

ผลของการกระจายขนาดของตะกอนต่อพัฒนาระบบการเคลื่อนตัวของตะกอนในร่างน้ำสีเหลี่ยม

นายธีระศักดิ์ เจริญมราคผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-0946-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF SEDIMENT SIZE GRADATION
ON SEDIMENT-TRANSPORT IN RECTANGULAR FLUME

Mr.Theerasak Charoenmakpol

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 2002

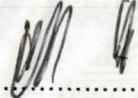
ISBN 974-17-0946-3

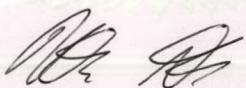
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการกระจายขนาดของตะกอนต่อพัฒนาระบบทุ่นตัวของ
ตะกอนในร่างน้ำสีเหลี่ยม
โดย นายธีระศักดิ์ เจริญมงคล
สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ[†]
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพบูลย์สกุล

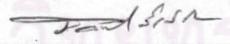
คณะกรรมการคัดเลือกนักเรียน อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิต

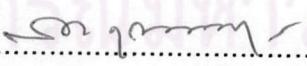
 คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทร์โยธา)

 อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพบูลย์สกุล)

 กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย)

 กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจิริต คุณอนุวงศ์)

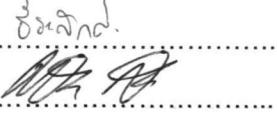
วิริยะศักดิ์ เจริญมรรคผล : ผลของการกระจายขนาดของตะกอนต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของตะกอนในร่างน้ำสี่เหลี่ยม. (EFFECT OF SEDIMENT SIZE GRADATION ON SEDIMENT-TRANSPORT IN RECTANGULAR FLUME)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. หวานทัน กิตใจศาสตร์สกุล, 212 หน้า. ISBN 974-17-0946-3.

การศึกษาผลของการกระจายขนาดของตะกอนต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของตะกอนในร่างน้ำสี่เหลี่ยม โดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์ทางกายภาพนี้ เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของการกระจายขนาดของวัสดุท้องน้ำที่มีต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของตะกอนอันได้แก่ อัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด ความสมมูลของปริมาณตะกอนแขวนลอยต่อตะกอนทั้งหมด ลักษณะรูปร่างท้องน้ำ และการเปลี่ยนแปลงขนาด D_{50} ของวัสดุท้องน้ำตามระยะเวลา ซึ่งในการศึกษาได้ใช้รายขนาดสามมิติ 3 ขนาด คือ รายหยาบ $D_{50} = 2.90$ มม. รายปานกลาง $D_{50} = 1.18$ มม. และรายละเอียด $D_{50} = 0.26$ มม. มาจำลองเป็นวัสดุท้องน้ำในร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความยาว 18 ม. กว้าง 0.60 ม. และลึก 0.75 ม. ที่ติดตั้งเครื่องเรย์ทราย โดยนำมาผสานกันในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อให้ได้วัสดุท้องน้ำที่มีขนาด D_{50} ใกล้เคียงกัน แต่การกระจายขนาดต่างกัน 3 ขนาด ได้แก่ รายชนิดที่ 1 $D_{50} = 1.17-1.22$ มม., $\sigma_g = 1.31-1.32$ รายชนิดที่ 2 $D_{50} = 1.17-1.29$ มม., $\sigma_g = 1.98-2.11$ และรายชนิดที่ 3 $D_{50} = 1.19-1.29$ มม., $\sigma_g = 3.77-3.89$ โดยรายแต่ละขนาดได้ทำการทดลองภายใต้อัตราการไหล 7 ค่า ($25-55$ ลิตร/วินาที) และเป็นการทดลองภายใต้สภาวะการไหลที่มีการเคลื่อนที่ของตะกอน สำหรับทุกรายการทดลอง การไหลถูกกำหนดให้เป็นแบบคงที่ และสม่ำเสมอ (steady and uniform flow) และเป็นการไหลต่ำกว่าจิกถูก (subcritical flow)

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ท้องน้ำที่มีการกระจายขนาดของรายสูง ($\sigma_g = 3.77-3.89$) มีอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด อัตราการนำพาตะกอนแขวนลอย และอัตราส่วนปริมาณตะกอนแขวนลอยต่อปริมาณตะกอนทั้งหมดมากกว่า แต่มีความสูงของรูปร่างคลื่นท้องน้ำที่เล็กกว่า ท้องน้ำที่มีการกระจายขนาดของรายสม่ำเสมอ ($\sigma_g = 1.31-1.32$) ซึ่งการทดลองนี้ มีค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของตะกอน (ϕ) อยู่ระหว่าง 0.05-0.35 และค่าพารามิเตอร์การไหล (ψ) อยู่ระหว่าง 0.05-0.40

นอกจากนี้ ในการศึกษายังพบว่า การกระจายขนาดของรายทุกแบบ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุท้องน้ำตามระยะเวลา ทั้งนี้เนื่องมาจากความยาวของร่างน้ำที่ใช้ในการศึกษาอาจสั้นเกินไป และยังพบว่า การกระจายขนาดของวัสดุท้องน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด D_{50} ของวัสดุท้องน้ำตามระยะเวลาที่อีกด้วย

ภาควิชา	วิศวกรรมแหน่งน้ำ	ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหน่งน้ำ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา	2545	

4270363621: MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING

KEY WORD: FLUME / TOTAL LOAD / SUSPENDED LOAD / BED FORM / GRADED SAND / UNIFORM SAND / BED MATERIAL / SIZE GRADATION / MEDIAN SIZE

THEERASAK CHAROENMAKPOL: EFFECT OF SEDIMENT SIZE GRADATION ON SEDIMENT-TRANSPORT IN RECTANGULAR FLUME. THESIS ADVISOR: ASST.PROF.DR.TUANTAN KITPAISALSAKUL, 212 pp. ISBN 974-17-0946-3.

The study of effect of sediment size gradation on sediment transport in a rectangular flume is carried out using a physical hydraulic model to determine the impacts of bed sediment size gradation on sediment transport behaviors such as total sediment load, ratio between suspended load and total load, bed form and change of median bed material size D_{50} with distance. In this study, three different sizes of uniform sand, such as coarse sand $D_{50} = 2.90$ mm., medium sand $D_{50} = 1.18$ mm. and fine sand $D_{50} = 0.26$ mm., are mixed in different ratios to form three representative bed materials that have similar D_{50} but different size gradation. Three different size gradations of mixed sands are sand No.1 $D_{50} = 1.17-1.22$ mm., $\sigma_g = 1.31-1.32$, sand No.2 $D_{50} = 1.17-1.29$ mm., $\sigma_g = 1.98-2.11$ and sand No.3 $D_{50} = 1.19-1.29$ mm., $\sigma_g = 3.77-3.89$. A rectangular flume of 18 m.long, 0.60 m.wide and 0.75 m.high attached with sand feeder is used as a flow channel and sediment generator. The study is performed using seven different discharges (25-55 l/s) under the flow conditions with continuous sediment transport. Flow condition for every case is maintained at steady-uniform and subcritical flow.

From the study results, it is found that the higher size gradation ($\sigma_g = 3.77-3.89$) gives higher total sediment load, suspended sediment load and ratio of suspended load to total load but smaller wave height of bed form than the lower size gradation ($\sigma_g = 1.31-1.32$). The ranges of transport parameter (ϕ) and flow parameter (ψ) of this experiment are between 0.05-0.35 and 0.05-0.40, respectively.

Furthermore, it is found that the size D_{50} and σ_g do not change with distance for every size gradation because the flume length may be too short. In addition, the size gradation has negligible effect on the change of size D_{50} with respect to distance.

Department Water Resources Engineering

Student's signature.....*Theerasak.*

Field of study Water Resources Engineering

Advisor's signature.....*Tuantan.*

Academic year2002

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าได้รับมอบหมายของคณบดีและคณะกรรมการสถาบันวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทร์โยธา ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักวิจัย กรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.สุจิริต คุณธนกุลวงศ์ กรรมการ และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพบูลย์สกุล ซึ่งเป็นกรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาฯ วิศวกรรมและน้ำที่ได้ให้ความรู้และแนวทางการดำเนินชีวิตแก่ข้าพเจ้า นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบัณฑิต วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนทุนในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณภาควิชา วิศวกรรมและน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานที่ห้องปฏิบัติการ แบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล พร้อมทั้งอุปกรณ์การทดลองตลอดจนเจ้าหน้าที่ภาควิชา วิศวกรรมและน้ำ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเลทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีมาก ที่นี้ด้วย

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการปฐพิกลศาสตร์ ภาควิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์ในการวิเคราะห์การกระจายขนาดของทรายที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการปฐพิกลศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้แนะนำการใช้เครื่องมือต่าง ๆ รวมทั้งพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ในภาควิศวกรรมและน้ำทุกท่านที่เคยช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้า จนกระทั่ง งานวิจัยขึ้นนี้แล้วเสร็จ

ท้ายที่สุดหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีคุณความดีอยู่เพียงใด ผู้เขียนได้รับมอบให้แก่บิดา-มารดา ผู้อุปถัมภ์เป็นหลักความสำเร็จทั้งหมดในชีวิตของผู้เขียน และบุราพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ให้แก่ผู้เขียน ส่วนข้อบกร้องทั้งหลายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขออภัยไว้แต่เพียงผู้เดียว

ธีระศักดิ์ เจริญมรรคผล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๑
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๑
กิตติกรรมประกาศ	๙
สารบัญ	๙
สารบัญตาราง	๑๘
สารบัญรูป	๓๔
บทที่ 1 บทนำ	๑
1.1 ความเป็นมา	๑
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	๒
1.3 ขอบข่ายการศึกษา	๒
1.4 แนวทางในการศึกษา	๔
1.5 การศึกษาที่ผ่านมา	๕
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	๑๑
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีใช้	๑๓
2.1 ลักษณะการเคลื่อนตัวของตะกอน	๑๓
2.2 ประเภทของการนำพาตะกอน	๑๓
2.3 การเริ่มต้นเคลื่อนตัว	๑๕
2.4 รูปร่างของห้องน้ำ	๑๘
2.5 วิธีการพยากรณ์รูปร่างของห้องน้ำ	๑๘
2.6 สมการการเคลื่อนที่ของตะกอนทั้งหมด	๒๑
บทที่ 3 การดำเนินการทดลอง	๒๗
3.1 การดำเนินการศึกษา	๒๗
3.2 วัสดุห้องน้ำ (bed material)	๒๗
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	๒๙
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	๓๐
3.5 สรุปรายละเอียดกราฟการศึกษา	๓๓

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	36
4.1 ผลของการกระจายขนาดของวัสดุท้องน้ำต่ออัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด.....	41
4.2 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จาก การทดลองกับสมการต่างๆ	51
4.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนแขวนลอยต่อปริมาณตะกอนทั้งหมด	62
4.4 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบฐานร่องท้องน้ำที่ได้จากการทดลองกับวิธีต่างๆ	67
4.5 การเปลี่ยนแปลงขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุท้องน้ำตามระยะเวลา	72
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	83
5.1 สรุปการดำเนินการศึกษาและทดลอง.....	83
5.2 สรุปผลการศึกษา.....	84
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	89
รายการอ้างอิง.....	90
ภาคผนวก	93
ภาคผนวก ก	94
ภาคผนวก ข	105
ภาคผนวก ค	116
ภาคผนวก ง	191
ภาคผนวก จ	198
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	212

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1-1 อัตราส่วนผสมของทรัพย์ที่ใช้ในการทดสอบ	3
1-2 สมการที่ใช้ในการศึกษาของ Nakoto (1990)	7
1-3 ข้อมูลและผลการศึกษาของ Morris และ Williams (1997)	9
3-1 คุณสมบติและอัตราส่วนผสมของวัสดุห้องน้ำที่ใช้ในการทดลอง	27
3-2 กรณีศึกษาทั้ง 21 การทดลอง	35
4-1 สรุปค่าตัวแปรที่ได้จากการทดลองของทรัพย์ทั้ง 3 กรณี.....	37
4-2 ค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของตะกอน(ϕ) และค่าพารามิเตอร์การไอล(ψ)	42
4-3 อัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง และที่ได้จากการสมการต่างๆ.....	46
4-4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง กับที่คำนวณได้จากการสมการต่างๆ.....	50
4-5 สมการและขอบเขตของขนาดวัสดุห้องน้ำของสมการที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้.....	50
4-6 ค่าพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของตะกอนที่ได้จากการทดลอง(ϕ) และที่ได้จากการสมการ ต่างๆ(ϕ_c).....	56
4-7 อัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดและอัตราการนำพาตะกอนแยกโดย	65
4-8 ลักษณะรูปร่างห้องน้ำที่ได้จากการทดลองและการคำนวณ	69
4-9 สรุปขนาด D_{50} ของวัสดุห้องน้ำที่ทำແเน่งต่างๆ ของ 21 การทดลอง	74
4-10 สรุปค่า σ_u ของวัสดุห้องน้ำที่ทำແเน่งต่างๆ ของ 21 การทดลอง.....	75

**ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

สารบัญ

หน้า	2-1 การแบ่งประเภทของการนำพาตะกอน เสนอโดย ทวนทัน กิจไพบูลย์สกุล (2000)	14
2-2 การเคลื่อนที่ของตะกอนห้องน้ำ เสนอโดย ทวนทัน กิจไพบูลย์สกุล (2000)	14	
2-3 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงเฉือนวิกฤตกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวัสดุห้องน้ำที่มีขนาดสม่ำเสมอ เสนอโดย Shields (1936)	17	
2-4 รูปว่างและคำจำกัดbiased ของห้องน้ำแบบต่างๆ ในทางน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงห้องน้ำเสนอโดย Overbeek (1977)	19	
2-5 เกณฑ์สำหรับหาอุปาร์งของห้องน้ำ เสนอโดย Simons และคณะ (1961)	20	
2-6 เกณฑ์สำหรับหาอุปาร์งของห้องน้ำ เสนอโดย Simons และคณะ (1966)	20	
2-7 ความสัมพันธ์ระหว่าง θ และ $f' \phi$ เมื่อใช้และไม่ใช้ค่าปรับแก้ K_g เสนอโดย Molinas และ Wu (1998)	26	
3-1 แผนผังแสดงระบบหมุนเวียนของน้ำในร่างน้ำ	28	
3-2 การกำหนดตำแหน่งที่ใช้วัดค่าบันรวมน้ำ	32	
4-1 ขนาด D_{50} ของวัสดุห้องน้ำ และการกระจายขนาดของวัสดุห้องน้ำ (σ_g) เมื่อระบบเข้าสู่สมดุลของ 21 การทดลอง	40	
4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของตะกอน (ϕ), พารามิเตอร์การไหล (ψ) และการกระจายขนาดของวัสดุห้องน้ำ (σ_g) ของราย 3 ชนิด	43	
4-3 การเปรียบเทียบอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จากการทดลองกับอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จากการต่างๆ ของรายชนิดที่ 1 $D_{50}=1.17-1.22$ มม., $\sigma_g=1.31-1.32$	47	
4-4 การเปรียบเทียบอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จากการทดลองกับอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จากการต่างๆ ของรายชนิดที่ 2 $D_{50}=1.17-1.29$ มม., $\sigma_g=1.98-2.11$	48	
4-5 การเปรียบเทียบอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จากการทดลองกับอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่ได้จากการต่างๆ ของรายชนิดที่ 3 $D_{50}=1.19-1.29$ มม., $\sigma_g=3.77-3.89$	49	
4-6 เปรียบเทียบพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของตะกอนที่ได้จากการทดลองกับสมการต่างๆ ของรายชนิดที่ 1	57	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
4-7 เปรียบเทียบพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของตะกอนที่ได้จากการทดลองกับสมการต่างๆ ของรายชื่นิดที่ 2	58
4-8 เปรียบเทียบพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของตะกอนที่ได้จากการทดลองกับสมการต่างๆ ของรายชื่นิดที่ 3	59
4-9 เปรียบเทียบพารามิเตอร์การเคลื่อนที่ของตะกอนที่ได้จากการทดลองกับสมการต่างๆ ของรายทั้ง 3 ชนิด	60
4-10 ความสัมพันธ์ระหว่าง θ และ r' ของข้อมูลผลการทดลอง และข้อมูลของ Molinas และ Wu	61
4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนโดยกับปริมาณตะกอนทั้งหมดของราย 3 ชนิด	66
4-12 รูปตัดตามยาวที่กึงกลางของรังน้ำของการทดลอง A7, B7 และ C7	70
4-13 ขนาดและขอบเขตของวัสดุห้องน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์รูปร่างห้องน้ำ สำหรับวิธีของ Liu และวิธีของ Simon	71
4-14 ขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุห้องน้ำตามระยะทางของการทดลอง A1, B1 และ C1	76
4-15 ขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุห้องน้ำตามระยะทางของการทดลอง A2, B2 และ C2	77
4-16 ขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุห้องน้ำตามระยะทางของการทดลอง A3, B3 และ C3	78
4-17 ขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุห้องน้ำตามระยะทางของการทดลอง A4, B4 และ C4	79
4-18 ขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุห้องน้ำตามระยะทางของการทดลอง A5, B5 และ C5	80
4-19 ขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุห้องน้ำตามระยะทางของการทดลอง A6, B6 และ C6	81
4-20 ขนาด D_{50} และ σ_g ของวัสดุห้องน้ำตามระยะทางของการทดลอง A7, B7 และ C7	82

บุคลากรนักวิทยาลัย