

การกััดเซาะรอบตอม่อสะพานที่เรียงเป็นดับ



ธรรมวัฒน์ การุณธนกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541


ISBN 974 - 331- 695 - 7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2 6 อ.อ. 2545

114625461

LOCAL SCOUR AROUND ROW BRIDGE PIERS



Mr.Thammawat Karultanakul

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 1998

ISBN 974 – 331 – 695 - 7

ธรรมวัฒน์ การอุณนกุล : การกัดเซาะตอม่อสะพานที่เรียงเป็นดันดับ (LOCAL SCOUR AROUND ROW BRIDGE PIERS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.เสรี จันทรโยธา , 108 หน้า. ISBN 974-331-695-7

การศึกษาการกัดเซาะรอบตอม่อสะพานที่วางเรียงเป็นแถวที่ระยะต่างๆโดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์ทางกายภาพนี้ เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของรูปแบบของหลุมกัดเซาะกับพฤติกรรมการไหลของน้ำและลักษณะของตะกอนท้องน้ำ ซึ่งการศึกษานี้ใช้ตอม่อจำลองรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 ซม. นำมาวางเรียงกันในรางน้ำสี่เหลี่ยมมีน้ำขนาดความยาว 18 ม. กว้าง 0.60 ม. และลึก 0.75 ม. โดยมีระยะห่างระหว่างตอม่อเท่ากับ D 2D และ 3D ตามลำดับ เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของตอม่อ ผังอยู่ในทรายขนาดสม่ำเสมอ 3 ขนาด ได้แก่ ทรายละเอียด (fine sand) ϕ 0.36 มม. ทรายปานกลาง (medium sand) ϕ 1.20 มม. และ ทรายหยาบ (coarse sand) ϕ 2.20 มม. ภายใต้ภาวะที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำ (clear water) และ ภาวะที่มีการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำ (live bed) โดยมีเงื่อนไขการไหลเป็นแบบคงที่และสม่ำเสมอ (steady and uniform flow) และเป็นการไหลต่ำกว่าวิกฤติ (subcritical flow)

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าระยะห่างของตอม่อมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่อความลึกหลุมกัดเซาะรอบๆ ตอม่อตัวแรก แม้ว่าตอม่ออยู่ในแนวเดียวกันหรือทำมุมกับแนวทิศทางการไหลของน้ำก็ตาม ในขณะที่ตอม่อตัวที่ 2 และ 3 มีความลึกหลุมกัดเซาะลดลงมากกว่าร้อยละ 20 ซึ่งการทดลองนี้มีค่า Fr อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.6 และค่า y/D อยู่ระหว่าง 1-6 ในสภาวะที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำ สำหรับสภาวะที่มีการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำมีค่า Fr อยู่ระหว่าง 0.4 – 0.8 และค่า y/D อยู่ระหว่าง 1 – 2

นอกจากนี้ขนาดของวัสดุท้องน้ำยังมีผลต่อความลึกหลุมกัดเซาะรอบๆ ตอม่อ โดยขนาดวัสดุท้องน้ำแปรผกผันกับความลึกหลุมกัดเซาะในเงื่อนไขทางชลศาสตร์เดียวกันและขนาดตอม่อเท่ากัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ
สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ
ปีการศึกษา 2541
.....

ลายมือชื่อนิติต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

3970680921 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING
KEY WORD: LOCAL SCOUR / ROW BRIDGE PIERS SCOUR / ROW BRIDGE PIERS MODEL

THAMMAWAT KARULTANAKUL : LOCAL SCOUR AROUND ROW BRIDGE PIERS. THESIS
ADVISOR : ASSIST. PROF. SEREE CHANYOTHA , Ph.D. 108 pp. ISBN 974-331-695-7

The study of local scour around row bridge piers is aimed at using physical hydraulics model to determine the relationships of row pier scour hole to flow behavior and bed sediment characteristics. Modeled cylindrical piers having the diameter of 4.8 cm. are used in this investigation . 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. Pier spacings are set at 1 , 2 and 3 times of pier diameter , respectively. The study is performed using three different sizes of uniform sands including fine sand ϕ 0.36 mm. , medium sand ϕ 1.20 mm. and coarse sand ϕ 2.20 mm. under the flow conditions of clear water and live bed. Condition of flow for this study is maintained at steady-uniform and subcritical flow.

Based on results of the study, it has been found that effect of pier spacings on the depth of the first pier scour hole is very small and flow angles of attack also slightly effect the first pier scour hole. However, scour hole depths for the second and third piers are about 80% of the first scour hole. The ranges of the Froude Number and the y/D ratio of the experiment under clear-water condition are between 0.2-0.6 and 1-6 , respectively. For live-bed condition, the Froude Number ranges between 0.4-0.8 and the y/D ratio ranges between 1-2 .

The size of bed sediment significantly effects the depth of pier scour hole. Based on the same hydraulics of flow and the same pier characteristic, it has been found that smaller size of sediment produces deeper scour hole.

ภาควิชา.....วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....

ปีการศึกษา..... 2541.....

ลายมือชื่อนิติ..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบไปด้วย ศาสตราจารย์ จักรี จัตุหะศรี ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รักรวิชัย กรรมการ อาจารย์ ดร.ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์ กรรมการ และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทโรยธา ซึ่งเป็นกรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำที่ได้ให้ความรู้และแนวทางการดำเนินชีวิตแก่ข้าพเจ้า นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้สนับสนุนทุนในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่ของห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล พร้อมทั้งอุปกรณ์การทดลอง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเลทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดีมา ณ ที่นี้ด้วย

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทานที่อนุเคราะห์ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของทรายที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณคุณนพวรรณ ปุสสะรังษี ที่ได้อนุเคราะห์เครื่องพิมพ์ จนกระทั่งงานวิจัยชิ้นนี้แล้วเสร็จ รวมทั้ง พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่านที่คอยช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้า

ท้ายนี้ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่อบรมเลี้ยงดูข้าพเจ้ามาตั้งแต่เยาว์วัย รวมทั้งธรรมชาติที่เอื้ออำนวยประโยชน์สุขให้กับทุกชีวิตบนผืนแผ่นดินนี้ และขอบคุณทุกสรรพสิ่งที่เอื้ออำนวยให้แก่ชีวิตข้าพเจ้าทั้งทางตรงและทางอ้อม หากว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้พอจะมีประโยชน์อยู่บ้าง ก็ขอให้ประโยชน์เหล่านี้ได้กลับคืนไปสู่ธรรมชาติ สู่ทุกสรรพสิ่งด้วยเถิด

ธรรมวัฒน์ การุณธนกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบข่ายการศึกษา.....	2
1.4 แนวทางการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 หลักการและการศึกษาที่ผ่านมา.....	4
2.1 ลักษณะของการกัดเซาะ.....	4
2.2 ปრაกฏการณ์การกัดเซาะ.....	6
2.3 กลศาสตร์การกัดเซาะ.....	6
2.4 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลของการกัดเซาะ.....	8
2.5 การพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ.....	10
2.6 การศึกษาที่ผ่านมา.....	11
บทที่ 3 การดำเนินการทดลอง.....	24
3.1 การดำเนินการศึกษา.....	24
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	25
3.3 ขั้นตอนการทดลอง.....	25
3.4 สรุปผลการทดลอง.....	29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	34
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของตอม่อกับความลึกหลุมกัดเซาะ.....	34
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมการไหลปะทะตอม่อกับความลึกหลุมกัดเซาะ.....	46
4.3 ความลึกหลุมกัดเซาะระหว่างตอม่อตัวที่ 1 , 2 และ 3.....	53
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการไหล ขนาดวัสดุท้องน้ำ กับความลึกหลุมกัดเซาะ.....	56
4.5 รูปแบบของหลุมกัดเซาะ.....	60
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	65
5.1 การดำเนินการศึกษาและทดลอง.....	65
5.2 สรุปผลการศึกษา.....	65
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	68
รายการอ้างอิง.....	69
ภาคผนวก.....	71
ภาคผนวก ก.....	72
ภาคผนวก ข.....	81
ภาคผนวก ค.....	89
ประวัติผู้ศึกษา.....	108

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 2-1	ค่าสัมประสิทธิ์ k_1	16
ตาราง 2-2	ค่าสัมประสิทธิ์ k_2	16
ตาราง 2-3	ค่าสัมประสิทธิ์ k สำหรับต่อมที่วางขนานกับทิศทางการไหล.....	17
ตาราง 2-4	ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (k_1) รูปรางต่อม.....	21
ตาราง 2-5	ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (k_2) มุมปะทะต่อมกับทิศทางการไหล.....	21
ตาราง 3-1	คุณสมบัติของวัสดุห้องน้ำที่ใช้ในการทดลอง.....	24
ตาราง 3-2	ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองสภาวะเงื่อนไข clear-water.....	30
ตาราง 3-3	ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลองสภาวะเงื่อนไข live-bed.....	31
ตาราง 3-4	สรุปรายละเอียดการทดลอง.....	33
ตาราง 4-1	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case A.....	35
ตาราง 4-2	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case B.....	36
ตาราง 4-3	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case C.....	37
ตาราง 4-4	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case D.....	38
ตาราง 4-5	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case E.....	39
ตาราง 4-6	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case AS.....	40
ตาราง 4-7	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case BS.....	41
ตาราง 4-8	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case CS.....	42
ตาราง 4-9	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case DS.....	43
ตาราง 4-10	ผลการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในกรณี case ES.....	44
ตาราง 4-11	ผลการวิเคราะห์การถดถอย พหุคูณเชิงเส้นโค้ง สัมพันธ์ กับความลึกหลุมกัดเซาะ.....	49
ตาราง 4-12	ความลึกหลุมกัดเซาะ สภาวะเงื่อนไข clear-water.....	54
ตาราง 4-13	ความลึกหลุมกัดเซาะ สภาวะเงื่อนไข live-bed.....	55

สารบัญรูป

หน้า

รูป 2-1	ความลึกการกัดเซาะที่สัมพันธ์กับตอม่อและขนาดตะกอน.....	6
รูป 2-2	การเกิด horseshoe vortex ที่ตอม่อรูปทรงกระบอก.....	7
รูป 2-3	Modified Shield 's Diagram.....	7
รูป 2-4	ลักษณะรูปทรงเรขาคณิตของ pier-piles group ที่ใช้ในการทดลอง.....	23
รูป 3-1	แสดงตำแหน่งที่ตั้งตอม่อ.....	27
รูป 3-2	แสดงตำแหน่งวัดความลึกการไหลและความลึกหลุมกัดเซาะ.....	28
รูป 4-1	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y กับ y/D ของทรายขนาดต่าง ๆ, $\alpha = 0$ องศา.....	45
รูป 4-2	การเปรียบเทียบค่า d_s/y จากการทดลอง และค่าจากสมการสนสัมพันธ์ ในกรณี E A D ES AS และ DS.....	47
รูป 4-3	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y กับ y/D ของทราย ϕ 1.20 มม. มุมปะทะ 0 20 และ 40 องศา.....	50
รูป 4-4	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y จากการทดลองและค่าจากสมการสนสัมพันธ์ ในกรณี A B C AS BS และ CS.....	51
รูป 4-5	การเปรียบเทียบค่า d_s/y จากการทดลองและค่าจากสมการ 4.2.....	52
รูป 4-6	การเปรียบเทียบค่า d_s/y จากการทดลองและค่าจากสมการ 4.3.....	52
รูป 4-7	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y กับ Fr ของทราย 3 ขนาด สภาวะ clear-water $\alpha = 0^\circ$	57
รูป 4-8	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y กับ Fr ของทราย 3 ขนาด สภาวะ live-bed $\alpha = 0^\circ$	57
รูป 4-9	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y กับ y/d_{50} ของทราย 3 ขนาด สภาวะ clear-water $\alpha = 0^\circ$	58
รูป 4-10	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y กับ y/d_{50} ของทราย 3 ขนาด สภาวะ live-bed $\alpha = 0^\circ$	58
รูป 4-11	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y กับ y/D ของทราย 3 ขนาด สภาวะ clear-water $\alpha = 0^\circ$	59
รูป 4-12	ความสัมพันธ์ระหว่าง d_s/y กับ y/D ของทราย 3 ขนาด สภาวะ live-bed $\alpha = 0^\circ$	59

รูป 4-13 ความสัมพันธ์ระหว่าง d_p/y จากการทดลองและค่าจากสมการ 4.4.....	62
รูป 4-14 ความสัมพันธ์ระหว่าง d_p/y จากการทดลองและค่าจากสมการ 4.5.....	62
รูป 4-15 ลักษณะของหลุมกัดเซาะโดยตอม่อวางในแนวทิศทางการไหล.....	63
รูป 4-16 ลักษณะของหลุมกัดเซาะโดยมีตอม่อวางทำมุมในแนวทิศทางการไหล α องศา.....	64



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย