# การจำลองการไหลในน้ำตื้นที่มีพจน์แหล่งต้นทาง

นายศศิเกษม สัทธรรมสกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคณนา ภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549

ISBN 974-14-2966-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# SIMULATION OF SHALLOW WATER FLOW WITH SOURCE TERMS

Mr. Sasikasem Satthamsakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Computational Science

Department of Mathematics

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

ISBN 974-14-2966-5

Copyright of Chulalongkorn University

490121

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การจำลองการไหลในน้ำตื้นที่มีพจน์แหล่งต้นทาง |
| โดย | นายศศิเกษม สัทธรรมสกุล |
| สาขาวิชา | วิทยาการคณนา |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร. จักษ์ อัศวานันท์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | รองศาสตราจารย์ สุชาดา ศิริพันธุ์ |

---

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรชัย สาตรวาหา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. จักษ์ อัศวานันท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ สุชาดา ศิริพันธุ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิมลรัตน์ งามอร่ามวรางกูร)

---

## 4672421023 : MAJOR Computational Science

KEY WORD: SHALLOW WATER EQUATION/ FINITE VOLUME/ SOURCE TERM/ DAM-BREAK PROBLEM

SASIKASEM SATTHAMSAKUL : SIMULATION OF SHALLOW WATER FLOW WITH SOURCE TERMS. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. JACK ASAVANANT, Ph.D. , THESIS COADVISER : ASSOC.PROF. SUCHADA SIRIPANT, 67 pp. ISBN 974-14-2966-5.

When the horizontal scale of fluid flow is large comparing to vertical scale, the flow can generally be approximated as shallow water problem governed by the so-called shallow water equations (SWE). SWE has been widely used to model various problems such as flood wave, dam-break problem, open-channel flows and many others.

The topic of dam-break problem has increasingly attracted attention of mathematicians , engineers and physicists in the fields of environmental protection, flood plain analysis and water resource management. A theoretical model of these problems represents not only the real dam break situation but also a sudden change of water level caused by flash flood or heavy rainfall in a small time period. Among various well established numerical methods for finding its solution, finite volume approach appear to have more popularity in the research community. This is due to its applicability to handle the hyperbolicity nature of homogenous SWE which admits discontinuities in the system solutions. However, when the source term, e.g., bed slope and bottom friction is included in the SWE there is still a question of how to appropriately incorporate this term in the numerical treatment.

In an attempt to explore difficulties present in the existing numerical models, a two-dimensional finite volume method for SWE with source term is proposed to solve conservation system of dam-break problem based on the upwind Godunov 's method.

Department : Mathematics Student's Signature : .....

Field of Study : Computational Science Advisor's Signature : .....

Academic Year : 2006 Co-advisor's Signature : .....

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ก็ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลที่ข้าพเจ้าเคารพรักหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. จักษ์ อัศวานันท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมถึงเป็นที่ปรึกษาในทุก ๆ ด้าน และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ รศ. สุชาดา ศิริพันธุ์ ที่ได้ร่วมให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงเครื่องมือในการใช้งานจนได้ข้อมูลเพียงพอ

ขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน อันได้แก่ ผศ.ดร.พรชัย สาตรวาหา, รศ.ดร. จักษ์ อัศวานันท์, รศ. สุชาดา ศิริพันธุ์ และ ผศ.ดร. วิมลรัตน์ งามอร่ามวรางกูร ที่ได้กรุณาสละเวลาอ่านและแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ทั้งจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้จนข้าพเจ้ามีความรู้เพียงพอสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบุคคลในครอบครัว สัทธรรมสกุล ทุกท่านที่คอยเป็นแรงใจและให้กำลังใจอยู่ตลอดเวลา และขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ทั้งที่อยู่เบื้องหน้าและเบื้องหลังทุกท่าน ที่ได้ร่วมเป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จในครั้งนี้

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... ง

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

**1.บทนำ**..... **1**

**2.สมการน้ำตื้น**..... **4**

2.1 กฎทรงมวล..... 6

2.2 กฎทรงโมเมนตัม..... 6

**3.วิธีคำนวณเชิงตัวเลข**..... **10**

3.1 วิธีปริมาตรจำกัด..... 10

3.2 ปัญหาของรีมันน์..... 13

3.3 วิธีของกอดดูนอฟ..... 13

3.4 การประมาณค่าของปัญหารีมันน์..... 14

3.5 เงื่อนไขการมีเสถียรภาพของคำตอบ..... 15

3.6 ค่าความถูกต้องอันดับสูง..... 15

3.7 พจน์แหล่งต้นทาง..... 17

3.8 เงื่อนไขค่าขอบ..... 18

3.9 ขั้นตอนการคำนวณเชิงตัวเลขด้วยวิธีปริมาตรจำกัด..... 21

**4.แบบจำลองและผลการทดลอง**..... **24**

4.1 ปัญหาเขื่อนแตกกรณี พื้นฝั่งท้ายน้ำแห้ง..... 24

4.2 ปัญหาเขื่อนแตกกรณี พื้นฝั่งท้ายน้ำเปียก..... 27

4.3 ปัญหาเขื่อนแตกกรณี พื้นฝั่งท้ายน้ำมีความชันและแรงเสียดทาน..... 30

4.4 ปัญหาเขื่อนแตกกรณี ที่มีวัตถุกีดขวาง..... 33

4.5 ผลการทดลองเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง..... 36

4.6 ผลการทดลองเมื่อ มีสิ่งกีดขวาง..... 41

**5.สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และ ข้อเสนอแนะ**..... **50**

รายการอ้างอิง..... 55

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 58

# สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

4.1 แสดงพิกัดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดระดับความสูงของน้ำ สำหรับกรณีผลการทดลองเมื่อไม่มีสิ่งกีดขวาง..... 38

4.2 แสดงค่าความผิดพลาดแบบรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ระหว่างวิธีของ HLLC และวิธีของ TVD..... 41

4.3 แสดงพิกัดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดระดับความสูงของน้ำ สำหรับกรณีผลการทดลองที่มีสิ่งกีดขวาง..... 43

4.4 แสดงค่าความผิดพลาดแบบรากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง โดยเปรียบเทียบวิธีของ HLLC, AUR และ CAP..... 49

5.1 แสดงค่าความผิดพลาดระหว่างความต่างของขนาดกริดเซลล์แบบรากที่สอง ของค่าเฉลี่ยกำลังสอง ในกรณีผลการทดลองที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง..... 51

# สารบัญภาพ



ภาพประกอบ หน้า

2.1 แสดงบริเวณและทิศทางการไหลของของไหล..... 4
2.2 แสดงบริเวณที่ควบคุมปริมาตร ..... 6
3.1 แสดงกริดเซลล์ และพิกัดอ้างอิงของเซลล์แต่ละเซลล์ใด ๆ..... 11
3.2 ภาพจำลองแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น..... 13
3.3 ภาพจำลองแสดงค่าความชันที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นซึ่งต่อเนื่องเป็นช่วง..... 16
3.4 ภาพแสดงโกสเซลล์และโดเมนในการคำนวณ..... 19
4.1 แสดงภาพจำลองในแต่ละเวลาของปัญหาเขื่อนแตกกรณีพื้นฝั่งท้ายน้ำแห้ง..... 25
4.2 แสดงภาพจำลองในแต่ละเวลาของปัญหาเขื่อนแตกกรณีพื้นฝั่งท้ายน้ำเปียก..... 28
4.3 แสดงภาพจำลองเปรียบเทียบปัญหาเขื่อนแตกกรณีพื้นมีความลาดชันระหว่าง
พื้นฝั่งท้ายน้ำมีแรงเสียดทานกับไม่มีแรงเสียดทาน..... 31
4.4 แสดงภาพจำลองในแต่ละเวลาของปัญหาเขื่อนแตกกรณีที่มีวัตถุกีดขวาง..... 34
4.5 โครงสร้างของแบบจำลองกรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง..... 37
4.6 แสดงระดับความสูงของน้ำเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับ
คำตอบเชิงตัวเลขของ HLLC และ TVD ในกรณีไม่มีสิ่งกีดขวาง..... 38
4.7 โครงสร้างของแบบจำลองกรณีมีสิ่งกีดขวาง..... 42
4.8 แสดงให้เห็นถึงแบบจำลองในห้องทดลอง..... 43
4.9 แสดงระดับความสูงของน้ำเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองกับ
คำตอบเชิงตัวเลขในกรณีเมื่อมีสิ่งกีดขวาง..... 43
4.10 แสดงลักษณะการเคลื่อนตัวของน้ำของแบบจำลอง
สำหรับกรณีที่มีสิ่งกีดขวาง ณ เวลาต่าง ๆ..... 46
5.1 แสดงการเคลื่อนที่ของน้ำในกรณีพื้นผิวขรุขระที่เวลาผ่านไป..... 51
5.2 แสดงการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านสิ่งกีดขวางลักษณะนูนที่เวลาผ่านไป..... 53