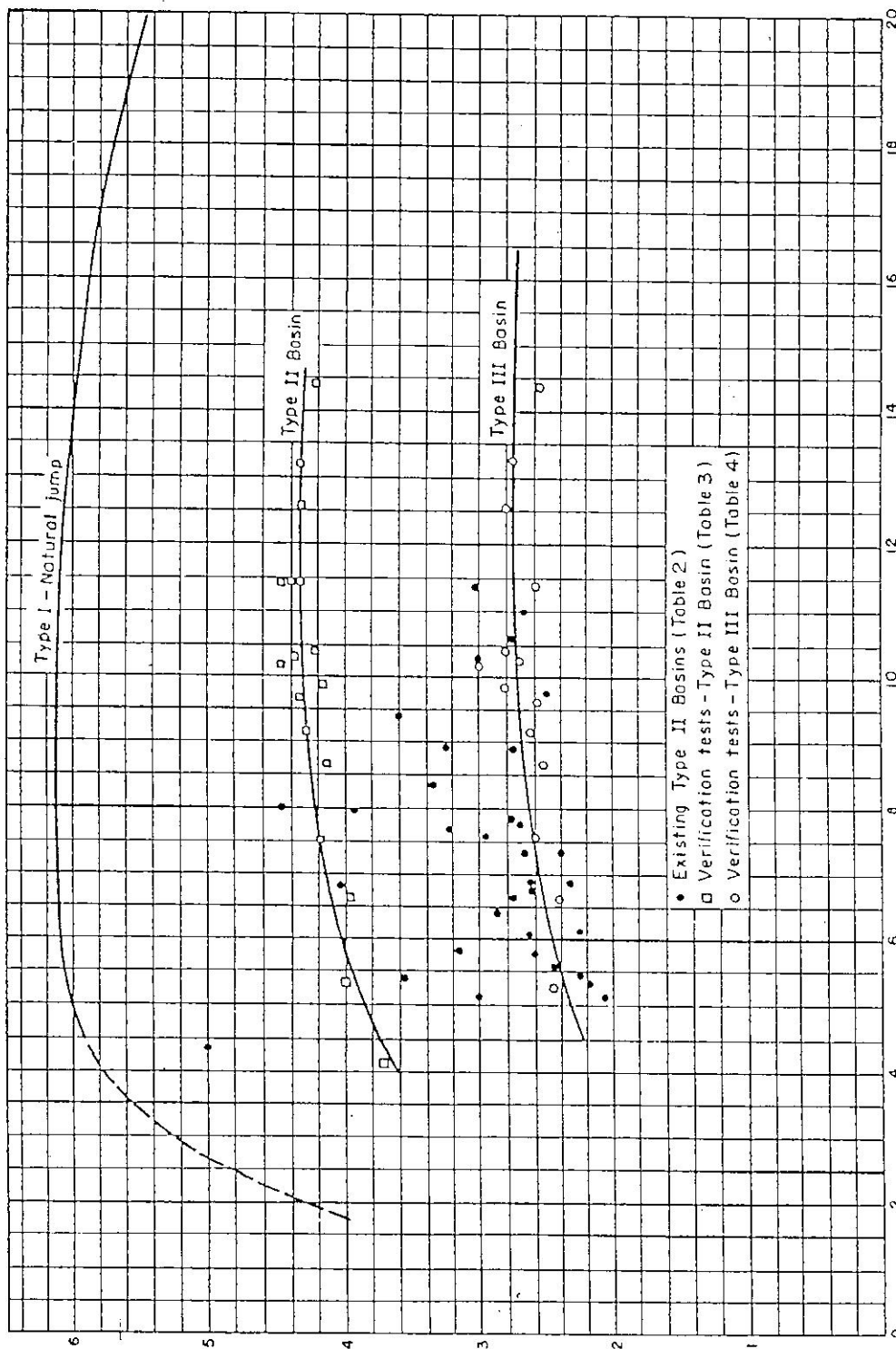
# Basin I

## Basic Hydraulic Jump บนพื้นราบ

### หลักการออกแบบ

1. ความยาว Basin I  $\geq$   
ความยาว Hydraulic Jump (L)
2. TW depth  $\geq y_2$
3. ความสูงกำแพงข้าง  $\geq y_2$





$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gY_1}}$$

Fig. 5.10 Length of jump on horizontal floor (Basins I, II, and III).

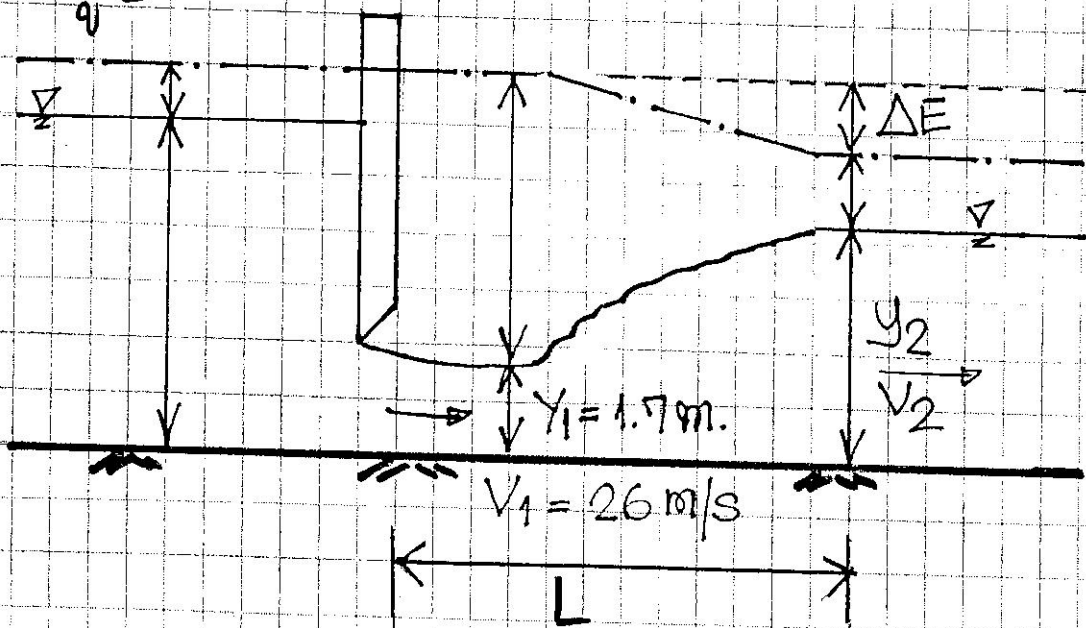
$Y_1$



### EX.1 จงหา Conjugate TW depth ( $y_2$ )

ความยาว Basin I บนรูปแสดงลักษณะการไหล  
ที่เกิดของ Hydraulic Jump ที่เกิดท้ายบ่อ

ตัวอย่าง



$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{26}{\sqrt{9.81 \times 1.7}} = 6.37$$

$$Fr_1^2 = (6.37)^2 = 40.6$$

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1)$$

$$y_2 = \frac{1.70}{2} (\sqrt{1 + 8(40.6)} - 1) = 14.49 \text{ m.}$$



จากรูปที่ 5.10

$$Fr_1 = 6.37 \rightarrow \frac{L}{y_2} = 6.1$$

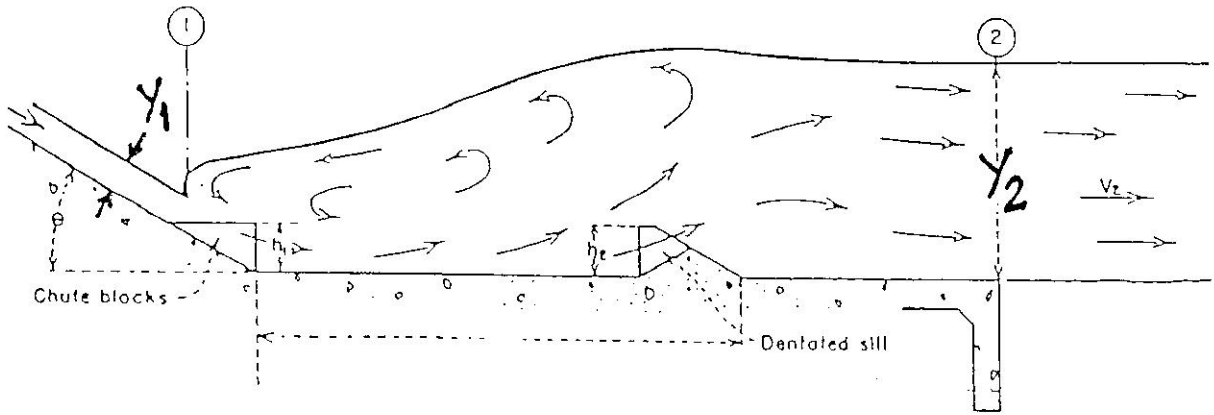
$$L = 6.1 \times 14.49 = 88.39 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1 y_2} \\ &= \frac{(14.49 - 1.7)^3}{4 \times 1.7 \times 14.49} = 21.23 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_1 &= y_1 + \frac{V_1^2}{2g} \\ &= 1.7 + \frac{(26)^2}{2 \times 9.81} = 36.15 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$100 \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{21.23}{36.15} \times 100 = 59\%$$

For High Spillway และ Large Canal  
Structure  $V_1 > 18 \text{ m/s}$  ซึ่งถือสูงมาก



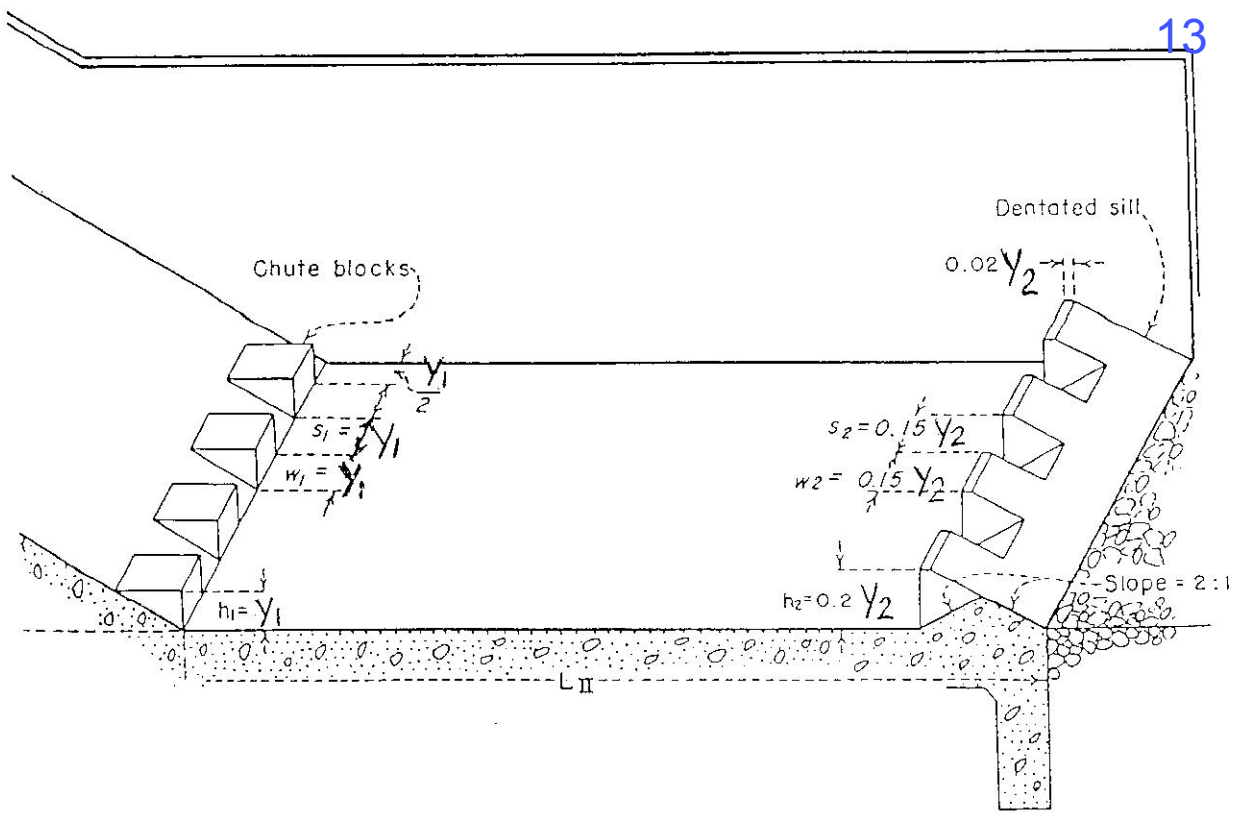
รูปที่ 5.7 เบซิน 2

## ■ Chute Block

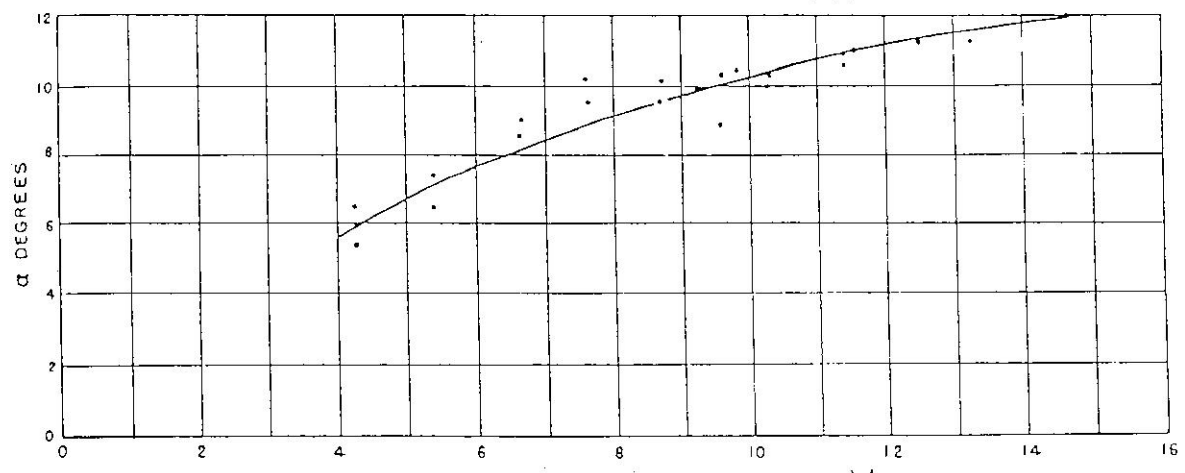
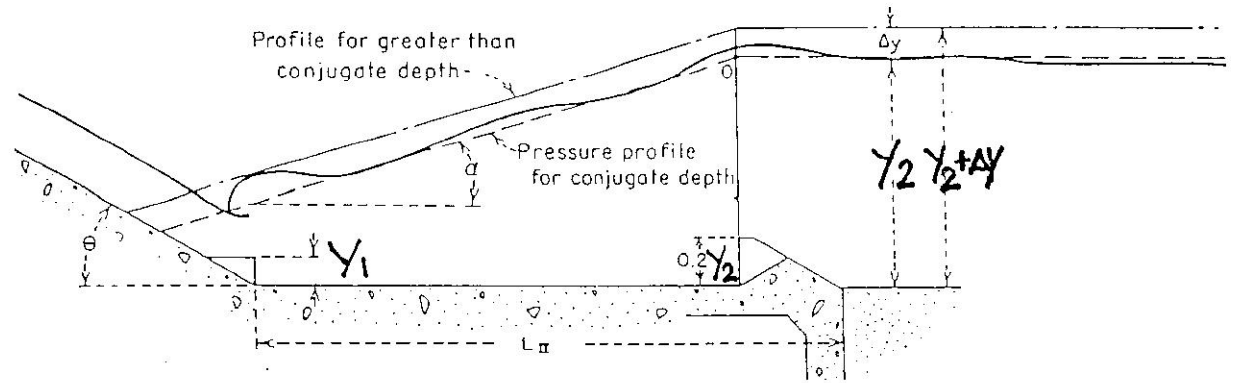
- ทำหน้าที่ยกกระแสน้ำที่พุ่งเข้า Basin บางส่วน ทำให้กระแสน้ำเกิดการหมุนวน ช่วยลดความยาว Jump
- ช่วยยืด Jump ไม่ให้หลุดออกนอก Basin กรณีที่ TW Depth ต่ำกว่า Conjugate Depth

## ■ Sill

- ทำหน้าที่ช่วยลดความต้องการ Tail water Depth มี 2 แบบคือแบบ Solid(ทึบ) และแบบ Dentated (ฟัน) ปกติแนะนำให้ใช้แบบ Dentated



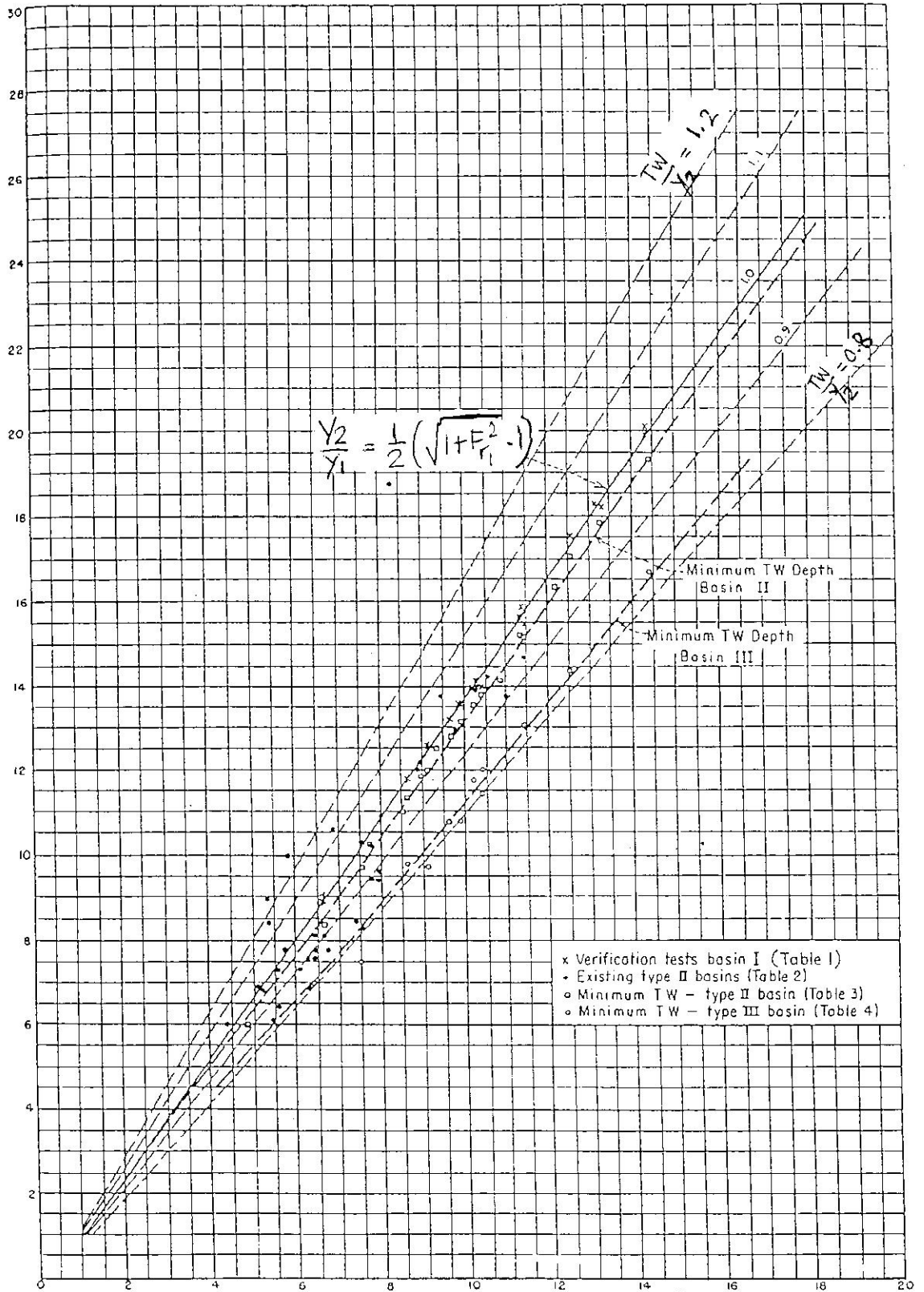
รูปที่ 5.8 สัดส่วนที่แนะนำสำหรับเบซิน 2



$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gY_1}}$$

รูปที่ 5.11 Approximate water surface and pressure profiles (Basin II)

TW depth /  $Y_1$

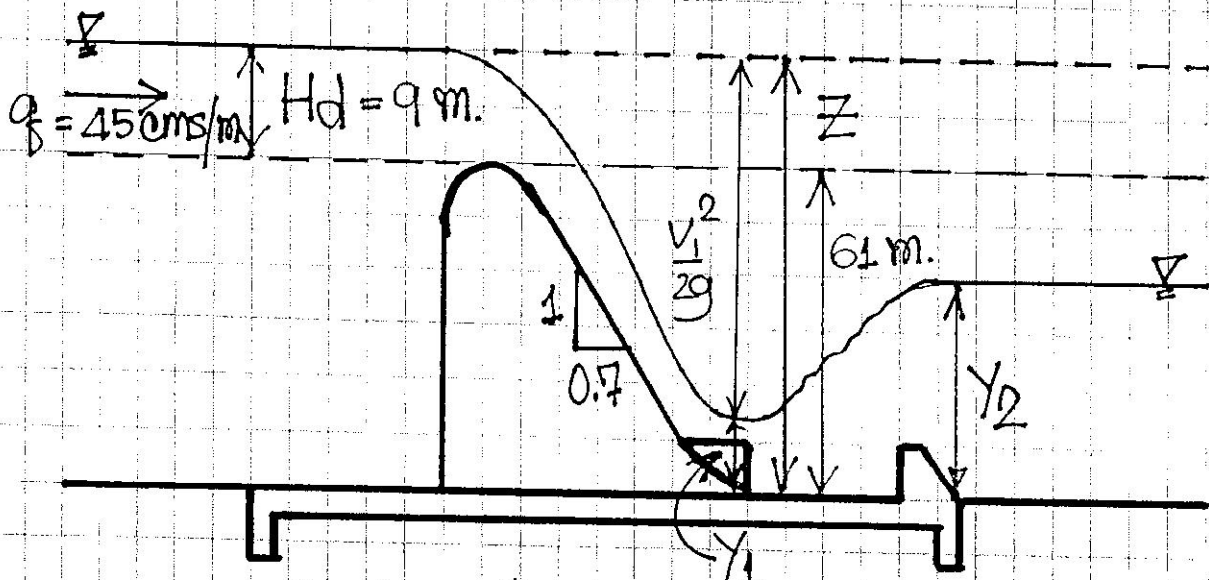


$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g Y_1}}$$

5.9 Minimum tail water depths (Basins I, II, and III)



## EX.2 Overflow Spillway ๓๓รูป ข๓ค๓ข๓ข๓ ๓๓ $Y_2$ ๓๓ Dimension ๓๓ Basin II



๓๓ ๓๓ ๓๓ ๓๓ ๓๓ ๓๓  $\frac{H_e}{H_d} = 1.0$ ;  $\frac{V_a^2}{2g} = 0$

$$z = 61 + 9 = 70 \text{ m}$$

$$Y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z$$

$$Y_1 + \frac{45^2}{2 \times 9.81 Y_1^2} = 70$$

Trial & Error

$$Y_1 \text{ (super critical) } = 1.23 \text{ m.}$$

$$V_1 = \frac{Q}{Y_1} = \frac{45}{1.23} = 36.59 \text{ m/s}$$



$$F_{r1} = \frac{V_1}{\sqrt{gY_1}} = \frac{36.59}{\sqrt{9.81 \times 1.23}} = 10.5$$

$$\frac{Y_2}{Y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8F_{r1}^2} - 1)$$

$$Y_2 = \frac{1.23}{2} (\sqrt{1 + 8(10.5)^2} - 1) \\ = 17.66 \text{ m.}$$

จากรูป 5.9 กรณี Minimum TW Depth  
สำหรับ Basin II

$$\frac{TW}{Y_1} = 14$$

$$TW = 14 \times 1.23 = 17.22 \text{ m.}$$

สมมติว่า FS = 5% ของ  $Y_2$

ระดับน้ำใน Basin II จะเท่ากับ TW

$$= 17.22 + 0.05(17.22)$$

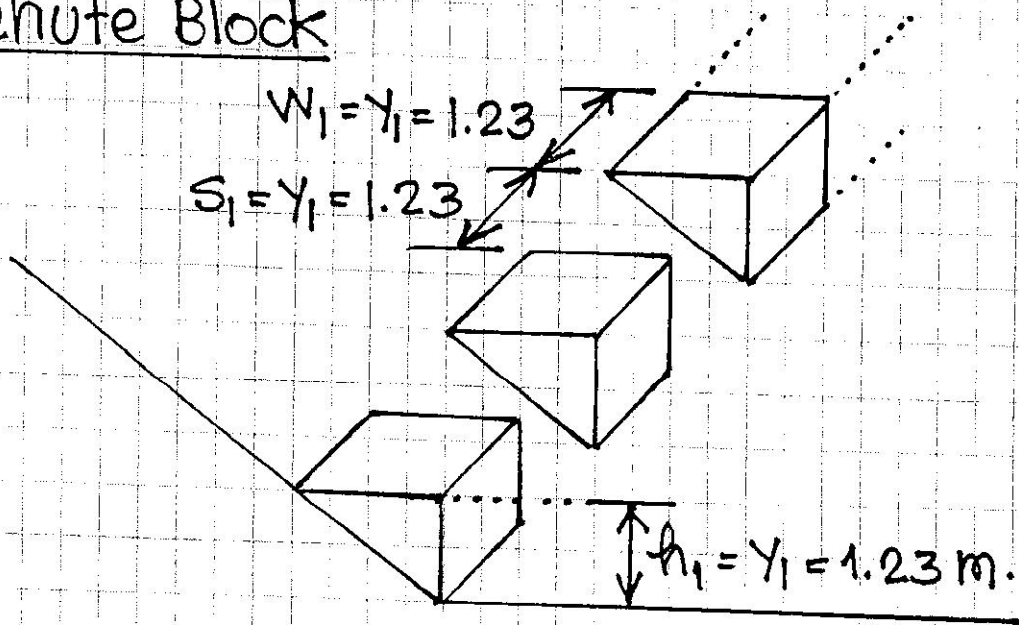
$$= 18.10 \text{ m.}$$

จากรูป 5.10  $\frac{L}{Y_2} = 4.3$

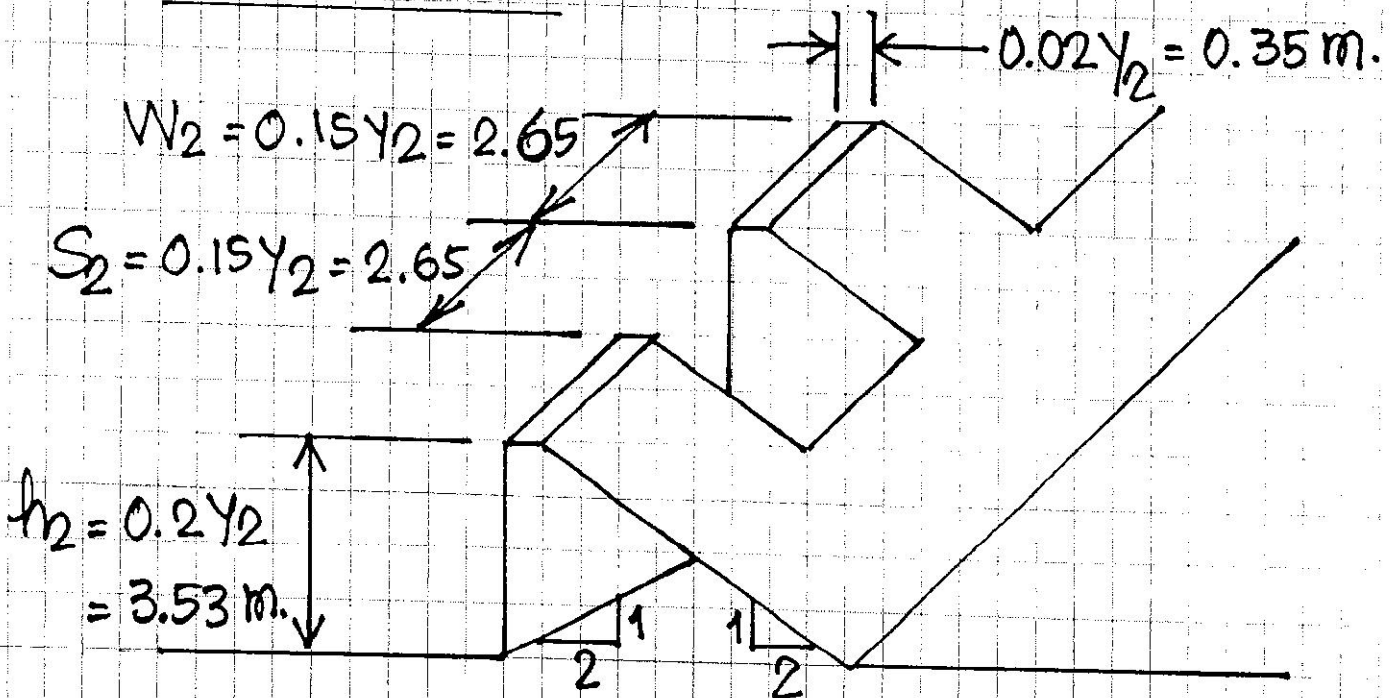
$$L = 4.3 \times 17.66 = 75.94 \text{ m.}$$



### Chute Block

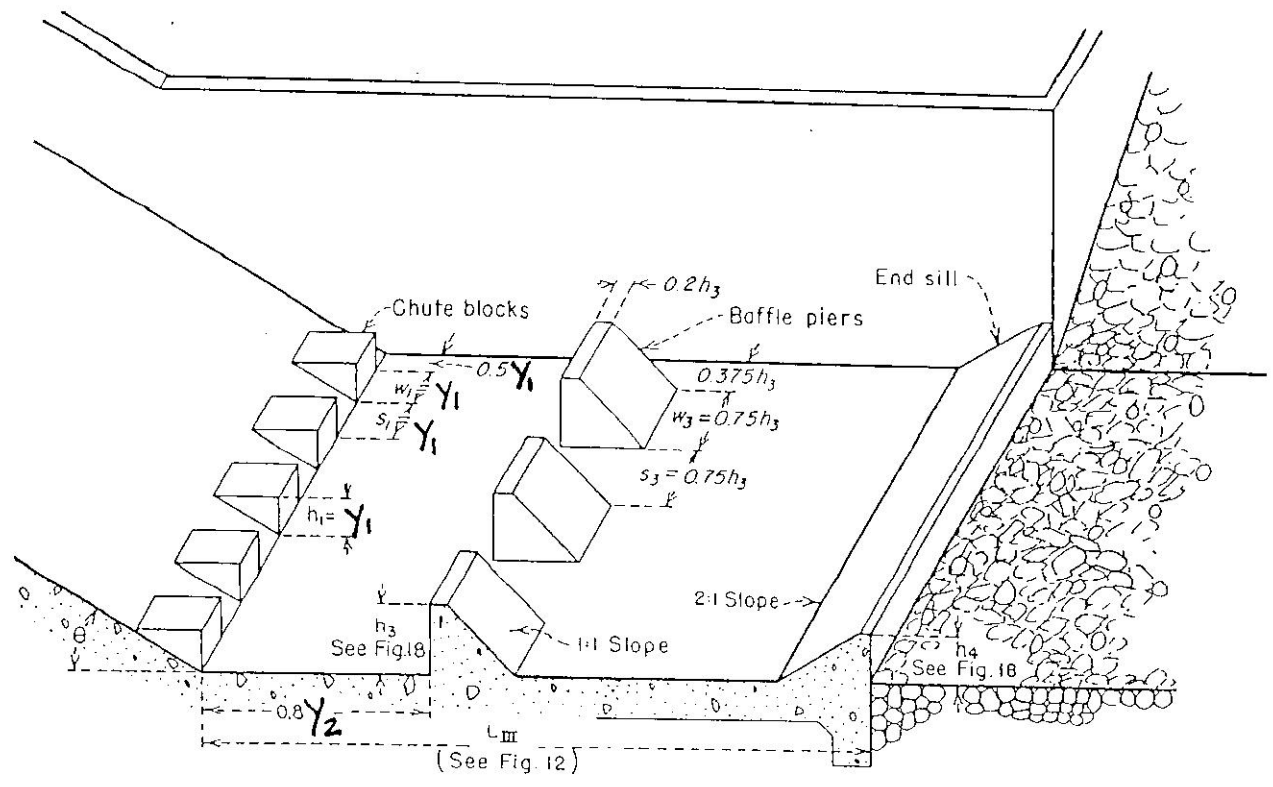


### Dentated Sill



# Basin III

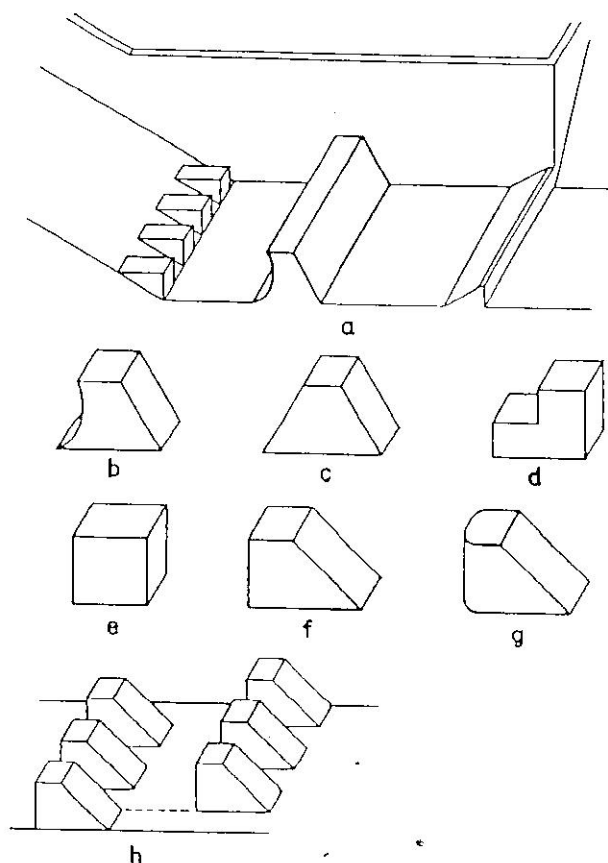
## สำหรับ Canal Structure และ Small Spillway ที่ $V_1$ ปานกลาง



รูปที่ 5.15 Recommended proportions (Basin III)

- **Baffle Piers** ช่วยสลายพลังงานทำให้ Jump ลึกลง
- **End Sill** ทำหน้าที่ยกกระแสน้ำเพื่อป้องกันการกัดเซาะท้ายน้ำควรออกแบบให้เป็น **Solid End Sill**

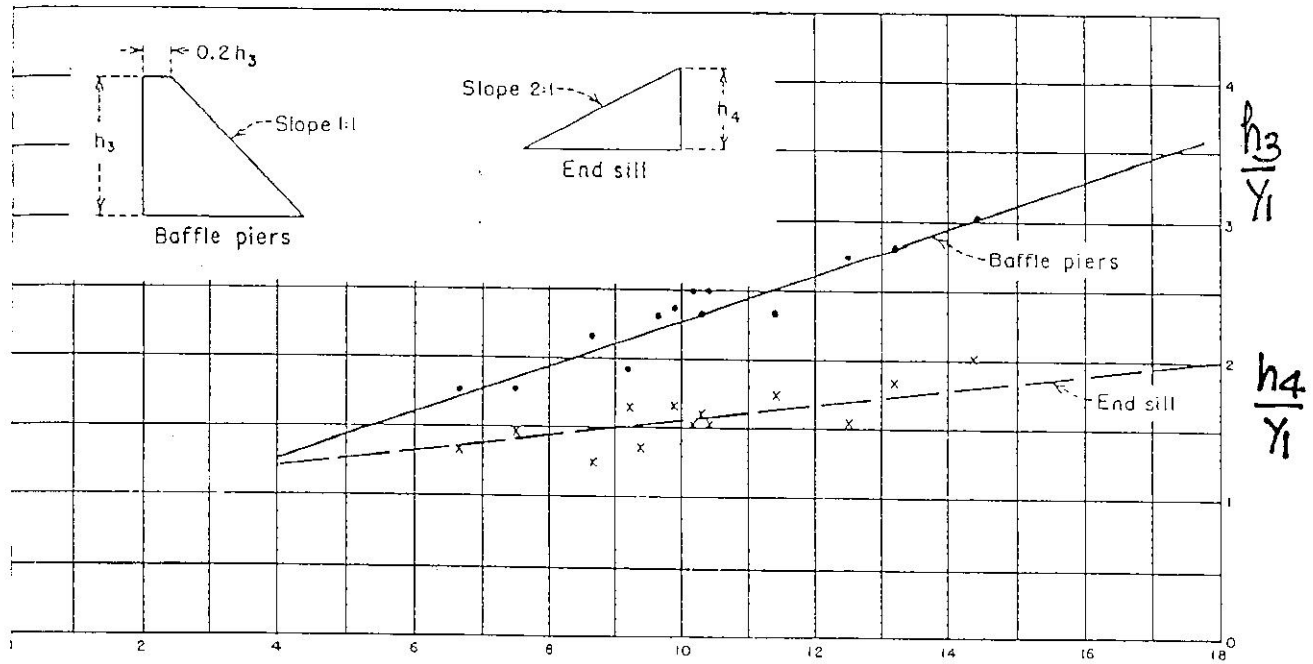
- **Basin III มีประสิทธิภาพดีกว่า Basin I และ II ทำงานดี เมื่อ  $Fr_1 > 4.0$**
- **ถ้า  $V_1 > 15-18$  m/s ไม่ควรใช้ Basin III อาจเกิด Cavitation ที่ Baffle Piers (ควรใช้ Basin II แทน)**
- **ถ้า TW Depth = Full Conjugate Depth จะให้ FS = 15%-18%**



รูปที่ 5.14 Record of appurtenances (Basin III)

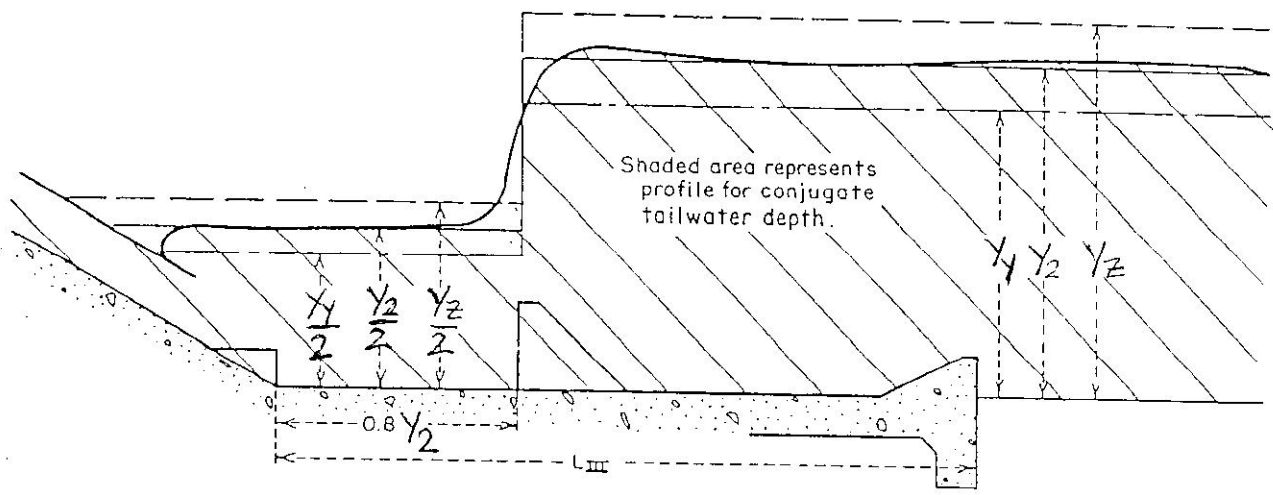
- **แบบ a** เป็นแบบ **Solid curved sill** ซึ่งต้องการ **TW Depth** มากเกินไป จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้
- **แบบ b** ถ้ามีความสูง ความกว้าง และระยะห่างที่เหมาะสมจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมจัมและสลายพลังงานดี จัมเกือบจะอยู่ในแนวตั้ง
- **แบบ c** ประสิทธิภาพไม่ดี ไม่ว่าจะสูงเท่าไร เพราะ **Baffle Piers** แบบนี้จะทำให้กระแสน้ำพุ่งเป็นมุมประมาณ 45 องศา ซึ่งทำให้เกิดการปั่นป่วนและเกิดคลื่นทางด้านท้ายน้ำ
- **แบบ d** เรียกว่าแบบชั้นบันได ไม่ว่าจะทำการจัดเรียงแบบแถวเดียวหรือ 2 แถว จะให้ผลไม่ต่างจากแบบ c
- **แบบ e** จะมีประสิทธิภาพดีมากถ้าออกแบบ ความสูง ความกว้าง ระยะห่าง และจุดที่ตั้งให้เหมาะสม ด้านหน้าของจัมเกือบอยู่ในแนวตั้ง และผิวหน้าราบเรียบมาก
- **แบบ f** ทำงานเหมือนกับแบบ e
- **แบบ g** ซึ่งลักษณะคล้ายแบบ f แต่มีการลบบวมทางด้านเหนือหน้า การลบบวมลดประสิทธิภาพในการทำงานของบล็อกลงเป็นอย่างมาก
- **แบบ h** เป็นการเอาแบบ f มาจัดเรียงเป็นสองแถว แถวที่สองมีประโยชน์น้อยมาก

ในแง่ของประสิทธิภาพในการทำงาน แบบ **b** แบบ **e** และแบบ **f** ทำงานมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่แบบ **f** ดีที่สุดในแง่ของการก่อสร้าง



$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g y_1}}$$

5.16 Height of baffle piers and end sill (Basin III)



5.17 Approximate water surface and pressure profiles (Basin III)

# EX. 3 จงออกแบบ Basin III

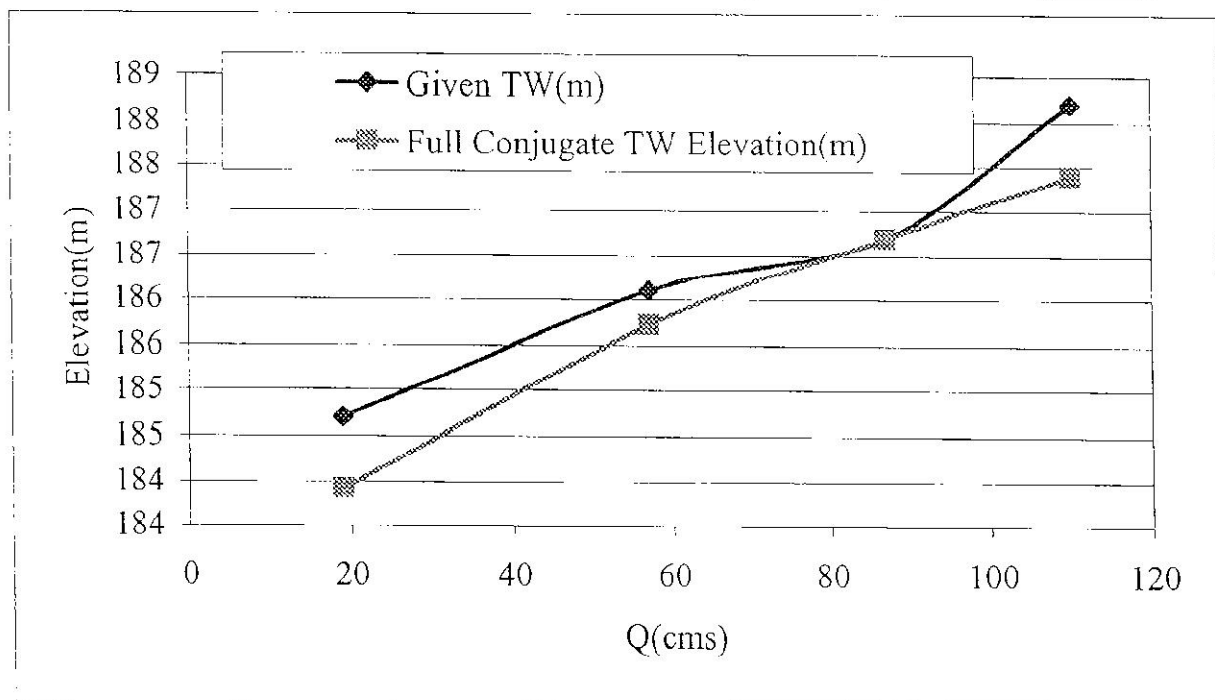
ซึ่งมีความกว้าง 15 m. จากข้อมูลที่กำหนดให้  
กำหนดให้

Q(cms)	q(cms/m)	v1(m/s)	y1(m)
110	7.3	21.0	0.35
87	5.8	20.1	0.29
57	3.8	19.2	0.20
19	1.3	15.5	0.08

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$$

Q(cms)	Fr1	y2/y1	y1(m)	y2(m)	Given TW(m)	Calculated	Full
						Basin III Floor Elevation	Conjugate TW Elevation(m)
110	11.35	15.55	0.35	5.43	188.20	182.77	187.40
87	11.95	16.40	0.29	4.73	186.70	181.97	186.70
57	13.78	18.99	0.20	3.76	186.10	182.34	185.73
19	17.31	23.99	0.08	1.96	184.70	182.74	183.93

Basin Floor = Minimum of Calculated Floor Elevat      181.97



ความยาว Basin IIIที่  $Q_{max} = 110 \text{ cms}$ 

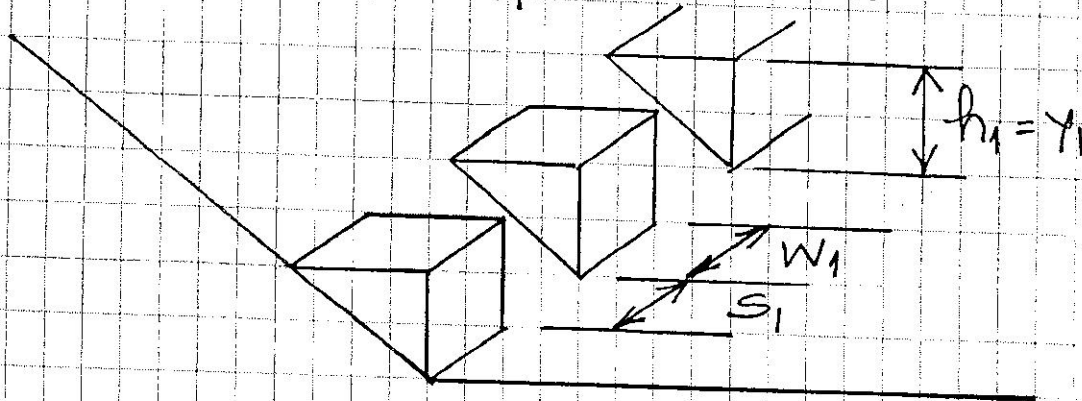
$$Fr_1 = 11.35, y_2 = 5.43 \text{ m.}$$

จากรูป 5.10  $\frac{L}{y_2} = 2.75$

$$L = 2.75 \times 5.43 = 14.93 \text{ m.}$$

ความสูงและความกว้างและระยะห่าง Chute Block

$$h_1 = w_1 = s_1 = \frac{y_1}{4} = 0.35 \text{ m.}$$

ความสูงและความกว้างและระยะห่างของ Baffle Pier

จากรูป 5.16 ;  $Fr_1 = 11.35$

$$\frac{h_3}{y_1} = 2.5$$

$$h_3 = 2.5 \times 0.35 = 0.88 \text{ m.}$$



$$W_3 = S_3 = 0.75 h_3 = 0.75 \times 0.88$$

$$= 0.66 \text{ m.}$$

จำนวน Baffle Piers

ห่างจากปลาย Chute Block =  $0.8 Y_2$

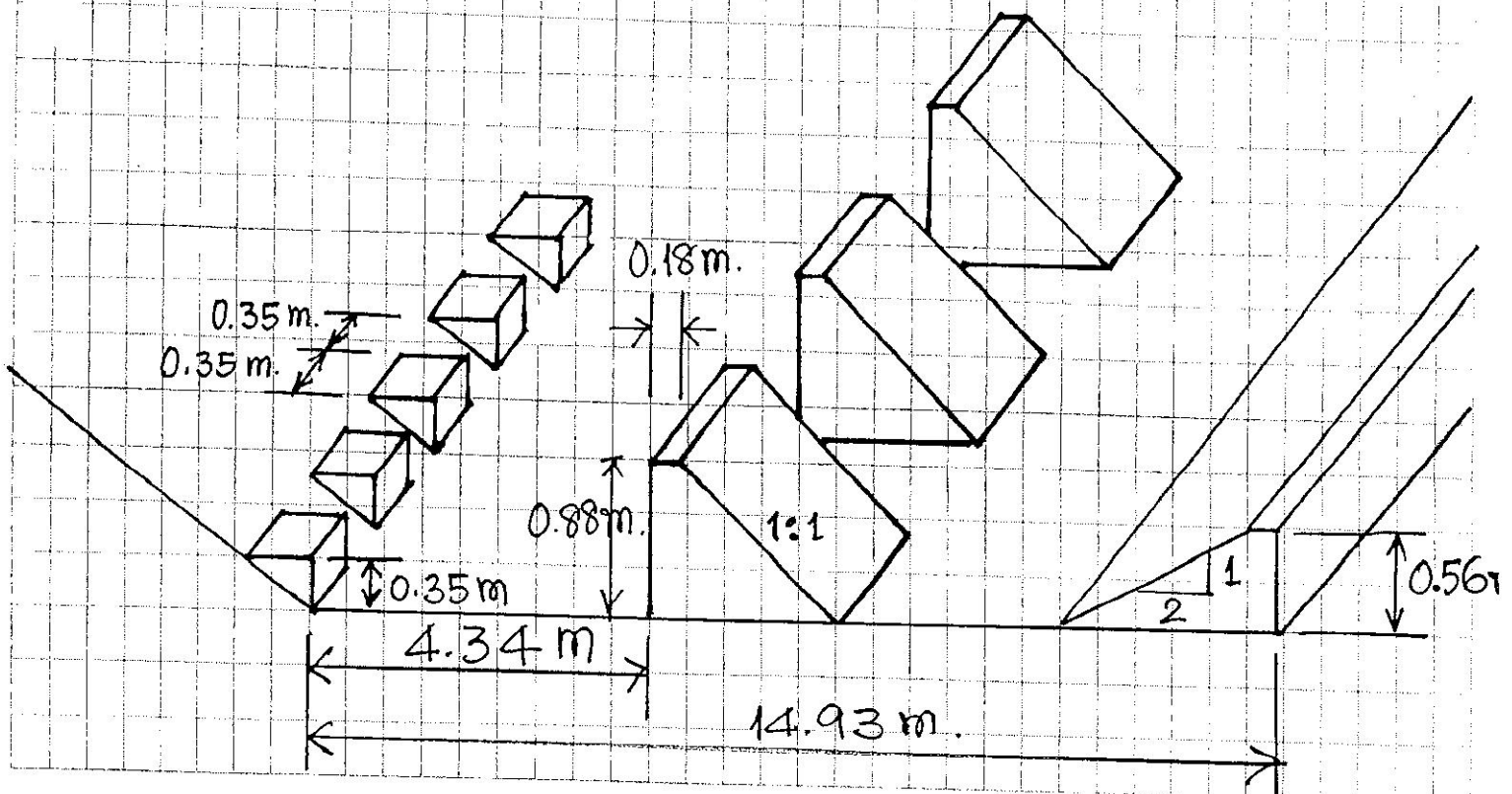
$$= 0.8 \times 5.43 = 4.34 \text{ m.}$$

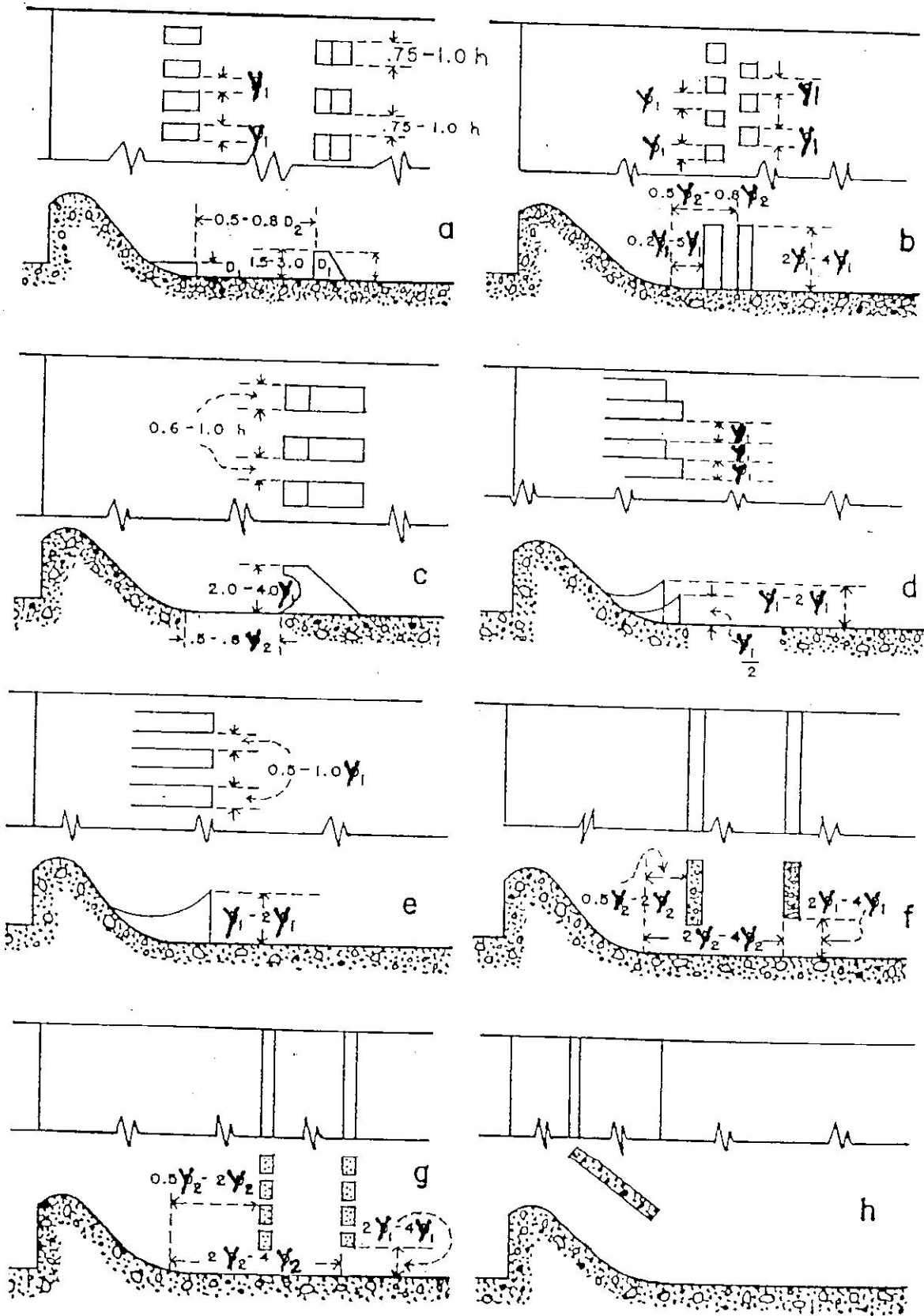
ความสูง End sill

จากรูป 5.16 ,  $Fr_1 = 11.35$

$$\frac{h_4}{y_1} = 1.6$$

$$h_4 = 1.6 \times 0.35 = 0.56 \text{ m.}$$





6.1 Record of appurtenances (Basin IV).

## Alternative Stilling Basin 4 – Small Drops

- ❖ สำหรับอาคารน้ำตกในคลองขนาดเล็ก ควรใช้ Alternative Basin ในการลดคลื่นที่แหล่งที่ทำให้เกิดคลื่น ซึ่งมี Froude No. อยู่ระหว่าง 2.5-4.0
- ❖ อุปกรณ์ดังกล่าวจะสลายพลังงานได้ดีมากและขจัดปัญหาเรื่องคลื่น รางเหล็กควรเอียงลงทำมุม 3 องศา กับแนวราบ เพื่อให้สามารถขจัดสวะต่างๆ ที่ติดมากับน้ำได้โดยอัตโนมัติ

$$Q = CN(SL)\sqrt{2g y_1}$$

Q = ปริมาณการไหล, cms

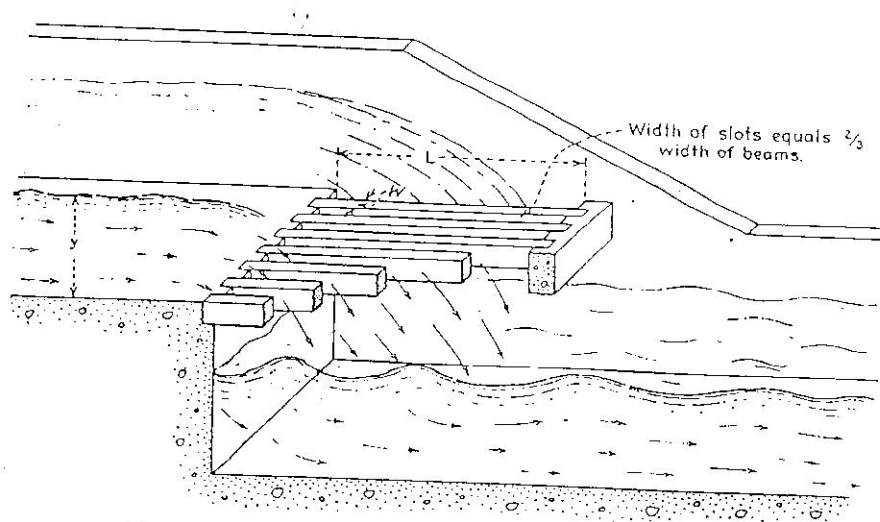
C = ส.ป.ส.การไหลจากการทดลอง = 0.245

N = จำนวนร่อง

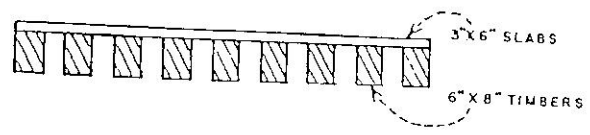
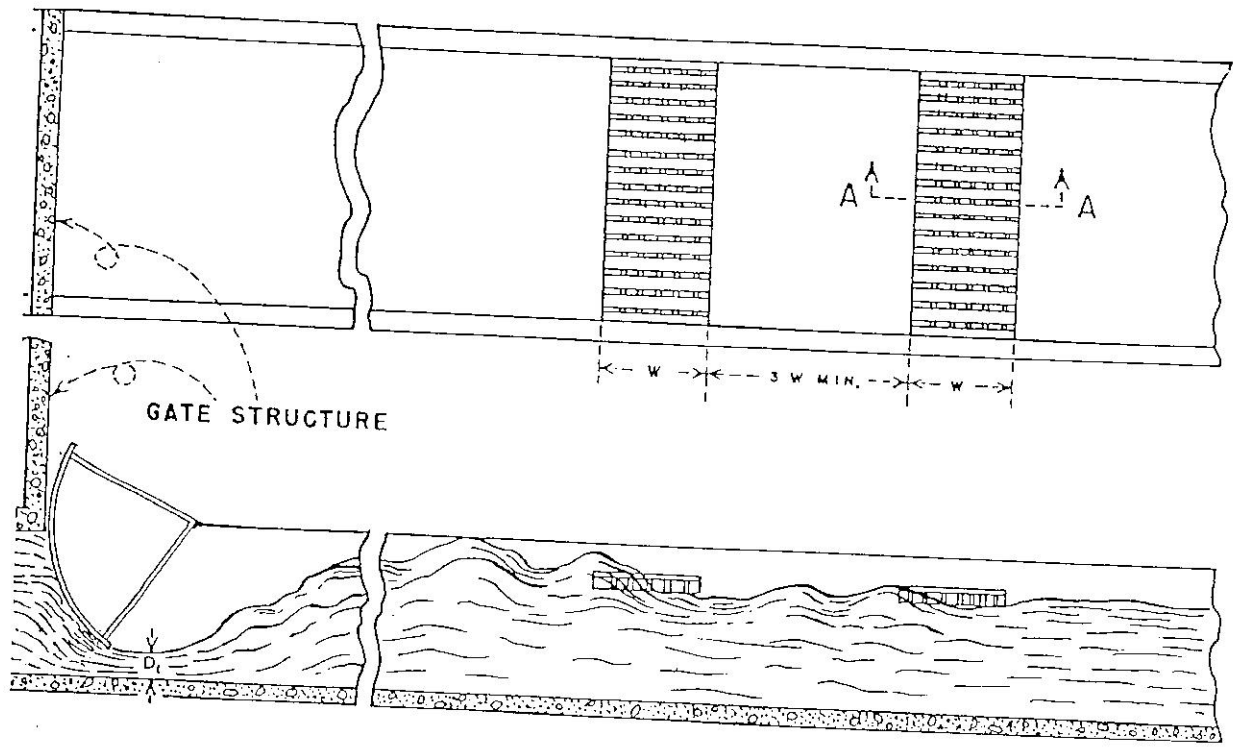
S = ระยะห่าง (m)

L = ความยาว(m)

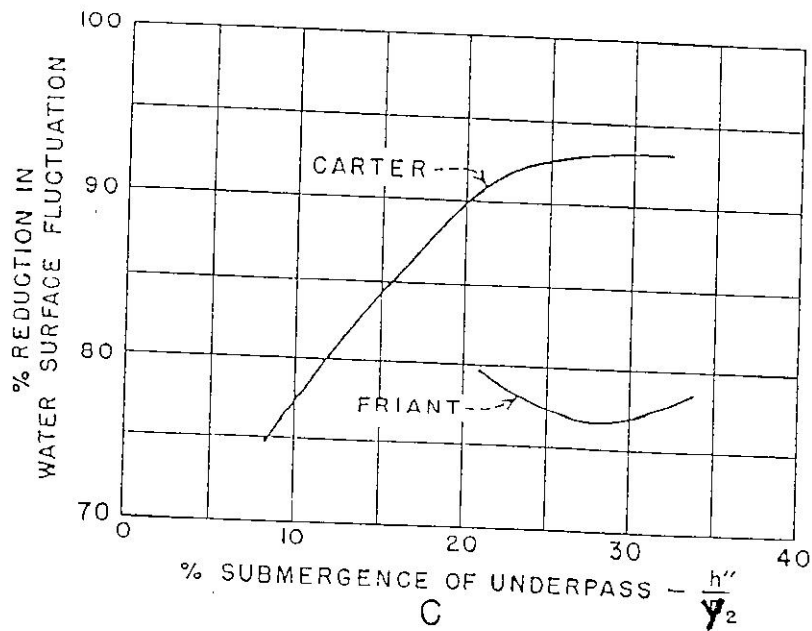
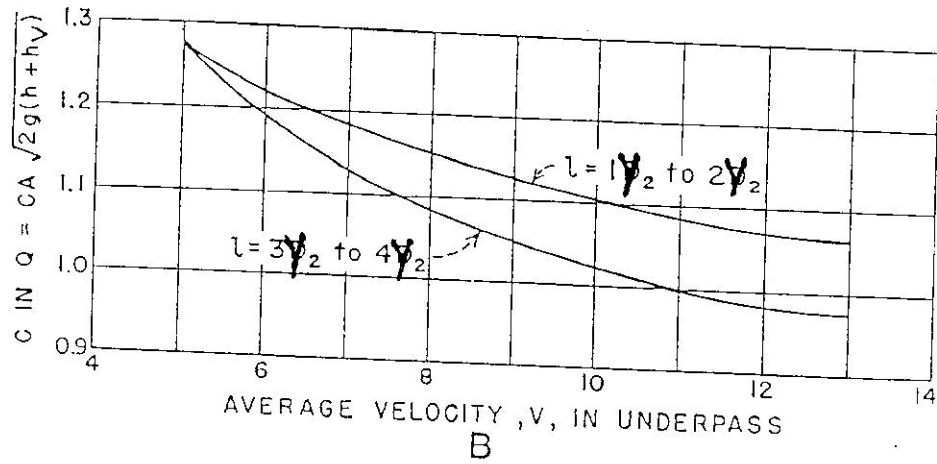
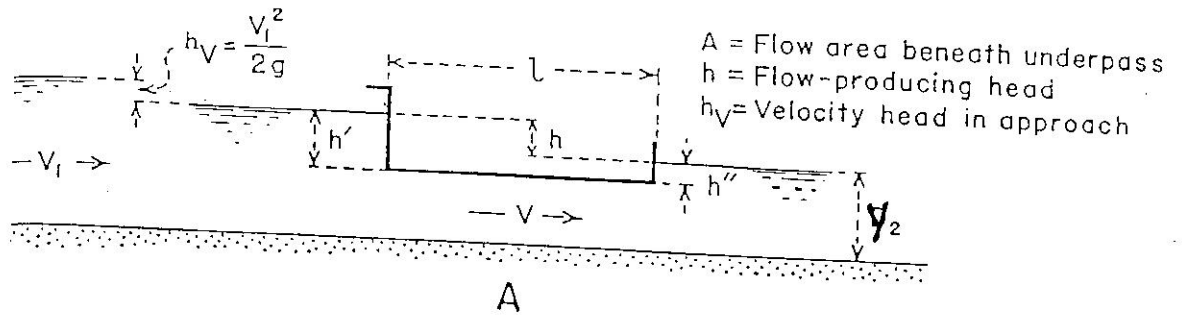
$Y_1$  = ความลึกน้ำด้านเหนือน้ำ(m)



รูปที่ 6.3 Drop Type Energy Dissipator สำหรับ Froude No. 2.5-4.5  
(Alternative Basin 4)



รูปที่ 6.4 Raft Wave Suppressor (แบบอื่น 4) สำหรับ Froude No. 2.5-4.5

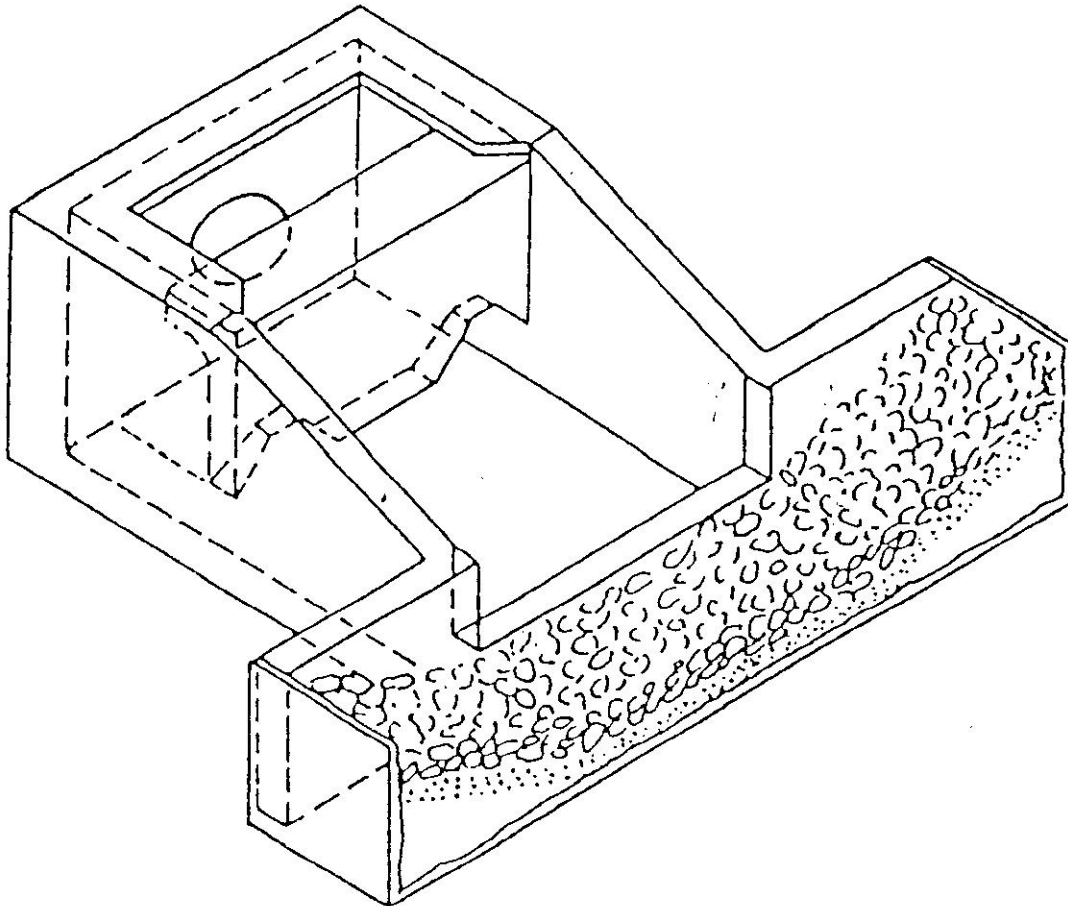


รูปที่ 6.5 คุณลักษณะของชลศาสตร์ของ Underpass Wave Suppressor

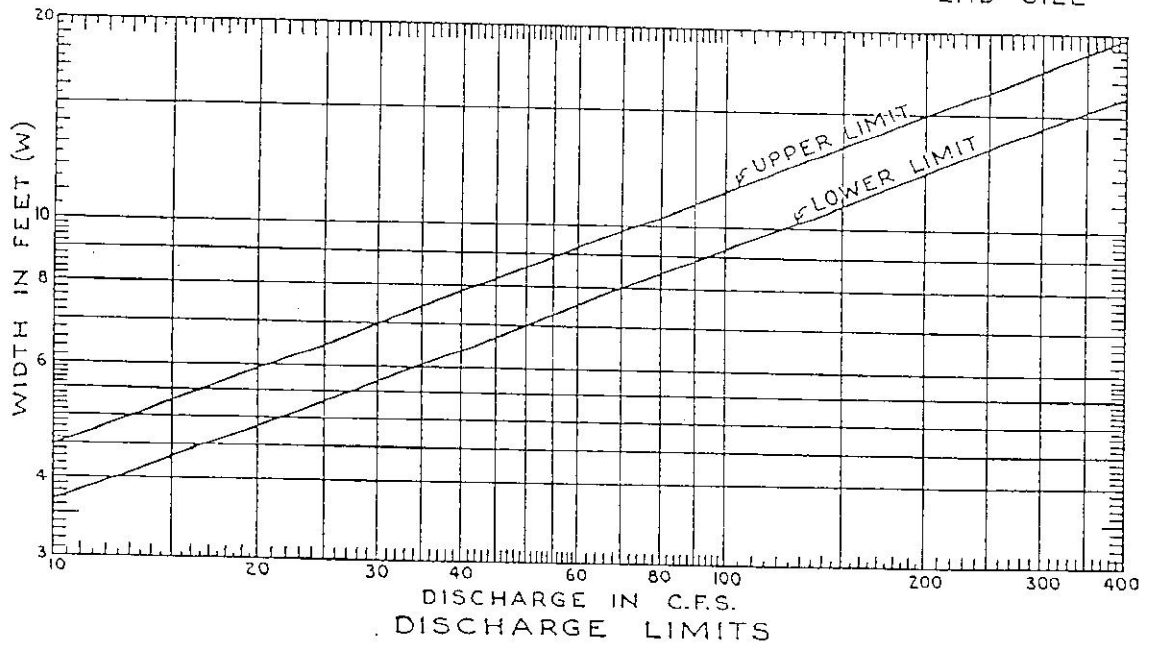
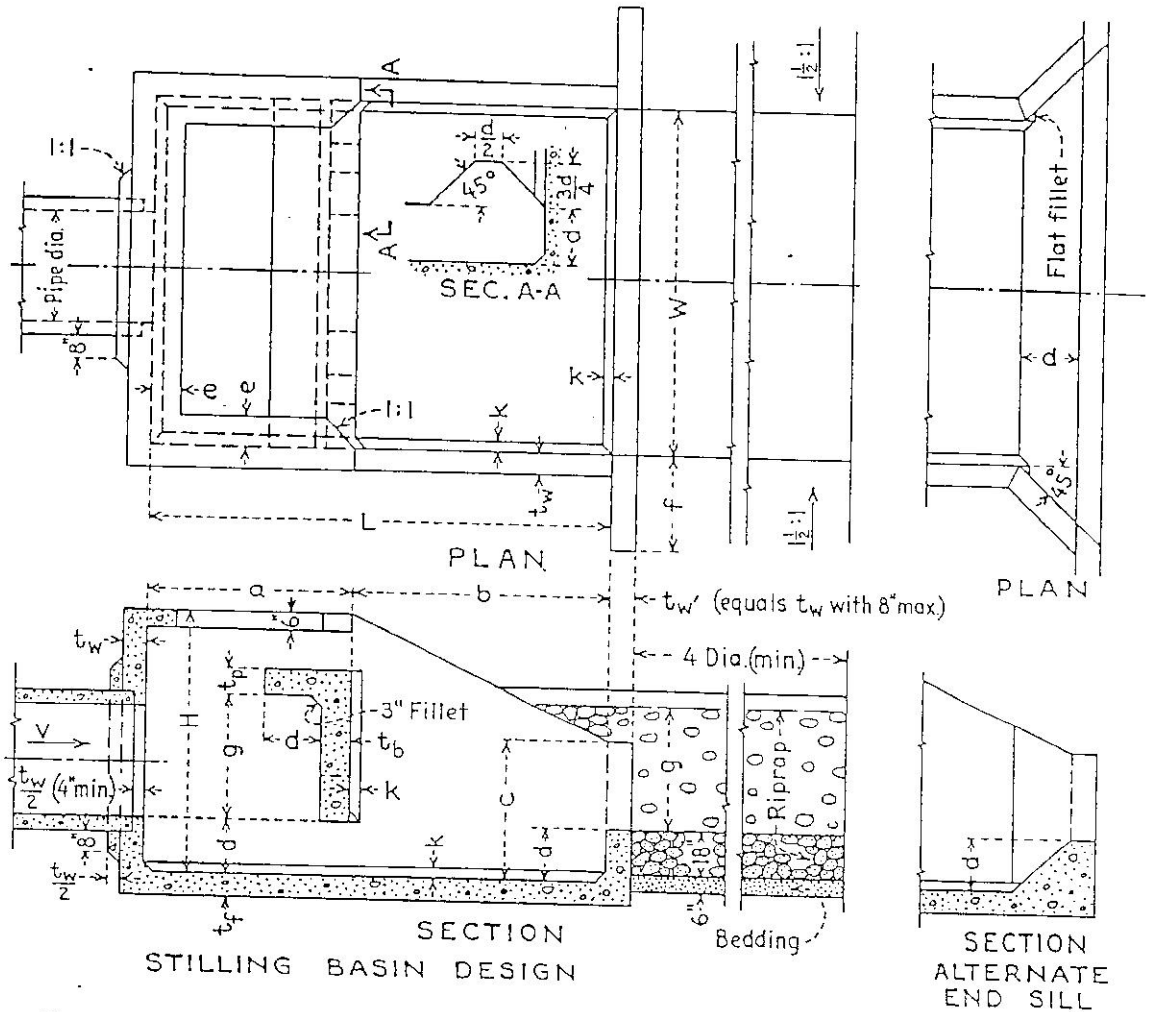
# Basin VI

## Impact Type Basin

### Pipe or Open Channel Outlets



- ใช้ได้กับ  $Q \leq 10$  cms  
 $V \leq 9.1$  m/s
- กรณี  $Q > 10$  cms เช่น  $Q = 20$  cms จะใช้ Basin VI 2 ตัว
- สลายพลังงานดีกว่า Hydraulic Jump 13-30% เมื่อ TW Depth  $\approx d + 0.5g$
- Dimension ต่างๆดูจากรูป 6.20 และตาราง 6.3 (หน่วย English)



รูปที่ 6.20 รายละเอียดอาคารสลายพลังงานแบบ Impact (เขื่อน 6)

ตารางที่ 6.3 มิติต่าง ๆ ของเบสัน 6 ตามอัตราการไหลสูงสุด

Suggested pipe size 1		Max discharge Q (3)	Feet and Inches													Inches			
Dia. in. (1)	Area (sq ft) (2)		W (4)	H (5)	L (6)	a (7)	b (8)	c (9)	d (10)	e (11)	f (12)	g (13)	t <sub>w</sub> (14)	t <sub>1</sub> (15)	t <sub>2</sub> (16)	t <sub>3</sub> (17)	K (18)	Suggested riprap size (19) 2	
18	1.77	21	5-6	4-3	7-4	3-3	4-1	2-4	0-11	0-6	1-6	2-1	6	6 1/2	6	6	3	4.0	
24	3.14	38	6-9	5-3	9-0	3-11	5-1	2-10	1-2	0-6	2-0	2-6	6	6 1/2	6	6	3	7.0	
30	4.91	59	8-0	6-3	10-8	4-7	6-1	3-4	1-4	0-8	2-6	3-0	6	6 1/2	7	7	3	8.5	
36	7.07	85	9-3	7-3	12-4	5-3	7-1	3-10	1-7	0-8	3-0	3-6	7	7 1/2	8	8	3	9.0	
42	9.62	115	10-6	8-0	14-0	6-0	8-0	4-5	1-9	0-10	3-0	3-11	8	8 1/2	9	8	4	9.5	
48	12.57	151	11-9	9-0	15-8	6-9	8-11	4-11	2-0	0-10	3-0	4-5	9	9 1/2	10	8	4	10.5	
54	15.90	191	13-0	9-9	17-4	7-4	10-0	5-5	2-2	1-0	3-0	4-11	10	10 1/2	10	8	4	12.0	
60	19.63	236	14-3	10-9	19-0	8-0	11-0	5-11	2-5	1-0	3-0	5-4	11	11 1/2	11	8	6	13.0	
72	28.27	339	16-6	12-3	22-0	9-3	12-9	6-11	2-9	1-3	3-0	6-2	12	12 1/2	12	8	6	14.0	

1 Suggested pipe will run full when velocity is 12 feet per second or half full when velocity is 24 feet per second. Size may be modified for other velocities by  $Q = AV$ , but relation between  $Q$  and basin dimensions shown must be maintained.

2 For discharges less than 21 second-feet, obtain basin width from curve of Fig. 42. Other dimensions proportional to  $W$ ;  $H = \frac{3W}{4}$ ,  $L = \frac{4W}{3}$ ,  $d = \frac{W}{6}$ , etc.

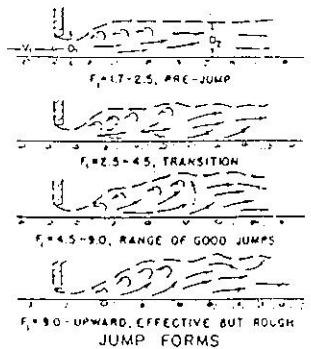
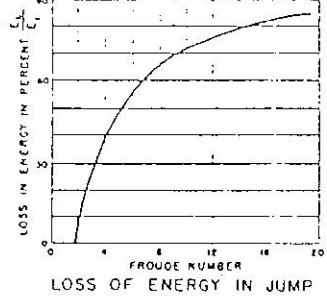
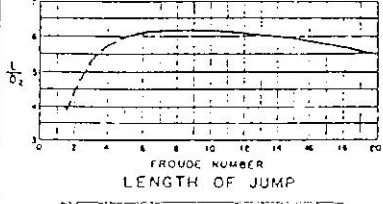
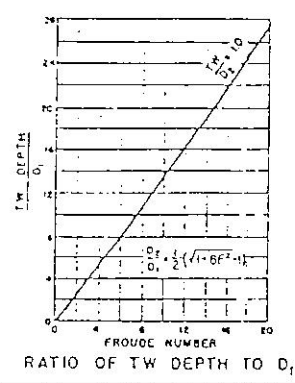
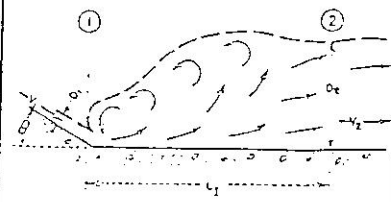
3 Determination of riprap size explained in Sec. 10.

## **Summary of Stilling Basin Characteristics Basin I to Basin X**

- Basin I – Hydraulic Jump on Horizontal Apron
  - Basin II – Stilling Basin for High Dam and Earth Dam  
Spillways and Large Canal Structures
  - Basin III – Short Stilling Basins for Canal Structures,  
Small Outlet Works and Small Spillways
  - Basin IV – Stilling Basin Design and Wave  
Suppressors for Canal Structures, Outlet  
Works and Diversion Dams
  - Basin V – Stilling Basin with Sloping Apron
  - Basin VI – Stilling Basin for Pipe on Open Channel  
Outlet
  - Basin VII – Slotted and Solid Bucket for High,  
Medium and Low Dam Spillways
  - Basin VIII – Stilling Basin for High Head Outlet  
Works Utilizing Hollow Jet Value  
Control
  - Basin IX – Baffled Apron for Canal or Spillway  
Drops
  - Basin X – Flip Buckets for Spillway Tunnels or  
Large Outlet Conduits
- Sizes of Riprap to Be Used Downstream from  
Stilling Basins (Including Prototype  
Tests on Basin VI)

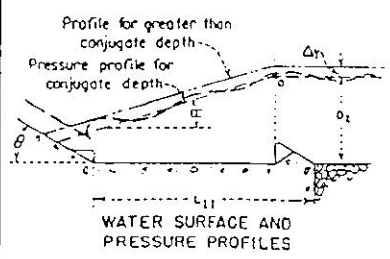
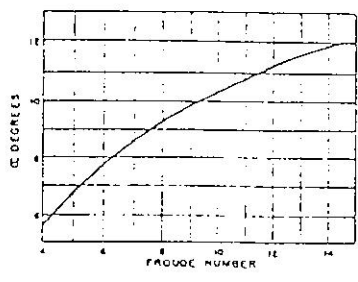
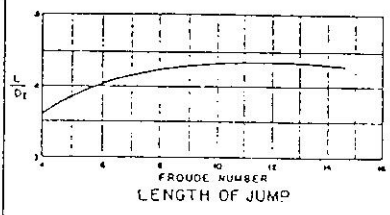
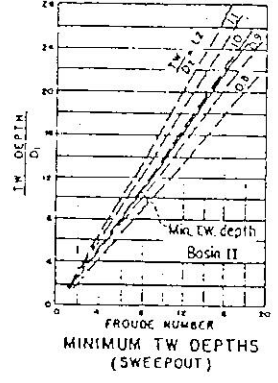
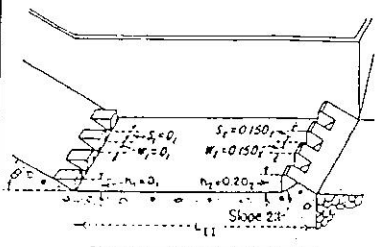
### SECTION 1 GENERAL INVESTIGATION OF THE HYDRAULIC JUMP ON HORIZONTAL APRONS (BASIN I)

Jump occurs on flat floor with no chute blocks, baffle piers or end sill in basin. Usually not a practical basin because of excessive length. Elements and characteristics of jumps for complete range of Froude numbers is determined to aid designers in selecting more practical basins II, III, IV, V, and VI.



### SECTION 2 STILLING BASIN FOR HIGH DAM AND EARTH DAM SPILLWAYS AND LARGE CANAL STRUCTURES (BASIN II)

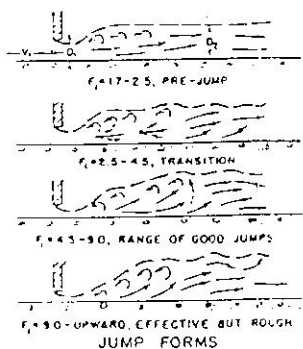
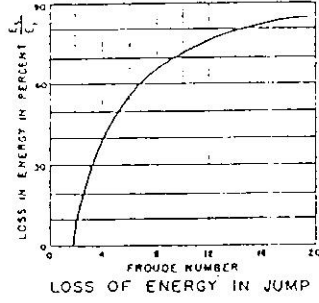
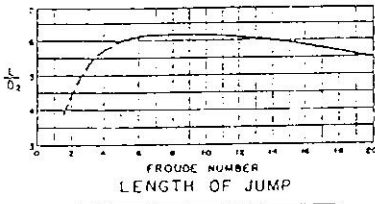
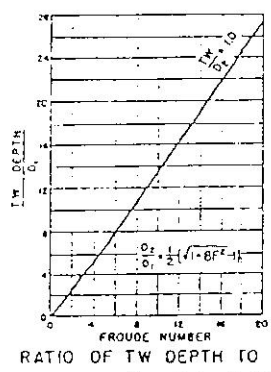
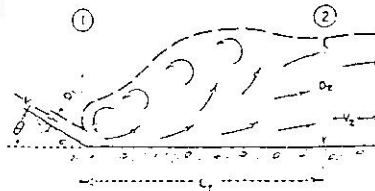
Jump and basin length reduced about 33 percent with chute blocks and dented end sill. For use on high spillways, large canal structures, etc. for Froude numbers above 4.5.



WATER SURFACE AND PRESSURE PROFILES

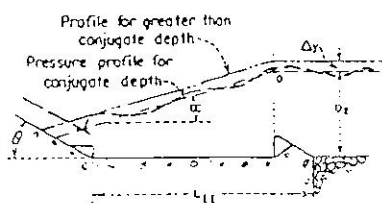
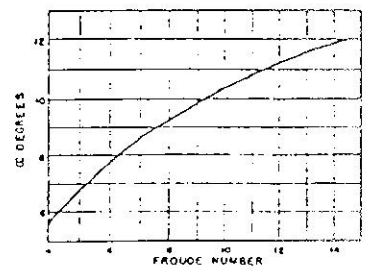
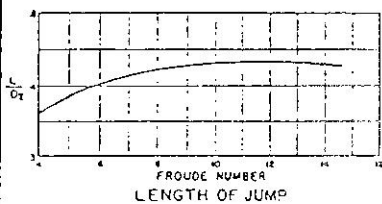
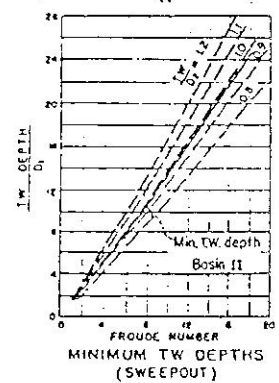
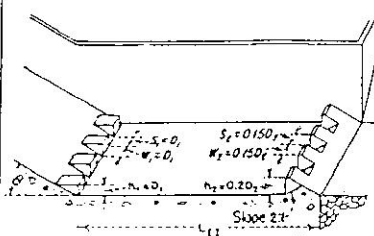
**SECTION 1**  
**GENERAL INVESTIGATION OF THE**  
**HYDRAULIC JUMP ON HORIZONTAL APRONS**  
**(BASIN I)**

Jump occurs on flat floor with no chute blocks, baffle piers or end sill in basin. Usually not a practical basin because of excessive length. Elements and characteristics of jumps for complete range of Froude numbers is determined to aid designers in selecting more practical basins II, III, IV, V, and VI.



**SECTION 2**  
**STILLING BASIN FOR HIGH DAM**  
**AND EARTH DAM SPILLWAYS AND**  
**LARGE CANAL STRUCTURES**  
**(BASIN II)**

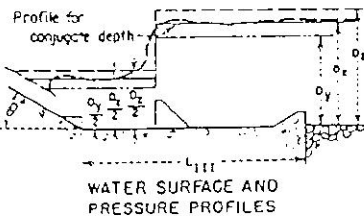
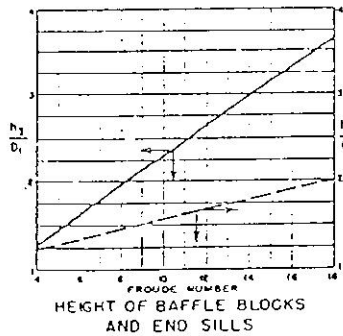
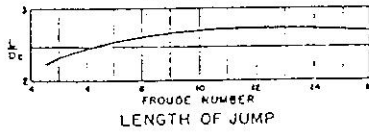
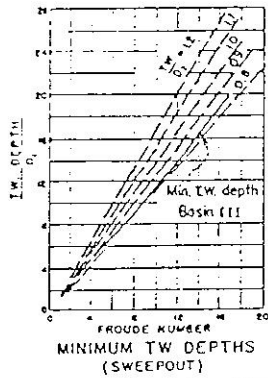
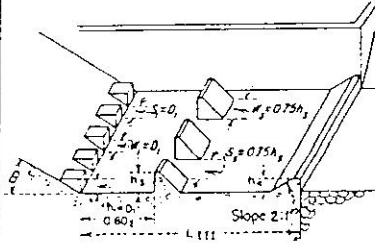
Jump and basin length reduced about 33 percent with chute blocks and dented end sill. For use on high spillways, large canal structures, etc. for Froude numbers above 4.5



WATER SURFACE AND PRESSURE PROFILES

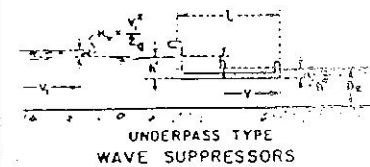
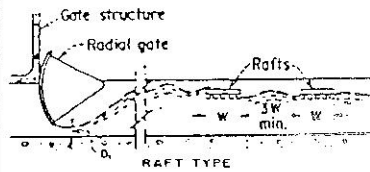
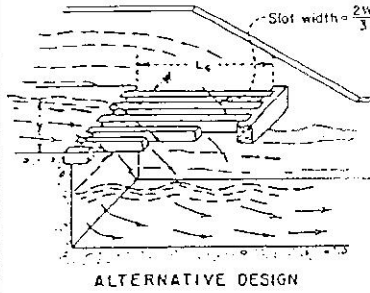
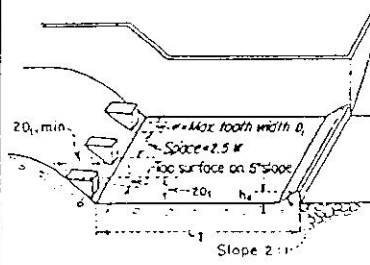
**SECTION 3**  
**SHORT STILLING BASINS FOR**  
**CANAL STRUCTURES, SMALL OUTLET**  
**WORKS AND SMALL SPILLWAYS**  
**(BASIN III)**

Jump and basin length reduced about 60 percent with chute blocks, baffle piers, and solid end sill.  
 For use on small spillways, outlet works, small canal structures where  $V_1$  does not exceed 50-60 feet per second and Froude number is above 4.5.



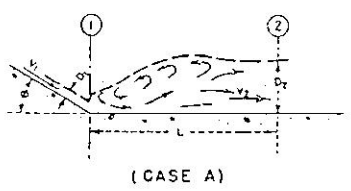
**SECTION 4**  
**STILLING BASIN DESIGN**  
**AND WAVE SUPPRESSORS FOR**  
**CANAL STRUCTURES, OUTLET WORKS,**  
**AND DIVERSION DAMS**  
**(BASIN IV)**

For use with jumps of Froude number 2.5 to 4.5 which usually occur on canal structures and diversion dams. This basin reduces excessive waves created in imperfect jumps.  
 May also use alternate design and/or wave suppressors shown below, or Basin VI

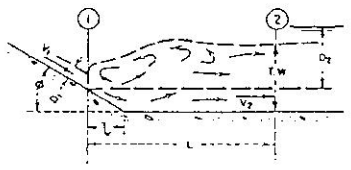


### SECTION 5 STILLING BASIN WITH SLOPING APRON (BASIN V)

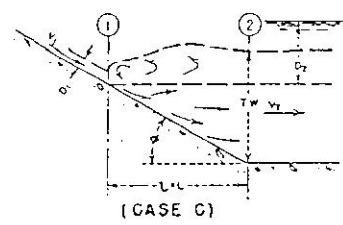
For use where structural economies dictate desirability of sloping apron, usually on high dam spillways. Needs greater tailwater depth than horizontal apron.



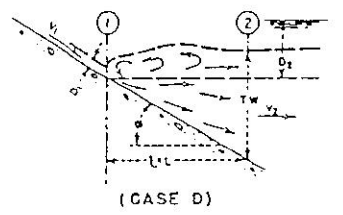
(CASE A)



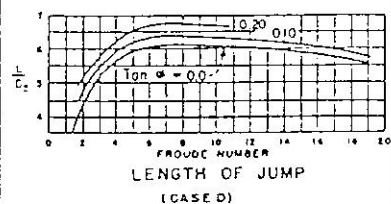
(CASE B)



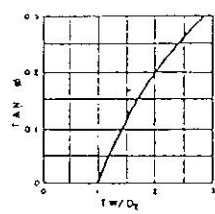
(CASE C)



(CASE D)



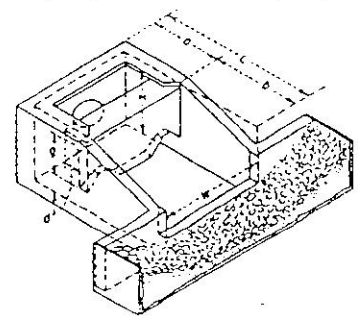
LENGTH OF JUMP  
(CASE D)



TAILWATER DEPTH RELATED  
TO CONJUGATE DEPTH  
(CASE D)

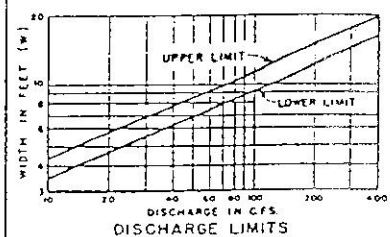
### SECTION 6 STILLING BASIN FOR PIPE ON OPEN CHANNEL OUTLET (BASIN VI)

For use on pipe or open channel outlets. Sizes and discharges from table VI should not exceed 30 feet per second. No tailwater required. Froude number usually 15 to 7 but not important. May substitute for Basin IV. Energy loss greater than in comparable jump, Figure 44.

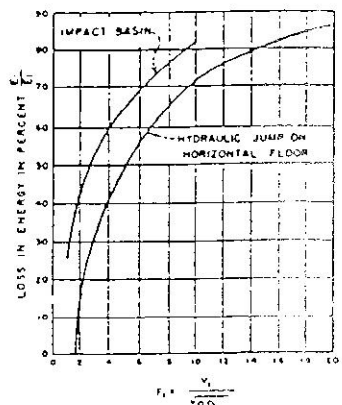


PIPE DISCHARGE IN 50 FT	Q	FEET AND INCHES								
		W	H	L	a	b	c	d	e	
18	177	21	5-6	4-3	17-4	3-3	4-1	2-1	10-11	2-1
24	314	36	6-9	5-3	19-0	3-11	5-1	2-10	11-2	2-6
30	491	59	8-0	6-3	10-8	4-7	6-1	3-4	11-0	3-0
36	707	85	9-3	7-3	12-4	5-3	7-1	3-10	11-7	3-8
42	962	115	10-6	8-0	14-0	6-0	8-0	4-5	11-9	3-11
48	1257	151	11-9	9-0	15-8	6-9	9-11	4-12	12-0	4-5
54	1590	191	13-0	9-9	17-4	7-4	10-0	5-12	12-2	4-11
60	1965	234	14-3	10-9	19-0	8-0	11-0	5-11	12-5	5-4
72	2827	339	16-6	12-3	21-0	9-3	12-9	6-11	12-9	6-2

BASIC DIMENSIONS



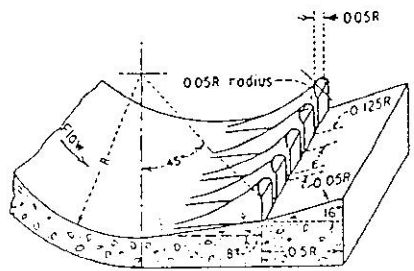
DISCHARGE LIMITS



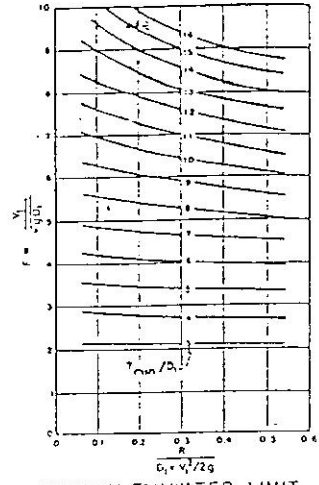
COMPARISON OF ENERGY LOSSES

SECTION 7  
 SLOTTED AND SOLID BUCKET FOR HIGH,  
 MEDIUM AND LOW DAM SPILLWAYS  
 (P.A.S.I.N. VII)

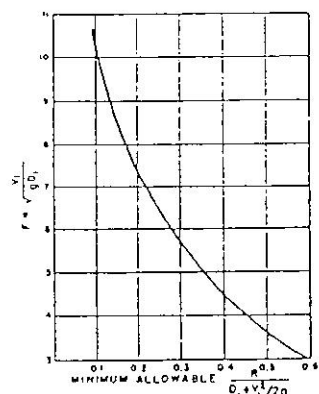
For use on spillways, drops, chutes etc where crest flow is not submerged.  $V_1$  and  $F_1$  have no limits. Data may also be used to design a solid-type roller bucket, (see Figure 47)



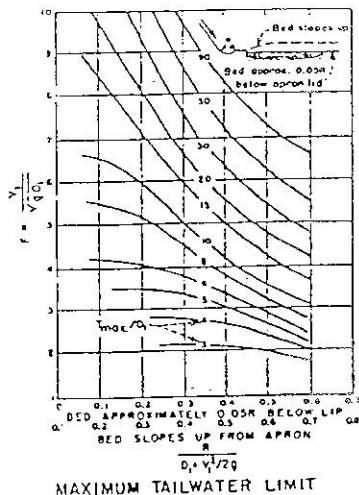
SLOTTED BUCKET



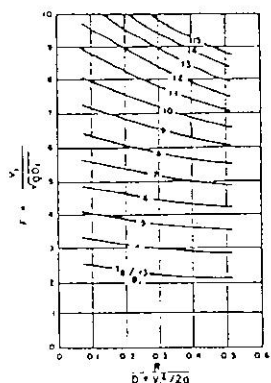
MINIMUM TAILWATER LIMIT



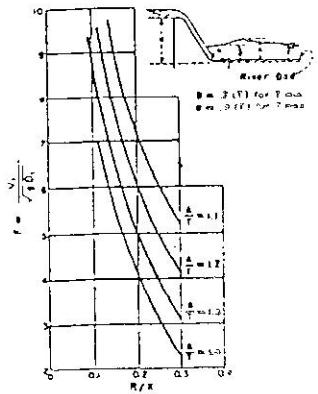
MINIMUM ALLOWABLE BUCKET RADIUS



MAXIMUM TAILWATER LIMIT



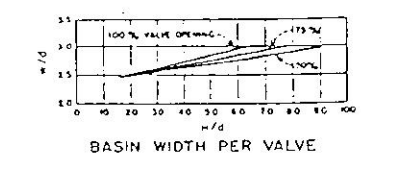
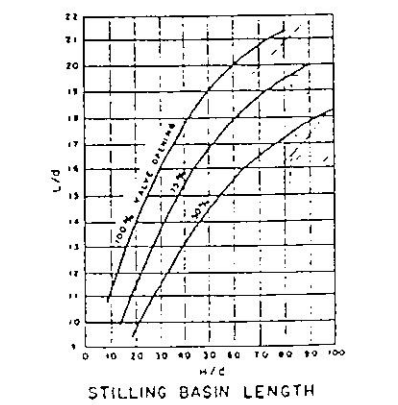
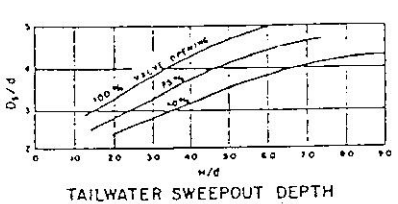
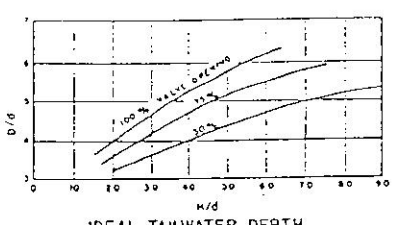
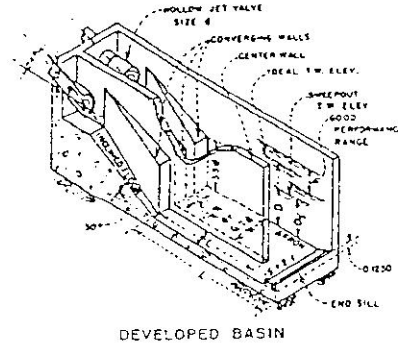
TAILWATER SWEEPOUT DEPTH



WATER SURFACE PROFILE CHARACTERISTICS (FOR SLOTTED BUCKETS ONLY)

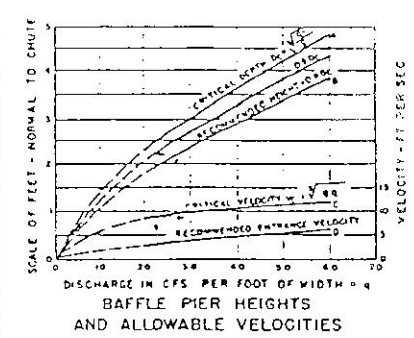
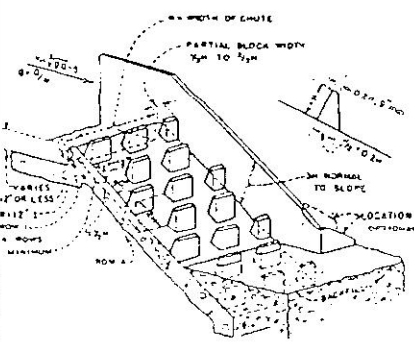
### SECTION 8 STILLING BASIN FOR HIGH HEAD OUTLET WORKS UTILIZING HOLLOW JET VALVE CONTROL (BASIN VIII)

This stilling basin, about 50% shorter than a conventional basin, is used to dissipate hydraulic energy at the downstream end of an outlet works control structure. To reduce cost and save space, the stilling basin is usually constructed within or adjacent to the powerhouse structure as shown in Figures 72 and 73.



### SECTION 9 BAFFLED APRON FOR CANAL OR SPILLWAY DROPS (BASIN IX)

For use in flow ways where water is to be lowered from one level to another. The baffle piers prevent undue acceleration of the flow as it passes down the chute. Since the flow velocities entering the downstream channel are relatively low, no stilling basin is required. The chute may be designed to discharge up to 60 cubic feet per second per foot of width, and the drop may be as high as structurally feasible.



**SIMPLIFIED DESIGN PROCEDURE**

The baffled apron should be designed for the maximum expected discharge,  $Q$ , up to 60 cfs per foot of width.

Entrance velocity  $V_1$  should be as low as practical or  $V_1 = \sqrt{2gH}$ .

See Figures 103, 105, 107 and 109 for simple approach pools.

Baffle pier height,  $M$ , should be about  $0.8D_c$  to  $0.9D_c$ , Curve B above.

Baffle pier widths and spaces should be equal, up to  $1/2 M$ , but not less than  $H$ .

The slope distance between rows of baffle piers should be  $2M$ , twice the baffle height  $M$ . See text for increase in row spacing on flat chutes.

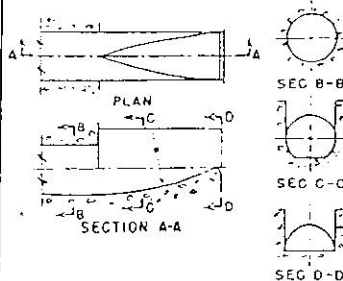
Four rows of baffle piers are required to establish full control of the flow, although fewer rows have operated successfully. At least one row of baffles should be buried in the backfill.

The chute training walls should be three times as high as the baffle piers.

Riprap consisting of 6-to-12-inch stones should be placed at the downstream ends of training walls to prevent eddies from undermining the walls.

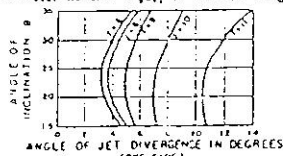
**SECTION I  
FLIP BUCKETS FOR  
SPILLWAY TUNNELS  
OR LARGE OUTLET CONDUITS  
(BASIN X)**

The purpose of a flip bucket is to throw the water downstream to minimize riverbed damage. It is not a substitute for an energy dissipator because a bucket is inherently incapable of dissipating energy within itself.

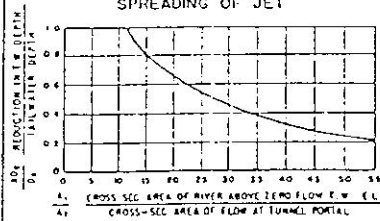


TRANSITION FLIP BUCKET

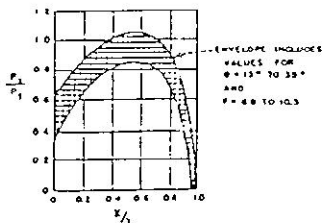
Fr. Number =  $V/\sqrt{gD}$ , at tunnel portal



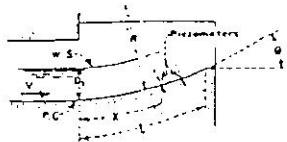
SPREADING OF JET



TAILWATER DRAWDOWN



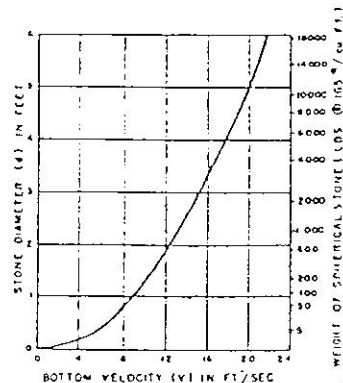
$P_1$  = Measured pressure  
 $P_2$  = Theoretical pressure,  $0.94w^2A - 62.5D_1$   
 where  $w = V/R$   
 $X$  = Decreased distance from P.C. to piezometer  
 $L$  = Decreased distance from P.C. to end of bucket  
 $F$  = Froude number, computed from  $V$  and  $D_1$  at P.C.



PRESSURES ON TRANSITION BUCKET FLOOR

For pressures at end and side wall of bucket see Figures 163 and 164.

**SECTION II  
SIZES OF RIPRAP TO BE USED  
DOWNSTREAM FROM STILLING  
BASINS (INCLUDING PROTOTYPE  
TESTS ON BASIN VI)**



CURVE TO DETERMINE MAXIMUM STONE SIZE IN RIPRAP MIXTURE

Curve shows minimum size of stone necessary to resist movement. The riprap should be composed of a well graded mixture but most of the stones should be of the size indicated by the curve. Riprap should be placed over a filter blanket of graded gravel in a layer 1.5 times (or more) as thick as the larger stone dimension.

The stone-size curve above even though only partially proven, will provide a starting point for the development of a more accurate method of determining minimum stone sizes and specifying riprap mixtures. The curve indicates over most of its range that doubling the flow velocity leaving a structure makes it necessary to provide riprap about four times larger in nominal diameter or 16 times larger in volume or weight. These factors alone provide a basis for thought in specifying riprap material.