หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทำแบบจำลองทางด้านชลศาสตร์

3.1 กฎเกณฑ์เกี่ยวกับสิ่งที่คล้ายคลึงกัน (LAWS OF SIMILITUDE)

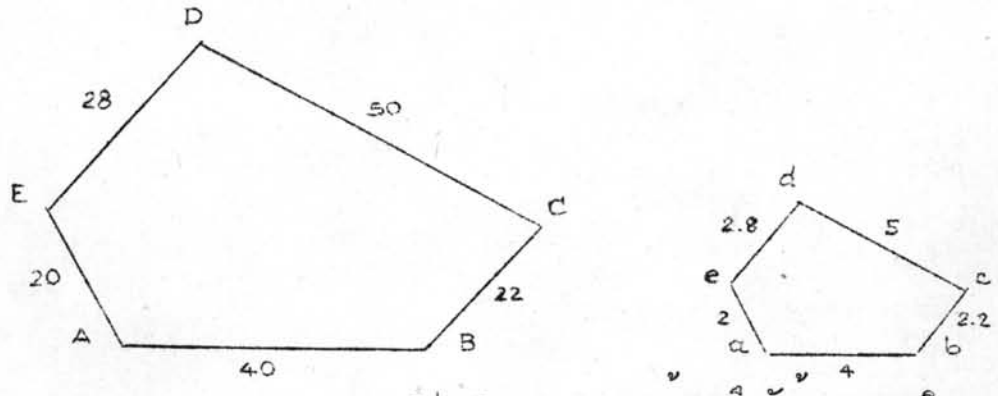
ในการค้นคว้าหรือวิจัยทดสอบงานในห้องปฏิบัติการทางชลศาสตร์จำเป็นต้องมีการจำลองแบบ ซึ่งการจำลองแบบ เราอาจย่อส่วนโดยไม่ให้เท่ากันทุกทาง (DISTORTED MODEL) ก็ได้ เช่น ย่อความยาวด้วยมาตราส่วนที่หนึ่ง และย่อความสูงด้วยอีกมาตรส่วนหนึ่ง แต่การที่จะให้รูปจำลองทำงานได้คล้าย**ของจริง** รูปจำลองก็ต้องมีสัดส่วนไปตามกฎเกณฑ์การคล้ายคลึงกัน (LAW OF SIMILITUDE) ซึ่งกฎนี้ได้กล่าวไว้ว่า จะต้องมี

3.1.1 ความคล้ายคลึงกันทางด้านเรขาคณิต หรือทางด้านรูปร่างนั่นเอง (GEOMETRIC SIMILITUDE)

วัตถุสองชิ้นจะมีส่วนคล้ายคลึงกัน ก็ต่อเมื่ออัตราส่วนของความยาวของด้านมีความสัมพันธ์และมีค่าคงที่เท่ากันตลอด เช่น ตามรูป 3.1.1 รูปห้าเหลี่ยมใด ๆ จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ก็ต่อเมื่อ

$$\frac{ab}{AB} = \frac{bc}{BC} = \frac{cd}{CD} = \frac{de}{DE} = \frac{ea}{EA} = \frac{1}{10} = \text{ค่าคงที่}$$

$\frac{1}{10}$ ในที่นี้คือ มาตราส่วน (SCALE RATIO OR LENGTH RATIO)



รูป 3.1.1 ความคล้ายคลึงกันด้านเรขาคณิต

ถ้า L_m = มิติของแบบจำลอง

L_p = มิติของแบบของจริง

L_r = มาตราส่วนหรืออัตราส่วนของความยาว

เพราะฉะนั้น จะได้อัตราส่วนของความยาว $L_r = \frac{L_m}{L_p}$ ซึ่งเรียกว่า MODEL-SCALE RATIO

อัตราส่วนของพื้นที่ $A_r = \frac{A_m}{A_p}$

$$= \frac{L_m^2}{L_p^2}$$

$$= L_r^2 \quad \text{-----(3.1)}$$

อัตราส่วนของปริมาตร $V_r = \frac{V_m}{V_p}$

$$= \frac{L_m^3}{L_p^3}$$

$$= L_r^3 \quad \text{-----(3.2)}$$

อัตราส่วนของไฮดรอลิคเรเดียส $R_r = \frac{R_m}{R_p}$

$$= \frac{\frac{A_m}{P_m}}{\frac{A_p}{P_p}}$$

$$= \frac{\frac{L_m^2}{L_m}}{\frac{L_p^2}{L_p}}$$

$$= \frac{L_m}{L_p}$$

$$= L_r \quad \text{---(3.3)}$$

3.1.2 ความคล้ายคลึงกันทางด้านคีนีเมติค หรือในเชิงไหลเปรียบเทียบ (KINEMATIC SIMILITUDE) นั่นก็คือต้องมี

ก. ทางเดินของอนุภาคของของไหล (MOVING PARTICLE) ที่อยู่ในลักษณะที่ไหลคล้ายคลึงกัน และ

ข. ต้องมีอัตราส่วน ความเร็ว, อัตราเร่ง ฯ ล ฯ คล้ายกัน

$$\text{ความเร็ว} \quad V_r = \frac{V_m}{V_p} = \frac{L_m/T_m}{L_p/T_p} = \frac{L_r}{T_r} \quad ----(3.4)$$

$$\text{อัตราเร่ง} \quad a_r = \frac{a_m}{a_p} = \frac{L_m/T_m^2}{L_p/T_p^2} = L_r/T_r^2 \quad ---(3.5)$$

$$\text{อัตราส่วนของปริมาณการไหล} \quad Q_r = \frac{Q_m}{Q_p}$$

$$= \frac{V_m A_m}{V_p A_p}$$

$$= \frac{\sqrt{2g_m L_m}\ L_m^2}{\sqrt{2g_p L_p}\ L_p^2} = \sqrt{L_r}\ L_r^2$$

$$= L_r^{\frac{5}{2}} \quad ---------(3.6)$$

3.1.3 ความคล้ายคลึงกันทางด้านไดนามิค หรือทางพลวัต (DYNAMIC SIMILITUDE) ความคล้ายคลึงทางไดนามิค คือความคล้ายคลึงในเรื่องแรงมากระทำ เช่น แรงความหนืด (VISCOUS FORCE) แรงโน้มถ่วงของโลก (GRAVITY FORCE) แรงดึงผิว (SURFACE TENSION) แรงยืดหยุ่น (ELASTICITY FORCE) แรงดัน (PRESSURE FORCE) และแรงเฉื่อย (INERTIA FORCE) ซึ่งอัตราส่วนของแรงที่สัมพันธ์กันมีค่าคงที่ โดยวิธีเลียนแบบกฎที่สองของนิวตันว่าด้วยการเคลื่อนที่ เขียนเป็นรูปสมการได้ ดังนี้

$M \cdot a$ = ผลรวมของเวกเตอร์ $F_p + F_g + F_v + F_t + F_c$

ในเมื่อ $F_i = M \cdot a$ ผลคูณของมวลวัตถุกับอัตราเร่ง ในที่นี้คือ แรงที่เกิดจากอินเนอเชียของมวลวัตถุนั้น

F_p = แรงกดดันซึ่งเชื่อมโยงกับการเคลื่อนที่ หรือเป็นผลจากการเคลื่อนที่

F_g = แรงซึ่งเกิดจากการดึงดูดของโลกที่มีต่อมวลวัตถุ ในที่นี้คือ น้ำหนักนั่นเอง

F_v = แรงเฉือนซึ่งเกิดจากความหนืด

F_t = แรงซึ่งเกิดจากแรงดึงที่ผิว

F_c = แรงซึ่งเกิดจากการอัดตัวของของเหลว

ดังนั้น ปรากฏการณ์ของของเหลวที่เคลื่อนที่ และมีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้งของแบบจำลองและแบบของจริงจะต้องเป็นไปตามอัตราส่วน

$$\frac{M_m \cdot a_m}{M_p \cdot a_p} = \frac{(F_p + F_g + F_v + F_t + F_c)_m}{(F_p + F_g + F_v + F_t + F_c)_p}$$

หรือ

$$\frac{M_m \cdot a_m}{M_p \cdot a_p} = \frac{(F_p)_m}{(F_p)_p} = \frac{(F_g)_m}{(F_g)_p} = \frac{(F_v)_m}{(F_v)_p} = \frac{(F_t)_m}{(F_t)_p} = \frac{(F_c)_m}{(F_c)_p}$$

นั่นคือ เราสามารถกล่าวได้ว่า ความคล้ายคลึงกันทางด้านเรขาคณิตจะคล้ายคลึงกันทางรูปร่างหรือรูปแบบ, ส่วนการคล้ายคลึงกันทางกีนีเมติกจะคล้ายคลึงกันทางด้านการเคลื่อนที่ และการคล้ายคลึงกันทางด้านไดนามิก จะคล้ายคลึงกันทางด้านแรงหรือระบบแรงต่าง ๆ ที่กระทำ

ตารางที่ 3.1.1 แสดงถึงมาตราส่วนของค่าต่าง ๆ

คุณลักษณะ	หน่วย	สัญลักษณ์	มิติ ระบบ F–L–T	มิติ ระบบ M–L–T
พื้นที่	ตร.ฟ.หรือ ตร.เมตร	A	L^2	L^2
ปริมาตร	ลบ.ฟ. หรือ ลบ.เมตร	∀	L^3	L^3
ความเร็ว	ฟ./วินาทีหรือเมตร/วินาที	V	LT^{-1}	LT^{-1}
ความเร็วเชิงมุม	เรเดียน/วินาที	ω	T^{-1}	T^{-1}
อัตราเร่ง	ฟ./(วินาที)^2 หรือเมตร/วินาที^{2}	g	LT^{-2}	LT^{-2}
มวล	ปอนด์–วินาที^{2}/ฟ.หรือ ก.ก.–วินาที^{2}/ม.	m	FT^2L^{-1}	M
แรง	ปอนด์,หรือ ก.ก.	F	F	MLT^{-2}
น้ำหนักจำเพาะ	ปอนด์/ฟ.^{3} หรือ ก.ก./ม.^{3}	γ	FL^{-3}	$ML^{-2}T^{-2}$
ความหนาแน่น	ปอนด์–(วินาที)^2/ฟ.^{4},ก.ก.–วินาที^{2}/ม.^{4}	ρ	FT^2L^{-4}	ML^{-3}
ความกดดัน	ปอนด์/ฟ.^{2},ก.ก./ม.^{2}	p	FL^{-2}	$ML^{-1}T^{-2}$
ความหนืดสมบูรณ์	ปอนด์–วินาที/ฟ.^{2} ,ก.ก.–วินาที/ม.^{2}	μ	FTL^{-2}	$ML^{-1}T^{-1}$
ความหนืดคีนีเมติค	ฟ.^{2} /วินาที,ม.^{2} /วินาที	ν	L^2T^{-1}	L^2T^{-1}
กำลัง	ฟุต–ปอนด์/วินาที, ก.ก.–ม./วินาที	P	FLT^{-1}	ML^2T^{-3}
ปริมาณการไหล	ฟ.^{3} /วินาที, ม^3 /วินาที	Q	L^3T^{-1}	L^3T^{-1}
แรงดึงผิว	ปอนด์/ฟ.,ก.ก./ม.	σ	FL^{-1}	MT^{-2}
ความหยาบ (Manning)	–	n	$L^{1/6}$	$L^{1/6}$
งานหรือพลังงาน	ปอนด์–ฟ., ก.ก.–ม.	E	FL	ML^2T^{-2}

หมายเหตุ ค่าหน่วย ก.ก. ในแรง, น้ำหนักจำเพาะ, ความหนาแน่น, ความกดดัน และงานเป็นหน่วย ก.ก. ในระบบแรง (Kg_f)

3.2 การออกแบบจำลอง

ก่อนที่จะทำการสร้างแบบจำลอง จะต้องทำการออกแบบ (Design) แบบจำลองโดยให้แบบจำลองที่จะสร้างขึ้นนั้นเป็นไปตามกฎเกณฑ์การคล้ายคลึงกัน (Law of Similitude) ซึ่งการออกแบบจะต้องพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ปั๊มสามารถจะให้ได้ในแบบจำลอง ทั้งนี้โดยนำค่าปริมาณน้ำที่มากสุดที่ปั๊มในห้องปฏิบัติการจะจ่ายให้ได้ในแบบจำลองมาทำการออกแบบหารูปร่างทางน้ำล้นตามแบบ USBR จากนั้นทำการออกแบบแอ่งน้ำนิ่งตามแบบ USBR แบบที่3 โดยเปลี่ยนรูปแบบตัว Chute Blocks และให้ทุกๆ ส่วนของโครงสร้างอยู่ใน Model Scale Ratio เดียวกัน

3.3 วิธีการคำนวณหาขนาดแบบจำลองทางน้ำล้น และแบบแอ่งน้ำนิ่ง

3.3.1 หาปริมาณน้ำที่มากสุดเพื่อนำไปออกแบบรูปร่างทางน้ำล้น

ตามแบบจำลองที่จะทำการออกแบบนั้น มีท่อน้ำที่จะให้ปริมาณน้ำผ่านทางน้ำล้นอยู่ 2 ท่อ ท่อแรกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว มาจากปั๊มน้ำโดยตรง ซึ่งมีกำลังม้าเท่ากับ 10 ส่วนอีกท่อหนึ่งเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว มาจากถังน้ำสูง 8 เมตร ซึ่งมีปั๊มขนาด 7.5 แรงม้าคอยสูบน้ำขึ้นไปบนถังตลอดเวลา ดังนั้นปริมาณน้ำที่ทางน้ำล้นจะได้รับ

ก. ปริมาณน้ำจากปั๊มน้ำโดยตรง

เพราะว่า Head Loss ที่สูญเสียภายในท่อ (h_L) $= f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$ ---(3.7)

ในที่นี้ใช้ค่า f ของท่อเหล็ก = 0.02 , g = 32.2 ft/sec^2

ค่าความเร็วที่เหมาะสมที่จะไม่ทำให้ท่อเกิดการสึกกร่อน (V) = 6 ft/sec

ความยาวท่อทั้งหมดโดยประมาณ (L) = 8 เมตร = 8 x 3.28 ft

เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (D) = 4 นิ้ว = $\frac{1}{3}$ ft

นำค่าต่างๆ มาแทนในสมการ (3.7)

จะได้ $h_L = \frac{0.02 \times (8 \times 3.28)}{\frac{1}{3}} \times \frac{(6)^2}{2 \times 32.2}$

$= 0.88$ ft

เพราะว่า กำลังม้าของปั๊ม (H.P.) $= \frac{\gamma Q h}{e \times 550}$ ----(3.8)

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ = 62.4 lb/ft^3

e = ประสิทธิภาพของปั๊ม 0.9 , และกำลังม้าของปั๊ม = 10

h = head loss ทั้งหมด = ความสูงที่ปั๊มต้องยกมวลน้ำ + head เนื่องจากความยาวท่อ

= (1.2 x 3.28) + 0.88

= 4.816 ft

นำค่าต่าง ๆ แทน (3.8) จะได้

$$10 = \frac{62.4\ Q\ (4.816)}{0.9 \times 550}$$

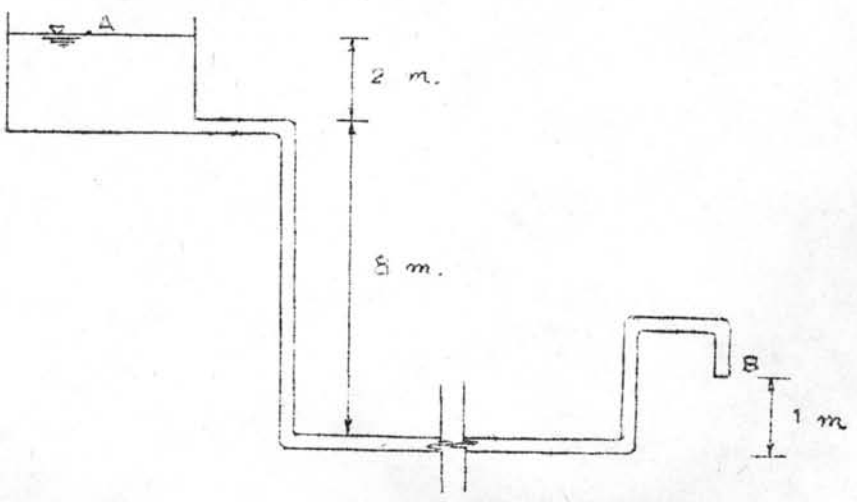
$$Q = \frac{10 \times 0.9 \times 550}{62.4 \times 4.816}$$

$$= 16.47 \quad ft^3/sec$$

นั่นคือ ปริมาณน้ำที่ท่อแรกจ่ายให้ = 16.47 ft^3/sec

ข. ปริมาณน้ำที่ได้จากท่อที่ต่อมาจากถังน้ำสูง 8 เมตร

ให้ A เป็นระดับของน้ำในถังเท่ากับสูง 10 เมตร ; B เป็นระดับที่ปลายท่อจ่ายให้กับทางน้ำล้น ซึ่งอยู่สูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร (ดังรูป 3.1.2)



รูป 3.1.2 ภาพแสดงถึงท่อน้ำอีกท่อหนึ่งที่จ่ายน้ำมาจากถังน้ำสูง

เพราะฉะนั้น $Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + h_{L_1} + h_{L_2}$ - - - -(3.9)

h_{L_1} = เฮดที่สูญเสียเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ $= f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$

h_{L_2} = เฮดที่สูญเสียเนื่องจากการไหลเข้าท่อ ที่ต่อมาจากถังน้ำ

$= 0.5 \frac{V^2}{2g}$

ส่วนเฮดที่สูญเสียเนื่องจากข้องอต่าง ๆ เราละทิ้งไม่นำมาคิด(ทั้งนี้เราต้องการค่า Q โดยประมาณ) แทนค่าลงในสมการ (3.9)

$$(10 \times 3.28) + 0 + 0 = (1 \times 3.28) + 0 + \frac{V_B^2}{64.4} + \frac{0.5V^2}{64.4} + \frac{0.02(16 \times 3.28)V^2}{\frac{1}{2}\ 64.4}$$

$$29.52 = \frac{V_B^2}{64.4} + \frac{0.5V^2}{64.4} + 2.0992 \frac{V^2}{64.4}$$

ในที่นี้ค่า $V = V_B$

$$29.52 = \frac{3.5992\ V^2}{64.4}$$

$$V^2 = \frac{29.52 \times 64.4}{3.5992}$$

$$= 528.197$$

$$V = 22.98 \quad ft/_{sec}$$

$$Q = AV$$

$$= \frac{\pi d^2}{4} V$$

$$= \frac{\pi}{4} \left[\frac{1}{2}\right]^2 \times 22.98 = 4.51 \quad ft^3/_{sec}$$

ดังนั้นปริมาณน้ำที่ทางน้ำล่นได้รับ = ปริมาณน้ำจากปั๊มโดยตรง + ปริมาณน้ำที่ได้จากถัง

$$= 16.47 + 4.51$$

$$= 20.98 \quad ft^3/_{sec}$$

ค่า Q ที่หาได้เป็นค่าปริมาณน้ำ (โดยประมาณ)ที่มีในห้องปฏิบัติการสามารถจะให้ได้แก่ทางน้ำล้น ดังนั้น จึงใช้ค่า Q_m = 20 ft^3/sec เป็นปริมาณน้ำที่แบบจำลองได้รับ และใช้ MODEL SCALE RATIO= 1 : 25 (ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมของแบบจำลอง)

3.3.2 หาปริมาณน้ำที่ใช้ในแบบจำลองและ DESIGN HEAD ที่ใช้ในการออกแบบ

เพราะว่า $L_r = \frac{Q_m}{Q_p}$

$$\left[\frac{1}{25}\right]^{\frac{5}{2}} = \frac{20}{Q_p}$$

เพราะฉะนั้น Q_p = 62,500 ft^3/sec

ให้ความกว้างของสันทางน้ำล้น (L_m) = 3 ft

เพราะว่า $L_r = \frac{L_m}{L_p}$

เพราะฉะนั้น $L_p = \frac{L_m}{L_r}$ = 3 x 25 = 75 ft

ความสูงของหน้าทางน้ำล้น (h_m) = 3.5 ft

เพราะฉะนั้น h_p 3.5 x 25 = 87.5 ft

สมการของปริมาณน้ำที่ไหลผ่านทางน้ำล้นแบบ WES SHAPE ที่ไม่มีประตูระบายน้ำ

$$Q = CLH_e^{1.5}$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน ลบ.ฟุต/วินาที

C = สัมประสิทธิ์ของการไหล (COEFFICIENT OF DISCHARGE)

L = ความกว้างที่สันทางน้ำล้น, ฟุต

H_e = ENERGY HEAD รวมที่จุดยอดโดยรวม VELOCITY HEAD ด้วย, ฟุต

สัมประสิทธิ์ของการไหล (COEFFICIENT OF DISCHARGE)

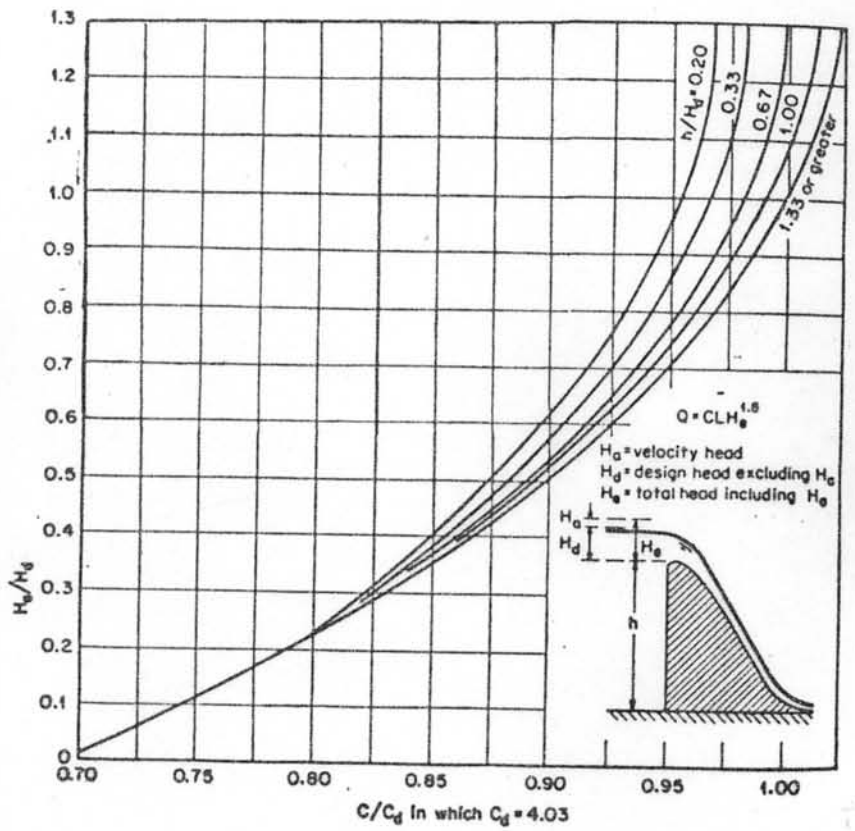
จากการค้นคว้าและวิจัยในห้องทดลองของ WES พบว่า

(1) เมื่อความลาดเอนด้านหน้า (SLOPE OF UPSTREAM FACE) อยู่ในแนวดิ่ง

และ (รูป 3.1.3) $>$ 1.33 H_d ; Approach Velocity ไม่ต้องนำมาคิด ให้ใช้ค่า $H_e = H_d$ และค่า $C = C_d = 4.03$

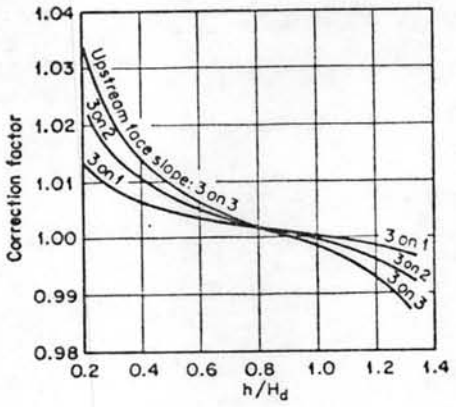
(2) เมื่อความลาดเอนด้านหน้าอยู่ในแนวดิ่งและ $h < 1.33\ H_d$ ผลของ Approach Velocity จะต้องนำมาคิดด้วย โดยค่า $H_e = H_d + \frac{V_a^2}{2g}$ และค่า C จะหาได้จากรูป 3.1.3

(3) ในกรณีที่ความลาดเอนด้านหน้าเปลี่ยนไป 3:1 , 3:2 หรือ 3:3 ค่า C จะเท่ากับค่า C ที่ได้จากรูปที่ 3.1.3 คูณด้วย Correction Factor ที่ได้จากรูป 3.1.4



รูป 3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง h/H_d กับ C/C_d และ H_e/H_d

(จากหนังสือ Open-Channel Hydraulics ของ Ven Te Chow หน้า 366)



รูป 3.1.4 ค่า Correction Factor

(จากหนังสือ Open-Channel Hydraulics ของ Ven Te Chow หน้า 366)

แต่ตามที่จะทำการออกแบบค่า $h > 1.33\ H_d$ และความลาดเอนที่ด้านหน้าของทางน้ำล้นเป็นแนวดิ่ง ดังนั้นค่า $C = C_d = 4.03$ และ $H_e = H_d$

เพราะฉะนั้น $Q = CLH_d^{3/2}$

แทนค่า $62,500 = 4.03 \times 75\ H_d^{3/2}$

$$H_d^{3/2} = \frac{62,500}{4.03 \times 75}$$

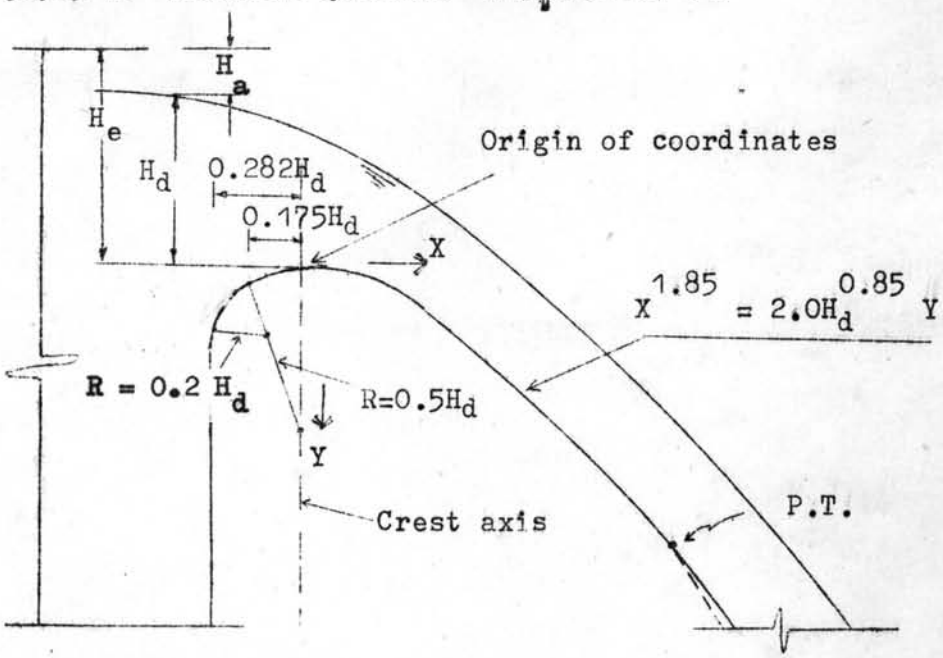
$$= 206.78$$

เพราะฉะนั้น $H_d = 34.97$ ft.

นั่นคือค่า Design Head (H_d) ในแบบจำลอง $= \frac{34.97}{25}$

$= 1.4$ ft.

3.3.3 หา UPSTREAM QUADRANT ตามรูป 3.1.4 (a)



รูป 3.1.4 (a) เป็น UPSTREM QUADRANT ของทางน้ำล้น

$0.175\ H_d$ = 0.175(1.4) = 0.245 ft = 7.5 cm

R_1 = $0.5\ H_d$ = 0.5(1.4) = 0.7 ft = 21.3 cm

$0.282\ H_d$ = 0.282(1.4) = 0.395 ft = 12 cm

R_2 = $0.2\ H_d$ = 0.2(1.4) = 0.28 ft = 8.5 cm

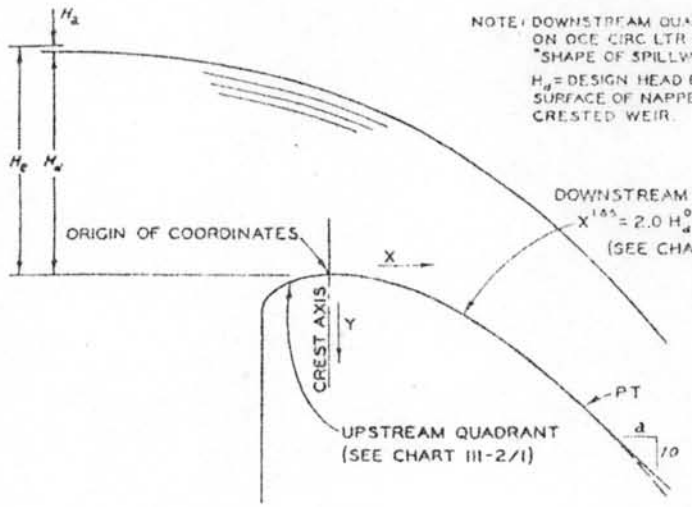
3.3.4 หาพิกัด (CO-ORDINATES) ของจุดสัมผัส C หรือ P.T.

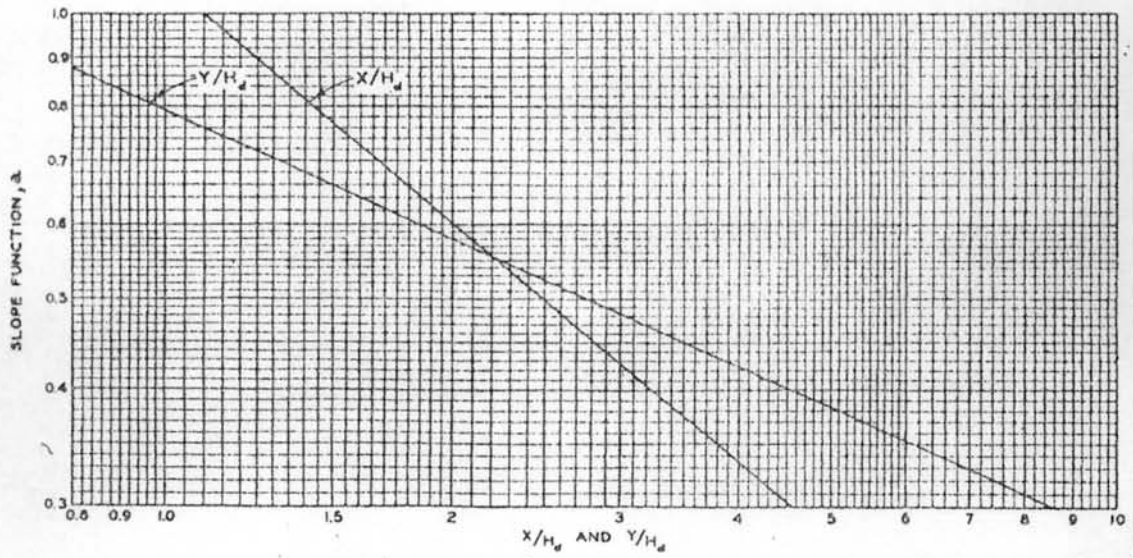
ตามรูป 3.1.5

ใช้ค่า SLOPE ; a = 0.7

เพราะฉะนั้น $\frac{X}{H_d}$ = 1.67 ; X = 1.67 x 1.4 = 2.338 ft = 71.26 cm

$\frac{Y}{H_d}$ = 1.3 ; Y = 1.3 x 1.4 = 1.82 ft = 55.47 cm





NOTE: COORDINATES OF TANGENT POINT FOR PRELIMINARY LAYOUTS AND ESTIMATES.

OVERFLOW SPILLWAY CREST
TANGENT ORDINATES

HYDRAULIC DESIGN CHART III-1

REV 8-60 WES 4-1-52

รูป 3.1.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Slope , X/H_d และ Y/H_d (จากหนังสือ"ทางน้ำล้น"

3.3.5 หาพิกัด DOWNSTREAM QUADRANT

จากที่เคยกล่าวมาแล้วในบทนำตอนต้นว่า สมการทั่วไปในการหา DOWNSTREAM QUADRANT

คือ $X^n = KH_d^{n-1} Y$

ซึ่งถ้าความลาดเอนด้านหน้าของทางน้ำล้นอยู่ในแนวดิ่ง ค่า $K = 2.00$, $n = 1.85$

ดังนั้นสมการจะเป็น

$$X^{1.85} = 2 H_d^{0.85} Y$$

เมื่อ $H_d = 1.4$ ฟุต; $2 H_d^{0.85} = 2(1.4 \times 30.48)^{0.85} = 48.6$ cm

เพราะฉะนั้น จะได้ $X^{1.85} = 48.6 Y$

X (cm)	$X^{1.85}$	$Y = \frac{X^{1.85}}{48.6}$
10	70.79	1.46
20	255.21	5.25
30	540.35	11.12
40	920.05	18.93
50	1390.26	28.61
60	1947.96	40.08
70	2590.78	53.31

ขั้นต่อไปนำ x และ y ที่ได้ไปทำการสร้างแบบจำลองทางน้ำล้น

3.3.6 การคำนวณหาขนาดและสัดส่วนในแอ่งน้ำนิ่ง

เพราะว่า ความสูงหน้าเขื่อนในpototype(h_p) = 87.5 ft

เพราะว่าความสูงทั้งหมด (Z) = $h_p + H_d$

= 87.5 + 34.97 = 122.47 ft

เพราะฉะนั้นความเร็วจริงที่ปลายทางน้ำล้น(V_p) = $\sqrt{2g\,Z}$

= $\sqrt{2 \times 32.2 \times 122.47}$

= 88.8 ft/sec

เพราะว่า $V_m = V_p(L_r)^{\frac{1}{2}}$ = $88.81\left[\frac{1}{25}\right]^{\frac{1}{2}}$

= 17.762 ft/sec

และ Q_m = 20. ft^3/sec

q_m = $\frac{20}{3}$ 6.67 ft^3/sec ต่อความกว้าง 1 ft

y_1 = $\frac{q_m}{V_1} = \frac{6.67}{17.762}$ 0.376 ft

= 11.45 cm(model)

เพราะว่า F_1 = $\frac{V_1}{\sqrt{gy_1}}$

= $\frac{17.762}{\sqrt{32.2 \times 0.376}}$

= 5.105

จากรูป 3.1.6 เป็นกราฟระหว่าง F_1 (Froude Number) กับ $\frac{T.W.Depth}{y_1}$

เมื่อ $F_1 = 5.10$ ที่ $\frac{T.W.}{y_2} = 1$ จะได้ค่า $\frac{T.W.}{y_1} = 6.8$

ในกรณีนี้ $T.W. = y_2$ นั่นเอง

เพราะฉะนั้น T.W. หรือ $y_2 = 6.8\ y_1$

$= 6.8\ (0.376)$

$= 2.556$ ft $= 77.9$ cm

จากรูป 3.1.7 กราฟระหว่าง Froude Number กับ $\frac{L}{y_2}$ ของ USBR.

ได้ $\frac{L}{y_2} = 2.35$

$L = 2.35\ y_2 = 2.35(2.556)$

$= 6.0$ ft $= 1.83$ m.

นั่นคือความยาวของแอ่งน้ำนิ่ง = 1.83 เมตร

เพราะว่าระยะห่างจาก Chute Blocks ถึง Baffle Piers $= 0.8\ y_2$

$= 0.8(77.9$ cm.$)$

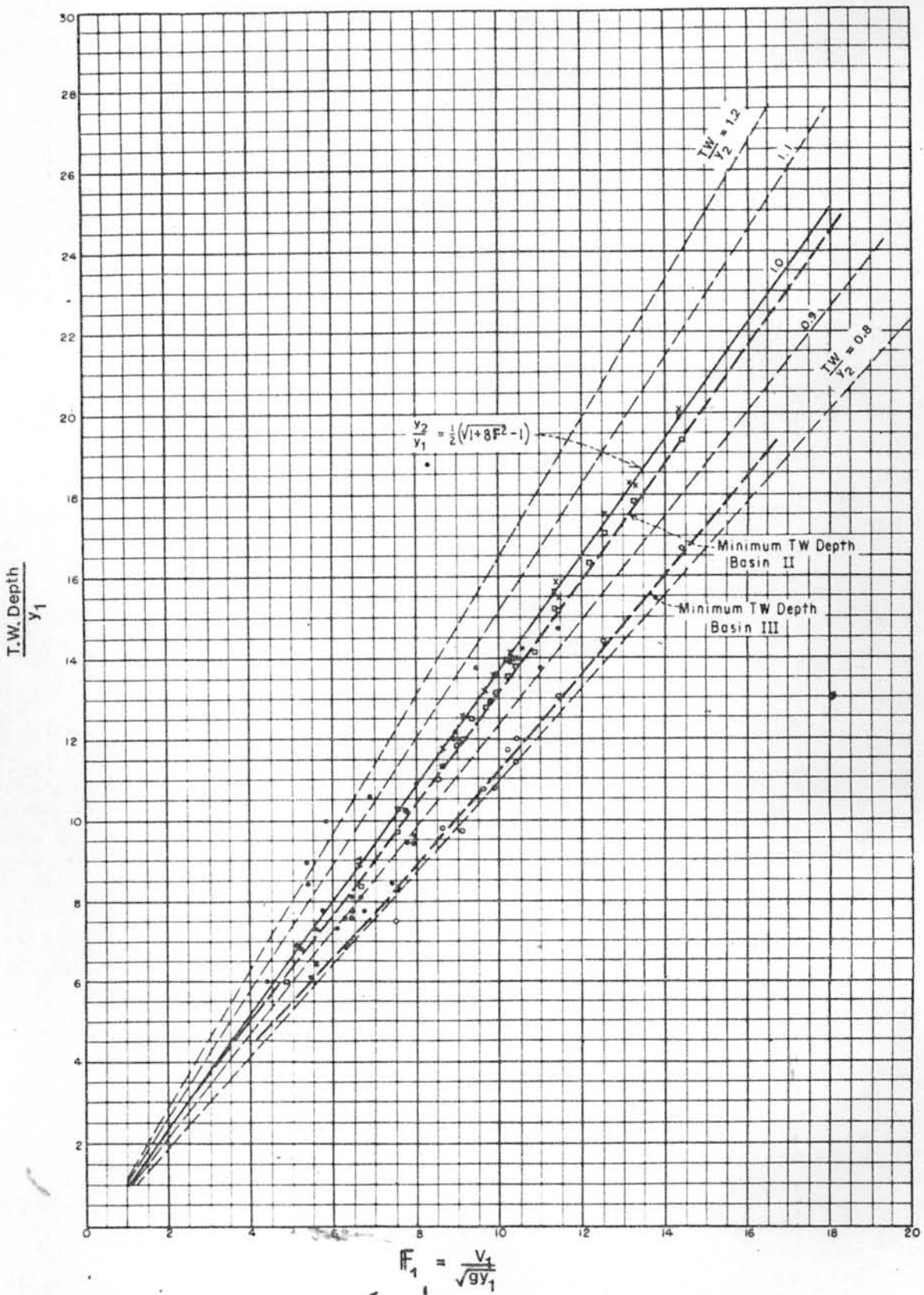
$= 62.32$ cm.

จากกราฟรูป 3.1.8 เป็นกราฟระหว่าง Froude Number กับขนาดของ Baffle Piers และ End Sill

จากกราฟ เมื่อ $F_1 = 5.10$ จะได้ $\frac{h_3}{y_1} = 1.49$

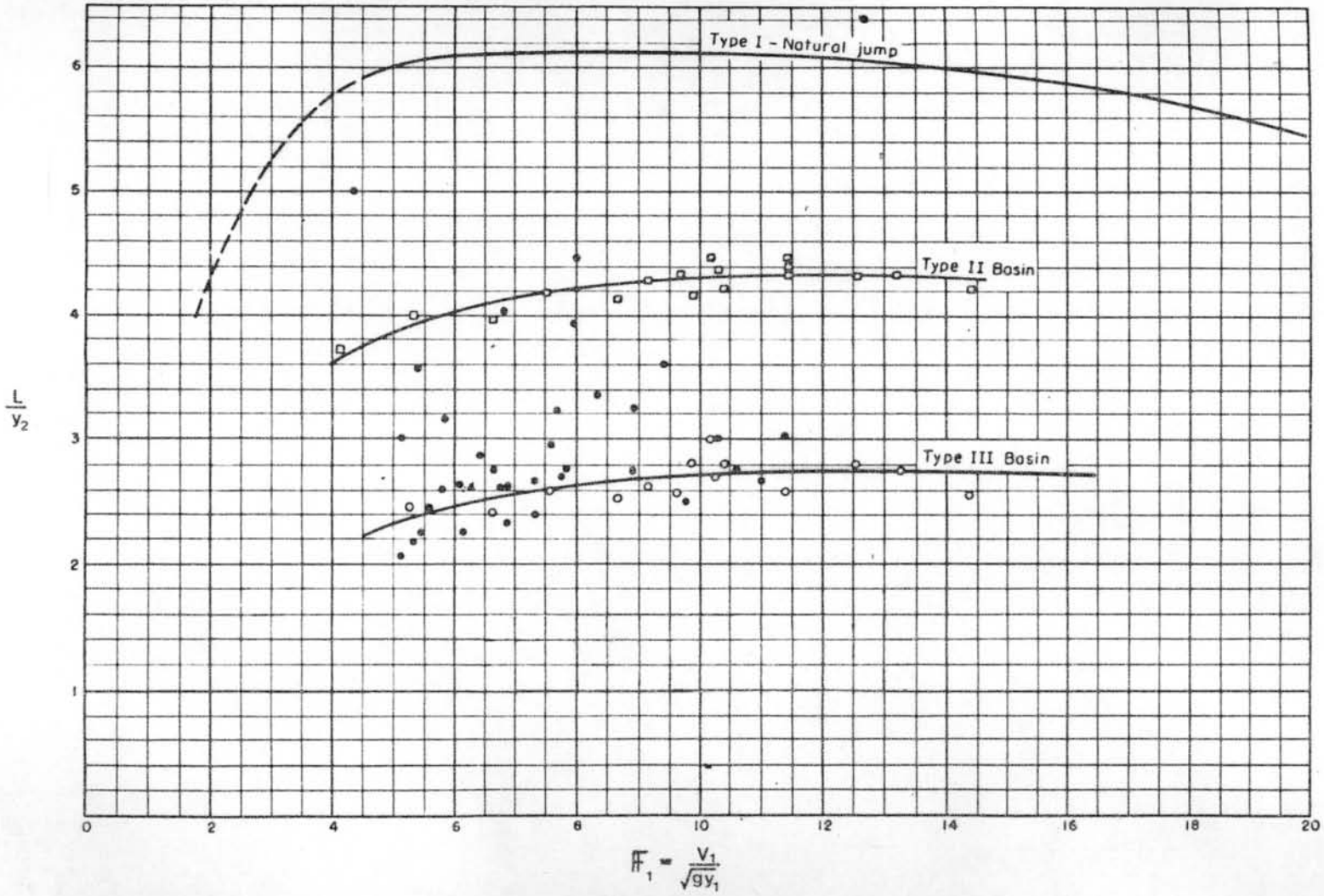
$h_3 = 1.49\ y_1 = 1.49(11.45)$

นั่นคือความสูง Baffle Piers = 17.06 cm.

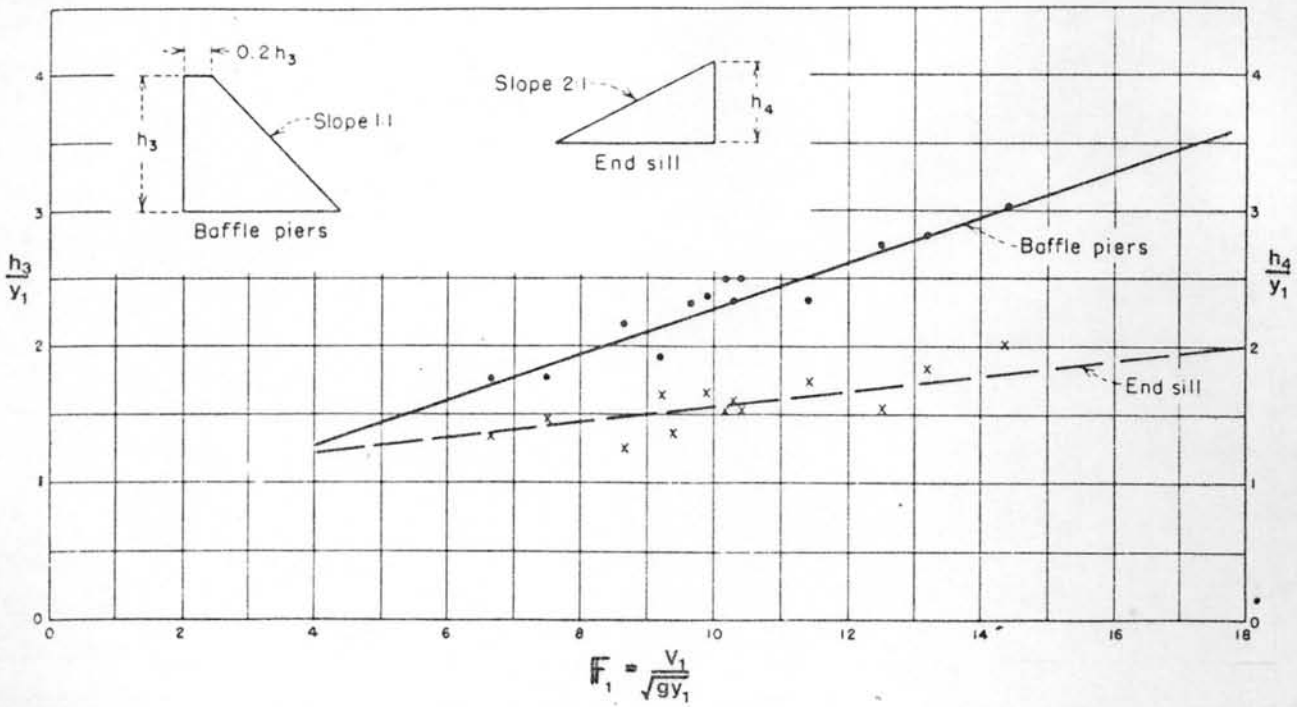


รูป 3.1.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F_1 กับ $\frac{T.W.Depth}{y_1}$

(จากหนังสือ Hydraulic Design of Stilling Basins ของ USBR. หน้า 25



รูป 3.1.7 Length of jump on horizontal floor (Basins1,2 and 3) จากหนังสือ Hydraulic Design of Stilling Basins ของUSBR. หน้า 27



รูป 3.1.8 Height of baffle piers and end sill (Basin 3)
(จากหนังสือ Hydraulic Design of Stilling Basins ของ USBR. หน้า 37)

จะได้ $\frac{h_4}{y_1}$ = 1.3

เพราะฉะนั้น h_4 = 1.3 y_1 = 1.3(11.45)

นั่นคือ ความสูงของ End Sill = 14.885 cm.

จากการคำนวณจะเห็นได้ว่า y_1 = 11.45 cm. ซึ่งทาง USBR. นำไปเป็นความสูงของตัว Chute Blocks ในแอ่งน้ำนิ่งแบบที่ 3 ดังในรูป 3.1.9 ส่วนรูป 3.2.0 และ 3.2.1 เป็นรูป Chute Blocks ที่ดัดแปลงขึ้นมาเพื่อจะทำการศึกษาถึงพลังงานที่สูญเสียไป ซึ่งมีความสูง = y_1 = 11.45 cm. เช่นกัน และมีรูปร่างสัดส่วนดังในรูปขยาย รูป 3.2.0 และรูป 3.2.1

จากแบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง เราต้องทำเวียร์ขึ้นมาเพื่อใช้วัดค่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านทางน้ำล้น ซึ่งการออกแบบเราใช้

$$Q = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g} \; LH^{\frac{3}{2}}$$

กำหนดให้ $L = 2$ ft ; ค่า $C_d = 0.6$ ในที่นี้เราใช้ค่าประมาณไปก่อน พอสร้างแบบเสร็จจึงจะทำการ CALIBRATE เวียร์เพื่อจะได้ค่า C_d ที่แน่นอนต่อไป

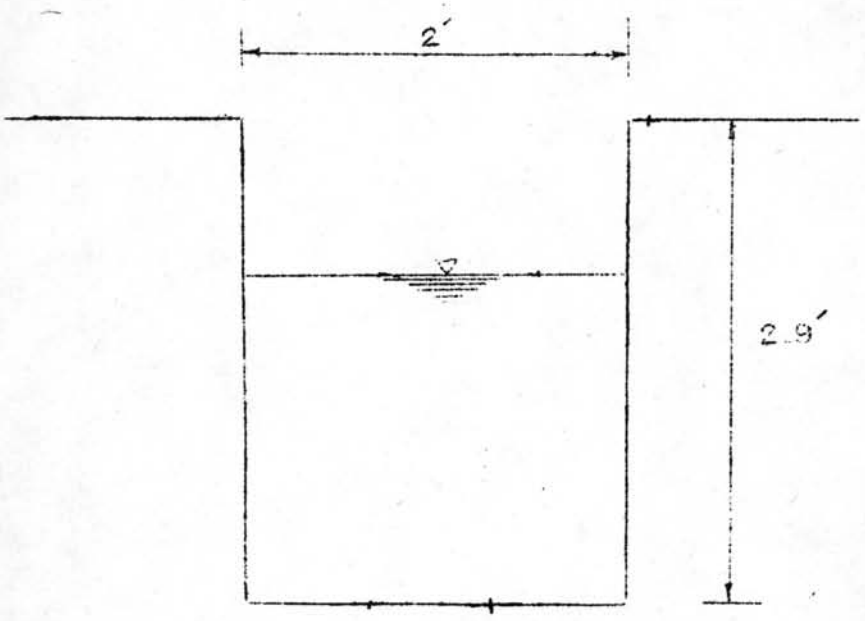
แทนค่า $20 = \frac{2}{3} \times 0.6 \sqrt{2 \times 32.2} \times 2 H^{\frac{3}{2}}$

$$H^{\frac{3}{2}} = \frac{20 \times 3}{2 \times 0.6 \sqrt{64.4} \times 2} = 3.115$$

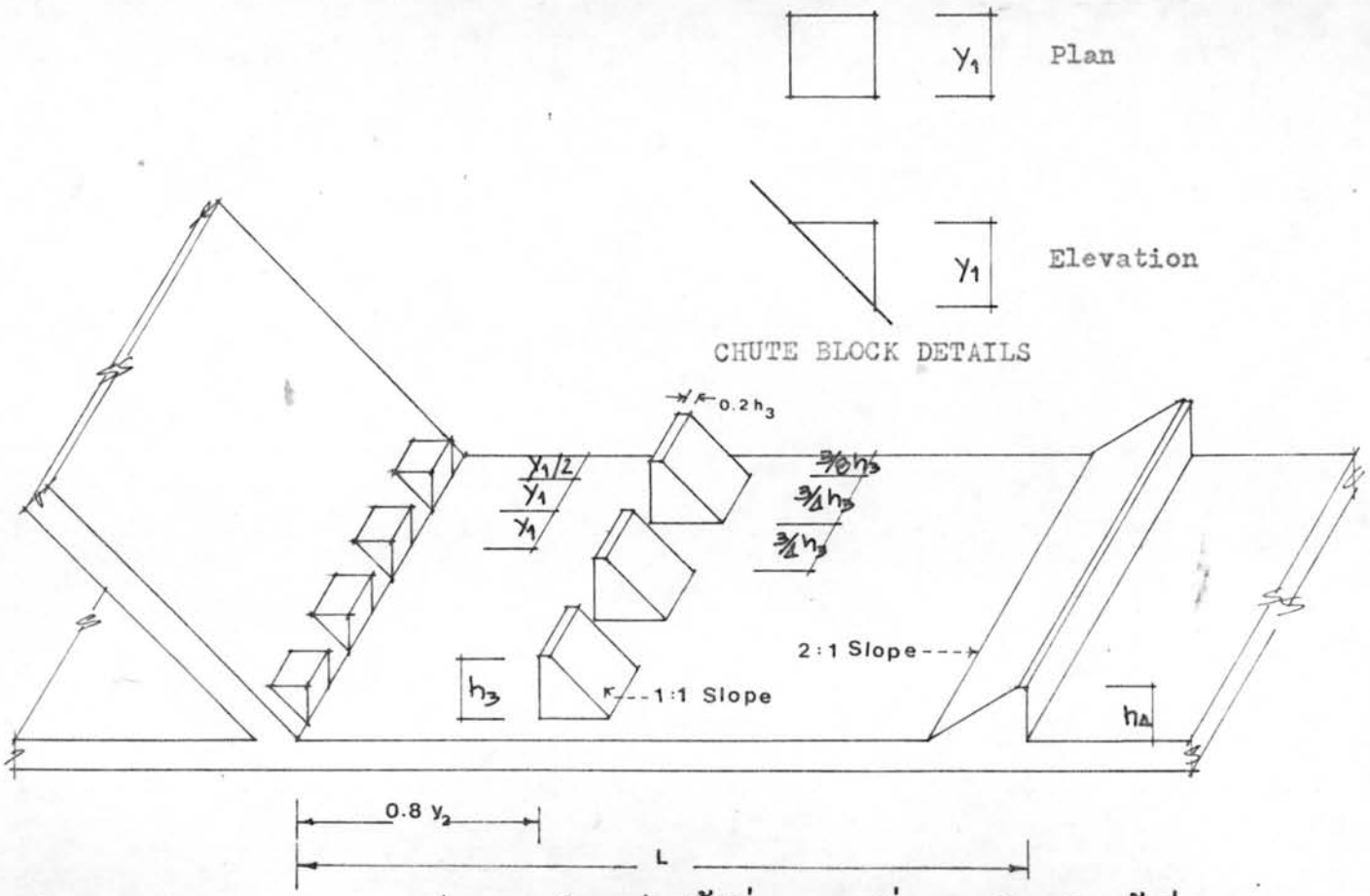
$H = 2.133$ ft $= 65.01$ cm

เพราะฉะนั้นออกแบบ H เผื่อไว้หน่อยใช้ 2.9 ft

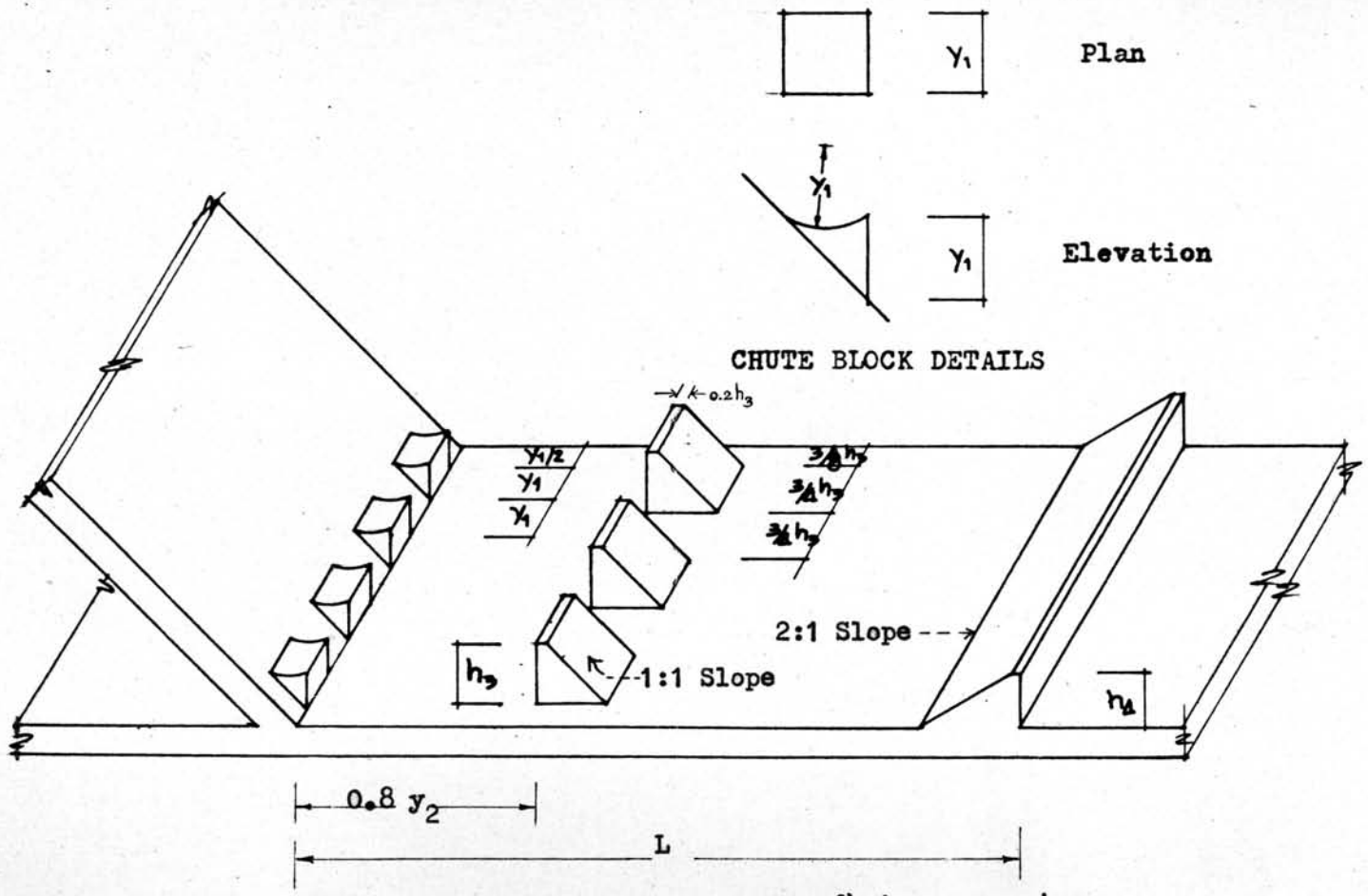
นั่นคือใช้เวียร์สี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด $2' \times 2.9'$ (ดังรูป 3.2.2)



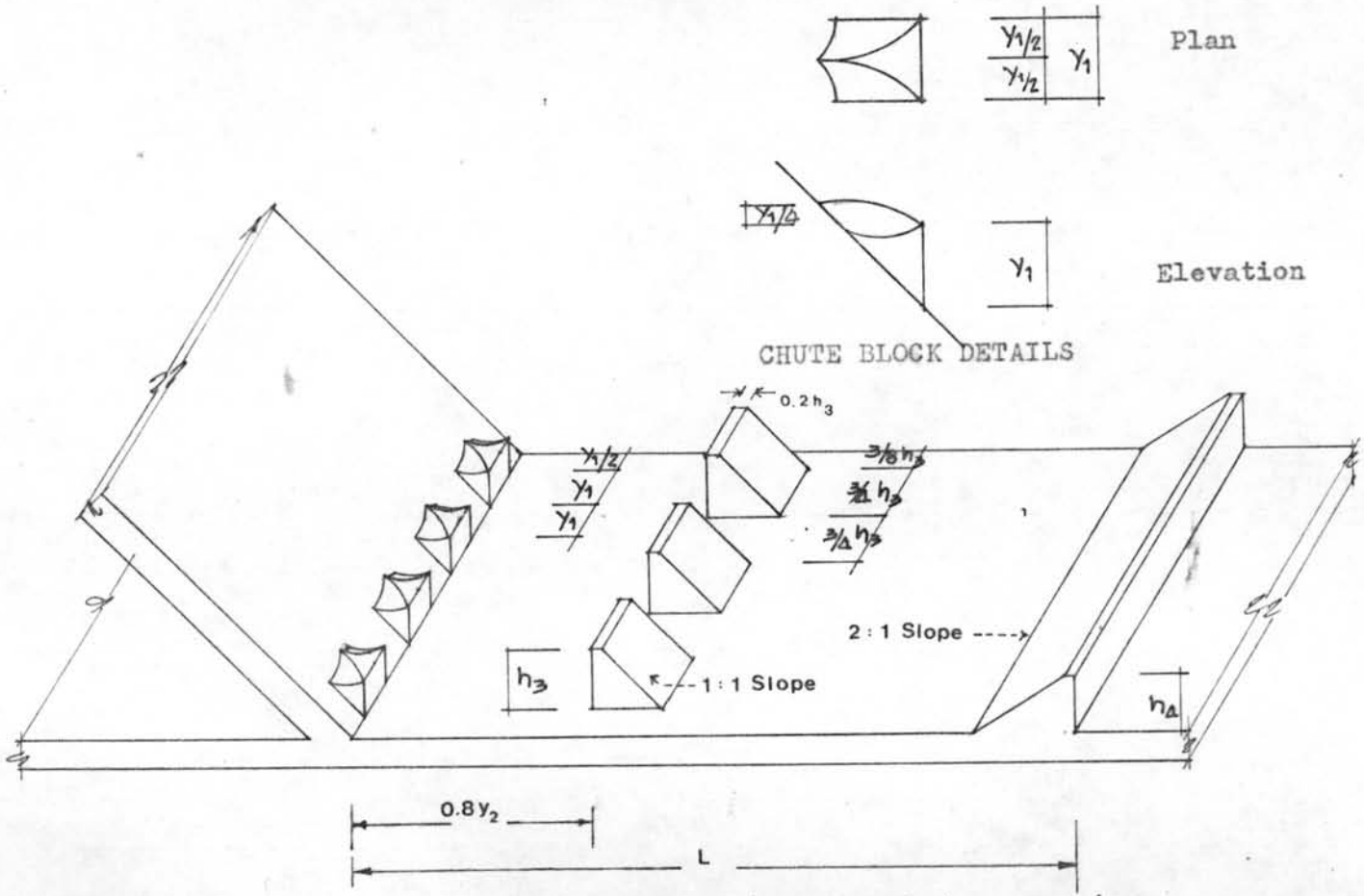
รูป 3.1.8 (a) แสดงขนาดของเวียร์ที่จะทำการสร้าง



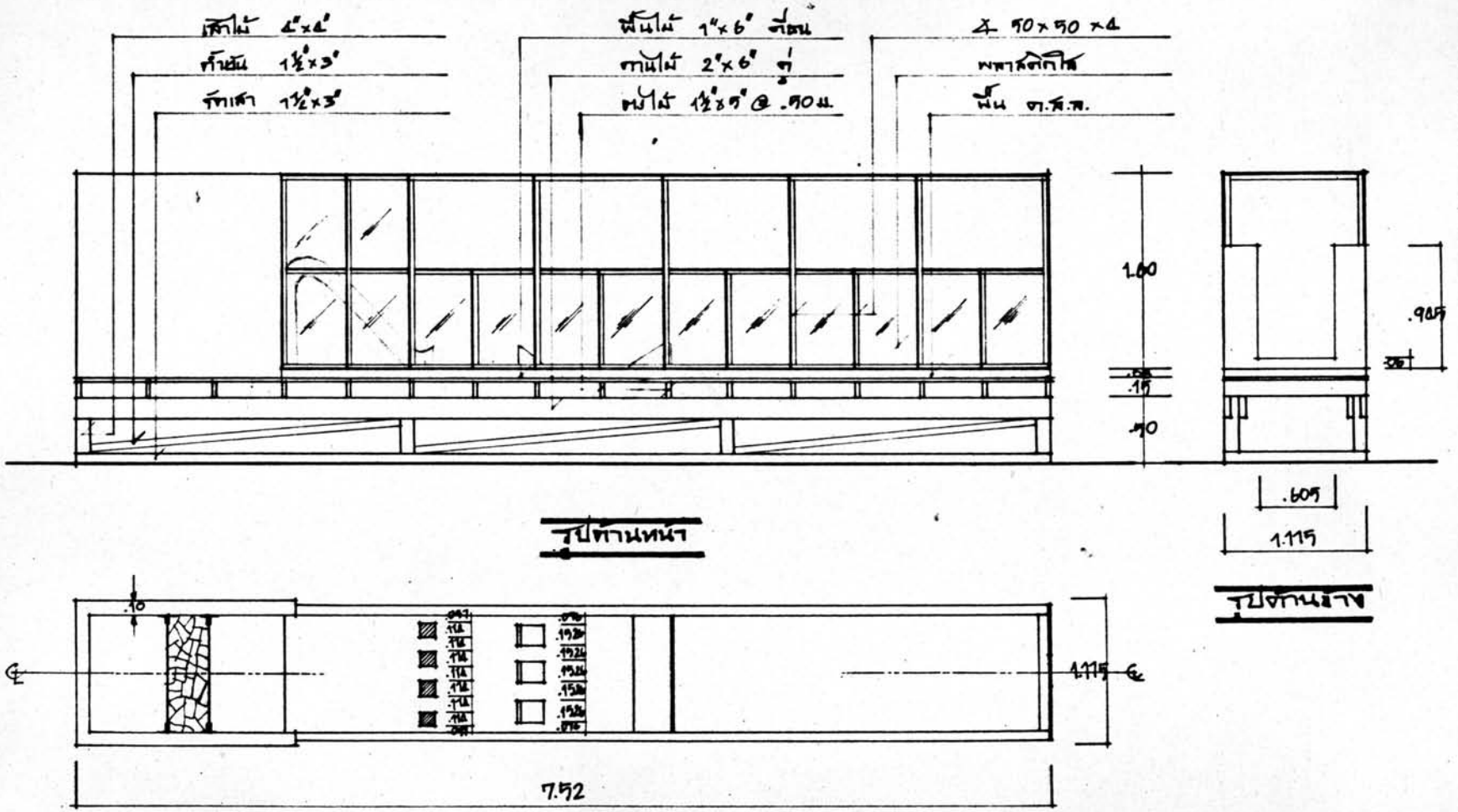
รูป 3.1.9 แสดงแบบ CHUTE BLOCK ในแอ่งน้ำนิ่ง (แบบที่ 1) หรือแอ่งน้ำนิ่ง USBR. Type 3



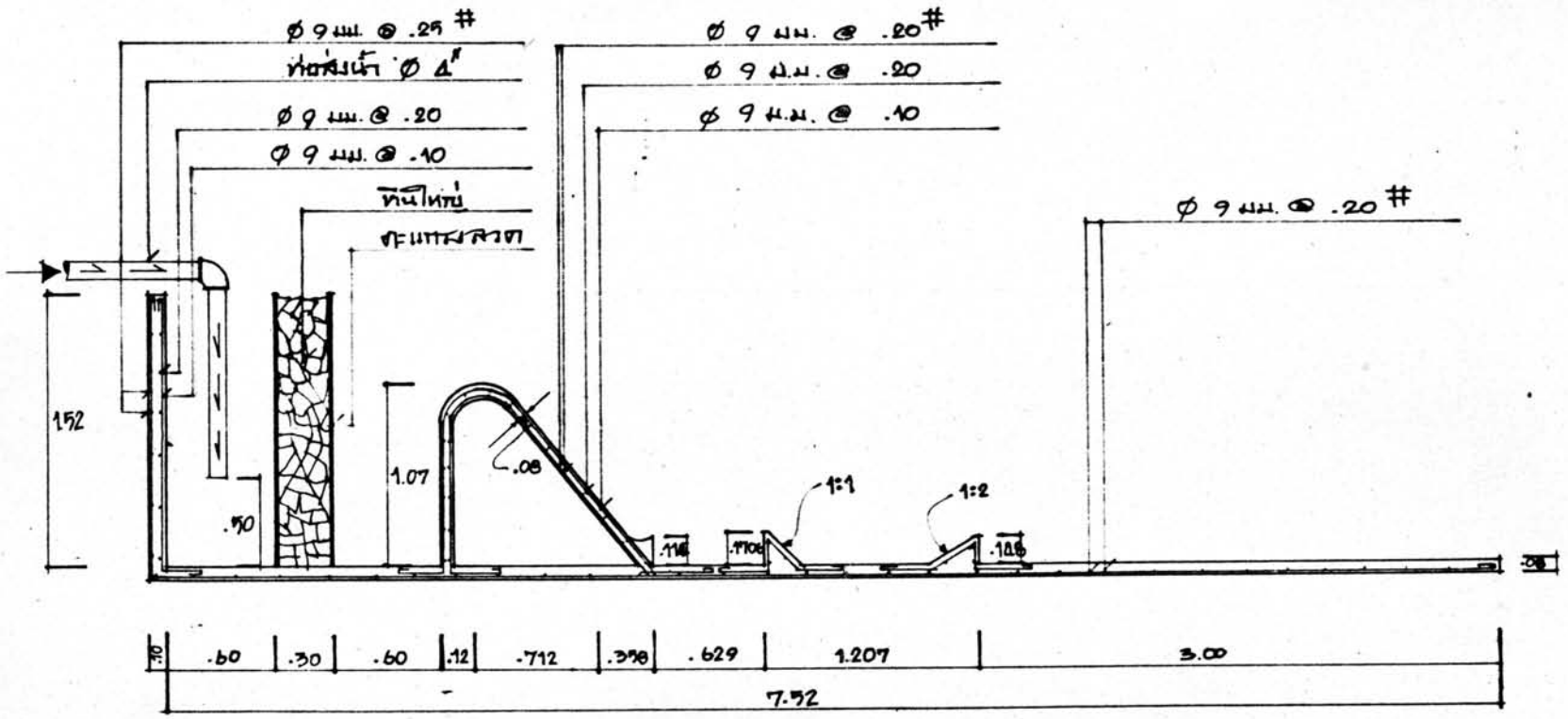
รูป 3.2.0 แสดงแบบ CHUTE BLOCK ในแอ่งน้ำนิ่ง (แบบที่ 2)



รูป 3.2.1 แสดงแบบ CHUTE BLOCK ในแอ่งน้ำนิ่ง (แบบที่ 3)



รูปที่ 3.2.2 แสดงแบบจำลองที่ทำการก่อสร้าง



รูปตัดทางน้ำล้นที่ ๔

รูปที่ 3.2.3. แสดงแบบหน้าตัดการเสริมเหล็กของแบบจำลอง