

ชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง



นายศุภกร ศิริพจนกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5464-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HYDRAULICS OF TIDAL FLUSHING OF WATER IN A CANAL

Mr. Suphakorn Sirapojanakun

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5464-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง

โดย

นายศุภกร ศิริพจนกุล


สาขาวิชา

วิศวกรรมแหล่งน้ำ


อาจารย์ที่ปรึกษา

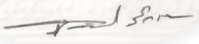
รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย

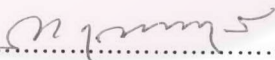
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทร์โยธา)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจิตร์ คุณธนกุลวงศ์)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศุภกร ศิริพจนกุล : ชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง  
(HYDRAULICS OF TIDAL FLUSHING OF WATER IN A CANAL)  
อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ชัยพันธุ์ รัทวิชัย, 299 หน้า. ISBN 974-17-5464-7.

การศึกษาวិทยานิพนธ์นี้ มุ่งศึกษาพฤติกรรมชลศาสตร์ของคลองภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ทั้งกรณีคลองปลายตันและคลองปลายเปิด 2 ด้าน รวมทั้งพฤติกรรมชลศาสตร์ระบบการชะล้างน้ำโดยน้ำขึ้นน้ำลง โดยศึกษาจากแบบจำลองชลศาสตร์ ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบจำลองชลศาสตร์ประกอบด้วย แบบจำลองทางน้ำ แบบจำลองแอ่งคลื่น (ทะเล) เครื่องกำเนิดคลื่นน้ำขึ้นน้ำลง เครื่องวัดความสูงคลื่น เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ และหุ่นวัดความเร็ว แบบจำลองทางน้ำสร้างขึ้นด้วยพลาสติก ขนาด 0.15 ม. X 0.20 ม. ยาว 22 ม. ซึ่งมีปลายทั้งสองด้านของแบบจำลองทางน้ำเชื่อมต่อกับแบบจำลองแอ่งคลื่น และมีประตูระบายน้ำติดตั้งเพื่อควบคุมการไหล ที่มีการผันแปรความสูงคลื่นในช่วง 0.30-1.20 ซม. และคาบน้ำขึ้นน้ำลงอยู่ในช่วง 160-500 วินาที

จากผลการศึกษาทั้ง 24 ชุดการทดลอง พบว่าพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในคลองปลายตันจะมีระยะการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำมากที่สุดบริเวณปากคลอง และอัตราการเคลื่อนที่ลดลงตามระยะทางจนเกือบไม่มีการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำบริเวณปลายด้านปิด ในกรณีคลองปลาย 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจะคล้ายกับคลองปลายตัน ต่างกันที่คลองที่มีปลาย 2 ด้าน จะเกิดสภาพน้ำนิ่งที่ระยะกึ่งกลางความยาวคลอง ซึ่งระยะการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำทั้ง 2 กรณี ขึ้นอยู่กับระยะทางจากปากคลอง และความชันคลื่นเป็นหลัก

สำหรับระบบชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลง ที่อาศัยการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำตามการขึ้นลงของระดับน้ำ เพื่อให้มีการไหลแบบทิศทางเดียว ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำในคลองลงสู่ทะเล ซึ่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำขึ้นอยู่กับจังหวะการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำ นอกจากนี้ในการศึกษาได้เสนอความสัมพันธ์ของความเร็วหุ่นตามระยะทางในคลองในช่วงน้ำขึ้นน้ำลง เวลาเดินทางของอนุภาคน้ำ ความเร็วเฉลี่ย และอัตราการชะล้าง เพื่อนำไปเป็นแนวทางเบื้องต้นในการระบายน้ำและไล่น้ำเสียในคลองที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง โดยเฉพาะคลองที่มีปลายคลองเชื่อมต่อกับทะเล

ภาควิชา.....วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....ลายมือชื่อนิสิต.....  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา.....2546.....

## 4370523821 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING

KEY WORD: HYDRAULICS / HYDRAULIC MODEL / FLUSHING / CANAL

SUPHAKORN SIRAPOJANAKUN: HYDRAULICS OF TIDAL FLUSHING OF WATER IN A CANAL. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.Dr. CHAIPANT RUKVICHAI, 299 pp. ISBN 974-17-5464-7.

This thesis aimed at studying hydraulic behavior in a canal under the tidal effect for the cases of single end closed canal, both opened canal and a proposed tidal flushing system. This investigation was studied using a hydraulic model at the Hydraulic and Coastal Model Laboratory, Department of Water Resources Engineering, Chulalongkorn University.

The hydraulic model consisted of a canal model, a wave basin (sea), a tidal wave generator, wave height meters, a current meter and rod floats. The canal model was made of plastic sheets with dimension 0.15 m × 0.20 m × 22 m. Both end of the canal were connected to the wave basin and controlled by sluice gates. For each experiment, the wave height was varied between 0.30–1.20 cm and the wave period was varied between 160 – 500 seconds.

Resulting from 24 cases of experiments, it was found that the water particle movement of the single end-closed canal was high near the mouth of the canal. And the rate of movement decreased with distance until almost no movement at the closed end of the canal. In case of both end opened canal, the water particle behavior was similar to the single end closed canal, but no movement occurred at the mid-point of the canal. The length of the water displacement mainly depended on the distance from the mouth of the canal and the tidal wave steepness.

In case of the proposed tidal flushing system, which was made possible by the gate operation related to the tidal cycle, the water thus flow in one-way direction and the circulation occurred in the canal. The water particle movement depended on the gate operation. In addition, this study proposed some relationships such as rod float velocity along the canal under tidal cycle, water travelling time, average current velocity and flushing rate. These relationships can be use as a guideline for consideration about draining and flushing a canal under the tidal effect, especially for a canal connected to the sea.

Department..Water.Resources.Engineering. Student's signature.....*As*.....

Field of study..Water.Resources.Engineering. Advisor's signature.....*Chaipant Rukvichai*.....

Academic year.....2003.....

## กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลต่าง ๆ หลายท่านที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา และแก้ไขรายละเอียดหรือข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ สนับสนุน การตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาสั่งสอนปรัชญาในการดำรงชีวิตและการงาน

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทโรยธ่า รองศาสตราจารย์ ดร.สุจิต คุณธนกุลวงศ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาใช้เวลาของท่านในการให้คำแนะนำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิทยาการต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนในด้านสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ และ สาธารณูปโภคต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและทบวงมหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนบางส่วนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่ ๆ ครูปฏิบัติกรทุกท่านที่ได้ช่วยแนะนำ สั่งสอน ให้การสร้างแบบจำลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์บุศวรรณ โพธิทอง และ คุณ ชัชชัย หอมสุด ที่ได้คำปรึกษา แนะนำ สั่งสอน ทั้งความรู้และปรัชญาชีวิต ตลอดจนพี่ เพื่อน น้อง ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ ในขณะทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา(ผู้ล่วงลับ) มารดา ของข้าพเจ้าที่ให้โอกาส ให้กำลังใจ และสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษา.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา.....	2
1.3 ขอบข่ายการศึกษา.....	2
1.4 การดำเนินงานศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่ผ่านมา.....	5
2.1 การไหลในทางน้ำเปิด.....	5
2.2 ลักษณะคลื่น.....	7
2.3 การวิเคราะห์สเปกตรัม.....	7
2.4 การศึกษาที่ผ่านมา.....	12
บทที่ 3 แบบจำลองชลศาสตร์และการทดลอง.....	16
3.1 แบบจำลองชลศาสตร์.....	16
3.2 การวัดข้อมูลการทดลอง.....	23
3.3 วิธีการทดลอง.....	27
3.4 ลักษณะข้อมูลการทดลอง.....	30
3.5 ผลการวิเคราะห์สเปกตรัม.....	33

บทที่ 4	พฤติกรรมศาสตร์ของคลองที่เชื่อมต่อทะเล.....	39
4.1	ลักษณะทั่วไปของคลองที่ติดต่อกับทะเล.....	39
4.2	พฤติกรรมการณ์เคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำในแบบจำลอง.....	40
4.3	ความสัมพันธ์ของความเร็วทวนตามตำแหน่งทวน.....	43
4.4	การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในคลองที่เชื่อมต่อกับทะเล.....	64
4.5	ระยะถ่ายเทสูงสุด.....	68
บทที่ 5	พฤติกรรมศาสตร์การชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลง.....	74
5.1	ระบบการชะล้างน้ำโดยน้ำขึ้นน้ำลง.....	74
5.2	พฤติกรรมการณ์เคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำในแบบจำลอง.....	76
5.3	ความสัมพันธ์ความเร็วทวนสูงสุดกับตำแหน่งทวน.....	82
5.4	ความสัมพันธ์ของเวลาเดินทางจากต้นทาง-ปลายทาง.....	92
5.5	ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการชะล้างเฉลี่ย.....	99
5.6	แนวทางประยุกต์การชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลง.....	102
บทที่ 6	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	108
6.1	แบบจำลองศาสตร์.....	108
6.2	การทดลองในแบบจำลองศาสตร์.....	109
6.3	คลองปลายตัน.....	109
6.4	คลองปลาย 2 ด้านเชื่อมต่อทะเล.....	110
6.5	ระบบการชะล้างน้ำเสียโดยน้ำขึ้นน้ำลง.....	111
6.6	ข้อเสนอแนะ.....	111
6.7	ข้อจำกัดในการศึกษา.....	113
	รายการอ้างอิง.....	115



## สารบัญ (ต่อ)

ณ

หน้า

### ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	การเตรียมการทดลอง.....	118
ภาคผนวก ข	กรณีคลองปลายตัน.....	128
ภาคผนวก ค	กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล.....	162
ภาคผนวก ง	กรณีเปิด-ปิดประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง.....	196
ภาคผนวก จ	ระดับน้ำสูงสุด-ต่ำสุด.....	283
ภาคผนวก ฉ	โปรแกรมจัดเก็บข้อมูล LabVIEW.....	295
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		299



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ญ

		หน้า
ตาราง 1-1	ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา.....	4
ตาราง 3-1	กรณีการทดลองชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง.....	29
ตาราง 3-2	ตัวอย่างตารางระยะเคลื่อนที่ทึ่นสุทธิและความเร็วทึ่น กรณีปากคลอง 2 ด้าน เชื่อมต่อกับทะเล ความสูงคลื่น 0.54 ซม. (จำนวนถึงแทนที่น้ำ 2 ถึง) คาบคลื่น 510 วินาที.....	34
ตาราง 3-3	ตัวอย่างตารางระยะเคลื่อนที่ทึ่นสุทธิและความเร็วทึ่น กรณีปากคลอง 1 ด้าน เชื่อมต่อกับทะเล ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถึงแทนที่น้ำ 2 ถึง) คาบคลื่น 495 วินาที.....	34
ตาราง 3-4	ตัวอย่างตารางระยะเคลื่อนที่ทึ่นสุทธิและความเร็วทึ่น กรณีเปิด-ปิดประตูระบายน้ำ ตามจังหวัดน้ำขึ้นน้ำลง ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถึงแทนที่น้ำ 2 ถึง) คาบ คลื่น 500 วินาที.....	35
ตาราง 3-5	ตัวอย่างตารางสรุปรายละเอียดคลื่นจากการวิเคราะห์สเปกตรัม กรณีปากคลอง 2 ด้าน เชื่อมต่อกับทะเล.....	37
ตาราง 3-6	สรุปผลความเร็วกระแสน้ำ จากการวิเคราะห์สเปกตรัม.....	38
ตาราง 4-1	ค่าพารามิเตอร์ $m$ , กรณีคลองปลายตัน.....	45
ตาราง 4-2	ค่าพารามิเตอร์ $m$ , กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล.....	57
ตาราง 5-1	ค่าพารามิเตอร์ $a$ $b$ ในสมการความเร็วทึ่นสูงสุด(สมการ 5-1).....	84
ตาราง 5-2	ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำในแบบจำลองที่ได้จากวิธีต่างๆ.....	103
ตาราง 6-1	การประเมินค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการศึกษา.....	114

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูป

	หน้า
รูป 2-1 แรงและตัวแปรต่าง ๆ ในทางน้ำเปิด.....	6
รูป 2-2 นิยามและค่าตัวแปรต่าง ๆ ของคลื่น.....	8
รูป 2-3 คลื่นไม่สม่ำเสมอและองค์ประกอบคลื่นในทะเล.....	9
รูป 2-4 ระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์.....	9
รูป 2-5 การวิเคราะห์สเปกตรัมของข้อมูลวงจร.....	11
รูป 2-6 ตัวอย่างแนวทางระบบผลักดันน้ำโดยน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal Flushing).....	15
รูป 3-1 แบบจำลองชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง.....	17
รูป 3-2 แผนผังแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของแบบจำลอง และตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัด.....	18
รูป 3-3 แบบจำลองชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง.....	19
รูป 3-4 แบบจำลองทะเล.....	21
รูป 3-5 ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง.....	22
รูป 3-6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	24
รูป 3-7 ตำแหน่งวางหุ่นในแบบจำลอง.....	25
รูป 3-8 แบบจำลองประตูระบายน้ำ.....	26
รูป 3-9 แผนผังการทดลองชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง.....	28
รูป 3-10 ตัวอย่างผลจากการบันทึกระดับน้ำด้วยเครื่องมือวัดความสูงคลื่น และผลจากการวิเคราะห์สเปกตรัม กรณีความสูงคลื่น $\approx 1.00$ ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ถัง) คาบคลื่น $\approx 500$ วินาที.....	31
รูป 3-11 ตัวอย่างข้อมูลความเร็วกระแสน้ำจาก Current meter ตำแหน่งวัดประตูน้ำต้นคลอง กรณีความสูงคลื่น $\approx 0.6$ ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น $\approx 500$ วินาที.....	32
รูป 3-12 ตัวอย่างการวิเคราะห์สเปกตรัม ความเร็วกระแสน้ำจาก Current meter กรณีความสูงคลื่น $\approx 0.6$ ซม. คาบคลื่น $\approx 500$ วินาที.....	36
รูป 4-1 ตัวอย่างความเร็วหุ่นเฉลี่ย กรณีคลองปลายตัน ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น 495 วินาที.....	41
รูป 4-2 ตัวอย่างความเร็วหุ่นเฉลี่ย กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล ความสูงคลื่น 0.54 ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น 510 วินาที.....	42

## สารบัญรูป

๗

		หน้า
รูป 4-3	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย (น้ำขึ้น) กับตำแหน่งทุ่น กรณีคลองปลายตัน จากสมการ $\bar{V}_H / C = m_{FH} (1 - Lx/Lc)$ .....	44
รูป 4-4	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ $m_{FH}$ กับ $Lc/L$ กรณีคลองปลายตัน.....	47
รูป 4-5	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ $m_{FH}$ กับ $H/L$ กรณีคลองปลายตัน.....	47
รูป 4-6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย (น้ำขึ้น) กับตำแหน่งทุ่น กรณีคลองปลายตัน จากสมการ $\bar{V}_H / C = 301(H/L)^{0.92} (1 - Lx/Lc)^{0.96}$ .....	48
รูป 4-7	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{V}_H / c$ (จากการทดลอง) กับ $\bar{V}_H / c$ (สมการ) กรณีคลองปลายตัน.....	49
รูป 4-8	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย (น้ำลง) กับตำแหน่งทุ่น กรณีคลองปลายตัน จากสมการ $\bar{V}_L / C = m_{FL} (1 - Lx/Lc)$ .....	51
รูป 4-9	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ $m_{FL}$ กับ $Lc/L$ กรณีคลองปลายตัน.....	52
รูป 4-10	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ $m_{FL}$ กับ $H/L$ กรณีคลองปลายตัน.....	52
รูป 4-11	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย (น้ำลง) กับตำแหน่งทุ่น กรณีคลองปลายตัน จากสมการ $\bar{V}_L / C = 660(H/L)^{0.99} (1 - Lx/Lc)^{0.94}$ .....	53
รูป 4-12	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{V}_L / c$ (ข้อมูล) กับ $\bar{V}_L / c$ (สมการ) กรณีคลองปลายตัน.....	54
รูป 4-13	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย (น้ำขึ้น) กับตำแหน่งทุ่น กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อทะเล จากสมการ $\bar{V}_H / C = m_{FH} (1 - Lx/Lc)$ .....	56
รูป 4-14	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ $m_{FH}$ กับ $Lc/L$ กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อทะเล.....	58
รูป 4-15	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ $m_{FH}$ กับ $H/L$ กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อทะเล.....	58
รูป 4-16	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย (น้ำขึ้น) กับตำแหน่งทุ่น กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อทะเล จากสมการ $\bar{V}_H / C = 74(H/L)^{0.76} (0.5 - Lx/Lc)^{1.14}$ .....	60
รูป 4-17	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{V}_H / c$ (จากการทดลอง) กับ $\bar{V}_H / c$ (สมการ) กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อทะเล.....	61
รูป 4-18	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย (น้ำลง) กับตำแหน่งทุ่น กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อทะเล จากสมการ $\bar{V}_L / C = m_{FL} (0.5 - Lx/Lc)$ .....	62

## สารบัญรูป

ร

หน้า

รูป 4-19	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ $m_{FL}$ กับ $L_c/L$ กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกัน ทะเล.....	63
รูป 4-20	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ $m_{FL}$ กับ $H/L$ กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกัน ทะเล.....	63
รูป 4-21	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย (น้ำลง) กับตำแหน่งทุ่น กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกันทะเล จากสมการ $\bar{V}_{FL}/C = 121(H/L)^{0.84} (0.5 - L_x/L_c)^{0.95}$ .....	65
รูป 4-22	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{V}_{FL}/C$ (จากการทดลอง) กับ $\bar{V}_{FL}/C$ (สมการ) กรณีปลาย คลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกันทะเล.....	66
รูป 4-23	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนคลื่นขยายตัว $H_r$ กับ $L_c/L$ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของ คลอง กรณีคลองปลายตัน.....	67
รูป 4-24	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนคลื่นขยายตัว $H_r$ กับ $H/L$ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของ คลอง กรณีคลองปลายตัน.....	69
รูป 4-25	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนคลื่นขยายตัว $H_r$ กับ $L_c/L$ ที่ตำแหน่งต่างๆ ของ คลอง กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกันทะเล.....	70
รูป 4-26	ความสัมพันธ์ระยะถ่ายเทสูงสุดจากปากคลอง $X/L$ กับความยาวคลอง $L_c/L$ กรณีคลองปลายตัน.....	71
รูป 4-27	ความสัมพันธ์ระยะถ่ายเทสูงสุดจากปากคลอง $X/L$ กับความยาวคลอง $L_c/L$ กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกันทะเล.....	71
รูป 4-28	ความสัมพันธ์ระยะถ่ายเทสูงสุดจากปากคลอง $X/L$ กับขนาดคลื่น $H/L$ กรณีคลองปลายตัน.....	72
รูป 4-29	ความสัมพันธ์ระยะถ่ายเทสูงสุดจากปากคลอง $X/L$ กับขนาดคลื่น $H/L$ กรณีปลายคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกันทะเล.....	72
รูป 5-1	ลักษณะกายภาพคลองหัวโทร.....	75
รูป 5-2	ตัวอย่างความเร็วทุ่น 1 ม. ณ ตำแหน่งต่างๆ กรณีเปิด-ปิดประตูน้ำตามจังหวะ น้ำขึ้นน้ำลง ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถึงแทนที่น้ำ 2 ถึง) คาบคลื่น 498 วินาที.....	78

รูป 5-3	ตัวอย่างความเร็วทุ่น 7 ม. ณ ตำแหน่งต่างๆ กรณีเปิด-ปิดประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น 498 วินาที.....	79
รูป 5-4	ตัวอย่างความเร็วทุ่น 13 ม. ณ ตำแหน่งต่างๆ กรณีเปิด-ปิดประตูน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น 498 วินาที.....	80
รูป 5-5	เปรียบเทียบความเร็วทุ่น 1 ม. 7 ม. และ 13 ม. ณ ตำแหน่งต่างๆ กรณีเปิด-ปิดประตูตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น 498 วินาที.....	81
รูป 5-6	ความสัมพันธ์ความเร็วทุ่นสูงสุด (ช่วงน้ำขึ้น) กับตำแหน่งทุ่น $V_{fmH} / C = ae^{b(Lx/Lc)}$ .....	83
รูป 5-7	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ a กับ $Lc/L$ ในช่วงน้ำขึ้น.....	85
รูป 5-8	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ a กับ $H/L$ ในช่วงน้ำขึ้น.....	85
รูป 5-9	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ b กับ $Lc/L$ ในช่วงน้ำขึ้น.....	86
รูป 5-10	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ b กับ $H/L$ ในช่วงน้ำขึ้น.....	86
รูป 5-11	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นสูงสุด (ช่วงน้ำขึ้น) กับตำแหน่งทุ่น $V_{fmH} / C = 3.5 \times 10^3 (H/L)^{1.10} e^{-2.95(Lx/Lc)}$ .....	88
รูป 5-12	ความสัมพันธ์ระหว่าง $V_{fmH} / C$ (จากการทดลอง) กับ $V_{fmH} / C$ (สมการ) ในช่วงน้ำขึ้น.....	89
รูป 5-13	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นสูงสุด (ช่วงน้ำลง) กับตำแหน่งทุ่น $V_{fmH} / C = ae^{b(Lx/Lc)}$ .....	90
รูป 5-14	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ a กับ $Lc/L$ ในช่วงน้ำลง.....	91
รูป 5-15	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ a กับ $H/L$ ในช่วงน้ำลง.....	91
รูป 5-16	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ b กับ $Lc/L$ ในช่วงน้ำลง.....	92
รูป 5-17	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ b กับ $H/L$ ในช่วงน้ำลง.....	92
รูป 5-18	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นสูงสุด (ช่วงน้ำลง) กับตำแหน่งทุ่น จาก $V_{fmL} / C = 340(H/L)^{1.12} e^{2.27(Lx/Lc)}$ .....	94

## สารบัญรูป

ตม

หน้า

รูป 5-19	ความสัมพันธ์ระหว่าง $V_{fmL} / C$ (จากการทดลอง) กับ $V_{fmL} / C$ (สมการ) ในช่วงน้ำลง.....	95
รูป 5-20	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้เดินทางต่อคาบคลื่นกับความยาวคลื่น.....	97
รูป 5-21	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้เดินทางต่อคาบคลื่นกับความชันคลื่น.....	97
รูป 5-22	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้เดินทางต่อคาบคลื่นกับความยาวคลื่น และความชันคลื่นจากสมการ $tr/T = 6.6 \times 10^{-4} (H/L)^{-1.15} (Lc/L)$ .....	97
รูป 5-23	ความสัมพันธ์ระหว่าง $tr/T$ (จากการทดลอง) กับ $tr/T$ (สมการ).....	98
รูป 5-24	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วหุ่นเฉลี่ย(จังหวะน้ำขึ้น-น้ำลง)ต่อความเร็วคลื่นกับความชันคลื่น.....	100
รูป 5-25	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วหุ่นเฉลี่ย(current meter)ต่อความเร็วคลื่นกับความชันคลื่น.....	100
รูป 5-26	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วหุ่นเฉลี่ย(คำนวณจากเวลาการเคลื่อนที่)ต่อความเร็วคลื่นกับความชันคลื่น.....	100
รูป 5-27	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วหุ่นเฉลี่ยต่อความเร็วคลื่นกับความยาวคลื่น.....	100
รูป 5-28	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วหุ่นเฉลี่ยต่อความเร็วคลื่นกับความยาวคลื่น และความชันคลื่นจากสมการ $\bar{V}_f / C = 1.50 \times 10^3 (H/L)^{1.14}$ .....	101
รูป 5-29	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วหุ่นเฉลี่ยต่อความเร็วคลื่นกับความชันคลื่น H/L ต่ำๆ.....	101
รูป 5-30	การกระจายความเร็วในทางน้ำสี่เหลี่ยม.....	103
รูป 5-31	ตัวอย่างแนวทางการชะล้างคลองที่วางตัวขนานกับแนวชายฝั่ง.....	106

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สัญลักษณ์ที่ใช้ในการศึกษา

A	พื้นที่หน้าตัดทางน้ำ
C	ความเร็วคลื่นน้ำขึ้นน้ำลง
$C_t$	สัมประสิทธิ์ปรับแก้ความเร็ว
d	ความลึกเฉลี่ย
H	ความสูงคลื่น
Hr	อัตราส่วนคลื่นขยายตัว
L	ความยาวคลื่น
Lc	ความยาวคลอง
Lx	ตำแหน่งหุ่นบนทางน้ำ
$\bar{Q}_s$	อัตราการชะล้างเฉลี่ย
T	คาบคลื่น
tr	เวลาเดินทางของอนุภาคน้ำจากประตูระบายน้ำต้นทาง ถึงประตูระบายน้ำปลายทาง
$\bar{V}$	ความเร็วหุ่นเฉลี่ยตลอดทางน้ำ (จังหวะน้ำขึ้น-น้ำลง)
$\bar{V}_c$	ความเร็วเฉลี่ย (current meter)
$\bar{V}_f$	ความเร็วหุ่นเฉลี่ยตลอดทางน้ำ (Lc/tr)
$\bar{V}_{fH}$	ความเร็วหุ่นเฉลี่ยในช่วงน้ำขึ้น
$\bar{V}_{fL}$	ความเร็วหุ่นเฉลี่ยในช่วงน้ำลง
$V_{fmH}$	ความเร็วหุ่นสูงสุดช่วงน้ำขึ้น
$V_{fmL}$	ความเร็วหุ่นสูงสุดช่วงน้ำลง
$\bar{V}_s$	ความเร็วเฉลี่ยหน้าตัดทางน้ำ
X	ระยะถ่ายเทสูงสุด