

ชลศาสตร์ของการไหลข้ามสันทางระบายน้ำจันในแนวไม่ตรง

นาย จิตติ กนกวิจิตร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN. 974 - 635 - 523 - 6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HYDRAULICS OF FLOW OVER NON-LINEAR ALIGNMENT SPILLWAY CRESTS

Mr. Jitti Kanokvichitra

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

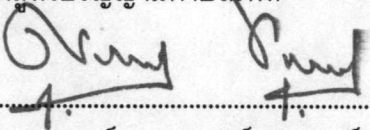
Chulalongkorn University

Academic Year 1996

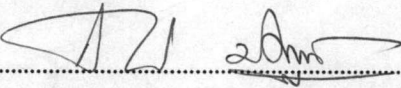
ISBN. 974 - 635 - 523 - 6

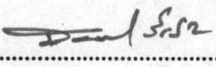
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ชลศาสตร์ของการไหลข้ามสันทางระบายน้ำล้นในแนวไม่ตรง
โดย นาย จิตติ กนกวิจิตร
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักวิจัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

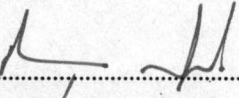

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

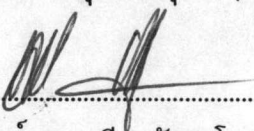
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรุจณี ประดิษฐานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักวิจัย)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เสรี จันทโรยธา)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



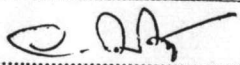
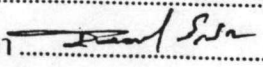
จิตติ กนกวิจิตร : ชลศาสตร์ของการไหลข้ามสันทางระบายน้ำสันในแนวไม่ตรง
(Hydraulics of Flow Over Non-Linear Alignment Spillway Crests)
อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ชัยพันธุ์ ธีรวิจิตร, 168 หน้า, ISBN 974-635-523-6.

การศึกษานี้มุ่งทำการศึกษาทดลองการไหลข้ามสันฝายในแนวไม่ตรง โดยกำหนดแนวของสันฝายที่จะศึกษาไว้ 6 กรณี ได้แก่ ฝายสันตรง ฝายสันครึ่งวงกลม ฝายสันยูคว่าเหลี่ยมกว้าง ฝายสันยูคว่า ฝายสันยูคว่าเหลี่ยมแคบ และฝายสันยู โดยทั้งหมดเป็นฝายสันคมและทำการทดลองในห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จัดทำโต๊ะทดลองทางน้ำเปิด และสร้างแบบจำลองสันฝายขึ้นมาโดยมีขนาดความสูง 0.105 ม. และยาว 0.60 ม. แต่ละแบบจำลองมีความยาวสันฝายทั้งหมดเท่ากันโดยประมาณ และในระหว่างการทดลองการไหลปรับให้มีความสูงระดับน้ำเหนือสันฝาย(He) ประมาณ 1.0-5.0 ซม.

การวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการไหลและความเร็วจากการทดลองได้สรุปว่า สันฝายที่มีอัตราการไหลผ่านจากมากไปน้อย เรียงลำดับได้ดังนี้ ฝายสันยูคว่าเหลี่ยมกว้าง ฝายสันยูคว่า ฝายสันยูคว่าเหลี่ยมแคบ ฝายสันครึ่งวงกลม ฝายสันตรง และฝายสันยู ในขณะที่มีระดับน้ำเหนือสันฝายเดียวกันและอัตราการไหลก็จะเพิ่มขึ้นตามความสูงของระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น น้ำค่าที่ได้จากการทดลองไปหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าระดับน้ำ(He) กับอัตราการไหล(Q) ค่าสัมประสิทธิ์(C) กับค่าระดับน้ำ(He) ค่าสัมประสิทธิ์(C) กับค่าอัตราส่วนความสูงของน้ำ(He) ต่อความสูงของสันฝาย(P) แล้วทำการหาฟังก์ชันของความสัมพันธ์ในรูปแบบ Power series และ Logarithm เพื่อความผันแปรของค่าความสัมพันธ์ และมีการตรวจสอบหาความสัมพันธ์ $Q = CLH^x$ ได้ค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.97 ถึง 0.99 และได้ค่า x มีค่า 1.5-1.9 ซึ่งมีค่ามากกว่าสูตรทางทฤษฎีของการไหลข้ามสันฝายคมที่มีค่า $x = 1.5$

จากการทดลองค่า C ได้จาก $Q = CLH_e^{1.5}$ มีความผันแปรเพิ่มขึ้นตามความสูงของระดับน้ำ และจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.2-1.5 ซึ่งต่างจากค่า C ทางทฤษฎี ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.8-2.2 การศึกษานี้สามารถสรุปได้ชัดเจนว่า สันทางระบายน้ำสันในแนวไม่ตรง ที่มีสันยื่นไปทางเหนือน้ำ จะให้อัตราการไหลมากกว่าสันในแนวตรง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา(แหล่งน้ำ).....
สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....
ปีการศึกษา 2539.....

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C615108 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD: HYDRAULICS / SPILLWAY CREST / DISCHARGE COEFFICIENT

JITTI KANOKVICHITRA : HYDRAULIC OF FLOW OVER NON-LINEAR ALIGNMENT
SPILLWAY CRESTS.

THESIS ADVISOR : Assoc. Prof. Dr. CHAIPAN RUKVICHAI, 168 pp.

ISBN 974-635-523-6

This study aimed at an experiment of the flow over spillway crest with non-linear alignment. There were 6 cases of spillway crests adopted, i.e. linear crest, half circular crest, wide Γ -crest, curved \cap -crest, narrow Π -crest and U-crest. All crest shapes are sharp-crested weir. The experiment was made in The Hydraulic and Coastal Model Laboratory of the Department of Water Resources Engineering. A flow channel bench was made up. Hydraulic models of spillway crests were erected about 0.105 m high and 0.60 m long. All crest lengths were approximately equal. During experiments, the flow was varies with the head above spillway crest between 1.0-5.0 cm.

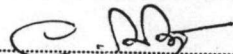
The analysis of flow and velocity data from the experiment concluded that the spillway could be arranged from the high discharge to low discharge at a constant head as followed : wide Γ -crest, curved \cap -crest, narrow Π -crest, half circular crest, linear crest, and U-crest, All cases, the discharge increased with the flow head. Several relationships were studied between discharge and head (Q-He), Weir coefficient and head (C-He), and discharge coefficient and the ratio of head and weir high (C-H/p). Power series and logarithm functions were used as the fitting equations. The relationship of $Q=CLH_e^x$ yielded very high regression coefficient $R^2=0.97-0.99$. The x exponent varied between 1.5-1.9 which was higher than the theoretical value, $x = 1.5$

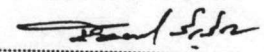
From the experiment using $Q = CLH_e^x$, the value of weir coefficient C was calculated between 1.2-1.5 while the theoretical value varied between 1.8-2.2. This study was able to concluded that the non-linear alignment spillway crest with its crest extended upstream had higher discharge than a linear one.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา (แหล่งน้ำ).....

สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ.....

ปีการศึกษา 2539.....

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้ทำการวิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย และอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่าน ที่ได้กรุณาแนะแนวทางปฏิบัติ และให้วิชาความรู้ ตลอดจนข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์และคุณค่า รวมทั้งตรวจสอบวิทยานิพนธ์ต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัย นับตั้งแต่เริ่มต้นทำการวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์ ออกมาเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้โดยสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณท่านคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้มอบทุนอุดหนุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาสนับสนุนและเอื้อเพื่อให้ใช้สถานที่ของห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล พร้อมทั้งเครื่องมือทดลองเพื่อทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนแล้วเสร็จ และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือจัดเตรียมสถานที่ และอุปกรณ์เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ ความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายอันพึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขออุทิศแด่ บิดา มารดา ผู้บังเกิดเกล้า ภรรยา และลูกที่ได้ให้กำลังใจมาตลอดเวลา และผู้อ่านที่สนใจทุกท่าน

จิตติ กนกวิจิตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา.....	3
1.3 ขอบข่ายการศึกษา.....	3
1.4 การดำเนินงานการศึกษา.....	4
1.5 ผลการศึกษา.....	5
บทที่ 2 ประสบการณ์และการศึกษาที่ผ่านมา	
2.1 ทฤษฎีของการไหลข้ามฝายสันคม.....	6
2.2 การออกแบบสันอาคารระบายน้ำล้น.....	11
2.3 การศึกษาความดัยบนฝายสันโค้ง.....	13
2.4 การศึกษาผิวหน้าช่องทางน้ำล้น.....	15
2.5 การศึกษาการสลายพลังงานของการไหลข้ามสันฝาย.....	19
บทที่ 3 การทดลองแบบจำลองชลศาสตร์	
3.1 การทำแบบจำลองชลศาสตร์.....	22
3.2 แบบจำลองสันฝายที่ศึกษา.....	22
3.3 การวัดข้อมูลชลศาสตร์การไหล.....	27
3.4 ลักษณะการทดลอง.....	28
3.5 ผลการทดลอง.....	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4. การวิเคราะห์การไหลข้ามสันฝายในกรณีต่างๆ	
4.1 ผลการทดลอง.....	29
4.2 ความผันแปรของอัตราการไหล (Q)กับความสูงของระดับน้ำ.....	30
4.3 ความผันแปรของค่าสัมประสิทธิ์ (C) ของแต่ละแนวสันฝาย.....	35
4.4 ความผันแปรของค่าสัมประสิทธิ์ (C) กับอัตราส่วนความสูงของน้ำเหนือสันฝาย ต่อความสูงของฝาย.....	45
บทที่ 5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 การดำเนินการศึกษาและทดลอง	55
5.2 สูตรการไหลข้ามสันฝาย.....	56
5.2.1 ผลของแนวสันฝาย.....	57
5.2.2 ความผันแปรของค่าสัมประสิทธิ์ (C).....	58
5.3 ลักษณะของการไหลผ่านสันฝายแต่ละแบบ.....	58
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	59
รายการอ้างอิง.....	61
ภาคผนวก ก.	63
ภาคผนวก ข.	70
ภาคผนวก ค.	87
ภาคผนวก ง.	105
ภาคผนวก จ.	122
ภาคผนวก ฉ.	139
ภาคผนวก ช.	153
ประวัติผู้เขียน.....	168

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 3-1 ตัวอย่างตารางข้อมูลที่บันทึกจากการทดลอง กรณีการไหลข้ามฝายสันตรง.....	26
ก) ตารางบันทึกข้อมูลหาอัตราการไหล	
ข) ตารางบันทึกข้อมูลความเร็วหน้าตัดอ้างอิง 1 ที่ระดับน้ำ +12.9 ซม.	
ค) ตารางบันทึกข้อมูลความเร็วหน้าตัดอ้างอิง 2 ที่ระดับน้ำ +12.8 ซม.	
ง) ตารางบันทึกข้อมูลความเร็วหน้าตัดอ้างอิง 3 ที่ระดับน้ำ +12.4 ซม.	
ตาราง 4-1 สมการทั่วไปของฝายรูปลักษณะต่างๆ ทั้ง 6 กรณี.....	43
ตาราง 4-2 สูตรค่า C ของฝายสันตรงเทียบกับฝายรูปลักษณะอื่นๆ	43
ตาราง 4-3 การให้อัตราการไหลของสันรับน้ำแบบต่างๆ จากความสัมพันธ์.....	43
ตาราง 4-4 แสดงค่าตัวแปรรูปแบบสมการในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง C กับ H	44
ตาราง 4-5 แสดงค่าตัวแปรรูปแบบสมการในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง C กับ He/P.....	44

สารบัญรูป

	หน้า
รูป 1-1 แนวสันฝายในกรณีศึกษา.....	2
รูป 2-1 การไหลข้ามฝายสันคม.....	10
รูป 2-2 การพิจารณาขดทางน้ำล้นจากการไหลผ่านฝายสันคม.....	12
รูป 2-3 หน้าข้างการไหลข้ามสันฝายและกราฟความสัมพันธ์จากการศึกษา	14
รูป 2-4 การเกิดขึ้นตติขอบและกราฟความสัมพันธ์จากการศึกษาของ Bradley&Peterka...	18
รูป 2-5 แบบจำลองทางระบายน้ำล้นแบบขั้นบันได.....	20
รูป 3-1 แพลนและหน้าตัดโต๊ะทดลอง กรณีศึกษา.....	23
รูป 3-2 ลักษณะแบบจำลองสันฝายที่ทำการทดลองศึกษา และหน้าตัดอ้างอิง.....	24
รูป 3-3 ลักษณะแบบจำลองสันฝายที่ทำการทดลองศึกษา และหน้าตัดอ้างอิง.....	25
รูป 4-1 ความผันแปรของค่า He กับ Q จากการสังเกต จากทฤษฎี และความสัมพันธ์.....	31
รูป 4-2 ความผันแปรของค่า He กับ Q ทุกกรณีศึกษา.....	32
รูป 4-3 ความผันแปรของค่า He กับ Q จากการสังเกตในรูปแบบของ Log-scale.....	33
รูป 4-4 ความผันแปรของค่า Q กับ He จากกรณีศึกษาใน Log-scale.....	34
รูป 4-5 ความผันแปรของ C จากสูตร $Q = CLH^{1.5}$ กับ He จากข้อมูลการสังเกต , ค่าเฉลี่ย และกราฟความสัมพันธ์.....	36
รูป 4-6 เปรียบเทียบความผันแปรของ C กับ He ในลักษณะสันฝายแนวตรงกับสันฝายที่ไม่ใช่แนวตรง.....	37
รูป 4-7 ความผันแปรของ C จากสูตร $Q = CLH^{1.5}$ กับ He ในทุกกรณีศึกษา.....	38
รูป 4-8 ความผันแปรของ C กับ He ในรูปแบบของ Logarithm.....	40
รูป 4-9 ความผันแปรของ C กับ He ทุกกรณีศึกษาในรูปแบบของ Logarithm.....	41
รูป 4-10 ความผันแปรของ C กับ He เปรียบเทียบรูปแบบ Logarithm กับ Power series.....	42
รูป 4-11 ความผันแปรของ C จากสูตร $Q = CLH^{1.5}$ กับ He/P จากข้อมูลการสังเกต.....	47
รูป 4-12 เปรียบเทียบความผันแปรของ C กับ He/P ในลักษณะสันฝายแนวตรงกับสันฝายที่ไม่ใช่แนวตรง.....	48
รูป 4-13 ความผันแปรของ C จากสูตร $Q = CLH^{1.5}$ กับ He/P ในทุกกรณีศึกษา.....	49
รูป 4-14 ความผันแปรของ C กับ He/P ในรูปแบบของ Logarithm.....	50
รูป 4-15 ความผันแปรของ C กับ He/P ทุกกรณีศึกษาในรูปแบบของ Logarithm.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูป 4-16 ความผันแปรของ C กับ He/P เปรียบเทียบรูปแบบ Logarithm กับ Power series.....	52
รูป 4-17 ความผันแปรของ C กับ He/P จากสูตร $Q = CLH^{1.5}$	53
รูป 4-18 ความผันแปรของ C กับ Q ทุกกรณีศึกษา.....	54