อิทธิพลของคลื่น และกระแสน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ บริเวณปากแม่น้ำโกลก เมื่อศึกษาโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์

นาย พรสิทธิ์ สิทธิวันชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974 - 637 - 958 - 5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17865335

INFLUENCES OF WAVE AND CURRENT ON THE CHANGES OF SEA BED AT GOLOK RIVER MOUTH AS STUDIED BY A MATHEMATICAL MODEL

Mr. Pornsit Sittivonchai

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

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974 - 637 - 958 - 5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของคลื่น และกระแสน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำโกลก เมื่อศึกษาโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์
โดย	นาย พรสิทธิ์ สิทธิวันชัย
ภาควิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา (ร่วม)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ วีสกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

..... กรรมการและ อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

..... กรรมการและ อาจารย์ที่ปรึกษา(ร่วม)
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ วีสกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เสรี จันทรโยธา)

พรสิทธิ์ สิทธิวันชัย : อิทธิพลของคลื่น และกระแสน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำโกลก เมื่อศึกษาโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์
(INFLUENCES OF WAVE AND CURRENT ON THE CHANGES OF SEA BED AT GOLOK RIVER MOUTH AS STUDIED BY A MATHEMATICAL MODEL)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร.สุทัศน์ วีสกุล,
307 หน้า. ISBN 974 - 637 - 958 - 5

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำ ต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำโกลกเมื่อศึกษาโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ การศึกษาครอบคลุมการทบทวนทฤษฎีคลื่นและกระแสน้ำและข้อมูลจากแบบจำลองชลศาสตร์ปากแม่น้ำโกลก ณ กรมชลประทานปากเกร็ด ปี พ.ศ. 2532 เพื่อการเปรียบเทียบ

ในการศึกษาครอบคลุมการจำลองสภาพการตกตะกอนในบริเวณแบบจำลองชลศาสตร์ปากแม่น้ำโกลก ขนาด 22 x 22 ตารางเมตร โดยทำการคำนวณสภาพการไหล การเปลี่ยนแปลงของขนาดคลื่น การฟุ้งกระจายและตกตะกอนในสภาพแบบคงที่ (steady state) และพิจารณาเฉพาะแหล่งตกตะกอนจากการกัดเซาะจากคลื่นเท่านั้น

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้ามาแตกตัวที่ชายฝั่ง ความสูงคลื่นแตกตัว จะขึ้นอยู่กับความชันคลื่นน้ำลึก ความลาดชายฝั่งและชนิดของการแตกตัว คลื่นที่พัดเข้าสู่ชายฝั่งลาดชันน้อยจะเกิดการแตกตัวเร็วกว่าค่าความลึกตามทฤษฎีคลื่นน้ำลึก คลื่นภายในชายฝั่งจะมีความสูงคลื่นลดลง เมื่อพัดเข้าสู่ปากแม่น้ำและขึ้นอยู่กับความลาดชายฝั่งและความชันคลื่น ขนาดกระแสน้ำจากปากแม่น้ำได้รับอิทธิพลจากอัตราการไหลและคลื่นบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำโกลกจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เป็นผลมาจากคลื่นโดยตรง โดยคลื่นจะกัดเซาะบริเวณท้องทะเลในช่วงคลื่นแตกตัวขึ้นมาทับถมบริเวณชายฝั่ง และกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำจะพยายามหามาทางออกสู่ทะเลทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณปากแม่น้ำ และเกิดการทับถมของตะกอนบริเวณสันดอนมากขึ้น การกัดเซาะและทับถมดังกล่าวจะมีมากขึ้นเมื่อปริมาณการไหลมากขึ้น

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2540	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C715241 : MAJOR Water Resource Engineering
KEY WORD:
WAVE AND CURRENT / GOLOK / MATHEMATICAL MODEL

INFLUENCES OF WAVE AND CURRENT ON THE CHANGES OF SEA BED AT GOLOK RIVER MOUTH AS STUDIED BY A MATHEMATICAL MODEL : THESIS ADVISOR : ASST. PROF. DR. SUCHART KOONTHANAKULVONG, THESIS CO-ADVISOR : ASST.PROF.SUTAT WEESAKUL,D.Eng , 307 pp

ISBN 974 - 637 - 958 - 5

This study aims to define influences of wave and current on the changes of sea bed at Golok River Mouth as studied by a mathematical model. The study covered the review of wave and current theory and data from Golok River Mouth hydraulic model at Pakkred Lab Royal Irrigation Department on 1989 for comparision

The study covered the sedimentation simulation in the area of the Golok River Mouth hydraulic model of 22 x 22 square meters and the calculations included flow , wave transformation , sedimentation in the steady state and considered only the sediments transported by wave.

The results indicated that breaking wave height can be determined by wave steepness, sea bed slope and breaking type while breaking wave in the sea with mild slope breaks at the deeper water than the theoretical value by deep water wave theory. The wave inside surf zone attenuates in the direction towards the river mouth and the wave height depends on the bed slope and wave steepness. Velocity magnitude from river mouth is influenced by river discharge and wave steepness. The changes of sea bed at Golok River Mouth is affected directly by wave. Wave in the surf zone erodes the sea bed in the breaking zone and move the sediment to deposit in the beach zone. The river flow try to find the route out to the sea ,then ,erode sea bed near river mouth and make sediment deposition in the bar. This erosion and deposition phenomena become more with the increase of river discharge.

ภาควิชา Water Resource Engineering	ลายมือชื่อนิสิต Pornsit Sittivanchai
สาขาวิชา Water Resource Engineering	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Suchart K.
ปีการศึกษา 1997	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Sutat Weesakul

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยพันธุ์ รักวิจัย , อาจารย์ เสรี จันทรโยธา และอาจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี ที่ได้ให้คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้ แนวความคิดต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งบรรดาคณาจารย์วิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ และอบรมสั่งสอนข้าพเจ้าตลอดมา

ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทัศน์ วีสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ที่ท่านเป็นผู้แนะนำให้ความรู้ คำปรึกษา ความช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดจนคอยดูแลการทำวิจัยของข้าพเจ้าอย่างใกล้ชิด จนสำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

นอกจากนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณ อาจารย์เลอศักดิ์ ริ้วตระกูลไพบูลย์ ผู้อำนวยการวิทยาลัยการชลประทาน , นายไพศาล พงศ์นรภัทร หัวหน้างานบริการการศึกษา วิทยาลัยการชลประทาน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ เครื่องคอมพิวเตอร์ และคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ รวมทั้งโครงการวิจัยร่วม ไทย-ญี่ปุ่น เรื่องกลไกการตกตะกอนปากแม่น้ำ และ Dr. Ichiro Deguchi รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยโอซาก้า ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะนำการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการศึกษานี้

อนึ่งข้าพเจ้าได้รับความอนุเคราะห์เรื่องข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำการวิจัยครั้งนี้จากกรมเจ้าท่า กองวิจัยและทดลองกรมชลประทาน และทุนที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย และขอขอบคุณบรรดาเพื่อนรวมรุ่นทั้งรุ่นพี่และรุ่นน้องในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านการเรียนตลอดจนคำปรึกษาต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณ ว่าที่ ร.ต.(หญิง)พรศรี สูญสิ้นภัย ที่ช่วยจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จบริบูรณ์

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ ๆ ทุกคนที่ได้สนับสนุนให้ได้รับการศึกษามาตลอด รวมทั้งบุคคลอื่นที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ในที่นี้ ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือจนกระทั่งข้าพเจ้าสามารถสำเร็จการศึกษาถึงขั้นนี้

พรสิทธิ์ สิทธิวันชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ฐ
สารบัญรูป.....ฒ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.3 ขอบข่ายการศึกษา.....2
1.4 แนวทางการศึกษาวิจัย.....4
1.5 การศึกษาที่ผ่านมา.....8
1.5.1 การศึกษาในต่างประเทศ.....8
1.5.2 การศึกษาในประเทศ.....10

บทที่ 2 แบบจำลองชลศาสตร์ที่ใช้ตรวจสอบ.....13
2.1 แบบจำลองทางชลศาสตร์.....13
2.2 มาตราส่วนการทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์.....22
2.3 เงื่อนไขของการทดลอง.....22
2.4 ตำแหน่งที่ใช้วัดผลของการทดลอง.....25
2.5 การรวบรวมข้อมูลการทดลอง.....30

บทที่ 3 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา.....38
3.1 สมการพื้นฐานของการไหล.....38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ก. สมมติฐาน....38
ข. สมการการไหลต่อเนื่อง (Continuity Equation)....39
3.2 การเกิดคลื่นและชนิดคลื่น....41
3.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับคลื่น....45
3.4 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของคลื่น....46
3.4.1 การหักเหของคลื่น (Wave Refraction)....46
3.4.2 การแตกตัวของคลื่น (Wave Breaking)....51
3.4.3 การเปลี่ยนแปลงของคลื่นภายหลังการแตกตัว....57
3.5 ทฤษฎีการเคลื่อนตัวของตะกอนท้องน้ำ....61
3.5.1 การเคลื่อนตัวของตะกอนเนื่องจากคลื่นและกระแสน้ำ....61
3.5.2 การเคลื่อนตัวของตะกอนอันเนื่องจากกระแสน้ำ....63
3.6 ทฤษฎีการฟุ้งกระจายของตะกอน....64
3.7 ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ....64

บทที่ 4 แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา....65
4.1 แบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ (ESTUARY MODEL)....65
4.1.1 หลักการและโครงสร้าง....65
4.1.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในพื้นที่ศึกษา....67
4.2 แบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ (LSB MODEL)....77
4.2.1 หลักการและโครงสร้าง....77
4.2.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองในพื้นที่ศึกษา....77
4.3 การกำหนดขอบเขตเปิดและขอบเขตปิด (Open and closed boundaries)....83

บทที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์....86
5.1 การคำนวณค่าดัชนีการแตกตัว (Breaking index)....86
5.2 การกำหนดค่า BR....87

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3 การกำหนดความเร็วกระแสน้ำปากแม่น้ำ....88
5.4 การตรวจสอบ....88

บทที่ 6 ผลการวิเคราะห์....95
6.1 ผลการวิเคราะห์ระดับน้ำ....96
6.1.1 พื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B)....100
6.1.2 พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)....100
6.2 ผลการวิเคราะห์ความเร็วกระแสน้ำ....102
6.2.1 พื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B)....111
6.2.2 พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)....111
6.3 ผลการวิเคราะห์ความสูงคลื่น....115
6.3.1 พื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B)....115
6.3.2 พื้นที่ที่มีอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ....115
6.4 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ....126
6.4.1 พื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B)....127
6.4.2 พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)....128
6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ
ความสูงคลื่นต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ....144
6.6 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนปริมาณการกัดเซาะและการทับถม....149

บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ....152
7.1 บทสรุป....152
7.2 ข้อเสนอแนะ....155
รายการอ้างอิง....157

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์.....161
ภาคผนวก ข. รายละเอียดเพิ่มเติมของทฤษฎีวิเคราะห์กระแสน้ำและคลื่น.....165
ภาคผนวก ค. รายละเอียดข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์ พ.ศ.2532...168
ภาคผนวก ง. รายละเอียดการคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดบริเวณปากแม่น้ำ.....206
ภาคผนวก จ. รายละเอียดการปรับเทียบพารามิเตอร์ของแบบจำลองคณิตศาสตร์.....212
ภาคผนวก ฉ ผลการคำนวณ ระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ ความสูงคลื่นและ.....239
การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำ ที่คำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์
ประวัติผู้ศึกษา.....307

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1-1 พารามิเตอร์สำคัญสำหรับแบบจำลองคลื่นและกระแสน้ำ....6
1-2 พารามิเตอร์สำคัญสำหรับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ....6
2-1 มาตราส่วนแบบจำลองชลศาสตร์....22
2-2 คุณสมบัติคลื่นที่ใช้ในการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์....24
2-3 แสดงเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์....24
2-4 ระดับน้ำตามระยะทางอ้างอิงจากปากแม่น้ำที่กรณีมีและไม่มีคลื่นและไม่มีกระแสน้ำจากแม่น้ำ....31
3-1 การแตกตัวของคลื่น แบบ Irregular Wave....51
3-2 ทฤษฎีการแตกตัวของคลื่น....53
4-1 เงื่อนไขเริ่มต้นกรณีคาบคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที....70
4-2 เงื่อนไขเริ่มต้นกรณีคาบคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที....70
4-3 เงื่อนไขเริ่มต้นกรณีกำหนดระดับน้ำเริ่มต้น +2.00 ซม.คาบคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที....70
4-4 เงื่อนไขเริ่มต้นกรณีกำหนดระดับน้ำเริ่มต้น +2.00 ซม.คาบคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที....70
4-5 ตัวอย่างพารามิเตอร์ที่ใช้กับแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ....74
4-6 ตัวอย่างพารามิเตอร์ที่ใช้ป้อนในแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ....82
5-1 เปรียบเทียบคลื่นในเขต surf zone โดยเทียบผลจากการคำนวณของ Kuo แบบจำลองชลศาสตร์ และแบบจำลองคณิตศาสตร์....93
6-1 สรุปกรณีการวิเคราะห์กรณีมีและไม่มีอิทธิพลของกระแสน้ำ....95
6-2 พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของกระแสน้ำ เมื่อระดับน้ำ +2.00 ซม. (ตร.ซม.)....101
6-3 พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของความเร็วกระแสน้ำ....114
6-4 เปรียบเทียบความลาดชันคลื่นกับขนาดคลื่นหลังการแตกตัว....125
6-5 ระยะและขนาดความสูงคลื่นแตกตัว....125
6-6 ปริมาณการทับถมตะกอนทราย (ซม./0.5 ตร.ม.)....137
6-7 ปริมาณการกัดเซาะตะกอนทราย (ซม./0.5 ตร.ม.)....137
6-8 อัตราส่วนปริมาณการกัดเซาะต่อปริมาณการทับถม....151

สารบัญรูป

รูป หน้า

1-1 ลักษณะแบบจำลองชลศาสตร์ที่ใช้....3
1-2 แผนผังแนวทางการศึกษาวิจัย....7
2-1 การกระจายขนาดของเม็ดทรายที่ใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์....15
2-2 เครื่องสร้างคลื่น....16
2-3 ความสัมพันธ์ความสูงคลื่นกับช่วงชัก (stroke) ที่ระดับ +2.00 ม....17
2-4 ความสัมพันธ์ความสูงคลื่นกับช่วงชัก (stroke) ที่ระดับ +4.00 ม....18
2-5 เครื่องบันทึกคลื่น....19
2-6 เครื่องวัดคลื่น....19
2-7 ตัวอย่างความสูงคลื่นจากเครื่องบันทึกคลื่น....20
2-8 เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ....21
2-9 เครื่องจ่ายน้ำแบบฝายน้ำล้นตัววี (V-notch-weir)....21
2-10 ระยะทางอ้างอิงจากปากแม่น้ำและจากตำแหน่งคลื่นแตกตัว....26
2-11 ตำแหน่งตัวแทนของพื้นที่ศึกษาเพื่อวัดค่าความสูงคลื่น....27
2-12 ระยะทางอ้างอิงจากชายฝั่งปากแม่น้ำ....28
2-13 พื้นที่ตัวแทนของพื้นที่ศึกษาเพื่อวัดค่าการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ....29
2-14 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่นที่....32
คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที และไม่มีกระแสการไหลจากแม่น้ำ
2-15 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่นที่....33
คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที และมีกระแสการไหลจากแม่น้ำ 0.005 ลบ.ม./วินาที
2-16 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่นที่....34
คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที และมีกระแสการไหลจากแม่น้ำ 0.01 ลบ.ม./วินาที
2-17 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่นที่....35
คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที และไม่มีกระแสการไหลจากแม่น้ำ
2-18 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่นที่....36
คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที และมีกระแสการไหลจากแม่น้ำ 0.005 ลบ.ม./วินาที

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

2-19 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่นที่.....37
คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที และมีกระแสการไหลจากแม่น้ำ 0.01 ลบ.ม./วินาที
3-1 องค์ประกอบต่าง ๆ บริเวณปากแม่น้ำ.....42
3-2 รูปร่างของคลื่นและตัวแปรพื้นฐาน.....42
3-3 ทฤษฎีของคลื่นและช่วงความเหมาะสมต่อการนำไปใช้.....43
3-4 เงื่อนไขการกำหนดทิศทางของคลื่น.....48
3-5 ลักษณะการแตกตัวของคลื่นแบบต่าง ๆ.....54
3-6 การจำแนกการแตกตัวของคลื่นแบบต่าง ๆ.....55
3-7 ความสูงคลื่นแตกตัว.....55
3-8 ความลึกน้ำที่คลื่นแตกตัว.....56
3-9 สัมประสิทธิ์การตื้นเขินของคลื่น.....56
3-10 การเปลี่ยนแปลงความสูงคลื่นหลังจากการแตกตัวของคลื่น.....59
3-11 การเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดคลื่นจากการทดลองกับการคำนวณตามทฤษฎี....59
4-1 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์.....66
4-2 ตำแหน่งโนด (node) ของพื้นที่ศึกษา.....68
4-3 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองคำนวณคลื่นและกระแสน้ำ (ESTUARY MODEL)..75
4-4 ขั้นตอนการคำนวณแบบจำลองคำนวณการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ.....81
4-5 การกระจาย Space - Staggered สำหรับสูตรในสมการ Finite Difference.....84
4-6 การคำนวณกริดในบริเวณขอบเขตปากแม่น้ำ.....85
5-1 ความสูงคลื่นเฉลี่ยตามแนวแกน X จากการวัดและการคำนวณ.....90
กรณีค่า BR = 1 ค่าดัชนีการแตกตัวเท่ากับ 0.42 (Q=0.005 cms./T=0.9s.)
5-2 ความสูงคลื่นเฉลี่ยตามแนวแกน X จากการวัดและการคำนวณ.....90
กรณีค่า BR = 3 ค่าดัชนีการแตกตัวเท่ากับ 0.42 (Q=0.005 cms./T=0.9s.)
5-3 ความสูงคลื่นเฉลี่ยตามแนวแกน X จากการวัดและการคำนวณ.....91
กรณีค่า BR = 15 ค่าดัชนีการแตกตัวเท่ากับ 0.42 (Q=0.005 cms./T=0.9s.)
5-4 ความสูงคลื่นเฉลี่ยตามแนวแกน X จากการวัดและการคำนวณ.....91
กรณีค่า BR = 3 ค่าดัชนีการแตกตัวเท่ากับ 0.42 (Q=0.005 cms./T=1.10s.)

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

5-5 เปรียบเทียบความสูงคลื่นที่วัดได้จากการวัดและการคำนวณ (T=0.9s.).....92
5-6 เปรียบเทียบความสูงคลื่นที่วัดได้จากการวัดและการคำนวณ (T=1.10s.).....92
5-7 เปรียบเทียบความสูงคลื่นจากทฤษฎี แบบจำลองชลศาสตร์และแบบจำลอง.....94
กรณีไม่มีน้ำแม่น้ำ คาบคลื่น 0.90 วินาที
5-8 เปรียบเทียบความสูงคลื่นจากทฤษฎี แบบจำลองชลศาสตร์และแบบจำลอง.....94
กรณีไม่มีน้ำแม่น้ำ คาบคลื่น 1.10 วินาที
6-1 เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำหลังการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....97
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-2 เส้นชั้นความสูงของระดับน้ำหลังการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....98
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-3 ระดับน้ำเฉลี่ยตามแนวแกน X.....99
6-4 เส้นชั้นความสูงของขนาดความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วย.....103
แบบจำลองคณิตศาสตร์ เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-5 เส้นชั้นความสูงของขนาดความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วย.....104
แบบจำลองคณิตศาสตร์ เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-6 เส้นชั้นความสูงของขนาดความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วย.....105
แบบจำลองคณิตศาสตร์ เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-7 เส้นชั้นความสูงของขนาดความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วย.....106
แบบจำลองคณิตศาสตร์ เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-8 ทิศทางของความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....107
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-9 ทิศทางของความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....108
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-10 ทิศทางของความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....109
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

6-11 ทิศทางของความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....110
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-12 ขนาดความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....112
เฉลี่ยตามแนวแกน X เมื่อระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-13 ขนาดความเร็วกระแสน้ำหลังการคำนวณด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์.....113
เฉลี่ยตามแนวแกน X เมื่อระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-14 เส้นชั้นความสูงของความสูงคลื่นคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....117
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-15 เส้นชั้นความสูงของความสูงคลื่นคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....118
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-16 เส้นชั้นความสูงของความสูงคลื่นคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....119
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-17 เส้นชั้นความสูงของความสูงคลื่นคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....120
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-18 ขนาดความสูงคลื่นเฉลี่ยคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....121
เฉลี่ยตามแนวแกน X เมื่อระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-19 ขนาดความสูงคลื่นเฉลี่ยคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....122
เฉลี่ยตามแนวแกน X เมื่อระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-20 ขนาดความสูงคลื่นเฉลี่ยคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....123
เฉลี่ยตามแนวแกน X ของพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ
6-21 ขนาดความสูงคลื่นเฉลี่ยคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....124
เฉลี่ยตามแนวแกน X ของพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้
6-22 เส้นชั้นความสูงของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....129
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-23 เส้นชั้นความสูงของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....130
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

6-24 เส้นชั้นความสูงของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....131
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-25 เส้นชั้นความสูงของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....132
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-26 เส้นชั้นความสูงของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....133
ในส่วนของพื้นที่ตัวแทนที่ใช้ในการวิเคราะห์ (รูป 2-13)
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-27 เส้นชั้นความสูงของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....134
ในส่วนของพื้นที่ตัวแทนที่ใช้ในการวิเคราะห์ (รูป 2-13)
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-28 เส้นชั้นความสูงของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....135
ในส่วนของพื้นที่ตัวแทนที่ใช้ในการวิเคราะห์ (รูป 2-13)
เมื่อคาบคลื่น 0.90 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-29 เส้นชั้นความสูงของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำคำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....136
ในส่วนของพื้นที่ตัวแทนที่ใช้ในการวิเคราะห์ (รูป 2-13)
เมื่อคาบคลื่น 1.10 วินาที ระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-30 ขนาดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยตามแนวแกน X.....138
คำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ระหว่างพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)
และพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B) เมื่อระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-31 ขนาดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยตามแนวแกน X.....139
คำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ระหว่างพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)
และพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B) เมื่อระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-32 ขนาดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยตามแนวแกน X.....140
คำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ของพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B)
ระหว่างคาบคลื่น 0.90 วินาที กับ 1.10 วินาที

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

6-33 ขนาดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยตามแนวแกน X.....141
คำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ของพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B)
ระหว่างการวัด (LAB) กับ การคำนวณ (MODEL)
6-34 ขนาดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยตามแนวแกน X.....142
คำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ของพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)
ระหว่างคาบคลื่น 0.90 วินาที กับ 1.10 วินาที
6-35 ขนาดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยตามแนวแกน X.....143
คำนวณจากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ของพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)
ระหว่างการวัด (LAB) กับ การคำนวณ (MODEL)
6-36 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ ความสูงคลื่น.....145
ต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยของพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B)
เมื่อระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-37 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ ความสูงคลื่น.....146
ต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยของพื้นที่ที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (B)
เมื่อระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-38 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ ความสูงคลื่น.....147
ต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยของพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)
เมื่อระดับน้ำ +2.00 ซม.
6-39 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ ความสูงคลื่น.....148
ต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเฉลี่ยของพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำแม่น้ำ (R)
เมื่อระดับน้ำ +4.00 ซม.
6-40 อัตราส่วนปริมาณการกัดเซาะต่อปริมาณการทับถม.....151
7-1 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำโดยมีคลื่นและกระแสน้ำ.....154