

การศึกษาเกี่ยวกับทางน้ำดิน โดยใช้แบบจำลอง



นายสุพงศ์ นิมกุลรัตน์

005879

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2522

A HYDRAULIC MODEL STUDY OF SPILLWAY

Mr. Supongse Nimkulrat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1979

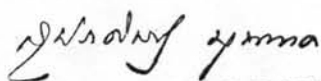
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การศึกษาเกี่ยวกับทางน้ำล้นโดยใช้แบบจำลอง

โดย                      นายสุพงศ์ นิมกุลรัตน์

แผนกวิชา              วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา      รองศาสตราจารย์ วรณ คุณวาสี

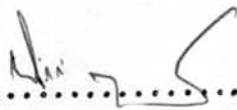
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูต ปรวิญญามหาบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

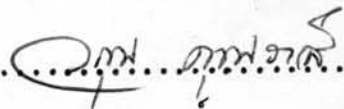
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประคิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



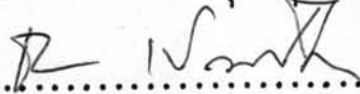
.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ คารานันท์)



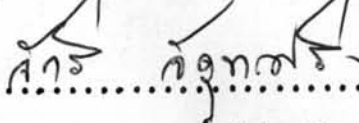
.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วรณ คุณวาสี)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ชำรง เปรมปรีดิ์)



.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จักกรี จิตฺทะศรี)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การศึกษาเกี่ยวกับทางน้ำล้น โดยใช้แบบจำลอง  
ชื่อนิสิต                    นายสุพงศ์ นิมิตร์รัตน์  
อาจารย์ที่ปรึกษา        รองศาสตราจารย์ วรุตม์ คุณวาสี  
แผนกวิชา                    วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา                2521

บทคัดย่อ



การวิจัยนี้ ก็เพื่อศึกษาหารูปแบบของ Chute Block ที่มีประสิทธิภาพในการลดพลังงานของมวลน้ำได้ดียิ่งขึ้น และเหมาะสมกว่ารูปแบบ Chute Block ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบ และทดสอบ Chute Block จำนวน 2 รูปแบบ โดยนำไปประยุกต์ใช้กับแองน้ำนิ่ง แบบที่ 3 ของ USBR. แล้วนำผลการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับรูปแบบเดิม ผลการวิจัยพบว่า ที่ Froude Number เดียวกัน รูปแบบ Chute Block ที่ได้กำหนดขึ้นใหม่สามารถลดพลังงานของมวลน้ำในแองน้ำนิ่ง ได้มากกว่าแบบของ USBR. ประมาณ 8 ถึง 15%

Thesis Title      A Hydraulic Model Study of Spillway  
Name                Mr. Supongse Nimkulrat  
Thesis Advisor    Associate Professor Varoon Khunvasi  
Department        Civil Engineering  
Academic Year     1978

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to search for new shapes for stilling basin chute blocks which would be capable of dissipating more energy than conventional shapes. Two shapes of chute blocks were proposed and tested against the conventional shape of the USBR. stilling basin type 3. The experimental results indicated that at the same Froude Number, the proposed shapes of the chute blocks could dissipate more energy than the conventional shapes by about 8 - 15 %



### กิติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้โดยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ วรุณ คุณวาสี ที่ได้กรุณาแนะแนวทางปฏิบัติ ให้ความคิดเห็นทางวิชาการอันเป็นประโยชน์ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ แก่ผู้วิจัย นับตั้งแต่เริ่มต้นทำการ วิจัยจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกสำนึกในบุญคุณของท่าน และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย และผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณต่อท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ การานันท์ หัวหน้าแผนกวิชาวิเทศกรรมโยธา ผู้ซึ่งได้กรุณาให้การ ช่วยเหลือมอบเงินทุนบางส่วนของท่านแก่ผู้วิจัยในการจัดซื้อวัสดุมาทำแบบจำลองเพื่อ ทดลอง อีกทั้งได้ให้ข้อเสนอแนะอันมีประโยชน์แก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ รอง- ศาสตราจารย์ ช่าง เปรมปรีดิ์ และรองศาสตราจารย์ จักริ จิตตะเทวี ที่ได้กรุณาให้ความ ช่วยเหลือและขอคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ที่ทำให้การ วิจัยนี้สมบูรณ์แบบคงเจตนาครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาจากท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ในการ วิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณในความเอื้อเฟื้อของท่านผู้จัดการห้างหุ้นส่วน จำกัด กำจรกิจ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการ ก่อสร้างทำแบบจำลองขึ้นมาจนสำเร็จ และผู้เขียน ต้องขอขอบคุณต่อเพื่อน ๆ ที่ได้ช่วยผู้วิจัยทำการ เขียนแบบ คณิตศาสตร์ ทดลอง จัดเครื่องมือ วัดผล และจัดข้อมูลขณะทดลอง ซึ่งได้แก่ คุณไพรัช แววศรี คุณสมบุญ วัฒนาสุวรรณ คุณวรรณิ สุขวงศ์ คุณสุริยา ทวีนิยานนท์ คุณมิยะ เพิ่มศักดิ์ทรัพย์ และคุณพรชัย อนุตราว่าไฟ

อนึ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาอย่างสูงจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหา- วิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการ วิจัย และมูลนิธิชินีสิตเกาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งได้มอบ ทุนการศึกษาและทุนอุดหนุนการ วิจัยแก่ผู้วิจัยในครั้งนี้ อันมีผลทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จและ เป็นรูปเล่มออกมาได้

ท้ายสุดนี้ ความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายอันพึงมีที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัย  
 ขออุทิศแด่ บิดา มารดา ผู้ซึ่งเกิดเกล้า ถึงแม่ท่านทั้งสองได้ล่วงลับไปแล้ว แต่ท่านทั้งสอง  
 มีพระคุณสูงสุดต่อผู้วิจัย

สุพจน์ นิมกุตรรัตน์

สารบัญ

๒

หน้า



หน้าหัวเรื่องภาษาไทย.....	ก
หน้าหัวเรื่องภาษาอังกฤษ.....	ข
หน้าอนุมัติ.....	ช
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
รายการสัญลักษณ์.....	ฉ
รายการตารางประกอบ.....	ฐ
รายการภาพประกอบ.....	ฑ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.1.1 ทางน้ำล้นแบบ OGEE(OVERFALL).....	1
1.1.2 แอ่งน้ำนิ่งแบบ USBR TYPE III.....	4
1.2 ความสำคัญของปัญหา.....	5
1.3 ความมุ่งหมายในการวิจัย.....	9
1.4 ขอบข่ายของการวิจัย.....	9
1.5 วิธีที่จะดำเนินการวิจัย.....	10
2 ทฤษฎีบท.....	11
2.1 ไฮดรอลิคจัมป์(HYDRAULIC JUMP).....	11



2.2	ชนิดของไฮดรอลิกจัม ( TYPES OF HYDRAULIC JUMP).....	12
2.3	ฟรังก์นัมเบอร์และแฟกเตอร์ของการไหลกึ่งเมตริก ( FROUDE NUMBER AND KINETIC FLOW FACTOR .....	15
2.4	ทฤษฎีบทของเบอนวลลี ( BERNOULLI'S THEORY).....	16
2.5	การคงสภาพของโมเมนตัม ( CONSERVATION OF MOMENTUM).....	18
2.6	แฟกเตอร์ของเฮดความเร็ว และของโมเมนตัม ( VELOCITY - HEAD AND MOMENTUM CORRECTIVE FACTOR ).....	19
2.7	พลังงานจำเพาะ (SPECIFIC ENERGY).....	21
2.7.1	ความลึกที่ไหลคาปริมาณน้ำไหล ( Q ) สูงสุด .....	25
2.8	น๊อตและเวีย ( NOTCH & WEIR).....	27
2.8.1	การไหลผ่านเวียรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ( FLOW OVER RECTANGULAR WEIR).....	27
2.8.2	ความเร็วขณะเข้าใกล้เมื่อไหลผ่านเวียรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า..	29
2.8.3	การ CALIBRATE เวียรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	30
2.9	เวียรูปสามเหลี่ยมหรือน็อดรูปตัว V	32
3	การทำแบบจำลองทางคานชวลส์ ( กาลศาสตร์ ) .....	35
3.1	กฎเกณฑ์เกี่ยวกับสิ่งคล้ายคลึงกัน ( LAWS OF SIMILITUDE) ..	35
3.1.1	ความคล้ายคลึงกันคานเรขาคณิต ( GEOMETRIC SIMILITUDE).....	35
3.1.2	ความคล้ายคลึงกันคานคินเนติก ( KINEMATIC SIMILITUDE ) .....	37
3.1.3	ความคล้ายคลึงกันคานไดนามิก ( DYNAMIC SIMILITUDE) ..	37
3.2	การออกแบบจำลอง .....	40
3.3	วิธีการคำนวณ .....	40

3.3.1	หาปริมาณน้ำมากที่สุดเพื่อนำไปออกแบบ .....	40
3.3.2	หาปริมาณน้ำที่ใช้ในแบบจำลองและ DESIGN HEAD ที่ใช้ .....	43
3.3.3	หา UPSTREAM QUADRANT ... ..	46
3.3.4	หาพิกัด(CO-ORDINATES ) ของจุดสัมผัส P.T....	46
3.3.5	หาพิกัด DOWNSTREAM QUADRANT .....	48
3.3.6	การคำนวณหาขนาดและสัดส่วนในอ่างน้ำนิ่ง .....	49
4	รายงานแบบจำลองและเครื่องมือเครื่องใช้ในการทดลอง .....	60
4.1	ลักษณะโดยทั่วไปของแบบทางน้ำลงจำลอง .....	60
4.2	เครื่องมือเครื่องใช้ในการทดลอง .....	64
5	ผลการทดลองและการวิเคราะห์ .....	65
6	ขอสรุปและขอเสนอแนะ .....	85
6.1	ขอสรุป .....	85
6.2	ขอเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป .....	86
	เอกสารอ้างอิง .....	88
	ภาคผนวก .....	92
	ประวัติ .....	106

## รายการสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่โคๆ ; $ft^2$ .
	=	พื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ
C	=	ค่า ส.ป.ส. โคๆ
$C_d$	=	ส.ป.ส.แห่งการไหล (Coefficient of Discharge)
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ; $ft$ .
E	=	พลังงานจำเพาะ (Specific energy)
F	=	ค่าแรงโคๆ ; $lb$ .
f	=	แฟคเตอร์ความเสียดทานของการไหลในท่อ
g	=	อัตราเร่งของแรงโน้มถ่วงของโลก ; $ft/sec^2$
H	=	ค่าเฮดรวมทั้งหมด (Total head) ; $ft$ .
$H_d$	=	ค่า Design head ไม่รวม Velocity head ของ approach flow.
$h_f$	=	เฮดที่สูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานภายในท่อ
K	=	ค่าคงที่โคๆ (Any constant or Parameter)
L	=	ความกว้างของเวีย ; $ft$ .
m	=	ความมวล ; slugs .
n	=	ค่าคงที่โคๆ (Any constant or Parameter)
P	=	ความกดคั้น ; $psf$ .
Q	=	อัตราการไหลของปริมาณน้ำ ; $ft^3/sec$ .
q	=	ปริมาณน้ำที่ไหลต่อความกว้างลำน้ำหนึ่งหน่วย ; $cfs/ft$ .
R	=	รัศมีไฮดรอลิก (Hydraulic radius) ; $ft$ .
$S_e$	=	ความลาดเอียงของเส้นลาดพลัง (Slope of energy grade line)
T.W.Depth	=	ความลึกของท้ายน้ำ (Tail-water depth)
V	=	ความเร็วเฉลี่ยของการไหลของน้ำ ; $ft/sec$ .

$W$	=	ค่าน้ำหนักรวมทั้งหมด (Total weight) ; lb .
$X$	=	เป็น Co-ordinates ในแกน X
$x$	=	ระยะทาง, ใช้ในแนวขนานไปกับการไหลของลำน้ำ
$Y$	=	เป็น Co-ordinates ในแกน Y
$y_c$	=	ความลึกวิกฤต (Critical depth) ; ft .
$y_1$	=	ความลึกของลำน้ำที่จุด 1 ; ft .
$y_2$	=	ความลึกของลำน้ำที่จุด 2 ; ft .
$Z$	=	ระดับความสูงเหนือ Plane ที่กำหนดให้ ; ft .
$F$	=	ฟรูดันัมเบอร์ (Froude number)
$\lambda$	=	แฟคเตอร์ของการไหลคีนีเมติก (Kinetic-flow factor)
$\gamma$ (Gamma)	=	น้ำหนักจำเพาะ ; pcf .
$\alpha$ (Alpla)	=	แฟคเตอร์ของเฮดความเร็ว (Velocity head correction factor)
$\beta$ (Beta)	=	ส.ป.ส.ของโมเมนตัม (Momentum coefficient or Boussinesq coefficient)
$\theta$ (Theta)	=	มุมของท้องน้ำที่ทำกับแนวนอน
$\omega$ (Omega)	=	ความเร็วเชิงมุม , เรเดียน/วินาที
$\rho$ (Rho)	=	ความหนาแน่นของน้ำ ; mass per unit volume .
$\nu$ (Nu)	=	ความหนืดคีนีเมติก (Kinematic viscosity) ; ft <sup>2</sup> /sec .
$\mu$ (Mu)	=	ความหนืดสมบูรณ์ (Dynamic viscosity) ; lb-sec/ft <sup>2</sup> .
$\sigma$ (Sigma)	=	แรงตึงผิว (Surface tension) ; lb/ft .

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1.1.1 PARAMETERS ของ K และ n .....	3
4.1.1 รายการทดลองจากแ่งน้ำนิ่งตามรูปแบบที่ 3.1.9 .....	68
4.1.2 รายการทดลองจากแ่งน้ำนิ่งตามรูปแบบที่ 3.2.0 .....	72
4.1.3 รายการทดลองจากแ่งน้ำนิ่งตามรูปแบบที่ 3.2.1 .....	76
ก. 1 ผลการทดลองระหว่างระดับความสูงของน้ำจากขอบเว้ากับ WEIGHT TIME MEASUREMENT . .....	95
ก. 2 ผลจากตาราง ก.1 นำมาทำ Correlation & Least Square Methods .....	97
ข.1 คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ในหน่วย fps .....	101
ข.2 คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ในหน่วย cgs .....	103

## รายการภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1.1 THE WES-STANDARD SPILLWAY SHAPES.....	2
1.1.2 แบบแองน้ำนิ่งของ USBR แบบ 3 .....	4
1.2.1 ทางน้ำล้นทวยแวม จังหวัดนครพนม .....	5
1.2.2 ทางน้ำล้นทวยแคน จังหวัดนครพนม .....	6
1.2.3 ทางน้ำล้นบึงโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด .....	7
1.2.4 ทางน้ำล้นทุ่งผิง จังหวัดน่าน .....	7
1.2.5 การกักกรอนทายน้ำ WILSON DAM SPILLWAY, TENNESSE RIVER .....	8
1.2.6 ความเสียหายของการกักกรอนของ WACO DAM ; TEXAS .....	8
2.1.1 HYDRAULIC JUMP .....	11
2.2.2 UNDULAR JUMP .....	12
2.2.3 WEAK JUMP .....	13
2.2.4 OSCILLATING JUMP .....	13
2.2.5 STEADY JUMP .....	14
2.2.6 STRONG JUMP .....	14
2.4.1 การไหลของน้ำจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง.....	16
2.7.1 พลังงานของลำนน้ำเปิดที่ผิวน้ำฉากเอียง .....	21
2.7.2 พลังภาพของพลังงานจำเพาะ .....	24
2.7.3 พลังภาพของพลังงานจำเพาะเมื่อพลังงานจำเพาะคงที่ .....	26
2.8.1 เวกูรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า .....	28
2.8.2 การ CALIBRATE ของเวกูรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า .....	31
2.9.1 เวกูรูปสามเหลี่ยม .....	33

3.1.1	ความคล้ายคลึงกันคานเรขาคณิต .....	35
3.1.2	ภาพแสดงการเจียนำจากถังสูง .....	41
3.1.3	ความสัมพันธ์ระหว่าง $h/H_d$ กับ $C/C_d$ .....	44
3.1.4	ค่า CORRECTION FACTOR .....	45
3.1.4 ( a )	เป็น UPSTREAM QUADRANT ของทางน้ำสน ...	46
3.1.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง slope, $X/H_d$ และ $Y/H_d$ .....	47
3.1.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $F_1$ กับ $\frac{T.W.DEPH}{Y_1}$ .....	51
3.1.7	LENGTH OF JUMP IN HORIZONTAL FLOOR .....	52
3.1.8	ความสูงของ BAFFLE PIERS และ END SILL .....	53
3.1.9	แสดงแบบ CHUTE BLOCKS ในแองน้ำนิ่งแบบที่ 2 หรือแบบ USBR แบบ 3 นั้นเอง .....	55
3.2.0	แสดงแบบ CHUTE BLOCKS ในแองน้ำนิ่งแบบที่ 2 .....	56
3.2.1	แสดงแบบ CHUTE BLOCKS ในแองน้ำนิ่งแบบที่ 3 .....	57
3.2.2	แสดงแบบจำลองที่ทำการก่อสร้าง .....	58
3.2.3	แสดงแบบหน้าตัดการ เสริมเหล็กของแบบจำลอง .....	59
4.1.1	ภาพแบบจำลองทางน้ำสนที่ได้ออกสร้างขึ้น .....	60
4.1.2	ภาพแสดงคานหลังของแบบทางน้ำสน .....	61
4.1.3	ภาพแสดงบิมน้ำในห้องปฏิบัติการ .....	61
4.1.4	ถังน้ำสูง 8 เมตร นอกห้องปฏิบัติการ .....	62
4.1.5	ภาพแสดงการจุ่มของน้ำที่ผ่าน CHUTE BLOCKS ตามแบบรูป 3.1.9 .....	63
4.1.6	ภาพแสดงการจุ่มของน้ำที่ผ่าน CHUTE BLOCKS ตามแบบรูป 3.2.0 .....	63
4.1.7	ภาพแสดงการจุ่มของน้ำที่ผ่าน CHUTE BLOCKS ตามแบบรูป 3.2.1 .....	64

รูปที่

หน้า

5.1.1	แสดงการเกิดจัมในแอ่งน้ำนิ่ง .....	66
5.1.2	กราฟแสดงพลังงานที่สูญเสียเมื่อผ่าน CHUTE BLOCKS ตามรูป 3.1.9	81
5.1.3	กราฟแสดงพลังงานที่สูญเสียเมื่อผ่าน CHUTE BLOCKS ตามรูป 3.2.0	82
5.1.4	กราฟแสดงพลังงานที่สูญเสียเมื่อผ่าน CHUTE BLOCKS ตามรูป 3.2.1	83
5.1.5	กราฟเปรียบเทียบพลังงานที่สูญเสียไปใน CHUTE BLOCKS รูป 3.1.9, 3.2.0 และ 3.2.1 .....	84
ก. 1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\log H$ และ $\log Q$ ในเว็ญรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า .....	100