ประสิทธิผลการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำด้านเหนือน้ำของฝายดักตะกอน

นาย ชัยอนันต์ ทองมั่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5511-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SEDIMENT TRAP EFFICIENCY AND CHANNEL BED CHANGE UPSTREAM OF SEDIMENT TRAP WEIR

Mr.Chai-anan Thongmun

สถาบันวิทยบริการ
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 974-17-5511-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิผลการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำด้านเหนือน้ำของฝายดักตะกอน
โดย	นาย ชัยอนันต์ ทองมั่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทรโยธา)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์)

.... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย ชัยอนันต์ ทองมั่น : ประสิทธิผลการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำด้านเหนือน้ำของฝายดักตะกอน. (SEDIMENT TRAP EFFICIENCY AND CHANNEL BED CHANGE UPSTREAM OF SEDIMENT TRAP WEIR) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล, 125 หน้า.
ISBN 974-17-5511-2.

ฝายดักตะกอนเป็นอาคารชลศาสตร์ที่สร้างขึ้นในลำน้ำเพื่อใช้ในการลดปริมาณตะกอนไหลไปทางด้านท้ายน้ำ การทราบถึงอัตราการดักตะกอนและพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ อันเนื่องจากการทับถมของตะกอนด้านหน้าฝายจะเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินอายุการใช้งานของฝายและใช้ในการขุดลอกท้องน้ำ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือการหาอัตราการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำในลำน้ำด้านเหนือน้ำของฝายดักตะกอน โดยพิจารณาผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกำหนดปัจจัยที่สำคัญสามประการคือ อัตราการไหลของน้ำ ขนาดตะกอนเฉลี่ย และความสูงของฝาย การศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพ ประกอบด้วยรางน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง 0.6 ม. ยาว 18.0 ม. สูง 0.75 ม. เครื่องโรยทรายระบบหมุนเวียนน้ำ และแบบจำลองฝาย ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การทดลองทั้งหมด 45 ชุด โดยพิจารณาค่าอัตราการไหล 5 ค่าในช่วง 14-28 ลิตรต่อวินาที ขนาดตะกอนเฉลี่ย 3 ค่าในช่วง 0.33-2.0 มม. และความสูงฝาย 3 ค่าในช่วง 5-10 ซม.

จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเนื่องจากการทับถมของตะกอนเริ่มต้นด้วยการเกิดสันคลื่นท้องน้ำ ณ จุดระหว่างจุดทางเข้าของตะกอนถึงฝาย เมื่อมีการทับถมตะกอนมากขึ้นส่งผลทำให้แนวสันคลื่นท้องน้ำเคลื่อนตัวไปทางด้านท้ายน้ำเข้าหาฝายและมีขนาดใหญ่ขึ้นจนกระทั่งถึงตัวฝายและค่าระดับของสันคลื่นท้องน้ำสูงเท่ากับระดับสันฝาย ซึ่งเป็นสภาวะที่ตะกอนเต็มความจุของลำน้ำที่ดักตะกอน

พบว่าอัตราการดักตะกอนตลอดลำน้ำตั้งแต่ช่วงระหว่างจุดทางเข้าของตะกอนถึงฝายมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 51-99 % และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 75 % โดยพบว่าประสิทธิผลการดักตะกอนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลและขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นแต่ความสูงฝายลดลง

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

＃＃ 4370272221 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING
KEY WORD : SEDIMENT TRAP EFFICIENCY / TRAP EFFICIENCY / CHANNEL BED CHANGE

CHAI-ANAN THONGMUN: SEDIMENT TRAP EFFICIENCY AND CHANNEL BED CHANGE UPSTREAM OF SEDIMENT TRAP WEIR. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. TUANTAN KITPAISALSAKUL, D.Eng, 125 pp. ISBN 974-17-5511-2

A sediment trap weir is one type of hydraulic structure constructed in a channel for reducing sediments flowing downstream. Understanding in the sediment trap efficiency and the change channel bed profile due to sedimentation upstream of the weir will be the informations for estimating the service life of the weir and the channel dredging work.

This study had the objectives to evaluate the sediment trap efficiency and the change of channel bed profile upstream of the sediment trap weir due to three factors as water dischange, mean sediment size and weir height. The study was done using the physical hydraulic models consisting of a flume of 0.60 m. width, 18.0 m. length, 0.75 m. height, a sand feeder, a water supply circulating system and weir models at the Laboratory of Hydraulic and Coastal Model, Department of Water Resources Engineering, Facualty of Engineering, Chulalongkorn University. The total number of experiments were 45 case studies, considering 5 values of water discharges in the range of 14-28 l/s, 3 values of mean sediment sizes in the range of 0.33-2.0 mm. and 3 values of weir heights in the range of 5-10 cm.

From the study results, it was found that the change of channel bed profile due to the sedimentation started with the occurrence of a bed wave front at the point between the sediment intake point and the weir. With more sedimentation, the bed wave front moved downstream with increasing size until reaching the weir and the new bed wave front level equaled the weir height, which was the state that the sediment filled up the channel storage.

It was found that the sediment trap efficiency in the overall channel from the sediment intake point to the weir was mean about 75 %. The sediment trap efficiency increased when the water discharge and mean sediment size increased but when weir height deceased.

Department…Water Resources Engineering.... Student’s signature……………………………..
Field of study.Water Resources Engineering.... Advisor’s signature……………………………..
Academic year……………2003…………

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณประธานและคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทรโยธา รองศาตราจารย์ ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ อาจารย์ ดร.ครรชิต ลิขิตเดชาโรจน์

ต้องขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ท่านได้คอยช่วยเหลือแนะนำความรู้ในทุกๆ ด้าน ทั้งในด้านหลักวิชาการและการปฏิบัติ ที่ได้สละเวลาของท่านในการให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำที่ให้ความรู้ ประสิทธิ์ประสาทวิชาและปรัชญาในการดำเนินชีวิตการงานแก่ผู้เขียน

นอกจากนี้ขอขอบคุณภาควิชาแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่ เครื่องอุปกรณ์ในการทำวิทยานิพนธ์และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนมา ณ ที่นี่ด้วย

ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดาที่ได้ล่วงลับไปแล้วและมารดาที่คอยอบรมดูแลข้าพเจ้ามาตั้งแต่เล็กและขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่านและผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึงทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์นี้ และข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ทั้งหลายในฉบับนี้ ผู้เขียนขอน้อมรับไว้แต่ผู้เดียว

ความดีงามของวิทยานิพนธ์ที่พึงมี ผู้เขียนขออุทิศแด่บิดา มารดา ผู้เป็นที่ยึดเหนี่ยวและเป็นแรงบันดาลใจของผู้เขียนที่ได้มาถึงจุดนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ .... ฉ

สารบัญ .... ช

สารบัญตาราง .... ฌ

สารบัญรูป .... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.. 1

1.2 วัตถุประสงค์.. 2

1.3 ขอบข่ายการศึกษา 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา 6

2.1 ประเภทของการนำพาตะกอน 6

2.2 สูตรอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด 7

2.3 การคำนวณประสิทธิผลการดักตะกอน 11

บทที่ 3 การศึกษาที่ผ่านมา 12

บทที่ 4 การดำเนินทดลอง 18

4.1 การดำเนินการศึกษา 18

4.2 อุปกรณ์การทดลอง 18

4.3 ขั้นตอนการทดลอง 19

4.4 ชุดการทดลอง 24

4.5 ช่วงข้อมูลและผลการทดลอง 24

บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 36

5.1 กระบวนการทับถมของตะกอนแนวสันคลื่นท้องน้ำและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ .. 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำด้านเหนือน้ำของฝายดักตะกอน 36

5.3 ประสิทธิผลการดักตะกอนของฝาย 39

บทที่ 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 58

6.1 แบบจำลองชลศาสตร์ 58

6.2 การทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์ 58

6.3 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเนื่องจากการทับถมของตะกอน 59

6.4 ประสิทธิผลการดักตะกอนของฝายดักตะกอน 61

6.5 ข้อเสนอแนะ 62

รายการอ้างอิง 64

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบจำลองชลศาสตร์ของฝายดักตะกอน 67

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์วัสดุท้องน้ำและการสอบเทียบเครื่องมือ 79

ภาคผนวก ค ผลการทดลองค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำ 89

ภาคผนวก ง ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ 103

ภาคผนวก จ ความสัมพันธ์ของปริมาตรการดักตะกอนทับถม 113

ภาคผนวก ฉ ความสัมพันธ์ของประสิทธิผลการดักตะกอน 119

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 125

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1-1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง 5

ตารางที่ 4-1 การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของตะกอนโดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพ ที่ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 25

ตารางที่ 4-2 ค่าของข้อมูลต่างๆ ของชุดข้อมูลการทดลองทั้งหมด 26

ตารางที่ 4-3 สถานะการเสร็จสมบูรณ์ของการทดลอง (ตะกอนเต็มรางน้ำหน้าฝาย) 27

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D2-Q5 28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2-1 การแบ่งประเภทของการนำพาตะกอน 7

รูปที่ 2-2 การเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ 78

รูปที่ 2-3 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับสูตรคำนวณตะกอนทั้งหมดของ Ackers และ White (1973) 10

รูปที่ 3-1 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของตะกอนไหลผ่านอ่างเก็บน้ำกับอัตราส่วนระยะเวลาเก็บกักตะกอนกับความเร็วการไหลเฉลี่ยของ Churchill 12

รูปที่ 3-2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำกับอัตราส่วนระหว่างความจุเก็บกักกับปริมาณน้ำไหลเข้ารายปีของ Brune 13

รูปที่ 3-3 แบบจำลองประตูระบายน้ำของ Rollin และ Gary 14

รูปที่ 3-4 ลักษณะของ Check dam (Erosion and sediment control measure and BMP's, 2001) 16

รูปที่ 3-5 ลักษณะของ Check dam (GA SWCCC, 2000) 15

รูปที่ 3-6 ลักษณะของ Check dam (Dane county erosion control and stormwater management manual, 2002) 17

รูปที่ 4-1 รางน้ำที่ใช้ในการทดลอง 20

รูปที่ 4-2 แผนผังแสดงส่วนประกอบต่างๆ และระบบหมุนเวียนของน้ำ 21

รูปที่ 4-3 แผนผังแสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลระดับน้ำและระดับท้องน้ำ 31

รูปที่ 4-4 รูปตัดระดับท้องน้ำตามระยะทางรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D2-Q5 32

รูปที่ 4-5 ระดับท้องน้ำตลอดทั้งรางน้ำแบบ 3 มิติรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D2-Q5 35

รูปที่ 5-1 การเกิดแนวสันคลื่นท้องน้ำและการทับถมของตะกอนในรางน้ำ 37

รูปที่ 5-2 จุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมใช้แบ่งช่วงลำน้ำ 37

รูปที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $L_{U/S}$ กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน 39

รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $L_{D/S}$ กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน 40

รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง T กับอัตราการไหลของน้ำความสูงฝายและขนาดตะกอน ... 41

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5-6 อัตราส่วนการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นของสันคลื่นท้องน้ำต่อช่วงเวลา 43

รูปที่ 5-7 ความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำ 44

รูปที่ 5-8 การทับถมตะกอนของแนวสันคลื่นท้องน้ำเทียบต่อความสูงฝาย 45

รูปที่ 5-9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $V_{U/S}$ กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน 47

รูปที่ 5-10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $V_{D/S}$ กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน 48

รูปที่ 5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{All} กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน 49

รูปที่ 5-12 อัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบน 51

รูปที่ 5-13 อัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่าง 52

รูปที่ 5-14 อัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมตลอดทั้งลำน้ำ 53

รูปที่ 5-15 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการดักตะกอนเฉลี่ยกับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน 56

รูปที่ 5-16 ประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงรวมทุกการทดลอง 57

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ลำน้ำที่มีปริมาณตะกอนมากมักจะมีการทับถมของตะกอนในลำน้ำ ทำให้ลำน้ำเกิดการตื้นเขินส่งผลกระทบทำให้การใช้ประโยชน์ในกิจกรรมด้านต่าง ๆ ลดลง เช่น การลดปริมาตรตะกอนไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ การเดินเรือ เป็นต้น ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมีการศึกษาและประยุกต์ใช้มาตรการต่างๆ ในการใช้ดักตะกอนที่ไหลมากับกระแสน้ำให้มีปริมาณน้อยลงก่อนที่จะไหลไปทางด้านท้ายน้ำ มาตรการเหล่านั้นอันได้แก่ ฝายดักตะกอน หลุมดักตะกอน เป็นต้น

ฝายดักตะกอนเป็นอาคารชลศาสตร์อย่างหนึ่งที่สร้างขวางลำน้ำเพื่อใช้ดักตะกอนทำให้ปริมาณตะกอนที่ผ่านฝายไปท้ายน้ำลดลง ในขณะเดียวกันมีการทับถมของตะกอนหน้าฝายดักตะกอนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความจุของลำน้ำที่ใช้เก็บตะกอนลดลงตามเวลา

ในทางปฏิบัติเพียงทราบว่าฝายดักตะกอนสามารถใช้ดักตะกอนอย่างได้ผลแต่ยังไม่มีการศึกษาหรือมีการศึกษาน้อยมากถึงพฤติกรรมการดักตะกอนของฝาย ได้แก่ประสิทธิผลการดักตะกอน ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนของตะกอนที่ตกค้างหน้าฝายต่อปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าภายในช่วงเวลาเดียวกัน และการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำตามระยะทางและเวลาต่าง ๆ ภายใต้สภาวะของปัจจัยสำคัญต่างๆ ที่มีผลต่อการตกตะกอน เช่น อัตราการไหลของน้ำ ขนาดของตะกอน และความสูงของฝาย เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือศึกษาประสิทธิผลการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำตามระยะทางและเวลาต่างๆ โดยพิจารณาสภาพการไหลต่างๆที่มีกำหนดค่าของปัจจัย 3 อย่างได้แก่ อัตราการไหลของน้ำ ขนาดของตะกอน และความสูงฝาย

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพ พร้อมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ของห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อทำการทดลองศึกษาถึงลักษณะการตกตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ เนื่องจากฝายดักตะกอนในกรณีต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อเรียนรู้การจัดสร้างแบบจำลองชลศาสตร์กายภาพและการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ

2) เพื่อศึกษาสมดุลของลำน้ำกรณีที่ไม่มีฝายระหว่างอัตรานำพาตะกอน อัตราการไหลของน้ำและขนาดตะกอน

3) เพื่อศึกษาขนาดความจุของลำน้ำและระยะเวลาของการดักตะกอน เนื่องจากอัตราการไหล ความสูงของฝายดักตะกอน และขนาดของวัสดุท้องน้ำ

4) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดักตะกอนเฉลี่ยและที่เวลาต่าง ๆ เนื่องจากอัตราการไหล ความสูงของฝายดักตะกอน และขนาดของวัสดุท้องน้ำ

5) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำตามระยะทางและเวลาต่าง ๆ เนื่องจากอัตราการไหล ความสูงของฝายดักตะกอน และขนาดของวัสดุท้องน้ำ

6) เสริมสร้างประสบการณ์ในการศึกษาโดยการใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพต่อไป

1.3 ขอบข่ายการศึกษา

การศึกษามีขอบข่ายดังนี้

- ประยุกต์ใช้แบบจำลองชลศาสตร์ทางกายภาพ ซึ่งประกอบด้วยรางน้ำเปิดหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Flume) ขนาดความยาว 18 ม. กว้าง 0.60 ม. และลึก 0.75 ม. เครื่องโรยทราย (Sand Feeder) ระบบหมุนเวียนของน้ำ และแบบจำลองฝาย ซึ่งตั้งอยู่ ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ทำการทดลองด้วยการปรับค่าอัตราการไหล 5 ค่า คือ 14, 16, 20, 24 และ 28 ลิตรต่อวินาที
- ทำการจัดสร้างแบบจำลองชลศาสตร์กายภาพของฝายดักตะกอน (Weir model) ด้วยความสูงฝายดักตะกอน 3 ขนาดคือ 5, 7.5 และ 10 ซม. โดยใช้แผ่นพลาสติกหนา 1 ซม.ทำเป็นฝาย
- ทำการทดลองโดยการปรับขนาดของวัสดุท้องน้ำ โดยใช้ทราย 3 ขนาดตามมาตรฐาน USBR คือ
  - ทรายหยาบ (Coarse Sand) มีขนาด D_{50} ประมาณ 2-5 มม.
  - ทรายขนาดปานกลาง (Medium Sand) มีขนาด D_{50} ประมาณ 0.4-2 มม.
  - ทรายละเอียด (Fine Sand) มีขนาด D_{50} ประมาณ 0.075-0.4 มม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ชุดการทดลองมีจำนวนทั้งหมด 3 x 3 x 5 เท่ากับ 45 ชุด แสดงไว้ในตารางที่ 4-1
- การวัดค่าระดับท้องน้ำด้านเหนือฝายดักตะกอนในแต่ละช่วงเวลา จะทำการวัดทุกระยะทาง 0.25 ม.
- ช่วงเวลาในการวัดค่าระดับท้องน้ำ จะทำการวัดทุก 1 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งตะกอนทับถมเต็มความจุลำน้ำหน้าฝาย
- ในแต่ละกรณีการทดลองจะแบ่งเป็น 2 ครั้ง คือ

  - ครั้งที่ 1 กรณีไม่มีฝายดักตะกอนเพื่อปรับสภาพสมดุลของท้องน้ำระหว่างอัตราการไหลของน้ำ อัตราการนำพาตะกอน และขนาดตะกอน

  - ครั้งที่ 2 กรณีมีฝายดักตะกอน โดยใช้อัตราการไหลของน้ำ อัตราการโรยทราย และขนาดของตะกอน ค่าเดียวกับการทดลองสภาพสมดุลของท้องน้ำกรณีไม่มีฝายเป็นค่าเริ่มต้น

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ในการศึกษานี้ได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อให้ครอบคลุมขอบข่ายและวัตถุประสงค์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และสมมุติฐานต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการทับถมของตะกอนหน้าฝายดักตะกอน

2) ศึกษารายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องทั้งหมด เพื่อนำมาใช้ประกอบในการศึกษาครั้งนี้

3) จัดเตรียมแบบจำลองชลศาสตร์กายภาพ พร้อมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ เช่นรางน้ำ เครื่องโรยทราย ระบบหมุนเวียนน้ำ รวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลอง เช่น อัตราการไหลของน้ำ ขนาดตะกอน และ ความสูงฝาย

4) ทำการทดลองในกรณีแบบไม่มีฝายเพื่อหาสมดุลของอัตราการโรยทรายให้สอดคล้องกับอัตราการไหลของน้ำ อัตราการนำพาตะกอน และขนาดตะกอน

5) ทำการทดลองในกรณีแบบมีฝาย พร้อมทั้งวัดข้อมูล เช่น ระดับท้องน้ำ ระดับผิวน้ำ อัตราการไหลของน้ำ ขนาดตะกอน อัตราการโรยทรายและความสูงฝาย

6) ทำการวิเคราะห์ผลการศึกษาในเรื่องประสิทธิผลการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำเนื่องจากปัจจัยต่างๆ

7) สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ

8) จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบถึงการจัดสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์กายภาพของฝายดักตะกอนและการทดลองใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ

2) ทราบถึงการปรับสมดุลของลำน้ำระหว่าง อัตราการไหลของน้ำ อัตราการนำพาตะกอน และขนาดตะกอน

3) ทราบถึงขนาดความจุของลำน้ำและระยะเวลาของการดักตะกอน เนื่องจากอัตราการไหล ความสูงของฝายดักตะกอน และขนาดของวัสดุท้องน้ำ

4) ทราบถึงประสิทธิผลการดักตะกอนเฉลี่ยและที่เวลาต่าง ๆ เนื่องจากอัตราการไหล อัตราการนำพาตะกอน และขนาดของวัสดุท้องน้ำ

5) ทราบถึงพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำตามระยะทางและเวลาต่าง ๆ เนื่องจากอัตราการไหล อัตราการนำพาตะกอน และขนาดของวัสดุท้องน้ำ

6) เพิ่มประสบการณ์ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพในการศึกษาการดักตะกอนในลำน้ำต่อไป

7) เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาขั้นต่อไปของผู้สนใจในการประยุกต์ใช้ฝายดักตะกอนเป็นมาตรการในการดักตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1-1 ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

การดำเนินการศึกษา	พ.ศ. 2545								พ.ศ. 2546												พ.ศ. 2547			
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
1. รวบรวม ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และสมมุติฐานต่าง ๆ ของการทับถมตะกอนหน้าฝายดักตะกอน	■	■	■																	■	■	■		
2. ศึกษาหลักการและวิธีการทดลองแบบจำลองกายภาพจากเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ		■																						
3. จัดเตรียมแบบจำลองกายภาพและจัดสร้างแบบจำลอง			■																					
4. ทำการทดลองในกรณีไม่มีฝายเพื่อปรับสมดุลรางน้ำและทดลองกรณีแบบมีฝาย				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
5. ทำการวิเคราะห์ผลการศึกษาในเรื่องประสิทธิผลการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ																■	■	■	■	■	■			
6. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง																				■	■	■		
7. จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์																						■	■	■

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ประเภทของการนำพาตะกอน (Model of sediment transport)

ตะกอนแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ขึ้นอยู่กับวิธีการแบ่ง 2 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 2-1 ได้ดังนี้

1. แบ่งตามชนิดของตะกอน (Classification according to type of sediment)
   - 1.1 ตะกอนวัสดุท้องน้ำ (Bed Material load)
   - 1.2 ตะกอนละเอียด (Wash load)
2. แบ่งตามกลไกการเคลื่อนที่ (Classification according to transport mechanism)
   - 2.1 ตะกอนท้องน้ำ (Bed load)
   - 2.2 ตะกอนแขวนลอย (Suspended load)

โดยที่ตะกอนแต่ละประเภทมีความหมายดังนี้

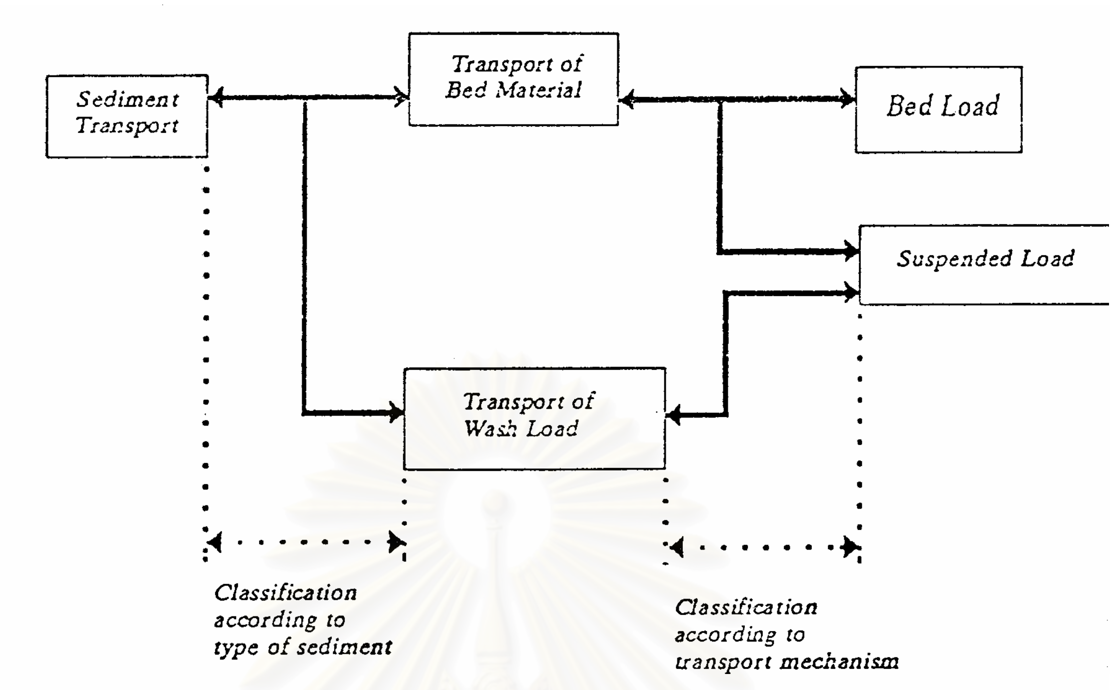
ก. ตะกอนท้องน้ำ เป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคตะกอนโดยการไถล กลิ้ง หรือกระโดดไปมาระหว่างเนินของท้องน้ำที่มีรูปร่างเป็นริ้วคลื่น (Ripple) หรือลอนคลื่น (Dune) ดังแสดงในรูปที่ 2-2

ข. ตะกอนแขวนลอย เป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคตะกอนในลักษณะแขวนลอยอยู่ห่างจากท้องน้ำ เมื่อแรงโน้มถ่วงที่มีต่อน้ำหนักตะกอนสมดุลกับแรงดันขึ้นเนื่องจากความปั่นป่วนของการไหลรวมทั้งแรงลอยตัว

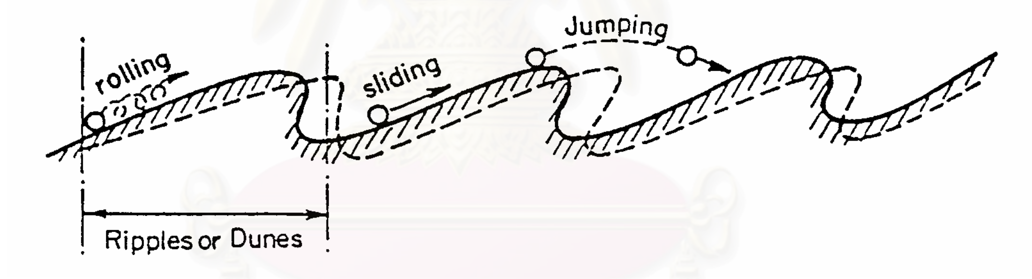
ค. ตะกอนละเอียด เป็นการเคลื่อนที่ของอนุภาคตะกอนที่มีขนาดเล็ก (มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $D < 60\mu m$) เล็กกว่าวัสดุท้องน้ำและไม่ค่อยพบในท้องน้ำ มักมีการกระจายตัวสม่ำเสมอตลอดความลึก

ง. ตะกอนวัสดุท้องน้ำ เป็นผลรวมของตะกอนท้องน้ำและตะกอนแขวนลอยโดยยกเว้นตะกอนละเอียด ในการคำนวณการเคลื่อนที่ของอนุภาคตะกอน จะพิจารณาเฉพาะตะกอนวัสดุท้องน้ำ เนื่องจากตะกอนละเอียดจะไม่มีผลต่อการกัดเซาะหรือทับถม

ในความเป็นจริงตะกอนบางขนาดในบางเวลาก็อาจเคลื่อนที่แบบตะกอนท้องน้ำและในบางเวลาก็เคลื่อนที่แบบตะกอนแขวนลอย ดังนั้นการจำแนกลักษณะดังที่กล่าวมาจึงเป็นการจำแนกโดยประมาณเท่านั้น



รูปที่ 2-1 การแบ่งประเภทของการนำพาตะกอน



รูปที่ 2-2 การเคลื่อนที่ของตะกอนท้องน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 สูตรอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมด (Total Load Equation)

สูตรที่ใช้คำนวณหาอัตราการนำพาตะกอนทั้งหมดที่เป็นรู้จักดีมีดังนี้

Shinohara และ Tsubaki (1959)

Garde และ Albertson (1961)

Colby (1964)

Engelund และ Hansen (1967)

Toffaleli (1969)

Ackers และ White (1973)

สมการต่าง ๆ เหล่านี้จะมีข้อกำหนดขึ้นอยู่กับ ขนาดของวัสดุท้องน้ำที่ใช้ ขนาดของวัสดุท้องน้ำที่ใช้ในการศึกษานี้ใช้ขนาดตะกอนเฉลี่ยในช่วง 0.33-2.0 มม. ดังนั้นสมการที่ใช้ในการศึกษาเพื่อประเมินค่าเริ่มต้นของอัตราการนำพาตะกอน (อัตราการโรยทราย) สภาพสมดุลกรณีไม่มีฝาย ดังนี้

1) **สูตรของ** Ackers and White

เพื่อใช้สำหรับวัสดุท้องน้ำที่มีขนาด $1 < D_{gr} < 60$ มม

$$G_{gr} = c\left(\frac{F_{gr}}{A} \quad 1\right)^{m} = \frac{xh}{S_s D_{35}}\left(\frac{u}{u_*}\right)^{n} \qquad (2\text{-}1)$$

$$F_{gr} = \frac{u_*^{n}}{\sqrt{\Delta g D_{35}}}\left(\frac{\bar{u}}{\sqrt{32}\log\frac{10h}{D_{35}}}\right)^{1-n} \qquad (2\text{-}2)$$

$$x = \frac{S_s D_{35} c}{h}\left(\frac{F_{gr}}{A} - 1\right)^{m}\left(\frac{u_*}{u}\right)^{n} \qquad (2\text{-}3)$$

$$X = x\gamma uhB \qquad (2\text{-}4)$$

$$D_{gr} = D_{35}\left(\frac{\Delta g}{\nu^2}\right)^{1/3} \qquad (2\text{-}5)$$

เมื่อ G_{gr} = ค่าอัตราการนำพาตะกอนไร้หน่วย (Dimensionless Sediment Transport Rate)

F_{gr} = ค่าการเคลื่อนที่ของตะกอนไร้หน่วย (Dimensionless Sediment Mobility Number)

c, A, m, n = ค่าสัมประสิทธิ์

D_{gr} = ค่าขนาดตะกอนแบบไร้มิติ (Dimensionless Particle Size)

x = อัตราส่วนระหว่างอัตราการนำพาตะกอนคิดเป็นน้ำหนักต่ออัตราการไหลของน้ำคิดเป็นน้ำหนัก

X = อัตราการนำพาตะกอนคิดเป็นน้ำหนัก

S_s = ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุ

γ = หน่วยน้ำหนักของน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

u = ความเร็วการไหล , เมตร/วินาที

h = ความลึกการไหล , ม.

B = ความกว้างลำน้ำ , ม.

u_* = หน่วยแรงเฉือน , เมตร/วินาที

Δ = ความถ่วงจำเพาะสัมพัทธ์ = $S_s - 1$

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก , ม./ว^2

D_{35} = ขนาดตะกอนละเอียดไม่น้อยกว่าร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก

ν = ความหนืดจนลศาสตร์ของน้ำ , ม^2/วินาที

การหาค่าสัมประสิทธิ์ของสูตร Ackers และ White สำหรับตะกอนขนาดใหญ่ $D_{gr} > 60$ มม. ค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าคงที่ คือ $c = 0.025$ $A = 0.17$ $m = 1.5$ และ $n = 0$ สำหรับตะกอนขนาดกลาง $1 < D_{gr} < 60$ มม. ค่าสัมประสิทธิ์จะเป็นฟังก์ชั่นของค่า D_{gr} ดังแสดงในรูปที่ 2-3 ที่สถานการณ์เริ่มต้นเคลื่อนตัวของตะกอน $G_{gr} = 0$ และจากสูตรจะได้ว่า $F_{gr} = A$ นั่นคือ A เป็นค่าวิกฤตการเริ่มต้นเคลื่อนที่ของตะกอน เมื่อเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์ของ Shields จะได้ความสัมพันธ์ $\psi_c = A^2$ ค่า n หาได้จากการเปรียบเทียบกับช่วงขนาดของตะกอน โดย $n = 1$ สำหรับตะกอนขนาดเล็ก $D_{gr} = 1$ มม. ซึ่งค่า F_{gr} และ G_{gr} สัมพันธ์กับแรงเฉือนทั้งหมด u_* และ $n = 0$ สำหรับตะกอนขนาดใหญ่ $D_{gr} > 60$ มม. ซึ่งค่า F_{gr} และ G_{gr} สัมพันธ์กับแรงเฉือนของเม็ดตะกอน u_*' โดยใช้ค่าเฉลี่ยของ u และ $\frac{h}{D}$

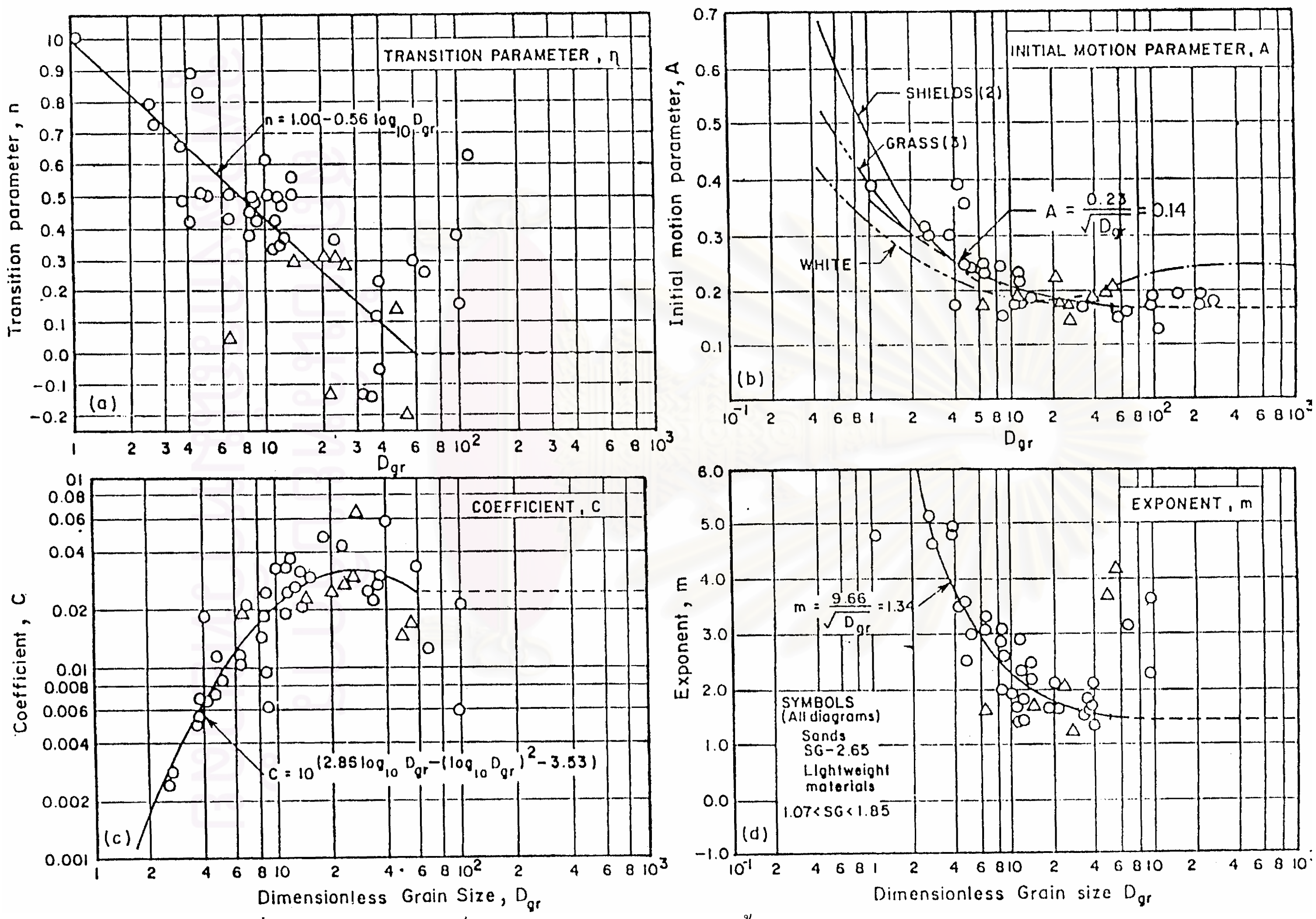
2) **สูตรของ** Engelund and Hansen

เพื่อใช้สำหรับวัสดุท้องน้ำที่มีขนาดตั้งแต่ $D_{50} < 1$ มม. ลงมา

$$\phi = \frac{s}{\sqrt{\Delta g D^3}} = \left(0.05\frac{C^2}{g}\right)\left(\frac{hi}{\Delta D_{50}}\right)^{5/2} = 0.05\ \psi^{5/2} \qquad (2\text{-}6)$$

$$\psi = \mu \frac{hi}{\Delta D_{50}} \qquad (2\text{-}7)$$

$$\mu = \text{ripple factor} = \left(\frac{C^2}{g}\right)^{2/5} \qquad (2\text{-}8)$$



รูปที่ 2-3 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับสูตรคำนวณตะกอนทั้งหมดของ Ackers และ White (1973)

สูตรนี้ได้จากการทดลองกับตะกอนที่มีขนาดในช่วง 0.19 มม. $< D_{50} <$ 1 มม. สูตรนี้สามารถแสดงในอีกรูปแบบหนึ่ง คือ $s = au^b$ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรข้างบนจะได้ $b = 5$ และจะได้

$$a = \frac{0.05}{\Delta^2 D_{50} C^3 \sqrt{g}} \tag{2-9}$$

สำหรับปริมาตรเนื้อวัสดุ (Solid Volume, ∇_s) คิดเฉพาะปริมาตรของเนื้อวัสดุตะกอน (Grain) ไม่รวมช่วงว่าง (Void) และสำหรับปริมาตรจริง (Actual Volume, ∇_a) คิดปริมาตรของเนื้อตะกอนและช่องว่าง

$$a = \frac{0.05}{(1-\varepsilon)\Delta^2 D_{50} C^3 \sqrt{g}} \tag{2-10}$$

เมื่อ $\varepsilon =$ ค่าความพรุนของตะกอน $= \dfrac{\nabla_v}{\nabla_s + \nabla_v}$

$\nabla_s =$ ปริมาตรของเนื้อวัสดุ

$\nabla_v =$ ปริมาตรของช่องว่าง

สำหรับทรายมีค่า $\varepsilon = 0.4$ จะได้

$$a = \frac{0.084}{\Delta^2 D_{50} C^3 \sqrt{g}} \tag{2-11}$$

2.3 การคำนวณประสิทธิผลการดักตะกอน

ประสิทธิผลการดักตะกอน (Sediment trap efficiency)

$$\eta = \frac{\nabla_s(\text{deposit})}{\nabla_s(\text{inflow})} \tag{2-12}$$

เมื่อ ∇_s (Deposit) = ปริมาตรตะกอนทับถมในลำน้ำหน้าฝายในช่วงเวลากำหนด คำนวณได้จากความแตกต่างของระดับท้องน้ำของเวลาเริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดที่ตะกอนเต็มหน้าฝาย

∇_s (Inflow) = ปริมาตรตะกอนไหลเข้าลำน้ำหน้าฝายในช่วงเวลากำหนด คำนวณได้จากผลคูณของอัตรานำพาตะกอนหรืออัตราการโรยทรายกับเวลาสิ้นสุดที่ตะกอนเต็มหน้าฝายและค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละตะกอน (ดูภาคผนวก ข)

บทที่ 3

การศึกษาที่ผ่านมา

การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับประสิทธิผลการดักตะกอน การเคลื่อนที่ของตะกอนโดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพและการออกแบบ Check dam มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Churchill (1948) ได้พัฒนาวิธีเพื่อใช้หาประสิทธิผลการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำ ในปัจจุบันถูกใช้โดย Tennessee Valley Authority (TVA) ในประเทศสหรัฐอเมริกา Churchill ได้สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของตะกอนที่ไหลผ่านอ่างเก็บน้ำ (1-η) กับดัชนีการตกตะกอนในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir sedimentation index) ดังแสดงในรูปที่ 3-1

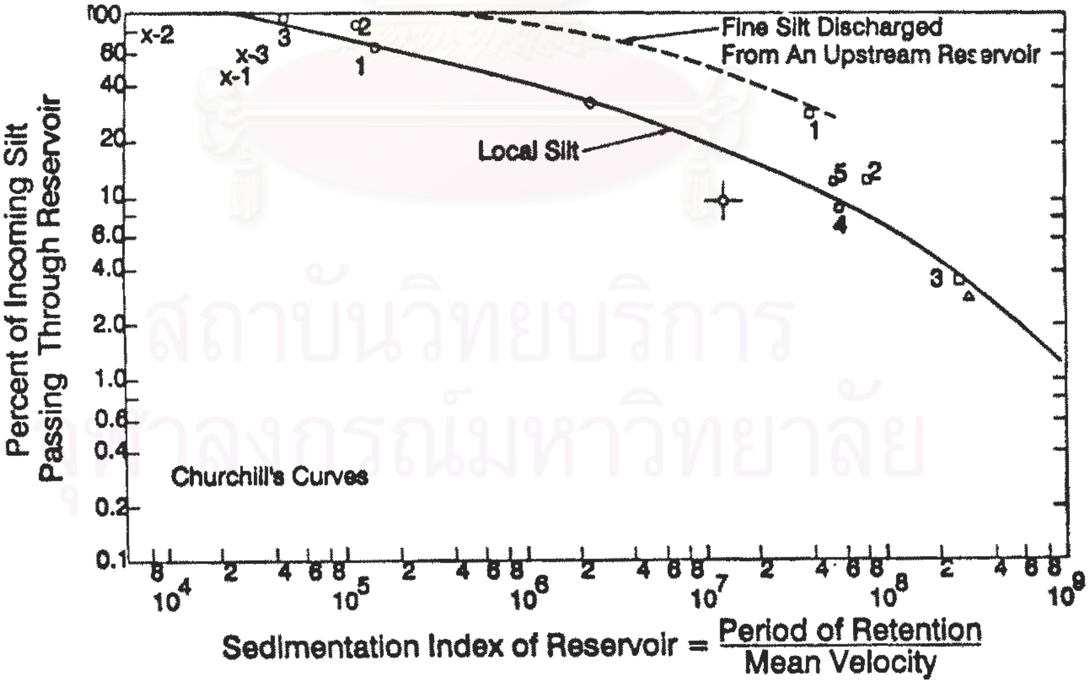
$$\text{ดัชนีการตกตะกอนในอ่างเก็บน้ำ} = \frac{T_R}{u} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ T_R = ระยะเวลาที่น้ำผสมตะกอนถูกเก็บกักในอ่างเก็บน้ำ = $\frac{C}{I}$

u = ความเร็วการไหลเฉลี่ยของน้ำผสมตะกอนที่ไหลผ่านอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลา T_R

เมื่อ C = ความจุเก็บกักน้ำของอ่าง

I = อัตราการไหลเข้าของน้ำผสมตะกอน



รูปที่ 3-1 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของตะกอนไหลผ่านอ่างเก็บน้ำกับอัตราส่วนระยะเวลาเก็บกักตะกอนกับความเร็วการไหลเฉลี่ยของ Churchill

Brune (1953) ได้พัฒนาวิธีการจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บในภาคสนาม (Empirical) เพื่อหาประสิทธิผลการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำ Brune ได้ใช้ข้อมูลจากอ่างเก็บน้ำ 44 แห่งในสหรัฐอเมริกามาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำกับอัตราส่วนระหว่างความจุเก็บกักน้ำของอ่างต่อปริมาณของน้ำไหลเข้าในอ่างรายปีเรียกว่า Brune's Curve ดังแสดงในรูปที่ 3-2 จะสังเกตเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนความจุของอ่างต่อปริมาณของน้ำไหลเข้าอ่างรายปีมีค่ามากกว่า 0.15 จะได้ว่าค่าประสิทธิผลการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำมากกว่า 90 %

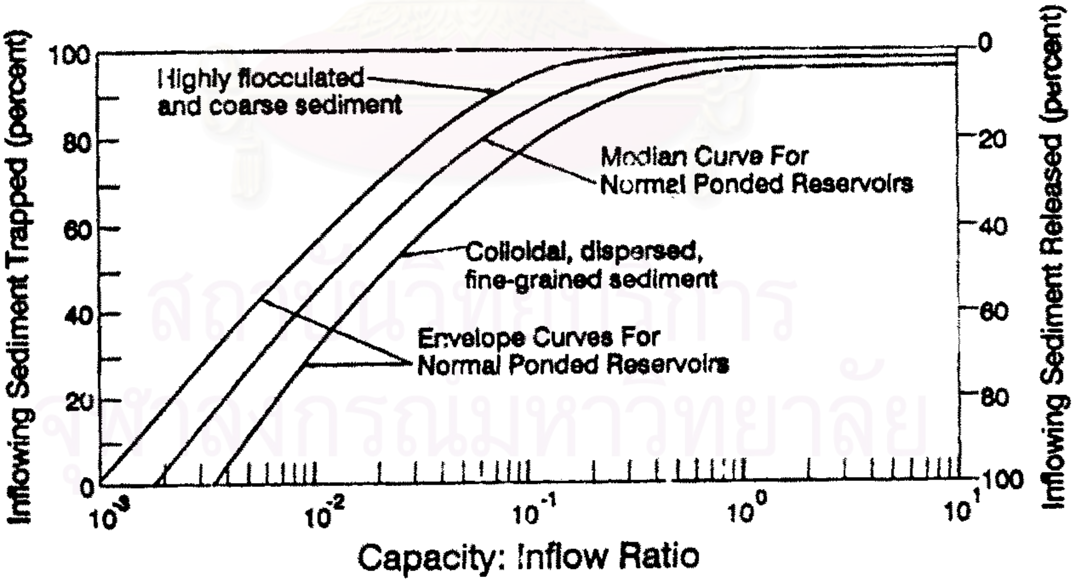
ประสิทธิผลการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำของ Brune (Trap efficiency of reservoir)

$$\eta = \frac{\nabla_s(\text{deposit})}{\nabla_s(\text{inflow})} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ ∇_s (Deposit) = ปริมาตรตะกอนทับถมในอ่างเก็บน้ำ

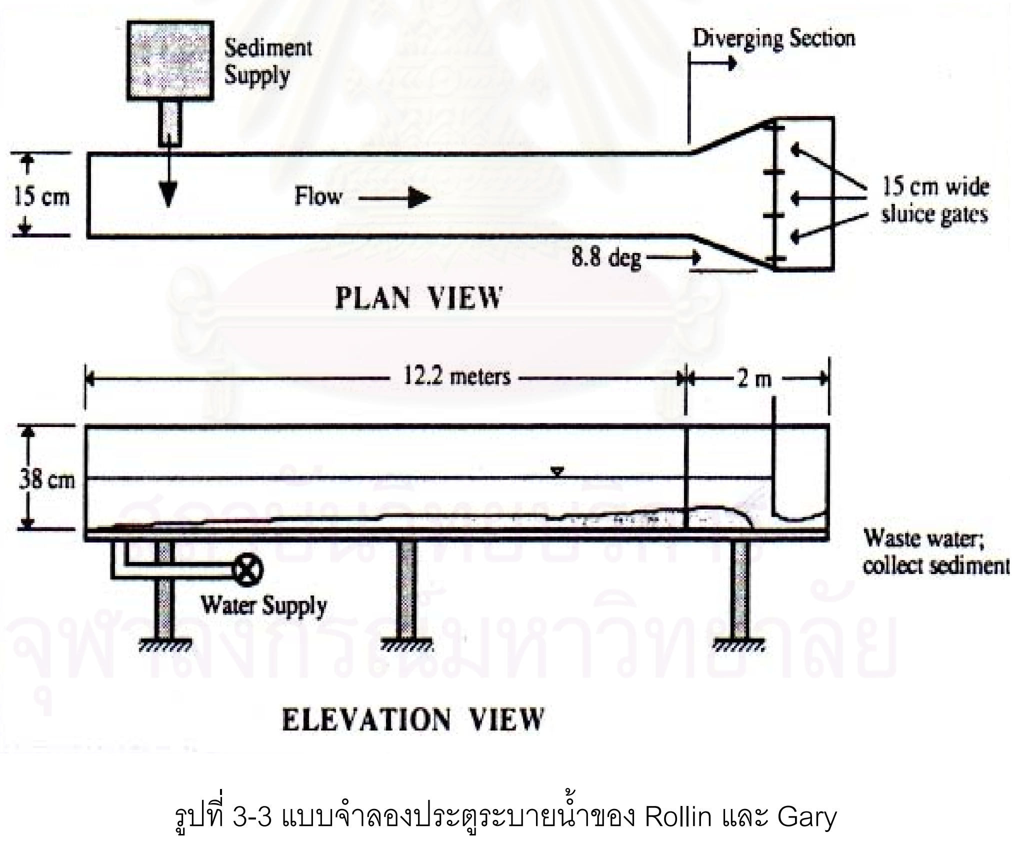
∇_s (Inflow) = ปริมาตรตะกอนไหลเข้าอ่างเก็บน้ำรายปี

วิธีการของ Brune ให้คำตอบที่เป็นค่าประมาณอย่างมากวิธีหนึ่ง โดยอาจให้ค่าผิดมากเมื่อประยุตก์ใช้กับอ่างเก็บน้ำกึ่งแห้งคือ อ่างแห้งไม่มีน้ำเป็นเวลาครึ่งหนึ่งของเวลาทั้งหมด อ่างเก็บกักน้ำหลากที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงของระดับน้ำมากหรืออ่างเก็บน้ำที่มีการตกตะกอนมาก



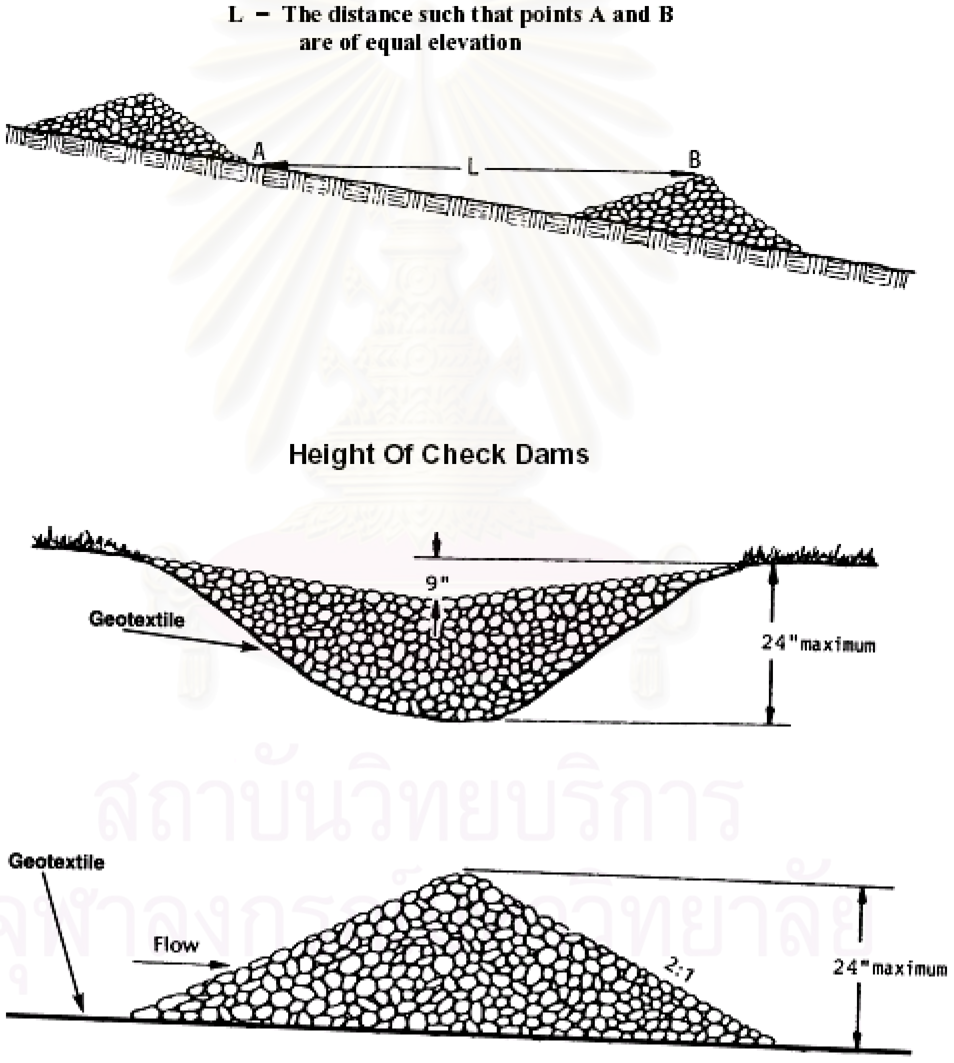
รูปที่ 3-2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการดักตะกอนของอ่างเก็บน้ำกับอัตราส่วนระหว่างความจุเก็บกักกับปริมาณน้ำไหลเข้ารายปีของ Brune

Rollin และ Gary (1990) ได้ศึกษาการทับถมของตะกอนท้องน้ำอันเนื่องจากเกิดน้ำเอ่อเมื่อมีโครงสร้างทางชลศาสตร์เป็นประตูระบายน้ำขวางการไหลของลำน้ำ ซึ่ง Rollin และ Gary ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ การทดลองได้ใช้รางน้ำยาว 14 เมตร กว้าง 0.15 เมตร และมีประตูระบายน้ำที่ท้ายน้ำและขยายความกว้างของรางน้ำที่บริเวณด้านหน้าของประตูระบายน้ำเพื่อให้มีสภาพคล้ายกับอ่างเก็บน้ำ และวัดการเปลี่ยนแปลงของท้องน้ำที่ด้านเหนือของประตูระบายน้ำ โดยนำไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณแบบจำลองคณิตศาสตร์ การเปรียบเทียบได้พิจารณาถึงระดับของท้องน้ำและระดับผิวน้ำ จากการทดลองให้เกิดสภาวะน้ำหนุนย้อยกลับ (Back water effect) จากประตูระบายน้ำไปทางเหนือน้ำทำให้ความเร็วการไหลและการเคลื่อนที่ของตะกอนลดลงเกิดการทับถมของตะกอนในลำน้ำด้านเหนือน้ำของประตูระบายน้ำดังแสดงในรูปที่ 3-3 พบว่าค่าระดับท้องน้ำจากการคำนวณจะให้ค่าที่สูงกว่าค่าระดับจากการทดลองประมาณ 22 %



รูปที่ 3-3 แบบจำลองประตูระบายน้ำของ Rollin และ Gary

GA SWCCC (2000) ได้ออกแบบ Check dam โดยมีลักษณะวางเรียงเป็นแถวตามทางน้ำ เพื่อใช้ลดการกัดเซาะท้องน้ำ ความเร็วการไหลและใช้ดักตะกอนขนาดใหญ่ ลักษณะของ Check dam สร้างด้วยหินขนาดใหญ่ ความสูงไม่เกิน 2 ฟุต ความกว้างของสัน Check dam อย่างน้อย 12 นิ้ว ความลาดชันด้านหน้าและด้านหลัง Check dam เท่ากับ 1:2 ดังแสดงในรูปที่ 3-4 พื้นที่รับน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุทำ Check dam โครงสร้างของ Check dam ที่ทำด้วยหินกรวดใช้กับพื้นที่รับน้ำไม่เกิน 1 เอเคอร์ ส่วนโครงสร้างที่ใช้วัสดุด้วยหินขนาดตั้งแต่ 2-5 นิ้ว พื้นที่รับน้ำไม่เกิน 5 เอเคอร์ ระยะห่างของ Check dam คิดตั้งแต่ระดับท้ายของ Check dam ตัวบนถึงระดับสันฝายของ Check dam ตัวล่าง ด้วยค่าระดับที่เท่ากัน

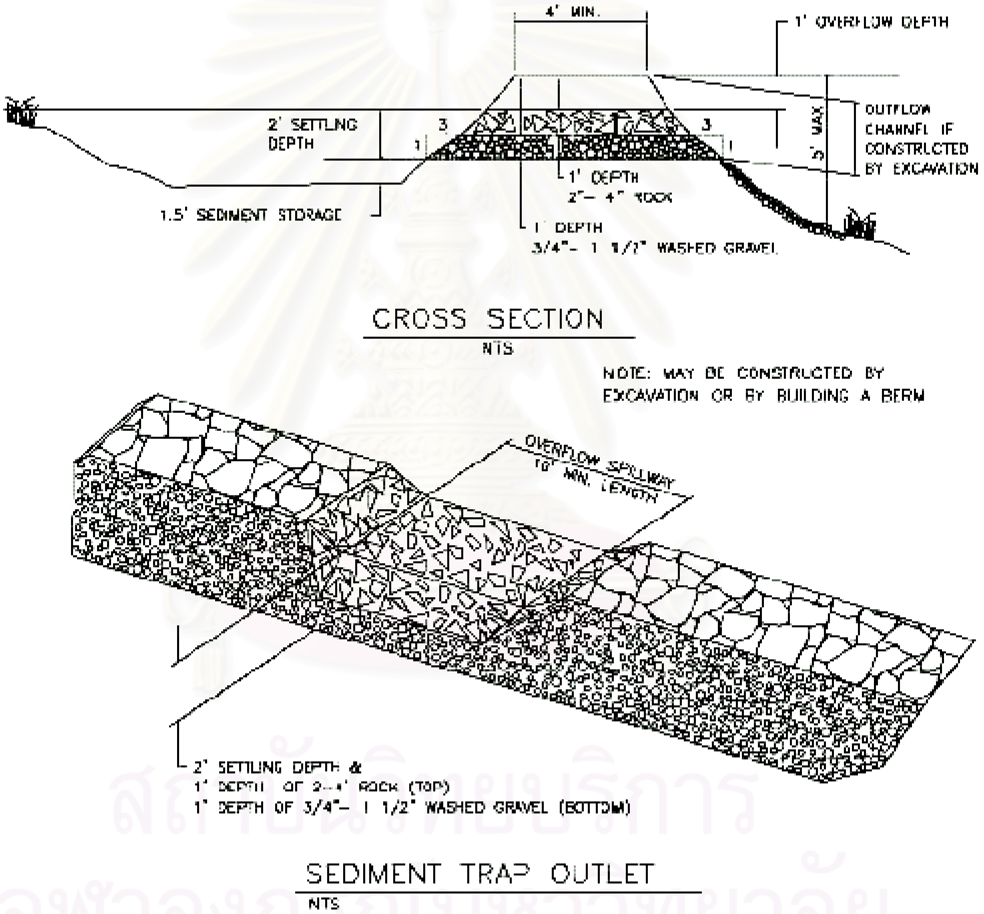


Source: GA SWCCC

รูปที่ 3-4 ลักษณะของ Check dam (GA SWCCC, 2000)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

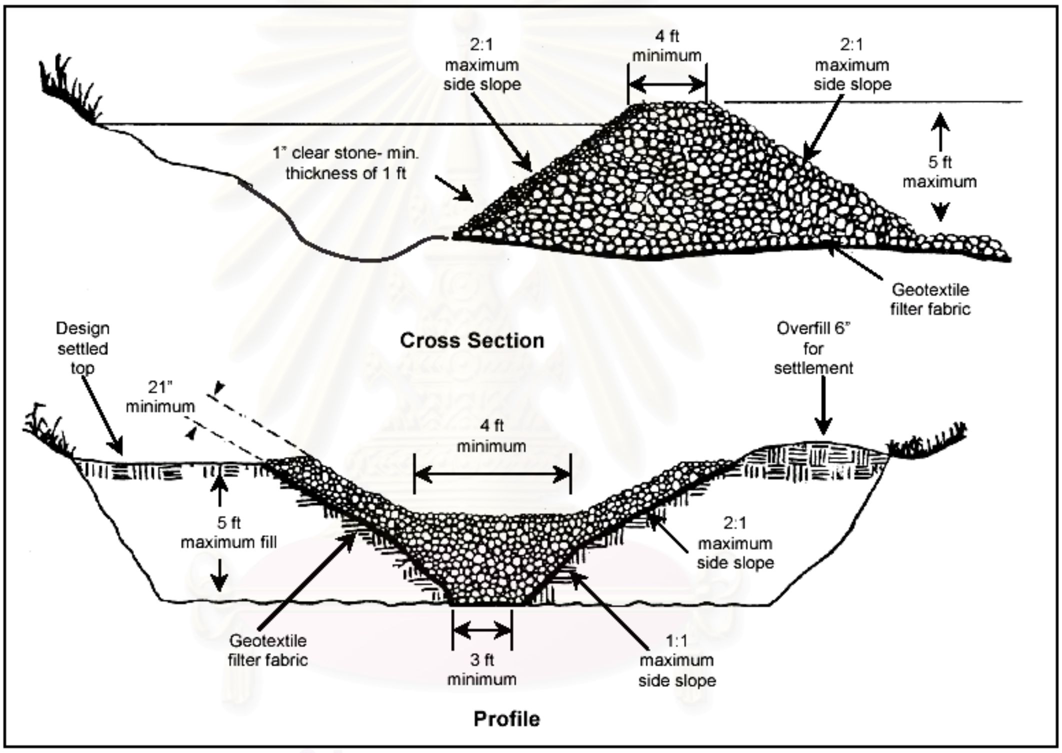
Erosion and sediment control measure and BMP’s (2001) ได้ออกแบบฝายดักตะกอนในรูปแบบต่างๆ เพื่อลดการทับถมของตะกอนด้านท้ายน้ำ โดยได้ออกแบบเพื่อใช้ดักตะกอนที่มีขนาดตั้งแต่ 0.02 มม.ขึ้นไป ลักษณะทั่วไปของฝายคือความสูงฝายอย่างต่ำ 3 ฟุต ฝายออกแบบให้น้ำไหลล้นผ่างทางน้ำล้น ปริมาตรการดักตะกอนคิดที่ความสูงต่ำลงมา 1 ฟุต ความลาดชันด้านหน้าและด้านหลังฝายเท่ากับ 1:3 วัสดุที่ใช้ทำฝายเป็นกรวดถมเป็นชั้นแรกและใช้หินถมอีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3-5 ซึ่งฝายดักตะกอนมีพื้นที่รับน้ำไม่เกิน 5 เอเคอร์ ซึ่งจากคู่มือแนะนำไว้ว่าต้องมีการขุดลอกตะกอนเมื่อตะกอนทับถมได้ 1 ใน 3 ของปริมาตรเก็บกัก การสำรวจต้องทำการตรวจสอบความจุฝายทุกสัปดาห์



รูปที่ 3-5 ลักษณะของ Check dam (Erosion and sediment control measure and BMP’s, 2001)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Dane county erosion control and stormwater management manual (2002) ได้ออกแบบ Check dam เพื่อใช้ดักตะกอนที่ไหลเข้าลำน้ำหลักในช่วงที่เกิดน้ำหลาก ซึ่ง Check dam ที่ได้ออกแบบสามารถใช้ได้กับพื้นที่รับน้ำไม่เกิน 5 เอเคอร์ โดยฝนออกแบบอยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 24 ชั่วโมงถึง 1 ปี ลักษณะของ Check dam มีความลาดชันของด้านหน้าและด้านหลังของ Check dam เท่ากับ 1:2 และมีความสูงของ Check dam ไม่เกิน 5 ฟุต ดังแสดงในรูปที่ 3-6 การก่อสร้างใช้หินถมโดยมีความกว้างสันของ Check dam อย่างน้อย 4 ฟุต Check dam ที่ออกแบบมีอายุการใช้งาน 18 เดือนและประสิทธิผลการดักตะกอนของ Check dam นี้มีค่าอยู่ในช่วง 70-80 % ตะกอนที่ดักได้เป็นตะกอนขนาดใหญ่ ถ้าตะกอนในลำน้ำมีขนาดเล็กประสิทธิผลจะลดต่ำลง



Source: Adapted from North Carolina Erosion and Sediment Control Planning and Design Manual

รูปที่ 3-6 ลักษณะของ Check dam (Dane county erosion control and stormwater management manual, 2002)

บทที่ 4

การดำเนินการทดลอง

4.1 การดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาและทดลองในรางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาวราง 18 ม. กว้าง 0.60 ม. และลึก 0.75 ม. ผนังด้านข้างทั้ง 2 ด้านทำด้วยกระจกใสหนา 1.20 ซม. พื้นรางน้ำทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 6 มม. ดูรายละเอียดภาคผนวก ก. ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีการควบคุมอัตราการไหล 5 ค่า อยู่ในช่วง 14- 28 ลิตรต่อวินาที ซึ่งใช้ฝายสันคมรูปสามเหลี่ยมวัดอัตราการไหลของน้ำ สภาวะการไหลของน้ำมีการเคลื่อนที่ของวัสดุท้องน้ำโดยใช้เครื่องโรยทรายอัตโนมัติ ซึ่งมีลักษณะเป็นถังเก็บทราย ติดตั้งมอเตอร์สั่นสะเทือน ที่โรยทรายมีลักษณะเป็นลูกกลิ้ง ควบคุมอัตราการหมุนโดยมอเตอร์เพื่อใช้กำหนดอัตราการโรยทรายด้วยเครื่องปรับกระแสไฟฟ้า ซึ่งวัสดุท้องน้ำใช้ทรายจำลองเป็นวัสดุท้องน้ำ 3 ขนาด ซึ่งมีคุณสมบัติดังตาราง ข-1 ถึง ข-3 ปูหนาประมาณ 20 ซม.จากรางน้ำ การทดลองแบบมีฝายใช้แผ่นพลาสติกจำลองเป็นฝายดักตะกอนวัดสูงจากพื้นท้องน้ำ 3 ขนาด โดยใช้ฝายสันคมรูปสามเหลี่ยม วัดอัตราการไหลของน้ำ และสำหรับการเก็บข้อมูลความลึกการไหล ระดับผิวน้ำและระดับท้องน้ำใช้ไม้วัดระดับ (Staff Gauge)

4.2 อุปกรณ์การทดลอง

1) อุปกรณ์ (Equipment)

- รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีขนาดยาว 18 ม. กว้าง 0.60 ม. และลึก 0.75 ม. ซึ่งมีผนังด้านข้าง (Side Wall) ทำด้วยกระจกใสหนา 1.20 ซม. ทั้งสองข้างพื้นรางทำจากเหล็กหนา 6 มม. และความลาดเอียงท้องรางน้ำสามารถปรับได้โดยใช้แม่แรงยก ซึ่งควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ดูรายละเอียดภาคผนวก ก
- น้ำที่ใช้ในการทดลองได้รับจากถังน้ำขนาด 30 ลบ.ม. ซึ่งอยู่ชั้นดาดฟ้าของอาคาร 5 ชั้น โดยใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 25 Hp จำนวน 4 ชุด ดูรายละเอียดภาคผนวก ก
- 90° V-Notch Weir ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำในรางน้ำ ทำการติดตั้งไว้ที่ด้านท้ายของรางน้ำ การหาอัตราการไหลโดยการอ่านค่าระดับน้ำเหนือสันฝาย (H) และนำไปคำนวณอัตราการไหลจากสมการ $Q = 0.015H^{2.48}$

(ธีรศักดิ์, 2545) ภายใน Weir ได้ติดตั้งแผงกรองคลื่น 2 ชั้นเพื่อให้ระดับน้ำนิ่ง ชั้นแรกมีลักษณะเป็นหินกรวด ชั้นที่สองมีลักษณะเป็นใยมะพร้าวทำให้สามารถอ่านค่าระดับน้ำเหนือสันฝายได้ถูกต้อง ดูรูปได้ในภาคผนวก ก

- เครื่องโรยทรายอัตโนมัติมีลักษณะเป็นถังเก็บทราย ติดตั้งมอเตอร์สั่นสะเทือน และควบคุมอัตราการโรยทรายด้วยชุดควบคุมอัตโนมัติ ดูภาคผนวก ก
- แบบจำลองฝายน้ำล้นที่ใช้ในการทดลองทำด้วยแผ่นพลาสติก ดูภาคผนวก ก
- วัสดุท้องน้ำใช้ทราย 3 ขนาด ได้แก่ ทรายหยาบ D_{50} เท่ากับ 2.0 มม. ทรายขนาดปานกลาง D_{50} เท่ากับ 1.4 มม. และทรายละเอียด D_{50} เท่ากับ 0.33 มม. เพื่อจำลองวัสดุท้องน้ำตามธรรมชาติ ดูภาคผนวก ก

2) เครื่องมือวัด (Instrument)

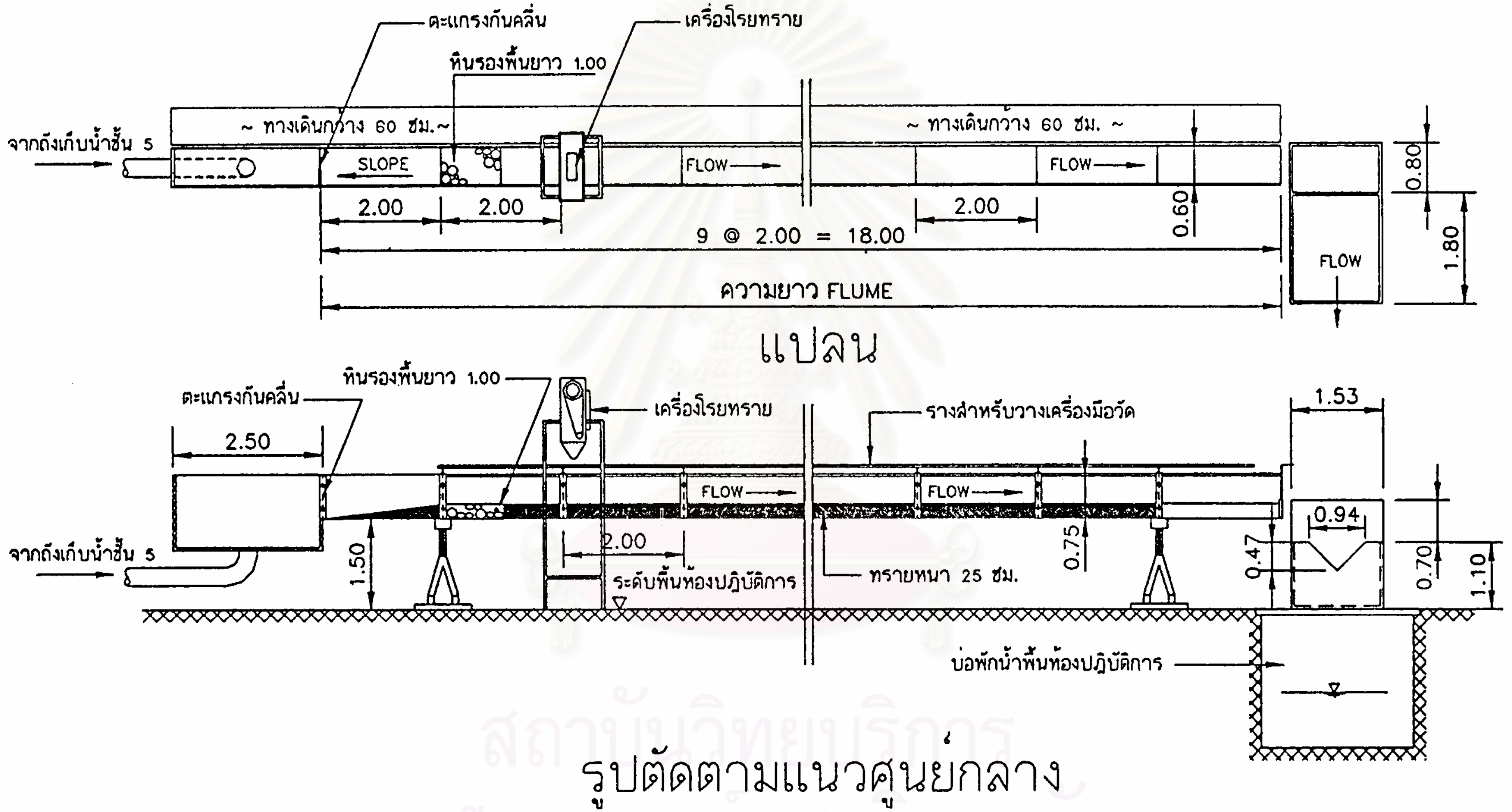
- ไม้วัดระดับสำหรับวัดความลึกการไหล ระดับผิวน้ำ และระดับท้องน้ำ ดูภาคผนวก ก
- เทอร์โมมิเตอร์ สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำขณะทำการทดลอง
- นาฬิกาจับเวลา

3) ตำแหน่งการวัดข้อมูล

การวัดข้อมูลจะแบ่งเป็นตาราง โดยแบ่งเป็น 3 แถว คือตำแหน่งที่ใกล้ขอบรางน้ำ 2 แถว และที่กึ่งกลางรางน้ำอีก 1 แถว ซึ่งจะได้ระยะห่างแถวเท่ากับ 0.30 ม. และแบ่งตามหน้าตัดขวางรางน้ำตามความยาวได้ 47 หน้าตัด ช่วงระยะจากตัวฝายถึงระยะ 8.75 ม. จะวัดทุกระยะ 0.25 ม. และจากระยะ 9.75 ถึง 14.25 ม. จะวัดทุก 0.50 ม. โดยแผนผังการของตำแหน่งการวัดของข้อมูลได้แสดงดังรูปที่ 4-3

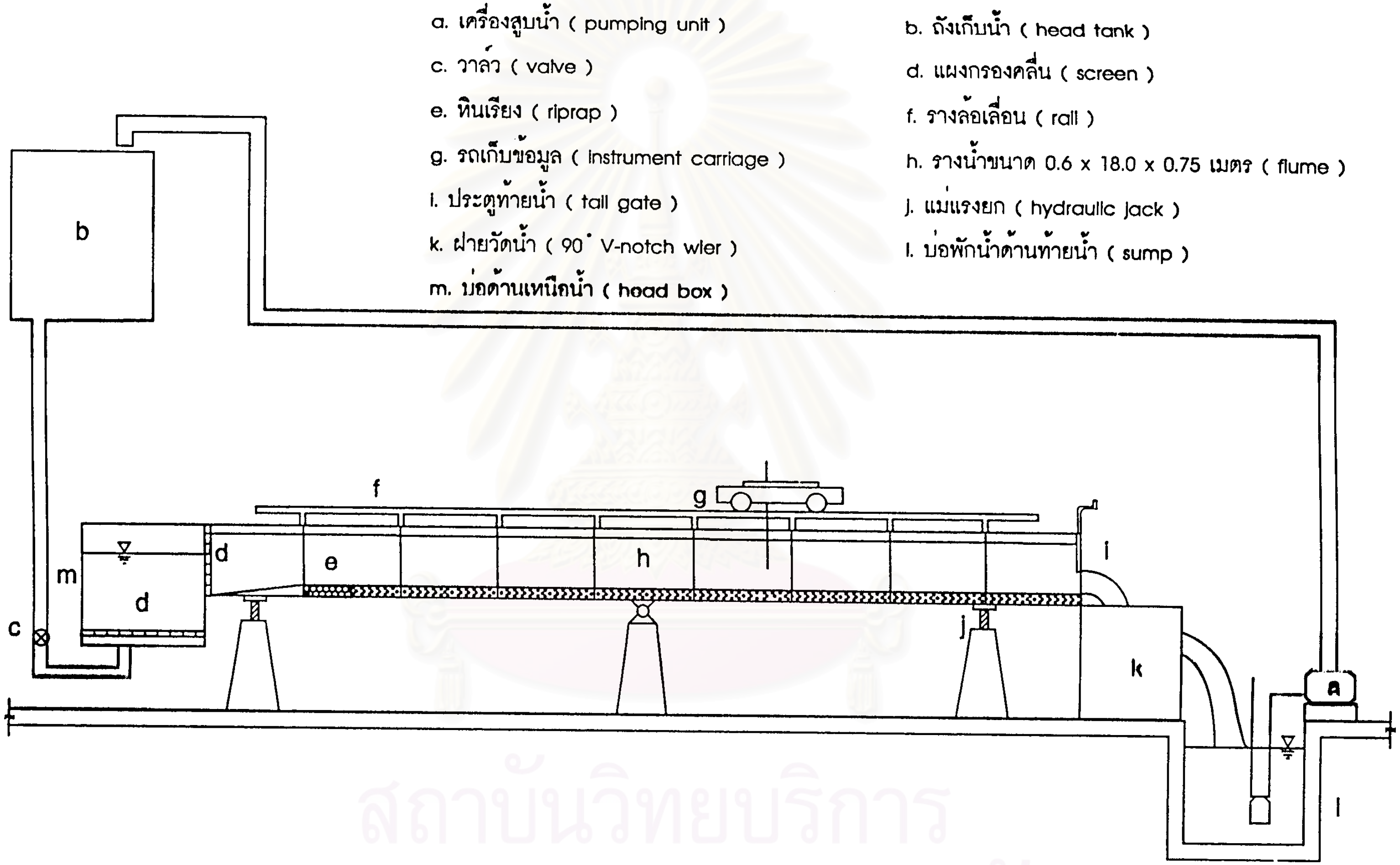
4.3 **ขั้นตอนการทดลอง** (Experiment Procedure)

การทดลองแต่ละชุดตามค่ากำหนดชุดหนึ่งๆ ของปัจจัยทั้งสามมีการทำ 2 ขั้นตอนคือครั้งที่หนึ่งเพื่อปรับสภาพสมดุลของท้องน้ำ (แบบไม่มีฝายดักตะกอน การไหลเข้าและไหลออกของตะกอนเท่ากัน) และครั้งที่สองเพื่อทดลองการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำแบบมีฝายดักตะกอน ดังต่อไปนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-1 รางน้ำที่ใช้ในการทดลอง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-2 แผนผังแสดงส่วนประกอบต่างๆ และระบบหมุนเวียนของน้ำ

1. การทดลองแบบไม่มีฝายดักตะกอน (ปรับสภาพสมดุลของท้องน้ำ)

เป็นการหาอัตราการนำพาตะกอนหรืออัตราการโรยทรายที่สมดุลกับอัตราการไหลของน้ำ ความเร็วการไหลของน้ำและขนาดตะกอน โดยพิจารณาสภาพสมดุลของท้องน้ำจากการที่ท้องน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือสภาพตะกอนที่ไหลเข้าและออกรางน้ำมีค่าเท่ากัน

1.1 ก่อนการทดลอง

- เตรียมขนาดทรายที่ต้องการ
- เตรียมรางน้ำและเครื่องมือวัด
- เตรียมทรายและวิเคราะห์การกระจายตัวของทรายและความถ่วงจำเพาะของทราย

1.2 ก่อนการทดสอบแต่ละครั้ง

- ใส่ทรายที่ท้องน้ำตลอดความยาวรางน้ำหนาประมาณ 20 ซม. ให้อยู่ในแนวราบสม่ำเสมอ
- กำหนดค่าอัตราการไหล
- วัดระดับท้องน้ำแล้วคำนวณค่าความลาดชันท้องน้ำ S_o
- คำนวณค่าความสูงการไหลจากสมการของ Manning's
- ทำการคำนวณค่าอัตราการนำพาตะกอน และคำนวณค่าความเร็วรอบของเครื่องโรยทรายที่สัมพันธ์กับค่าอัตราการนำพาตะกอนที่ได้จากการคำนวณ

1.3 เริ่มทำการทดลอง

- เปิดน้ำเข้ารางน้ำอย่างช้า ๆ เพื่อว่าท้องน้ำจะได้ไม่ถูกรบกวนจากน้ำที่ไหลเข้ารางน้ำมากนัก
- ปรับอัตราการไหลที่ละน้อย ๆ เพื่อให้ได้ค่าตามที่ต้องการ แล้วเปิดเครื่องโรยทรายทรายที่สัมพันธ์กับค่าอัตราการนำพาตะกอนที่ได้จากการคำนวณ
- วัดระดับท้องน้ำและระดับน้ำตลอดลำน้ำแล้วบันทึกค่า ปล่อยให้ท้องน้ำปรับสภาพความลาดชันแบบสมดุลท้องน้ำตามอัตราการไหลที่เปิดไว้
- ตรวจสอบค่าระดับท้องน้ำและระดับน้ำตลอดลำน้ำอีกครั้งว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือไม่ เมื่อเห็นว่าค่าระดับท้องน้ำและระดับผิวน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาแล้ว บันทึกค่าอัตราการโรยทราย อัตราการไหลของน้ำและขนาดตะกอนที่สมดุลกันแล้วหยุดการทดลอง

2 การทดลองแบบมีฝายดักตะกอน

2.1 ก่อนการทดลอง

- เตรียมแบบจำลองฝายดักตะกอน ขนาดทรายที่จะใช้โรย อัตราการโรยทราย อัตราการไหลของน้ำและระดับท้องน้ำที่สมดุล
- เตรียมรางน้ำและเครื่องมือวัด

2.2 ก่อนการทดสอบแต่ละครั้ง

- ติดตั้งฝายดักตะกอนลงในรางน้ำหลังจากที่ได้ปรับสมดุลของท้องน้ำแบบไม่มีฝายดักตะกอน

2.3 เริ่มทำการทดลอง

- เปิดน้ำเข้ารางน้ำอย่างช้า ๆ เพื่อว่าท้องน้ำจะได้ไม่ถูกรบกวนจากน้ำที่ไหลเข้ารางน้ำมากนัก
- เพิ่มอัตราการไหลทีละน้อย ๆ จนกระทั่งได้ค่าตามที่กำหนด
- บันทึกความสูงของน้ำจาก 90° V-Notch Weir และวัดอุณหภูมิของน้ำ
- เปิดเครื่องโรยทรายให้ได้ค่าอัตราโรยทรายที่คำนวณ
- บันทึกค่าระดับน้ำและท้องน้ำเริ่มต้นตลอดทั้งรางน้ำตามตำแหน่งการวัดข้อมูลที่ได้กำหนดไว้

2.4 ระหว่างการทดลอง

- บันทึกการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและระดับท้องน้ำด้านเหนือฝายดักตะกอนระยะทางที่กำหนดและวัดทุกช่วงเวลาที่กำหนด โดยจะมีช่วงเวลาวัดประมาณ 1 ชั่วโมง และบันทึกเวลาระหว่างทำการทดลอง
- บันทึกการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและระดับท้องน้ำตลอดทั้งรางน้ำจนกระทั่งตะกอนเต็มฝายดักตะกอน

2.5 หยุดการทดลอง

- ระบายน้ำออกจากรางน้ำเปิด
- นำทรายออกจากรางแล้วนำไปตากแดดให้แห้งเพื่อใช้ในการทดลองครั้งต่อไป
- เปลี่ยนค่าอัตราการไหล (5 อัตราการไหล) ความสูงของฝายดักตะกอน (3 ระดับ) และขนาดของวัสดุท้องน้ำ (3 ขนาด) ตามที่กำหนดตามลำดับ โดยกลับไปทดลองแบบไม่มีฝายดักตะกอนอีกครั้งเพื่อทำการทดลองในค่าของชุดการทดลองต่อไปตามปัจจัยทั้งสามอย่าง

4.4 ชุดการทดลอง

การทดลองในการศึกษานี้ได้กำหนดปัจจัยที่สำคัญสามประการคือ อัตราการไหลของน้ำ ขนาดตะกอนเฉลี่ย และความสูงของฝาย ในแต่ละชุดการทดลองจึงได้กำหนดตัวอักษรเพื่อแทนค่าปัจจัยดังกล่าว ได้ดังนี้ ค่าความสูงฝายแทนด้วย W, ค่าอัตราการไหลของน้ำแทนด้วย Q, และค่าขนาดตะกอนแทนด้วย D

ค่าความสูงฝาย	คือ W1, W2, และ W3
ค่าอัตราการไหลของน้ำ	คือ Q1, Q2, Q3, Q4, และ Q5
ค่าขนาดตะกอน	คือ D1, D2, และ D3

4.5 ช่วงข้อมูลของการทดลองและผลการทดลอง

เมื่อการทดลองเสร็จสิ้นสมบูรณ์ ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลองเป็นตัวแปรพื้นฐานในการวิเคราะห์ สรุปได้ดังนี้ และตารางที่ 4-1 แสดงช่วงข้อมูลของการศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ โดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพที่ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังแสดงในตารางที่ 4-1 ที่แสดงช่วงค่าอัตราการไหล ช่วงค่าอัตราการนำพาตะกอน ช่วงค่าความลาดชันท้องน้ำ และช่วงขนาดของตะกอนที่ใช้ ตารางที่ 4-2 แสดงข้อมูลต่างๆ ของชุดข้อมูลการทดลองทั้งหมดและตารางที่ 4-3 แสดงรูปตัดระดับท้องน้ำตามระยะทางรายชั่วโมงของกรณีที่ W3-D2-Q5

อัตราการไหล	13.4 – 28.5	ลิตรต่อวินาที
ความลึกการไหล	2 – 12	ซม.
อุณหภูมิของน้ำ	26.5 - 32	องศา C^{o}
อัตรานำพาตะกอน	0.0108 – 0.040	กก./วินาที
ขนาดของตะกอนเฉลี่ย D_{50}	0.33-2.0	มม.
ความสูงฝาย	5-10	ซม.

จากการศึกษาที่ผ่านมาของแบบจำลองชลศาสตร์กายภาพ ค่าอัตราการไหลสูงสุดที่สามารถใช้งานได้ถึง 174.4 ลิตรต่อวินาที (ดูตารางที่ 4-1) แต่จากการศึกษาครั้งนี้ค่าอัตราการไหลสูงสุดที่ทำได้เท่ากับ 28.5 ลิตรต่อวินาที สืบเนื่องจากมีปัญหาในระบบวาล์วเปิด-ปิด คือเมื่อเพิ่มค่าอัตราการไหลสูงกว่า 30 ลิตรต่อวินาทีจะเกิดเสียงดังมาก และเกรงว่าถ้าต้องทำการทดลองเป็นเวลานานๆ อาจทำให้วาล์วหรือท่อจ่ายน้ำเสียหายได้ การศึกษาครั้งนี้จึงไม่สามารถเพิ่มอัตราการไหลให้มากกว่านี้ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-1 การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของตะกอนโดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพ ที่ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ศึกษา (ปีพ.ศ.)	ช่วงค่า			ขนาดตะกอนเฉลี่ย มม. เล็ก/กลาง/ใหญ่
	อัตราการไหล ลิตรต่อวินาที	อัตราการนำพาตะ-กอน กก./ว.	ความลาดชันท้องน้ำ	
สวัสดิ์ ลู่ชัยชนะ (2530)	29.7 – 174.4	68 – 6507 (ppm)	0.00025 – 0.01	0.33/0.70/0.95
พรมงคล ชิดชอบ (2540)	8 - 48	0.0001 – 0.0288	0.001 – 0.008	0.35/1.20/2.20
ธรรมวัฒน์ การุณธนกุล (2541)	12 - 55	0.0200 – 0.0860	0.001 – 0.006	0.36/1.20/2.20
เอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์ (2544)	3.1 – 48.4	-	-	0.36/1.20/2.20
ธีรศักดิ์ เจริญมรรคผล (2545)	24 – 55.2	0.0195 - 0.0907	0.0015 – 0.0069	0.26/1.18/2.90

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-2 ข้อมูลเริ่มต้นและสภาพท้องน้ำสมดุลของกรณีไม่มีฝาย

กรณีการทดลอง	ขนาดตะกอน mm.	อัตราการไหลของน้ำ m^3/s	ความลาดชันท้องน้ำ	ความลึกน้ำ m	อัตราการโรยทราย , kg/s
W1-D1-Q1	0.33	0.0134	0.0007	0.066	0.029
W1-D1-Q2	0.33	0.0163	0.0007	0.080	0.031
W1-D1-Q3	0.33	0.0200	0.0008	0.084	0.035
W1-D1-Q4	0.33	0.0240	0.0008	0.095	0.038
W1-D1-Q5	0.33	0.0280	0.0006	0.110	0.040
W2-D1-Q1	0.33	0.0130	0.0002	0.102	0.028
W2-D1-Q2	0.33	0.0170	0.0115	0.031	0.033
W2-D1-Q3	0.33	0.0200	0.0003	0.110	0.035
W2-D1-Q4	0.33	0.0240	0.0003	0.131	0.038
W2-D1-Q5	0.33	0.0280	0.0003	0.144	0.040
W3-D1-Q1	0.33	0.0140	0.0099	0.030	0.029
W3-D1-Q2	0.33	0.0160	0.0131	0.027	0.032
W3-D1-Q3	0.33	0.0200	0.0133	0.034	0.035
W3-D1-Q4	0.33	0.0240	0.0052	0.055	0.038
W3-D1-Q5	0.33	0.0280	0.0178	0.040	0.040
W1-D2-Q1	1.40	0.0139	0.0059	0.035	0.024
W1-D2-Q2	1.40	0.0159	0.0057	0.039	0.026
W1-D2-Q3	1.40	0.0200	0.0082	0.046	0.031
W1-D2-Q4	1.40	0.0237	0.0066	0.051	0.036
W1-D2-Q5	1.40	0.0275	0.0054	0.059	0.038
W2-D2-Q1	1.40	0.0138	0.0134	0.030	0.021
W2-D2-Q2	1.40	0.0157	0.0096	0.036	0.022
W2-D2-Q3	1.40	0.0197	0.0076	0.043	0.023
W2-D2-Q4	1.40	0.0240	0.0079	0.051	0.024
W2-D2-Q5	1.40	0.0282	0.0078	0.058	0.032
W3-D2-Q1	1.40	0.0141	0.0123	0.030	0.024
W3-D2-Q2	1.40	0.0164	0.0125	0.035	0.026
W3-D2-Q3	1.40	0.0203	0.0132	0.041	0.023
W3-D2-Q4	1.40	0.0243	0.0091	0.050	0.029
W3-D2-Q5	1.40	0.0284	0.0092	0.056	0.027
W1-D3-Q1	2.00	0.0138	0.0124	0.034	0.015
W1-D3-Q2	2.00	0.0162	0.0103	0.039	0.019
W1-D3-Q3	2.00	0.0195	0.0088	0.045	0.024
W1-D3-Q4	2.00	0.0236	0.0103	0.048	0.049
W1-D3-Q5	2.00	0.0279	0.0097	0.055	0.040
W2-D3-Q1	2.00	0.0141	0.0107	0.035	0.024
W2-D3-Q2	2.00	0.0163	0.0166	0.035	0.028
W2-D3-Q3	2.00	0.0197	0.0152	0.040	0.037
W2-D3-Q4	2.00	0.0242	0.0173	0.045	0.043
W2-D3-Q5	2.00	0.0275	0.0155	0.047	0.051
W3-D3-Q1	2.00	0.0136	0.0119	0.034	0.026
W3-D3-Q2	2.00	0.0160	0.0148	0.035	0.028
W3-D3-Q3	2.00	0.0197	0.0123	0.040	0.032
W3-D3-Q4	2.00	0.0245	0.0124	0.049	0.034
W3-D3-Q5	2.00	0.0285	0.0166	0.053	0.042

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-3 สถานะการเสร็จสมบูรณ์ของการทดลอง (ตะกอนเต็มรางน้ำหน้าฝาย)

กรณีการทดลอง	สถานะการทดลอง		
	สมบูรณ์*	ไม่สมบูรณ์**	% การทดลอง***
W1-D1-Q1	✓		
W1-D1-Q2	✓		
W1-D1-Q3	✓		
W1-D1-Q4	✓		
W1-D1-Q5	✓		
W2-D1-Q1	✓		
W2-D1-Q2	✓		
W2-D1-Q3	✓		
W2-D1-Q4	✓		
W2-D1-Q5	✓		
W3-D1-Q1		✓	60
W3-D1-Q2		✓	70
W3-D1-Q3		✓	70
W3-D1-Q4	✓		
W3-D1-Q5	✓		
W1-D2-Q1	✓		
W1-D2-Q2	✓		
W1-D2-Q3	✓		
W1-D2-Q4	✓		
W1-D2-Q5		✓	60
W2-D2-Q1		✓	60
W2-D2-Q2		✓	70
W2-D2-Q3		✓	70
W2-D2-Q4		✓	60
W2-D2-Q5		✓	80
W3-D2-Q1		✓	70
W3-D2-Q2		✓	70
W3-D2-Q3		✓	60
W3-D2-Q4	✓		
W3-D2-Q5	✓		
W1-D3-Q1		✓	70
W1-D3-Q2		✓	90
W1-D3-Q3		✓	80
W1-D3-Q4	✓		
W1-D3-Q5	✓		
W2-D3-Q1	✓		
W2-D3-Q2		✓	90
W2-D3-Q3	✓		
W2-D3-Q4	✓		
W2-D3-Q5	✓		
W3-D3-Q1	✓		
W3-D3-Q2		✓	80
W3-D3-Q3		✓	90
W3-D3-Q4		✓	80
W3-D3-Q5	✓		

หมายเหตุ : * ทำการทดลองตะกอนโดยที่ตะกอนทับถมเต็มรางน้ำหน้าฝาย

** ทำการทดลองตะกอนโดยที่ตะกอนทับถมไม่เต็มรางน้ำหน้าฝาย เนื่องจากทรายหมด

*** สัดส่วนของผลการทดลองที่ได้ดำเนินการเทียบกับผลการทดลองที่เสร็จสมบูรณ์โดยประมาณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D2-Q5

Run No. W3-D2-Q5 **Q** = 27.8 l/s **S** = 0.027 kg/s

Temp. = 28.3 °c

ระยะทางนับจากฝาย (ม.)	0 hr		1 hr		2 hr		3 hr	
	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)
0.00	0.272	0.446	0.272	0.446	0.272	0.446	0.272	0.446
0.25	0.270	0.448	0.270	0.448	0.270	0.448	0.270	0.448
0.50	0.277	0.449	0.277	0.449	0.277	0.449	0.277	0.449
0.75	0.280	0.450	0.280	0.450	0.280	0.450	0.280	0.450
1.00	0.280	0.447	0.280	0.447	0.280	0.447	0.280	0.447
1.25	0.283	0.447	0.283	0.448	0.283	0.447	0.283	0.446
1.50	0.284	0.446	0.284	0.447	0.284	0.447	0.284	0.446
1.75	0.288	0.446	0.288	0.446	0.288	0.446	0.288	0.446
2.00	0.293	0.447	0.293	0.446	0.293	0.446	0.293	0.445
2.25	0.293	0.446	0.293	0.444	0.293	0.444	0.293	0.443
2.50	0.298	0.446	0.298	0.444	0.298	0.444	0.298	0.443
2.75	0.298	0.444	0.298	0.442	0.298	0.442	0.298	0.442
3.00	0.303	0.444	0.303	0.442	0.303	0.442	0.303	0.442
3.25	0.305	0.444	0.305	0.442	0.305	0.441	0.305	0.440
3.50	0.308	0.442	0.308	0.440	0.308	0.439	0.308	0.439
3.75	0.310	0.442	0.310	0.440	0.310	0.439	0.310	0.439
4.00	0.313	0.441	0.313	0.439	0.313	0.438	0.313	0.439
4.25	0.317	0.441	0.317	0.440	0.317	0.438	0.317	0.439
4.50	0.320	0.441	0.320	0.439	0.320	0.437	0.379	0.438
4.75	0.322	0.440	0.322	0.437	0.322	0.433	0.374	0.437
5.00	0.323	0.439	0.323	0.436	0.323	0.432	0.373	0.437
5.25	0.324	0.439	0.324	0.436	0.376	0.433	0.377	0.437
5.50	0.330	0.439	0.330	0.435	0.375	0.434	0.375	0.437
5.75	0.333	0.440	0.333	0.435	0.383	0.435	0.377	0.439
6.00	0.334	0.439	0.334	0.433	0.379	0.435	0.384	0.439
6.25	0.337	0.438	0.377	0.432	0.381	0.435	0.382	0.439
6.50	0.341	0.436	0.369	0.431	0.380	0.435	0.383	0.439
6.75	0.344	0.434	0.376	0.432	0.378	0.436	0.383	0.440
7.00	0.344	0.432	0.378	0.433	0.383	0.437	0.383	0.440
7.25	0.348	0.430	0.373	0.433	0.373	0.438	0.381	0.439
7.50	0.357	0.429	0.378	0.434	0.383	0.439	0.382	0.440
7.75	0.363	0.431	0.376	0.437	0.385	0.442	0.382	0.444
8.00	0.364	0.430	0.378	0.436	0.374	0.442	0.387	0.444
8.25	0.361	0.431	0.380	0.437	0.386	0.443	0.389	0.447
8.50	0.370	0.431	0.373	0.437	0.387	0.444	0.380	0.448
8.75	0.367	0.433	0.378	0.438	0.383	0.445	0.391	0.451
9.25	0.370	0.436	0.382	0.440	0.390	0.448	0.391	0.452
9.75	0.372	0.436	0.380	0.439	0.390	0.447	0.389	0.449
10.25	0.374	0.439	0.378	0.442	0.389	0.449	0.393	0.452
10.75	0.378	0.442	0.389	0.445	0.392	0.451	0.393	0.456
11.25	0.381	0.441	0.388	0.447	0.392	0.455	0.399	0.458
11.75	0.380	0.438	0.388	0.448	0.392	0.456	0.399	0.458
12.25	0.380	0.442	0.391	0.451	0.395	0.459	0.403	0.462
12.75	0.383	0.445	0.393	0.451	0.396	0.459	0.404	0.463
13.25	0.392	0.448	0.396	0.454	0.402	0.462	0.412	0.465
13.75	0.392	0.451	0.402	0.456	0.406	0.464	0.411	0.466
14.25	0.399	0.454	0.410	0.459	0.416	0.467	0.423	0.469

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D2-Q5 (ต่อ)

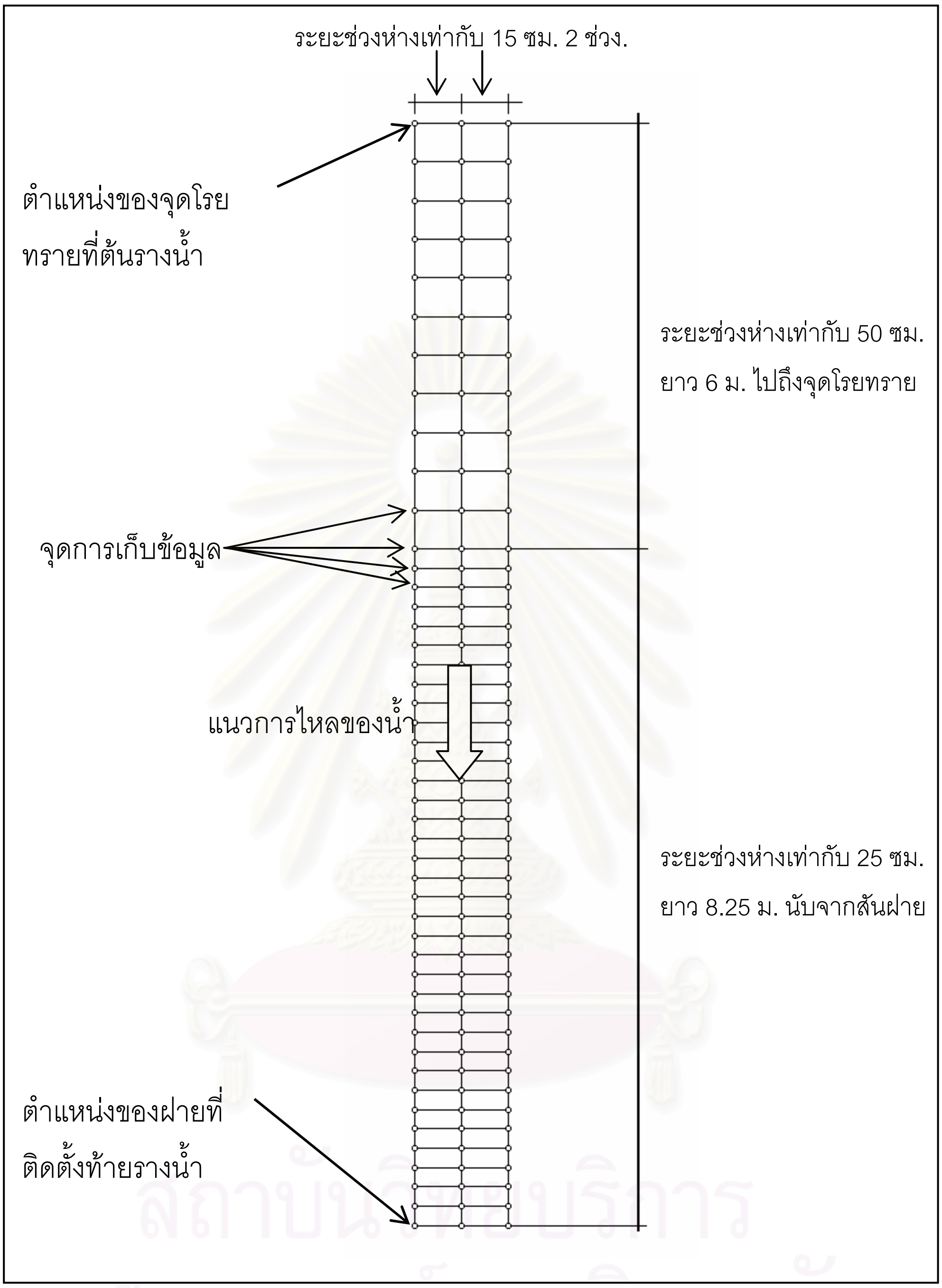
Run No. W3-D2-Q5 **Q** = 27.8 l/s **S** = 0.027 kg/s

Temp. = 28.3 ^{o}c

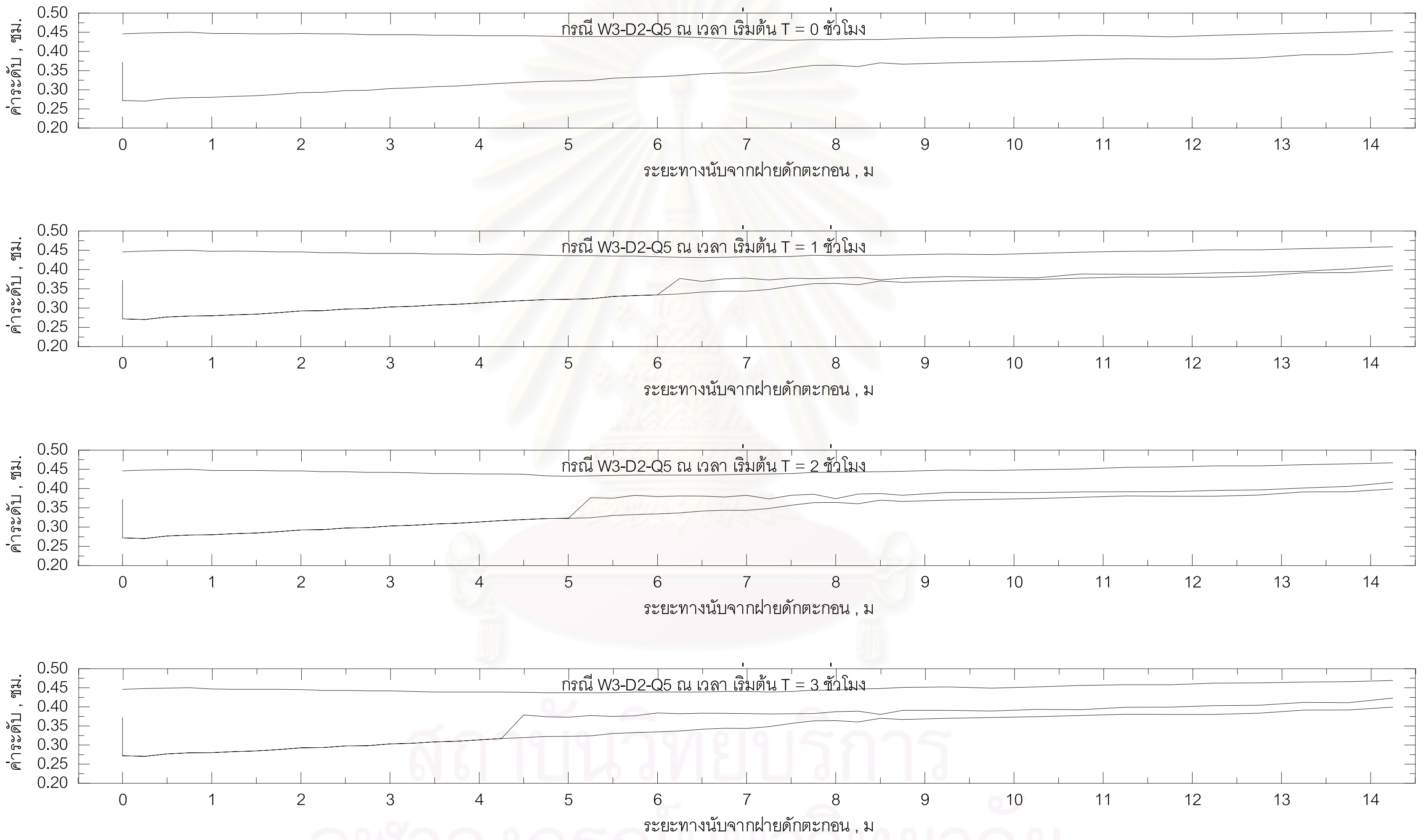
ระยะทางนับจากฝาย (ม.)	4.10 hr		5 hr		6 hr		7 hr	
	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)
0.00	0.272	0.446	0.272	0.446	0.272	0.446	0.272	0.445
0.25	0.270	0.448	0.270	0.448	0.270	0.448	0.270	0.447
0.50	0.277	0.449	0.277	0.449	0.277	0.449	0.277	0.448
0.75	0.280	0.450	0.280	0.450	0.280	0.450	0.280	0.449
1.00	0.280	0.447	0.280	0.447	0.280	0.447	0.280	0.443
1.25	0.283	0.447	0.283	0.447	0.283	0.447	0.283	0.443
1.50	0.284	0.447	0.284	0.447	0.284	0.446	0.284	0.443
1.75	0.288	0.446	0.288	0.446	0.288	0.445	0.288	0.442
2.00	0.293	0.445	0.293	0.444	0.293	0.444	0.293	0.442
2.25	0.293	0.443	0.293	0.442	0.293	0.442	0.381	0.440
2.50	0.298	0.443	0.298	0.442	0.298	0.442	0.380	0.440
2.75	0.298	0.440	0.298	0.440	0.381	0.441	0.379	0.440
3.00	0.303	0.442	0.303	0.440	0.380	0.442	0.383	0.442
3.25	0.305	0.439	0.381	0.440	0.374	0.442	0.378	0.444
3.50	0.308	0.437	0.375	0.439	0.382	0.441	0.387	0.444
3.75	0.386	0.436	0.376	0.439	0.377	0.442	0.386	0.446
4.00	0.379	0.437	0.381	0.440	0.386	0.443	0.388	0.447
4.25	0.385	0.439	0.382	0.441	0.384	0.445	0.388	0.449
4.50	0.381	0.439	0.379	0.441	0.389	0.445	0.385	0.449
4.75	0.376	0.439	0.378	0.440	0.388	0.445	0.388	0.449
5.00	0.381	0.440	0.381	0.440	0.386	0.446	0.387	0.450
5.25	0.384	0.441	0.386	0.442	0.389	0.447	0.392	0.451
5.50	0.385	0.442	0.383	0.443	0.381	0.448	0.388	0.452
5.75	0.386	0.444	0.383	0.445	0.392	0.450	0.398	0.454
6.00	0.382	0.444	0.389	0.446	0.393	0.450	0.397	0.454
6.25	0.380	0.444	0.379	0.446	0.394	0.450	0.397	0.454
6.50	0.390	0.444	0.392	0.447	0.391	0.450	0.392	0.454
6.75	0.391	0.445	0.393	0.449	0.382	0.451	0.402	0.454
7.00	0.384	0.445	0.388	0.451	0.382	0.452	0.395	0.455
7.25	0.382	0.446	0.387	0.453	0.397	0.453	0.396	0.456
7.50	0.393	0.447	0.395	0.455	0.399	0.454	0.402	0.457
7.75	0.393	0.450	0.397	0.457	0.398	0.456	0.404	0.460
8.00	0.385	0.449	0.388	0.456	0.391	0.455	0.398	0.460
8.25	0.391	0.451	0.393	0.457	0.398	0.457	0.404	0.461
8.50	0.395	0.451	0.398	0.457	0.402	0.457	0.408	0.462
8.75	0.401	0.453	0.396	0.458	0.406	0.458	0.408	0.464
9.25	0.398	0.455	0.399	0.460	0.402	0.462	0.407	0.466
9.75	0.394	0.454	0.403	0.458	0.397	0.463	0.405	0.466
10.25	0.395	0.458	0.402	0.462	0.405	0.465	0.412	0.470
10.75	0.399	0.462	0.406	0.466	0.405	0.470	0.418	0.474
11.25	0.403	0.465	0.407	0.468	0.410	0.474	0.413	0.475
11.75	0.403	0.466	0.408	0.468	0.415	0.475	0.414	0.475
12.25	0.410	0.469	0.408	0.471	0.412	0.478	0.419	0.478
12.75	0.410	0.471	0.414	0.472	0.418	0.478	0.421	0.480
13.25	0.416	0.474	0.419	0.475	0.424	0.481	0.425	0.483
13.75	0.420	0.475	0.425	0.478	0.427	0.482	0.432	0.485
14.25	0.433	0.478	0.435	0.481	0.440	0.485	0.443	0.488

ตารางที่ 4-4 ตัวอย่างค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D2-Q5 (ต่อ)

Run No. W3-D2-Q5 Q = 27.8 l/s S = 0.027 kg/s Temp. = 28.3 ^{o}c						
ระยะทางนับจากฝาย (ม.)	8.12 hr		9.15 hr		10.10 hr	
	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)
0.00	0.272	0.445	0.272	0.444	0.368	0.443
0.25	0.270	0.446	0.270	0.445	0.381	0.444
0.50	0.277	0.448	0.277	0.447	0.379	0.445
0.75	0.280	0.448	0.280	0.447	0.380	0.445
1.00	0.280	0.440	0.386	0.441	0.384	0.444
1.25	0.283	0.441	0.384	0.442	0.385	0.444
1.50	0.384	0.442	0.384	0.442	0.384	0.444
1.75	0.380	0.442	0.385	0.442	0.386	0.444
2.00	0.385	0.443	0.385	0.443	0.383	0.447
2.25	0.386	0.443	0.384	0.442	0.388	0.447
2.50	0.390	0.444	0.387	0.443	0.391	0.448
2.75	0.384	0.444	0.379	0.443	0.385	0.448
3.00	0.382	0.445	0.391	0.445	0.390	0.450
3.25	0.387	0.446	0.390	0.447	0.393	0.451
3.50	0.386	0.446	0.392	0.448	0.389	0.452
3.75	0.390	0.448	0.392	0.450	0.389	0.454
4.00	0.392	0.448	0.388	0.451	0.394	0.454
4.25	0.389	0.450	0.390	0.453	0.400	0.455
4.50	0.396	0.450	0.400	0.453	0.401	0.455
4.75	0.397	0.449	0.398	0.453	0.396	0.455
5.00	0.392	0.450	0.403	0.454	0.396	0.456
5.25	0.391	0.451	0.398	0.455	0.401	0.457
5.50	0.399	0.453	0.400	0.457	0.401	0.459
5.75	0.400	0.455	0.400	0.459	0.401	0.461
6.00	0.394	0.456	0.396	0.459	0.405	0.461
6.25	0.402	0.456	0.401	0.459	0.404	0.461
6.50	0.402	0.457	0.407	0.460	0.401	0.462
6.75	0.405	0.459	0.404	0.461	0.411	0.463
7.00	0.403	0.460	0.408	0.463	0.409	0.465
7.25	0.403	0.462	0.410	0.464	0.410	0.466
7.50	0.399	0.464	0.398	0.466	0.409	0.468
7.75	0.409	0.467	0.410	0.468	0.407	0.470
8.00	0.408	0.466	0.408	0.467	0.410	0.469
8.25	0.406	0.467	0.412	0.468	0.413	0.470
8.50	0.406	0.468	0.411	0.469	0.409	0.471
8.75	0.412	0.470	0.411	0.471	0.414	0.473
9.25	0.414	0.472	0.413	0.473	0.418	0.475
9.75	0.409	0.472	0.419	0.473	0.415	0.475
10.25	0.414	0.475	0.416	0.476	0.414	0.478
10.75	0.421	0.479	0.422	0.480	0.417	0.482
11.25	0.419	0.481	0.424	0.482	0.419	0.484
11.75	0.421	0.481	0.419	0.482	0.418	0.484
12.25	0.426	0.484	0.428	0.486	0.416	0.488
12.75	0.426	0.485	0.432	0.488	0.413	0.490
13.25	0.430	0.489	0.433	0.491	0.423	0.493
13.75	0.435	0.491	0.438	0.494	0.430	0.496
14.25	0.449	0.494	0.454	0.497	0.434	0.499

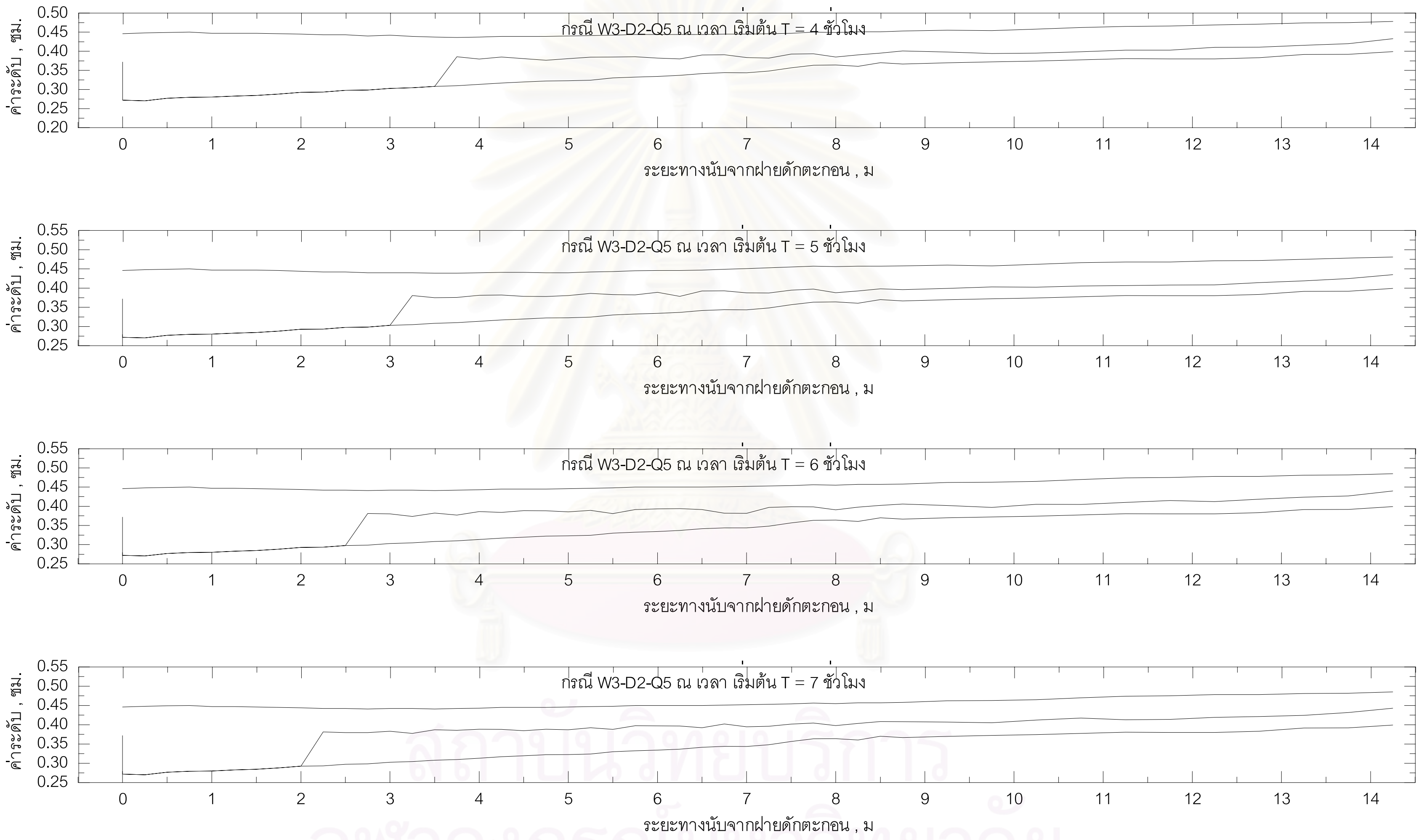


รูปที่ 4-3 แผนผังแสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลระดับน้ำและระดับท้องน้ำ



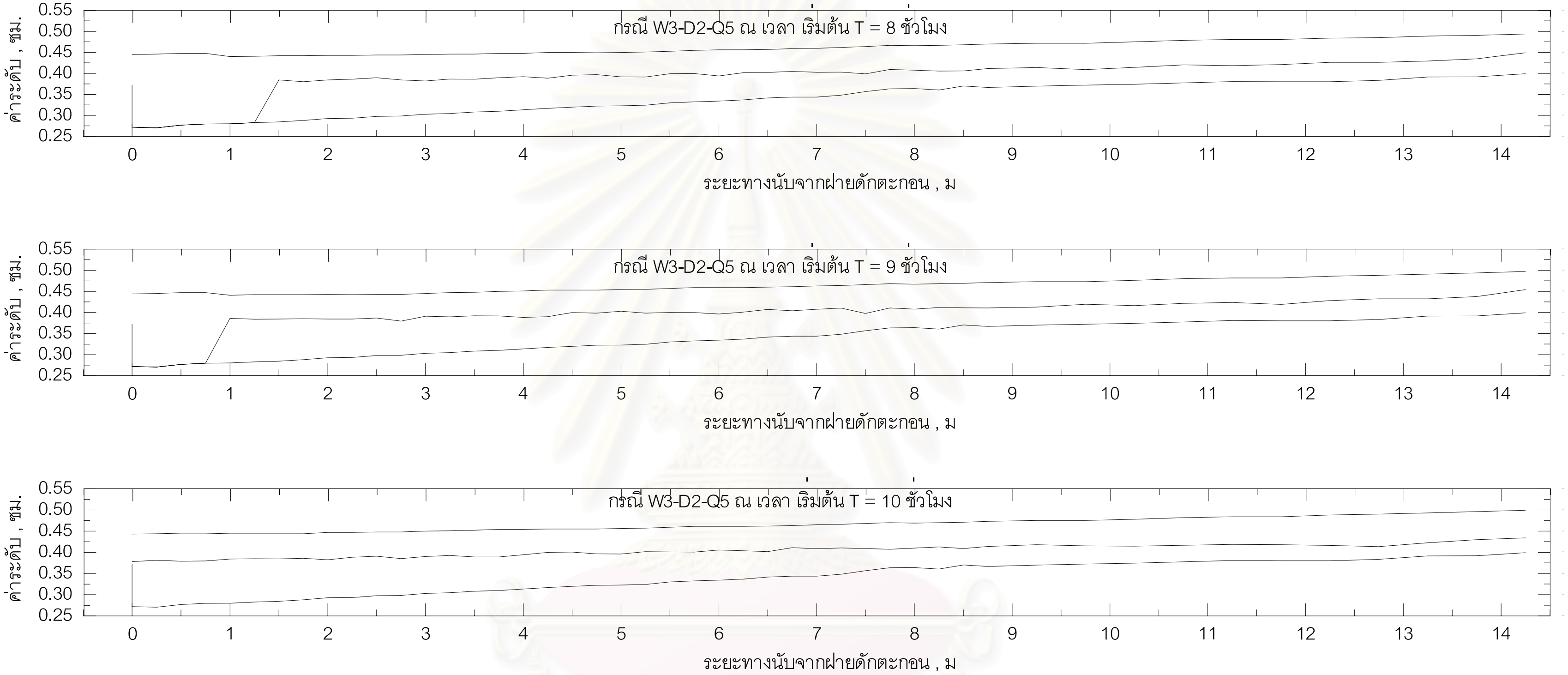
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-4 รูปตัดระดับท้องน้ำตามระยะทางรายชั่วโมงของกรณีที่ W3-D2-Q5



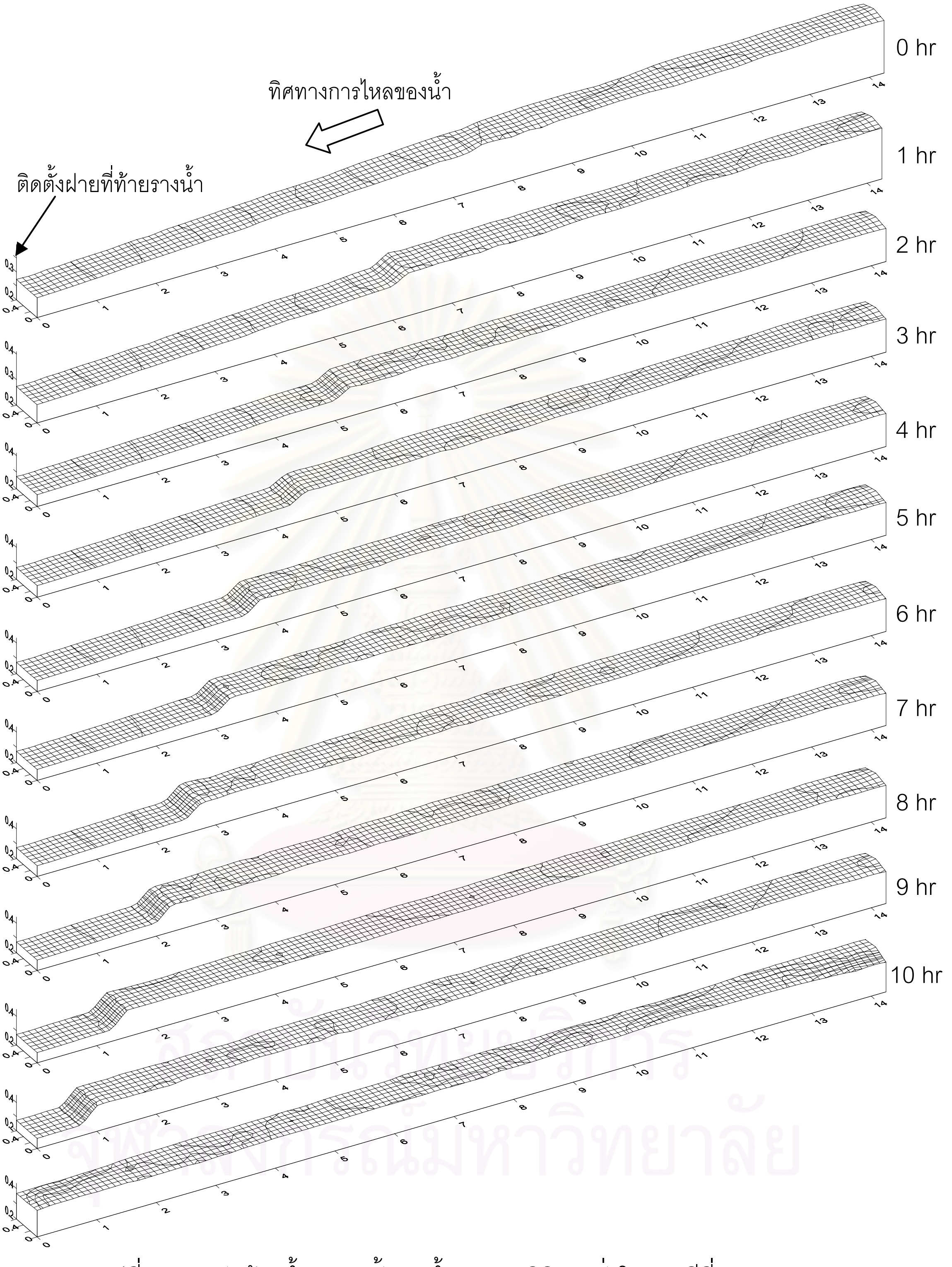
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-4 รูปตัดระดับท้องน้ำตามระยะทางรายชั่วโมงของกรณีที่ W3-D2-Q5 (ต่อ)



รูปที่ 4-4 รูปตัดระดับท้องน้ำตามระยะทางรายชั่วโมงของกรณีที่ W3-D2-Q5 (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-5 ระดับท้องน้ำตลอดทั้งรางน้ำแบบ 3 มิติรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D2-Q5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

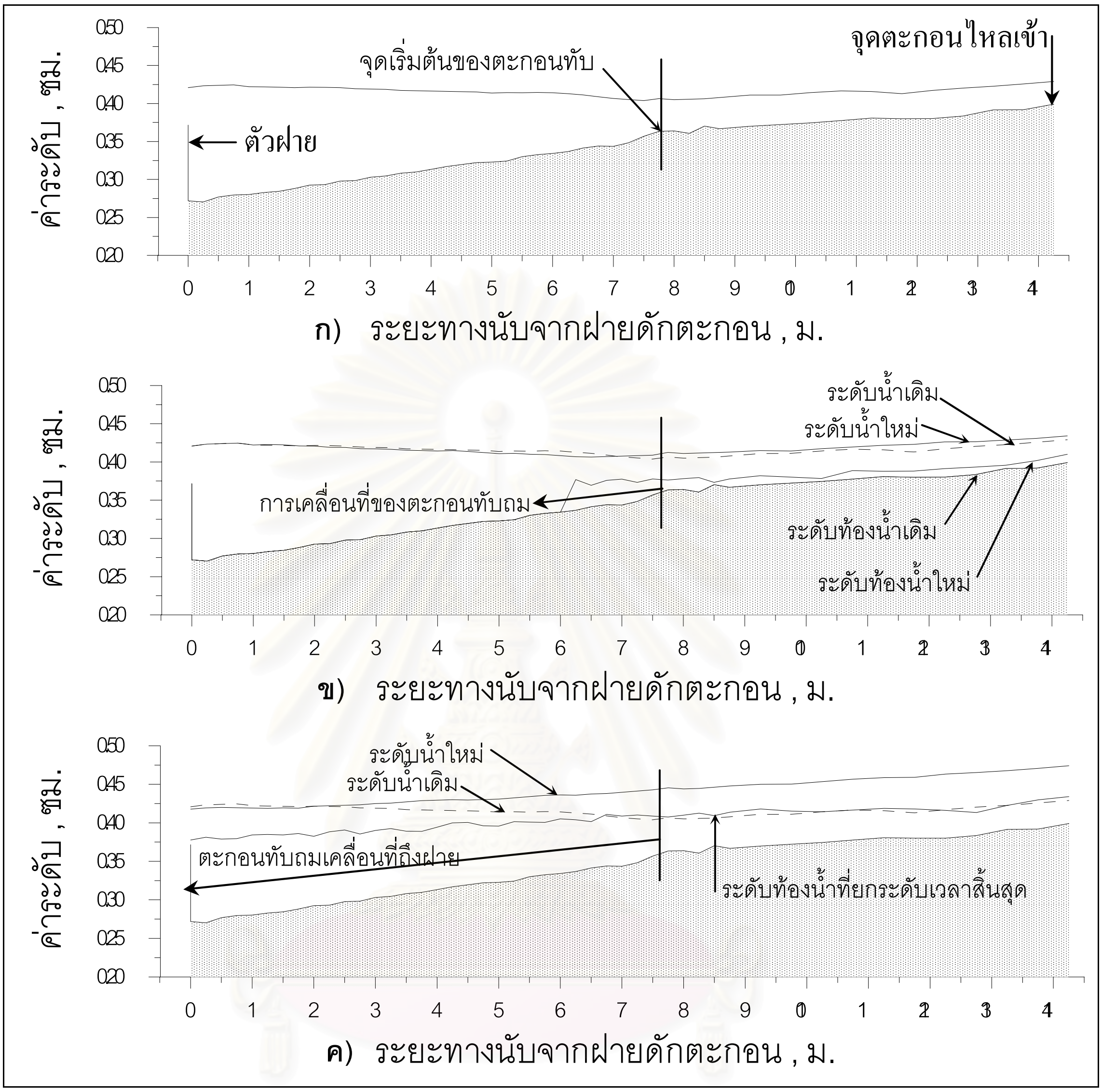
5.1 กระบวนการทับถมของตะกอน แนวสันคลื่นท้องน้ำและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ

เมื่อมีการติดตั้งฝายในรางน้ำแล้วเกิดการทับถมของตะกอนในรางน้ำตลอดทั้งราง เนื่องจากฝาย การตะกอนจะเริ่มทับถมเป็นสันคลื่นท้องน้ำ (Bed wave front) ซึ่งเกิดในช่วงระหว่างตัวฝายถึงจุดทางเข้าตะกอน ดังรูปที่ 5-1-ก จากการสังเกตในการทดลองพบว่าจุดเริ่มต้นที่มีตะกอนทับถมอันเป็นผลจากปรากฏการณ์ของน้ำเอ่อ (Back water effect) เมื่อเวลาผ่านไปมีการตะกอนทับถมมากขึ้นแนวสันคลื่นท้องน้ำจะค่อยๆ ก่อตัวจากจุดเริ่มต้นที่มีตะกอนทับถม แนวการทับถมของตะกอนเคลื่อนที่ไปหาฝาย รวมทั้งเกิดการทับถมตะกอนตั้งแต่แนวสันคลื่นท้องไปถึงจุดที่ตะกอนไหลเข้า พร้อมทั้งระดับน้ำได้ยกระดับขึ้นมาตามการทับถมของตะกอน ดังรูปที่ 5-1-ข หลังจากนั้นแนวสันคลื่นท้องน้ำเคลื่อนที่ไปถึงฝายด้วยระดับแนวสันคลื่นท้องน้ำที่ใกล้เคียงกับระดับสันฝาย พร้อมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำและผิวน้ำด้านหลังของแนวสันคลื่นท้องน้ำตลอดจนถึงจุดตะกอนไหลเข้าเนื่องจากการทับถมของตะกอน ดังรูปที่ 5-1-ค และเมื่อตะกอนเต็มฝายแล้วตะกอนจะไหลล้นฝายไปและการทดลองสิ้นสุดแค่นี้

5.2 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำด้านเหนือน้ำของฝายดักตะกอน

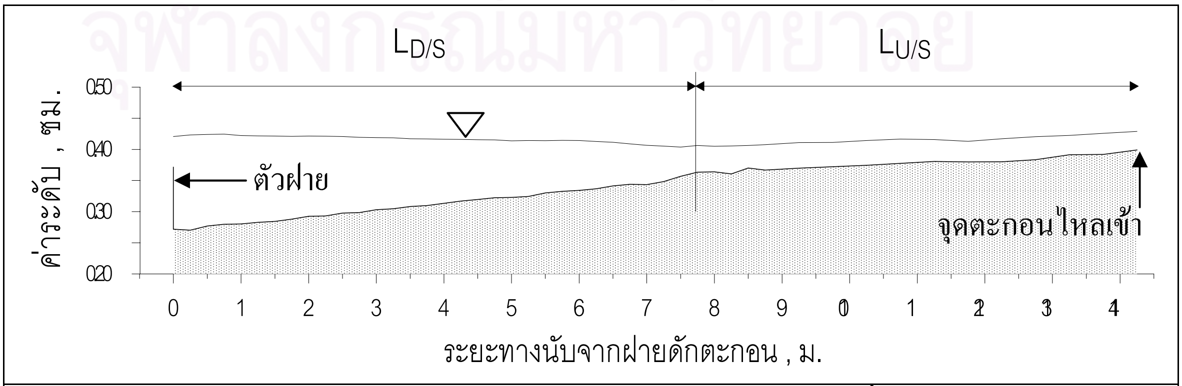
เมื่อมีการติดตั้งฝายในรางน้ำจะเกิดการทับถมของตะกอนในรางน้ำ จุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมในรางน้ำมีลักษณะเป็นสันคลื่นท้องน้ำ โดยจะเกิดขึ้นในช่วงระหว่างจุดทางเข้าของตะกอนถึงตัวฝาย และพบว่าจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมอยู่ใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้นของน้ำเอ่อของรางน้ำเนื่องจากติดตั้งฝาย ความยาวรางน้ำทั้งหมด (L_{All}) คือระยะทางจากตัวฝายถึงจุดตะกอนไหลเข้า ระยะทางจากจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมเป็นสันคลื่นท้องน้ำถึงฝายหรือลำน้ำช่วงล่าง ($L_{D/S}$) และระยะทางจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมเป็นสันคลื่นท้องน้ำถึงจุดตะกอนไหลเข้าหรือลำน้ำช่วงบน ($L_{U/S}$) ซึ่งจุดเริ่มต้นของการทับถมตะกอนจากการสังเกตในการทดลอง ระยะทางจะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยหลายๆ อย่างคือ อัตราการไหลของน้ำ ความสูงของฝาย และขนาดตะกอนเฉลี่ย

รูปที่ 5-2 แสดงจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถม ซึ่งใช้แบ่งลำน้ำออกเป็น 2 ช่วงคือ ลำน้ำช่วงบน $L_{U/S}$ และลำน้ำช่วงล่าง $L_{D/S}$ จากการทดลองพบว่าท้ายของน้ำเอ่ออยู่ใกล้กับจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถม



รูปที่ 5-1 การเกิดแนวสันคลื่นท้องน้ำและการทับถมของตะกอนในรางน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-2 จุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมใช้แบ่งช่วงลำน้ำ

5.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างลำน้ำช่วงบนกับปัจจัยต่าง ๆ

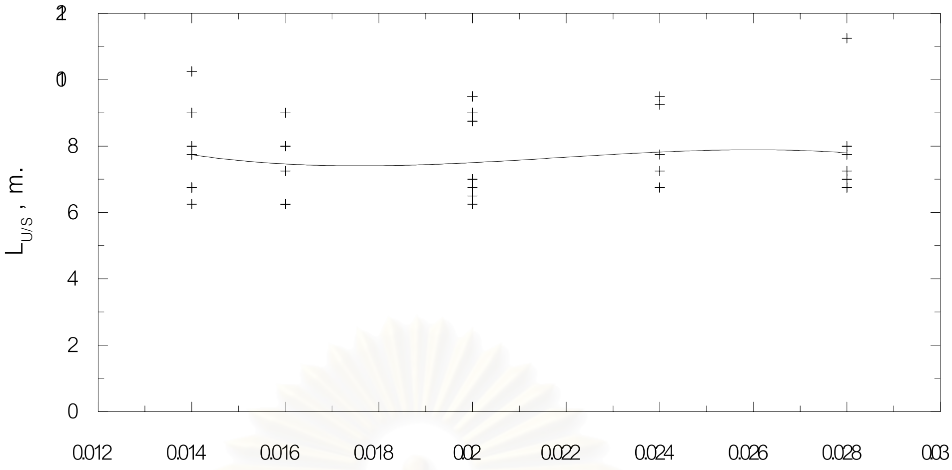
รูปที่ 5-3 แสดงความยาวของลำน้ำช่วงบน $L_{U/S}$ กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 6.25-11.25 ม.และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 7.6 ม. ซึ่งความยาวของลำน้ำช่วงบนมีความผันแปรกับอัตราการไหลเพียงเล็กน้อย เมื่ออัตราการไหลเพิ่มความยาวของลำน้ำช่วงบนไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ความยาวของลำน้ำช่วงบนมีความผกผันกับความสูงฝาย กล่าวคือเมื่อความสูงฝายมากขึ้นความยาวของลำน้ำช่วงบนจะน้อยลง และความยาวของลำน้ำช่วงบนผันแปรกับขนาดตะกอน กล่าวคือเมื่อขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นความยาวของลำน้ำช่วงบนมีค่าเพิ่มขึ้น ความยาวรางน้ำตั้งแต่ทางเข้าของตะกอนถึงฝายมีค่าคงที่ เมื่อความยาวลำน้ำช่วงล่างเพิ่มขึ้นความยาวของลำน้ำช่วงล่างลดลง ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

5.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างลำน้ำช่วงล่างกับปัจจัยต่าง ๆ

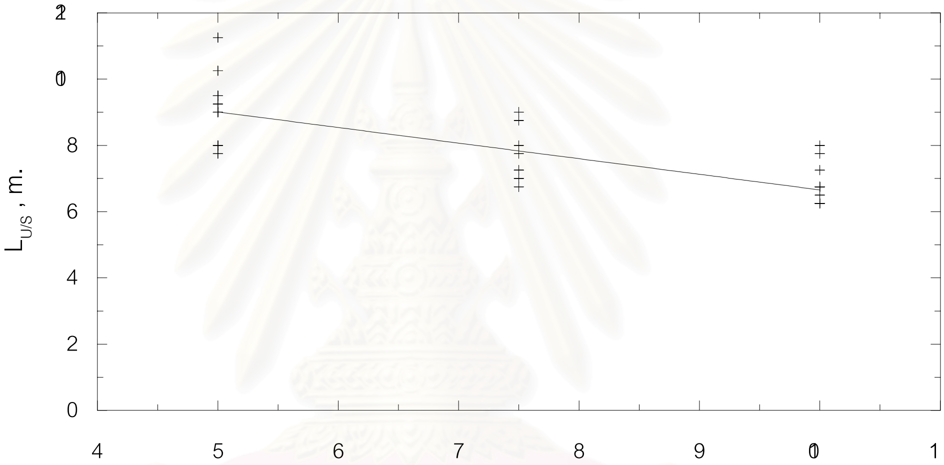
รูปที่ 5-4 แสดงความยาวของลำน้ำช่วงล่าง $L_{D/S}$ กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 3.30-8.00 ม.และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 6.6 ม. และความยาวของลำน้ำช่วงล่างจะผกผันกับค่าความยาวของลำน้ำช่วงบน ซึ่งความยาวของลำน้ำช่วงล่างมีความผันแปรกับอัตราการไหลเพียงเล็กน้อย เมื่ออัตราการไหลเพิ่มความยาวของลำน้ำช่วงบนไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ความยาวของลำน้ำช่วงล่างมีผันแปรกับความสูงฝาย กล่าวคือเมื่อความสูงฝายมากขึ้นความยาวของลำน้ำช่วงล่างจะเพิ่มขึ้น และความยาวของลำน้ำช่วงล่างผกผันกับขนาดตะกอน กล่าวคือเมื่อขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นความยาวของลำน้ำช่วงล่างมีค่าน้อยลง ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำกับปัจจัยต่าง ๆ

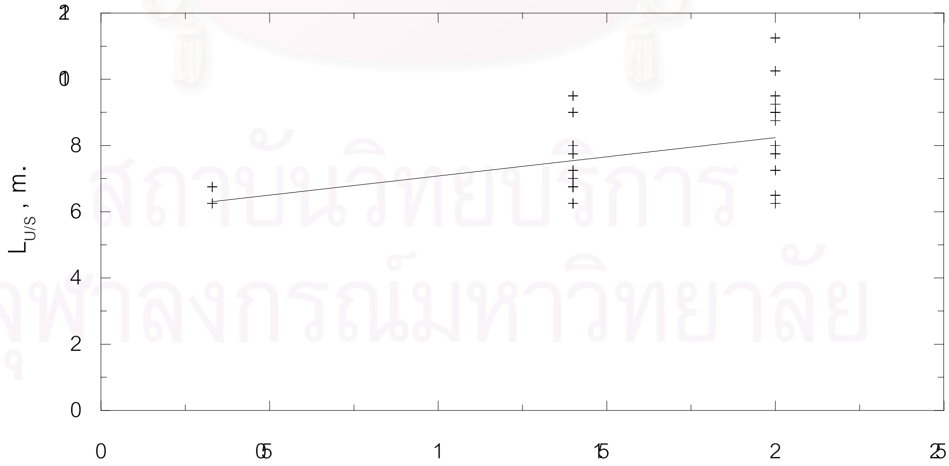
รูปที่ 5-5 แสดงเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำ (T) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 90-900 นาทีและมีค่าเฉลี่ยประมาณ 470 นาที ซึ่งเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำผกผันกับอัตราการไหล เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำจะลดลง เวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำผันแปรกับความสูงฝาย กล่าวคือเมื่อความสูงฝายมากขึ้นเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำก็เพิ่มขึ้น และเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำผกผันกับขนาดตะกอน กล่าวคือเมื่อขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำมีค่าน้อยลง



ก) Q , $m^3/3$



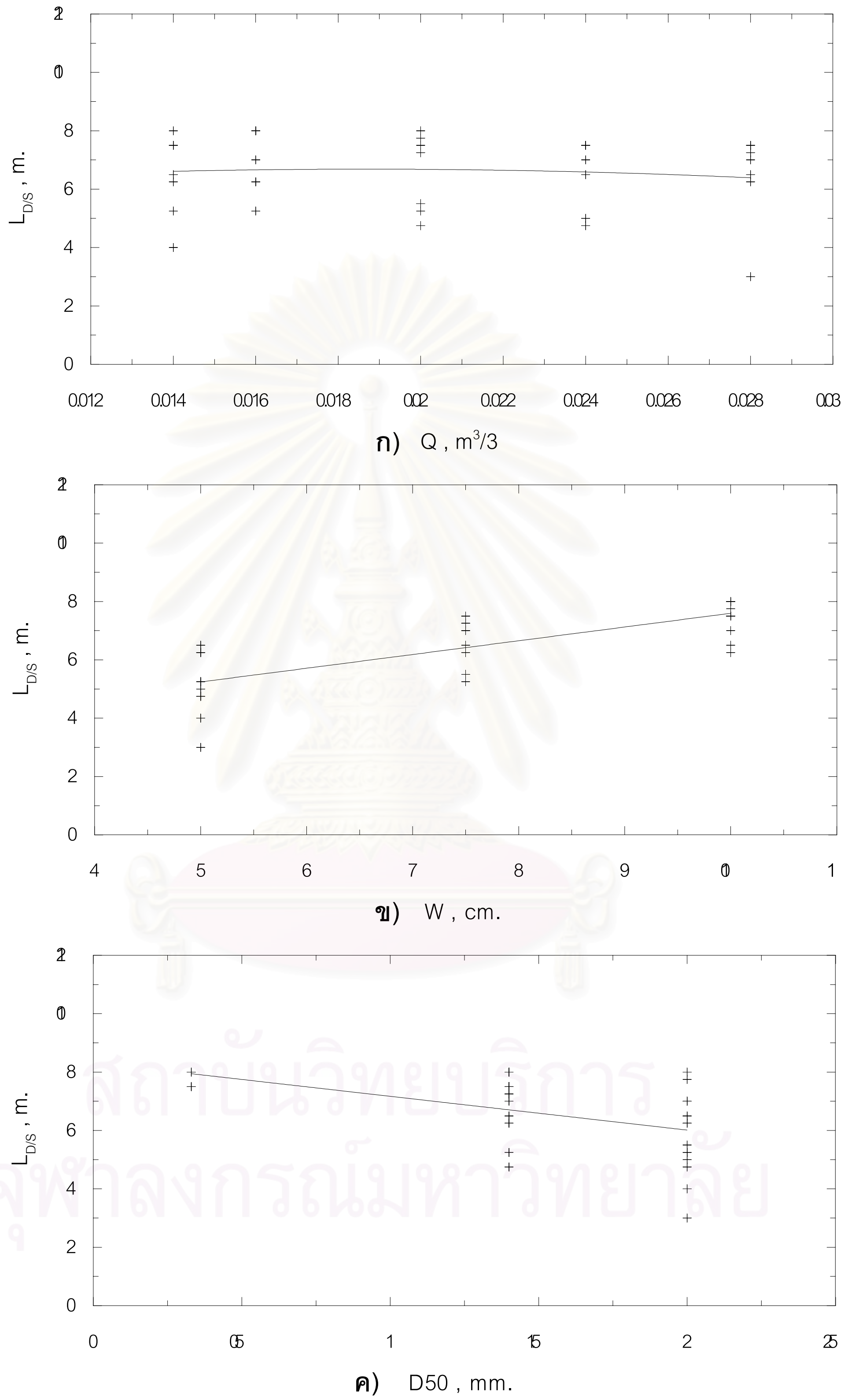
ข) W , cm.



ค) D50 , mm.

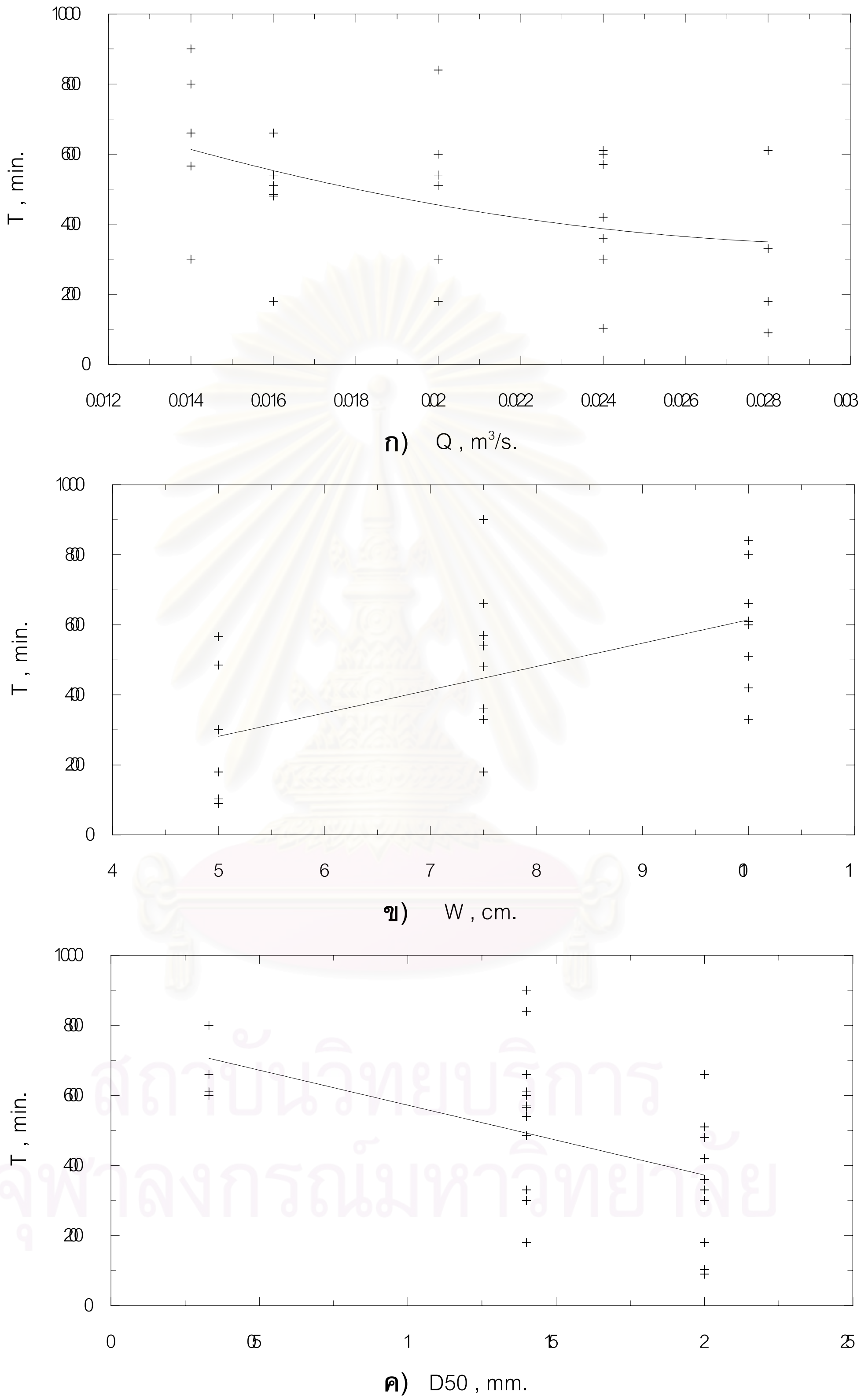
รูปที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $L_{U/S}$ กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $L_{D/S}$ กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง T กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการเคลื่อนที่ของสันคลื่นท้องน้ำกับปัจจัยต่างๆ

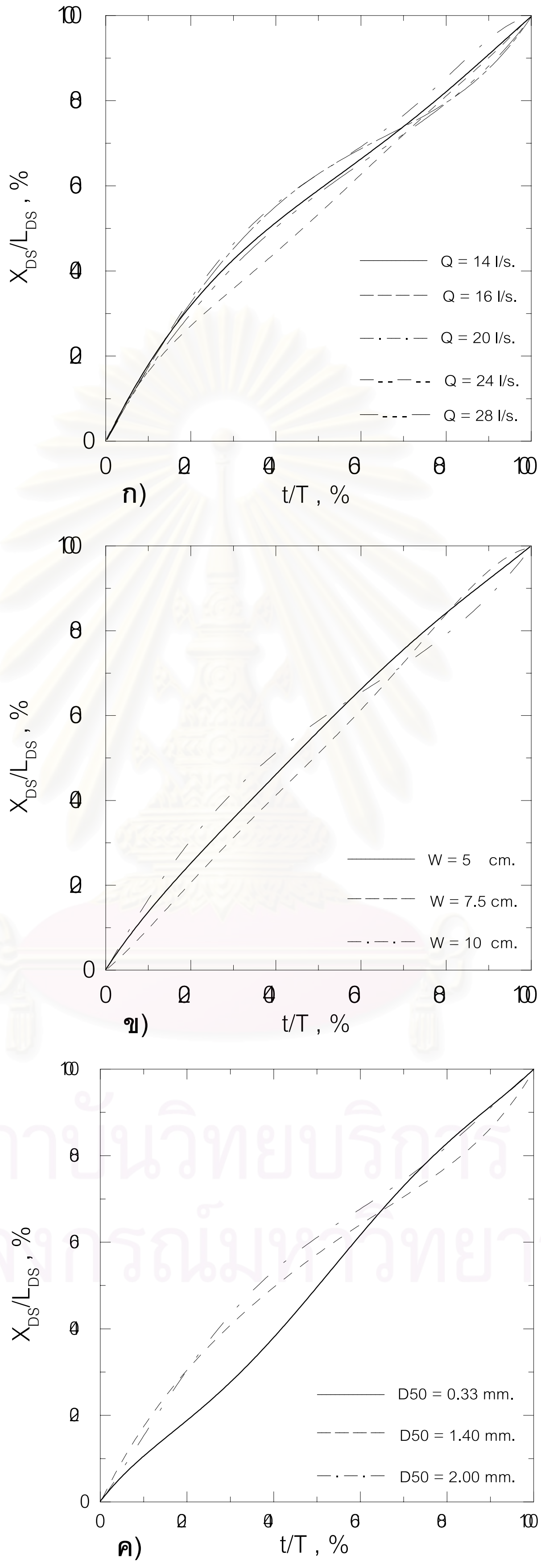
รูปที่ 5-6 แสดงอัตราส่วนการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นของสันคลื่นท้องน้ำต่อช่วงเวลาของแนวสันคลื่นท้องน้ำ $X_{D/S}$ เทียบต่อความยาวของลำน้ำช่วงล่าง $L_{D/S}$ กราฟแนวตั้งแสดงอัตราส่วนของ $X_{D/S}$ ต่อ $L_{D/S}$ เป็นเปอร์เซ็นต์ และกราฟแนวนอนแสดงอัตราส่วนของเวลาที่เวลาใดๆ (t) เทียบต่อเวลาที่สิ้นสุดการทดลองที่เป็นเวลาเดียวกันกับหัวข้อ 5.2.3 (T) เป็นเปอร์เซนต์ จากระยะทางการเคลื่อนที่ต่อช่วงเวลาของทุกการทดลองพบว่า การเคลื่อนที่ค่อนข้างคงที่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนการเคลื่อนที่เล็กน้อย สำหรับความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ไม่อาจสรุปผลได้

5.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่ของสันคลื่นท้องน้ำกับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 5-7 แสดงความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำกับปัจจัยอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่าความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำมีค่าสูงในช่วงแรกและลดลงเมื่อช่วงเวลาผ่านไป เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำก็เพิ่มขึ้น ความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำผกผันกับความสูงฝาย กล่าวคือเมื่อความสูงฝายมากขึ้นความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำลดลง และความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำผันแปรกับขนาดตะกอน คือขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำก็เพิ่มขึ้น สำหรับความเร็วการเคลื่อนที่ของสันคลื่นท้องน้ำยังมีความแปรปรวนกับค่าปัจจัยความสูงฝายและขนาดตะกอนอยู่บ้าง และสำหรับความสัมพันธ์ที่กล่าวมานั้นตัวแปรบ้างค่ายังมีความแปรปรวนของผลการทดลองอยู่

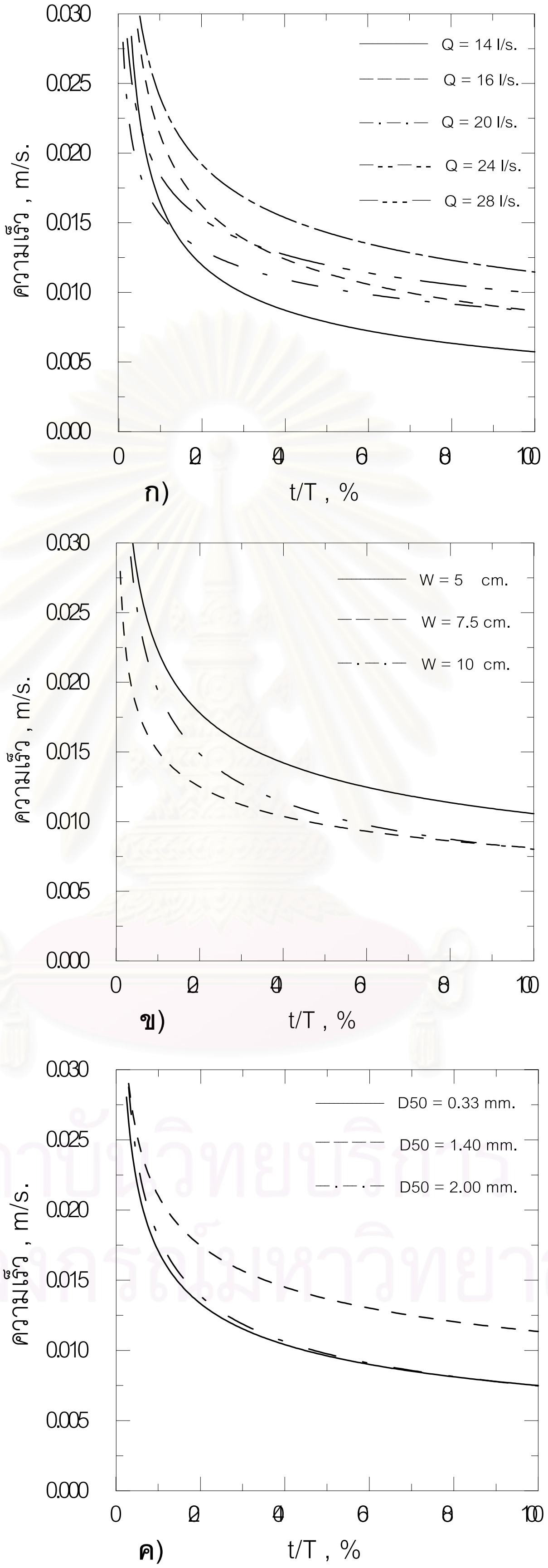
5.2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนทับถมกับปัจจัยต่างๆ

รูปที่ 5-8 แสดงความสูงของของตะกอนทับถมหรือสันคลื่นท้องน้ำ (h) เทียบต่อความสูงฝาย (W) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่าความสูงของสันคลื่นท้องน้ำไม่ผันแปรกับอัตราการไหล ความสูงของสันคลื่นท้องน้ำผันแปรกับความสูงฝาย เมื่อความสูงฝายเพิ่มขึ้นความสูงของสันคลื่นท้องน้ำก็สูงขึ้น และความสูงของสันคลื่นท้องน้ำผกผันกับขนาดตะกอน เมื่อขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นความสูงของสันคลื่นท้องน้ำมีค่าลดลง สำหรับค่า h/W ยังมีความแปรปรวนกับค่าปัจจัยอัตราการไหลและขนาดตะกอนอยู่เล็กน้อย



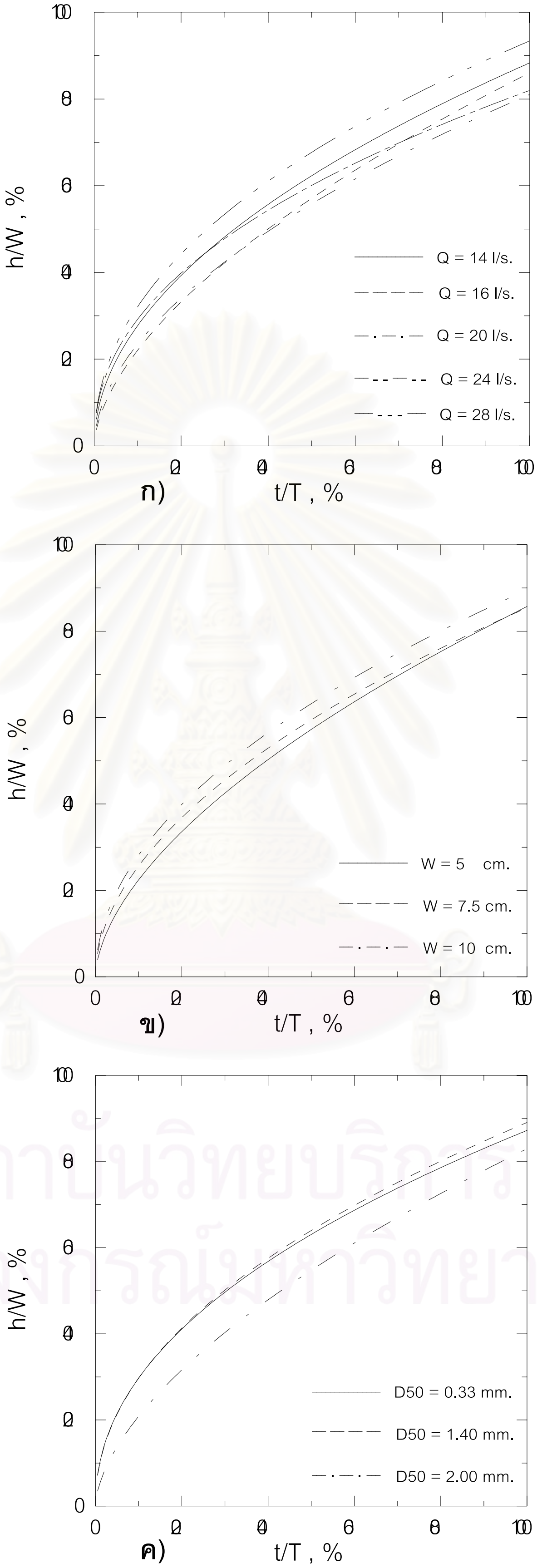
รูปที่ 5-6 อัตราส่วนการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นของสันคลื่นท้องน้ำต่อช่วงเวลา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-7 ความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-8 การทับถมตะกอนของแนวสันคลื่นท้องน้ำเทียบต่อความสูงฝาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ประสิทธิผลการดักตะกอนของฝายดักตะกอน

ปริมาตรการดักตะกอนที่ใช้ในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นสามส่วน คือ ปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ (V_{all}) ปริมาตรตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบน ($V_{U/S}$) และปริมาตรตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่าง ($V_{D/S}$)

5.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบนกับปัจจัยต่าง ๆ

รูปที่ 5-9 แสดงปริมาตรตะกอนทับถมในช่วงระยะทางจากจุดสันคลื่นท้องน้ำไปถึงจุดโรยทราย ($V_{U/S}$) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.081-0.268 ม^3 และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.16 ม^3 ซึ่งค่า $V_{U/S}$ ผกผันกับอัตราการไหลเล็กน้อย เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่า $V_{U/S}$ ก็ลดลงด้วย ส่วนค่า $V_{U/S}$ ผันแปรกับความสูงฝาย กล่าวคือเมื่อความสูงฝายมากขึ้นค่า $V_{U/S}$ ก็เพิ่มขึ้น และค่า $V_{U/S}$ ไม่ผันแปรกับขนาดตะกอน ปัจจัยค่าอัตราการไหลการวิเคราะห์ยังคงไม่ชัดเจนนัก

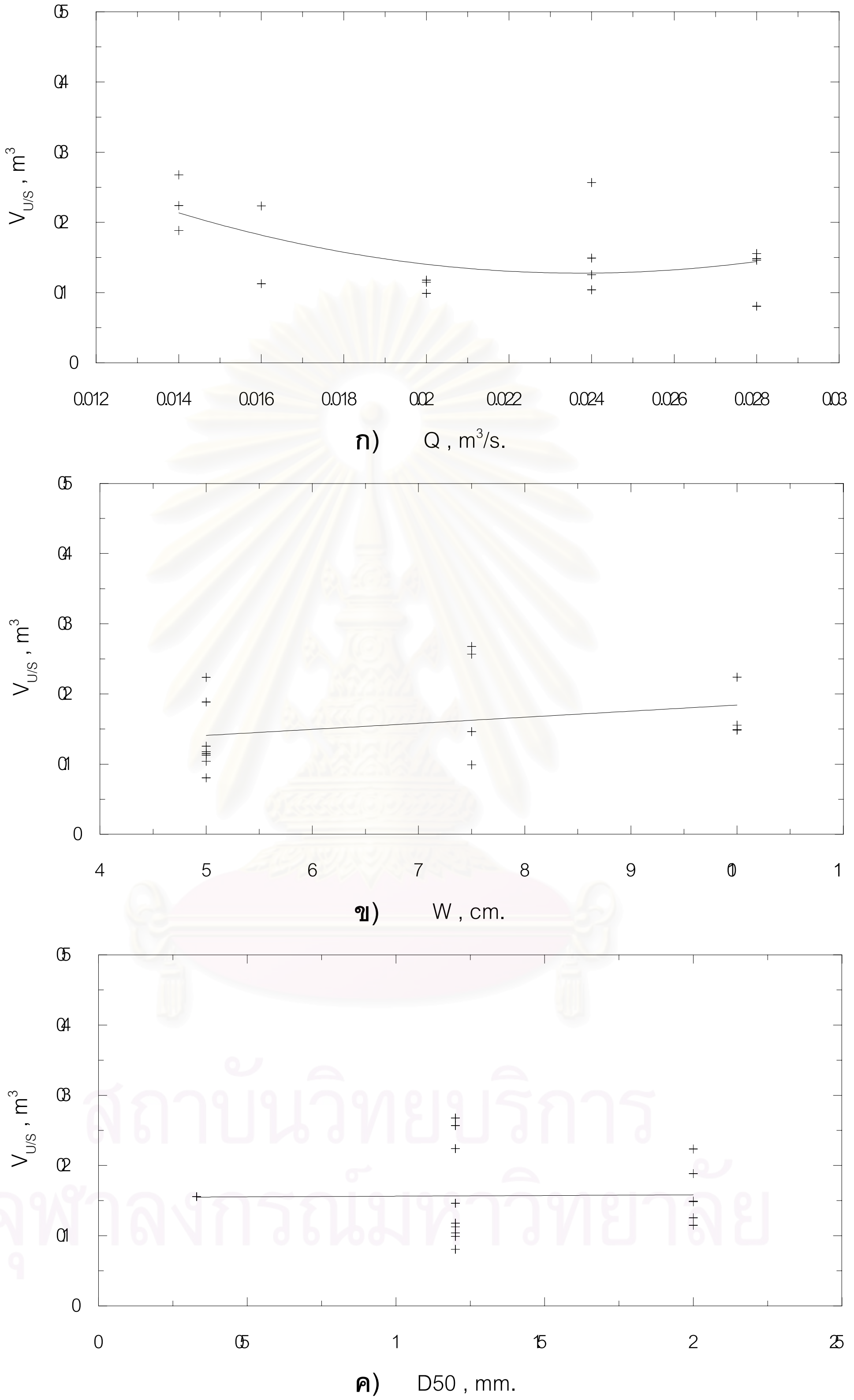
5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่างกับปัจจัยต่าง ๆ

รูปที่ 5-10 แสดงปริมาตรตะกอนทับถมในช่วงระยะทางจากจุดสันคลื่นท้องน้ำไปถึงฝาย ($V_{D/S}$) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.055-0.474 ม^3 และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.26 ม^3 ซึ่งค่า $V_{D/S}$ ผันแปรกับอัตราการไหล เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่า $V_{D/S}$ ลดลงด้วย ส่วนค่า $V_{D/S}$ ผันแปรกับความสูงฝาย กล่าวคือเมื่อความสูงฝายมากขึ้นค่า $V_{D/S}$ ก็เพิ่มขึ้น และค่า $V_{D/S}$ ไม่ผันแปรกับขนาดตะกอน ปัจจัยค่าอัตราการไหลการวิเคราะห์ยังคงไม่ชัดเจนนัก

5.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของตะกอนทับถมตลอดทั้งลำน้ำกับปัจจัยต่าง ๆ

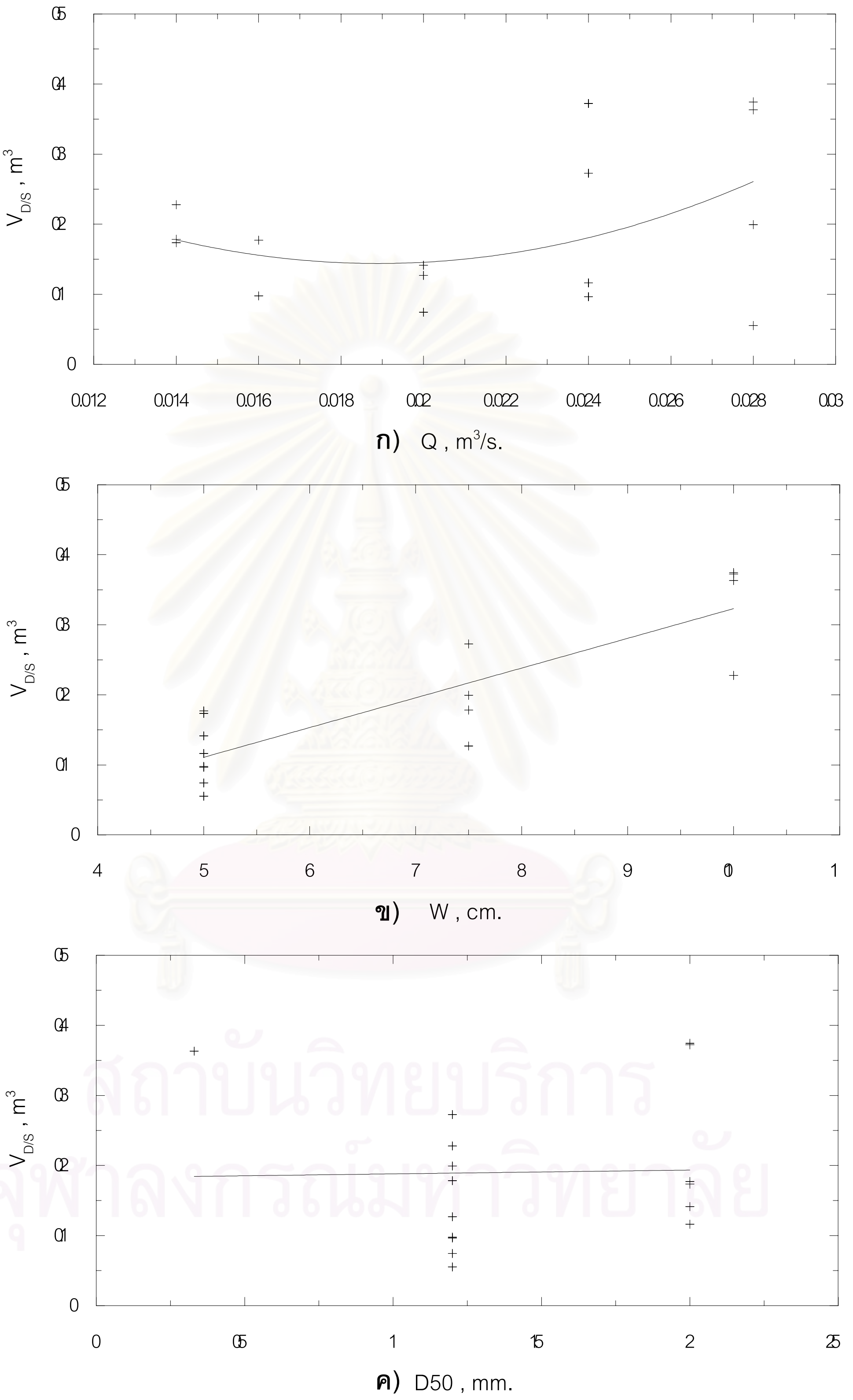
รูปที่ 5-11 แสดงปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ (V_{all}) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.136-0.529 ม^3 และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.360 ม^3 ซึ่งค่า V_{All} ผันแปรกับอัตราการไหล เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่า V_{All} ก็เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนค่า V_{All} ผันแปรกับความสูงฝาย กล่าวคือเมื่อความสูงฝายมากขึ้นค่า V_{All} ก็เพิ่มขึ้น และค่า V_{All} ผันแปรกับขนาดตะกอนเพียงเล็กน้อย เมื่อขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นค่า V_{All} ลดลงเพียงเล็กน้อย ปัจจัยค่าอัตราการไหลการวิเคราะห์ยังคงไม่ชัดเจนนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

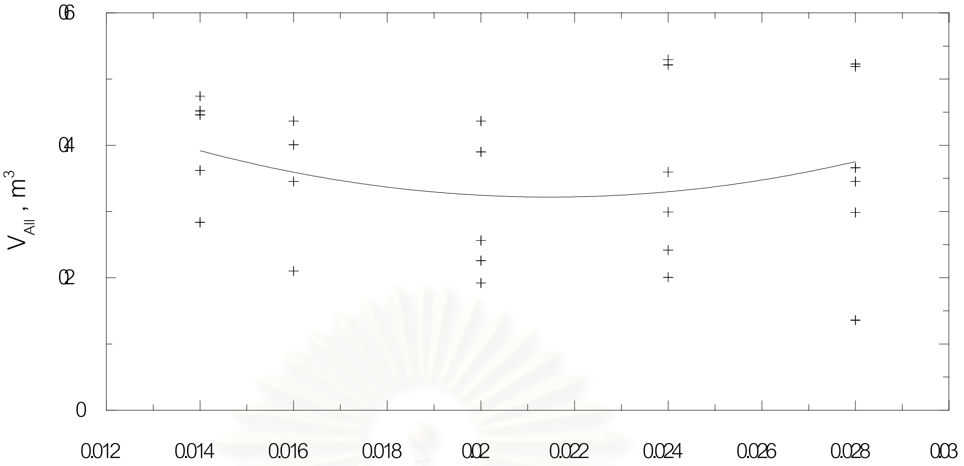


รูปที่ 5-9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $V_{U/S}$ กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน

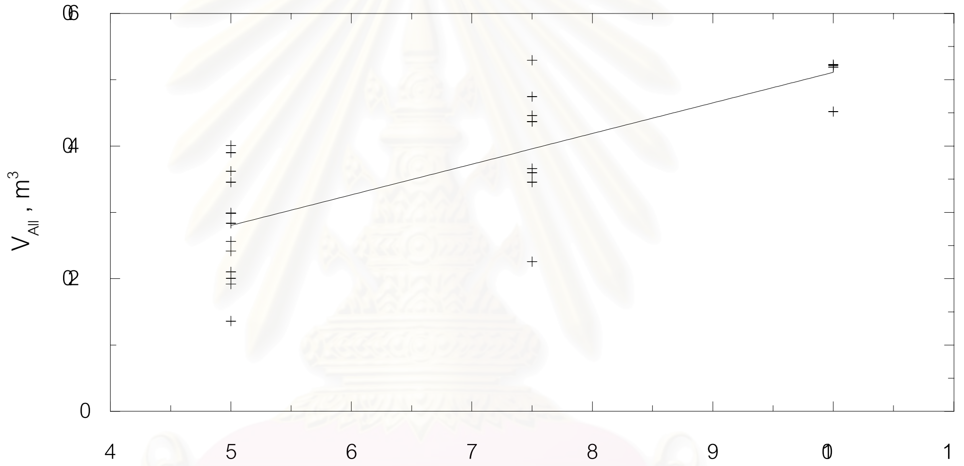
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



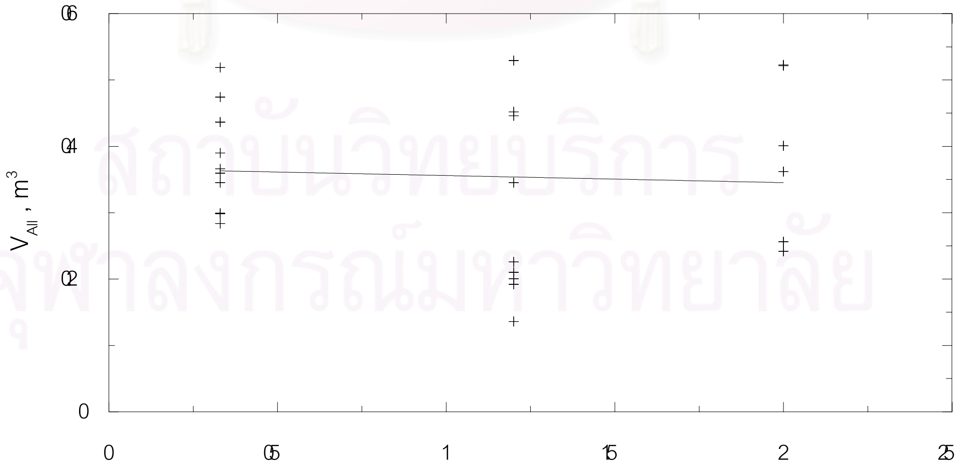
รูปที่ 5-10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $V_{D/S}$ กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน



ก) Q , m^3/s.



ข) W , cm.



ค) D50 , mm.

รูปที่ 5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า V_{All} กับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.4 **ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบนกับปัจจัยต่าง ๆ**

รูปที่ 5-12 แสดงอัตราส่วนของปริมาตรตะกอนทับถมในช่วงระยะทางจากจุดสันคลื่นท้องน้ำไปถึงจุดโรยทราย ($v_{U/S}$) รายชั่วโมงเทียบต่อปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ (V_{All}) ที่เวลาสิ้นสุดการทดลองกับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่า ค่า $v_{U/S}/V_{All}$ ไม่ผันแปรกับอัตราการไหล ส่วนค่า $v_{U/S}/ V_{All}$ ผกผันกับความสูงฝาย กล่าวได้ คือ เมื่อความสูงฝายมากขึ้นค่า $v_{U/S}/ V_{All}$ ก็ลดลง และค่า $v_{U/S}/ V_{All}$ ผันแปรกับขนาดตะกอน เมื่อขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นค่า $v_{U/S}/ V_{All}$ ก็เพิ่มขึ้น แต่ปัจจัยค่าอัตราการไหลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ยังคงไม่ชัดเจน

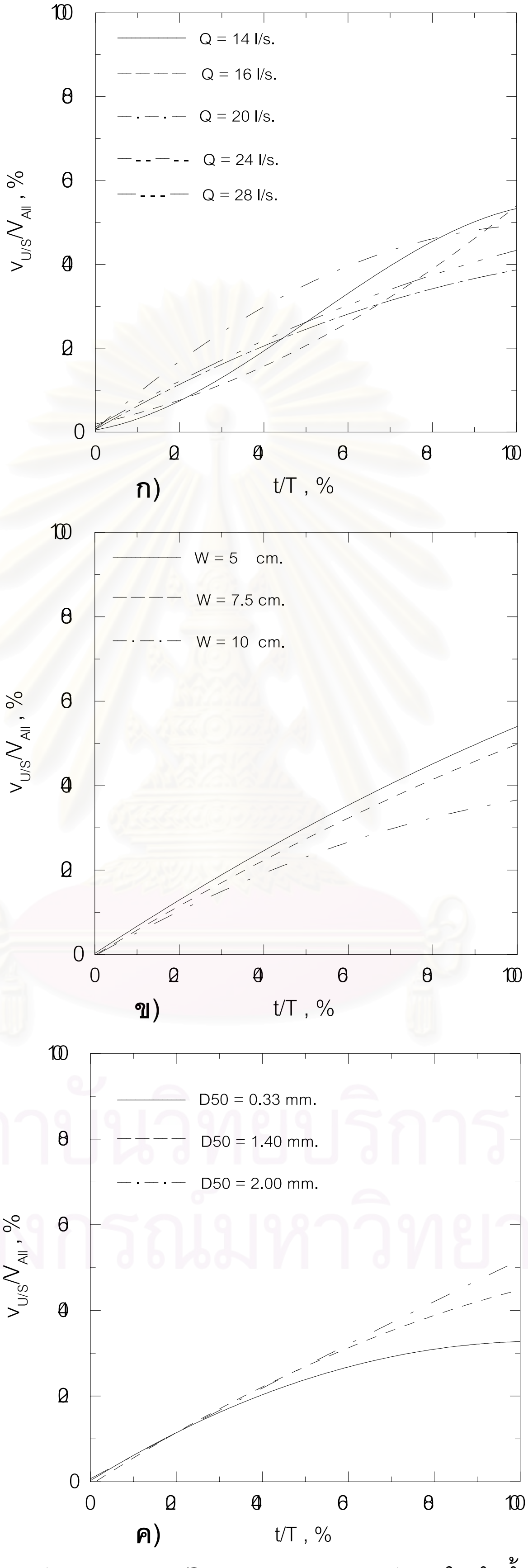
5.3.5 **ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่างกับปัจจัยต่าง ๆ**

รูปที่ 5-13 แสดงอัตราส่วนของปริมาตรตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่าง ($v_{D/S}$) เทียบต่อปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ (V_{All}) ที่เวลาสิ้นสุดการทดลองกับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่า ค่า $v_{D/S}/V_{All}$ ผันแปรกับอัตราการไหล ส่วนค่า $v_{D/S}/ V_{All}$ ผันแปรกับความสูงฝาย กล่าวคือเมื่อความสูงฝายมากขึ้นค่า $v_{D/S}/ V_{All}$ ก็เพิ่มขึ้น และค่า $v_{D/S}/ V_{All}$ ผกผันกับขนาดตะกอน เมื่อขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นค่า $v_{D/S}/ V_{All}$ ลดลง สำหรับค่า $v_{D/S}/V_{All}$ กับความสัมพันธ์กับปัจจัยอัตราการไหลที่เฉพาะค่าอัตราการไหลเท่ากับ 14 l/s. ที่มีความแตกต่างจากค่าอื่น

5.3.6 **ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมตลอดทั้งลำน้ำกับปัจจัยต่าง ๆ**

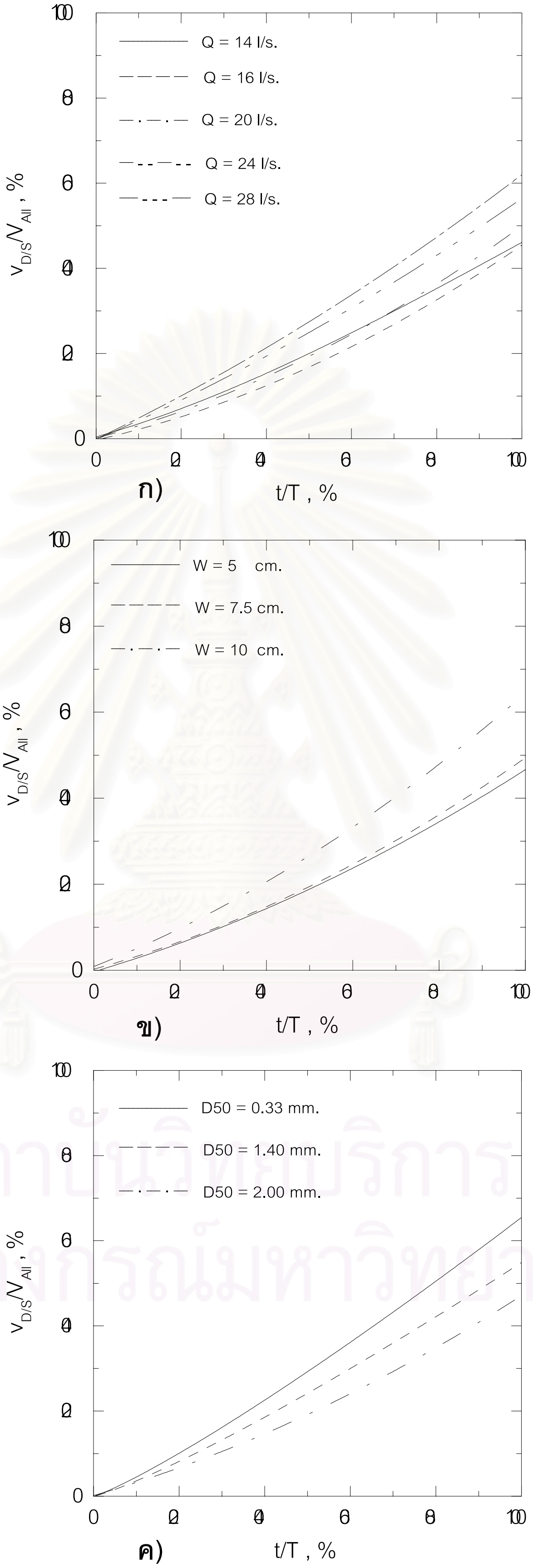
รูปที่ 5-14 แสดงอัตราส่วนของปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ (v_{All}) รายชั่วโมงเทียบต่อปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ (V_{All}) ที่เวลาสิ้นสุดการทดลองกับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลอง พบว่า ค่า v_{All}/V_{All} ไม่ผันแปรกับอัตราการไหล ส่วนค่า v_{All}/ V_{All} ไม่ผันแปรกับความสูงฝาย กล่าวคือค่า v_{All}/ V_{All} ค่าคงเท่ากันทุกความสูงฝาย และค่า v_{All}/ V_{All} ผันแปรกับขนาดตะกอน เมื่อขนาดตะกอนเพิ่มขึ้นค่า v_{All}/ V_{All} ลดลง แต่ปัจจัยค่าอัตราการไหลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ยังคงไม่ชัดเจน

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



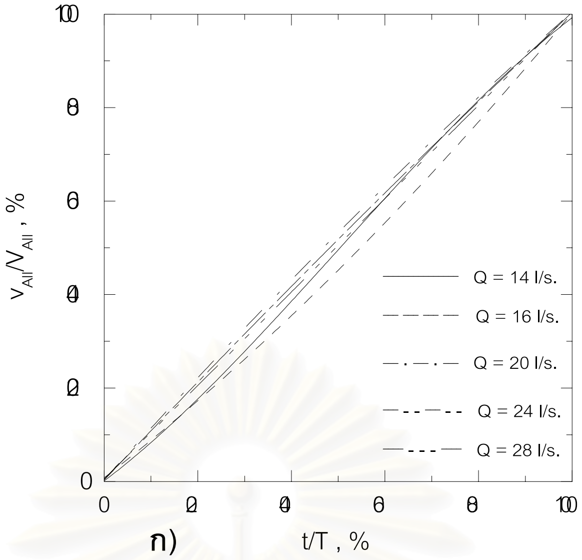
รูปที่ 5-12 อัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

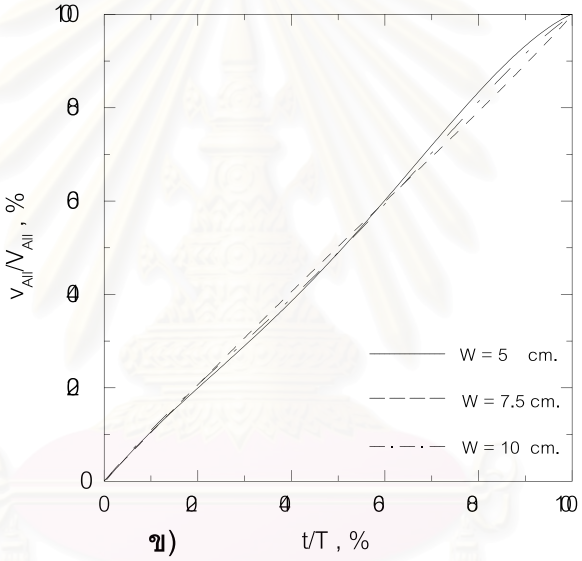


รูปที่ 5-13 อัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่าง

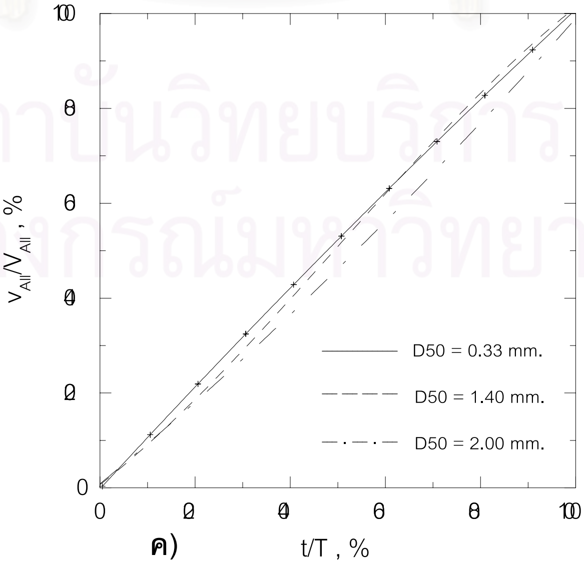
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก)



ข)



ค)

รูปที่ 5-14 อัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมตลอดทั้งลำน้ำ

5.3.7 ความสัมพันธ์ของประสิทธิผลการดักตะกอนเฉลี่ยกับปัจจัยต่าง ๆ

การวิเคราะห์หาประสิทธิผลการดักตะกอนสามารถแบ่งได้เป็นประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงและเฉลี่ย ประสิทธิผลการดักตะกอนเฉลี่ยหมายถึงปริมาตรการดักตะกอนที่เวลาสิ้นสุดการทดลองต่อปริมาตรตะกอนไหลเข้าที่ช่วงเวลาเดียวกัน รวมทั้งหาประสิทธิผลการดักตะกอนในลำน้ำช่วงบน ลำน้ำช่วงล่างและตลอดความยาวลำน้ำ

รูปที่ 5-15 แสดงประสิทธิผลการดักตะกอนตลอดทั้งรางน้ำ รวมทั้งลำน้ำช่วงบนและลำน้ำช่วงล่างกับปัจจัยของอัตราการไหล (5-15 ก) ความสูงฝาย (5-15 ข) และขนาดตะกอน (5-15 ค) ของทุกการทดลอง สำหรับประสิทธิผลการดักตะกอนตลอดทั้งรางน้ำ (%$Trap_{All}$) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 51-99 % และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 75 % ซึ่ง ค่า %$Trap_{All}$ มีความผันแปรกับอัตราการไหลเพียงเล็กน้อย กล่าวคือเมื่อค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่า %$Trap_{All}$ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และค่า%$Trap_{All}$ มีความผกผันกับความสูงฝายเพียงเล็กน้อย คือเมื่อความสูงฝายเพิ่มขึ้นค่า %$Trap_{All}$ ลดลงเพียงเล็กน้อย และค่า %$Trap_{All}$ มีความผันแปรกับขนาดตะกอน คือเมื่อขนาดตะกอนใหญ่ขึ้นค่า %$Trap_{All}$ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความสัมพันธ์กับปัจจัยอัตราการไหลและความสูงฝายยังไม่ชัดเจนนัก

สำหรับประสิทธิผลการดักตะกอนของลำน้ำช่วงบน (%$Trap_{U/S}$) มีค่าอยู่ในช่วง 8-55% และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 35% ซึ่งค่า %$Trap_{U/S}$ มีความผกผันกับอัตราการไหล กล่าวคือเมื่อค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่า %$Trap_{U/S}$ ลดลง และค่า %$Trap_{U/S}$ มีความผันแปรกับความสูงฝายเพียงเล็กน้อย คือเมื่อความสูงฝายเพิ่มขึ้นค่า %$Trap_{U/S}$ ลดลงเพียงเล็กน้อย และค่า %$Trap_{U/S}$ มีความผันแปรกับขนาดตะกอน คือเมื่อขนาดตะกอนใหญ่ขึ้นค่า %$Trap_{U/S}$ เพิ่มขึ้น

สำหรับประสิทธิผลการดักตะกอนของลำน้ำช่วงล่าง (%$Trap_{D/S}$) มีค่าอยู่ในช่วง 21-84% และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 51% ซึ่งค่า %$Trap_{D/S}$ มีความผันแปรกับอัตราการไหล กล่าวคือเมื่อค่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นค่า %$Trap_{D/S}$ ก็เพิ่มขึ้น และค่า %$Trap_{D/S}$ มีความผันแปรกับความสูงฝายเพียงเล็กน้อย คือเมื่อความสูงฝายเพิ่มขึ้นค่า %$Trap_{D/S}$ ลดลงเพียงเล็กน้อย และค่า %$Trap_{D/S}$ มีความผันแปรกับขนาดตะกอน คือเมื่อขนาดตะกอนใหญ่ขึ้นค่า %$Trap_{D/S}$ เพิ่มขึ้น

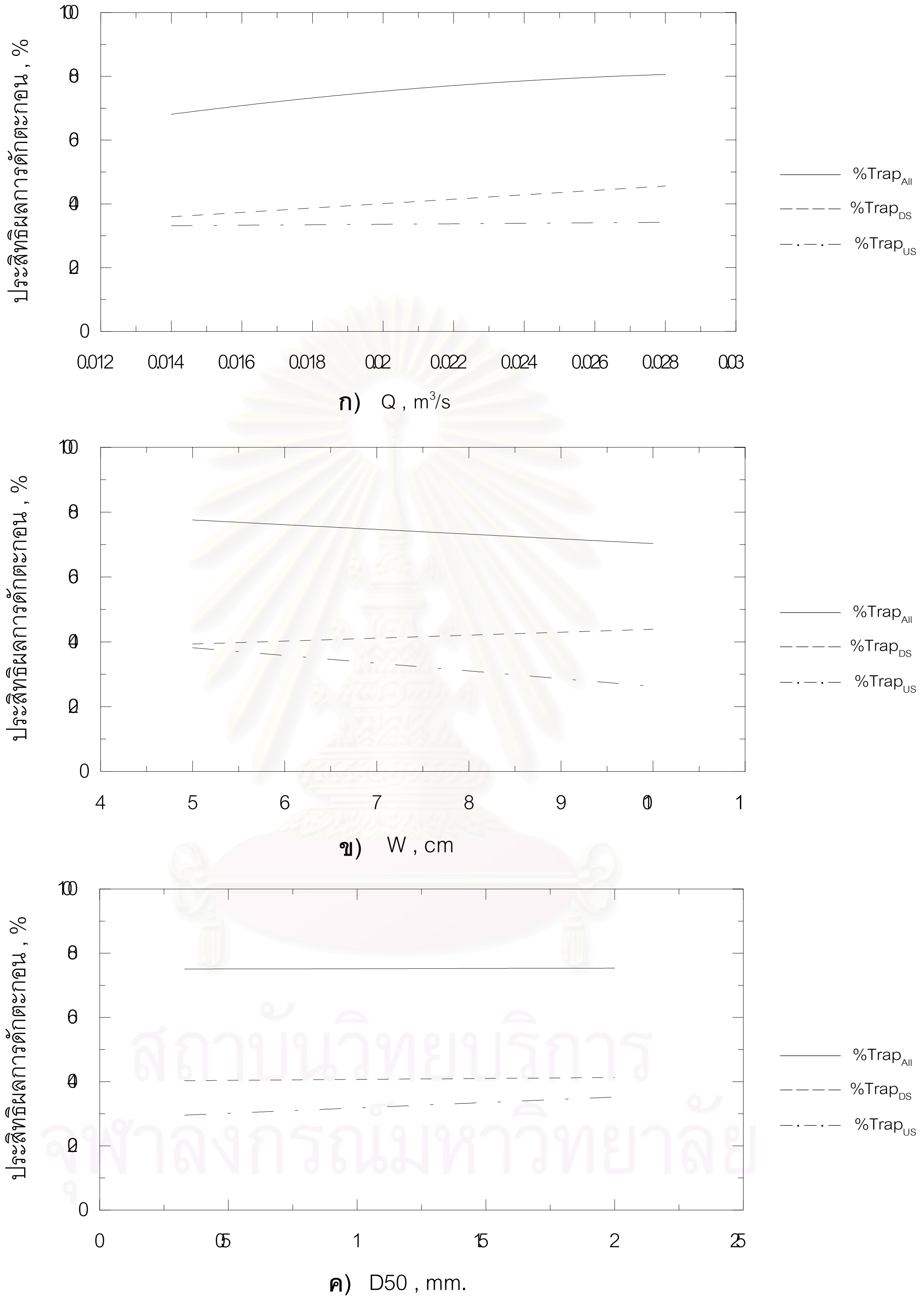
5.3.8 ความสัมพันธ์ของประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงกับอัตราส่วนของเวลา

การทับถมของตะกอนมีการทับถมแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงลำน้ำในแต่ละช่วงเวลา เริ่มแรกการทับถมของตะกอนจะทับถมในลำน้ำช่วงบนมากกว่าลำน้ำช่วงล่าง แล้วเมื่อเวลาผ่านไป

ได้ช่วงหนึ่งการทับถมของตะกอนในลำน้ำช่วงบนการทับถมของตะกอนจะน้อยลงแล้วไปทับถมในลำน้ำช่วงล่างจากมากขึ้น

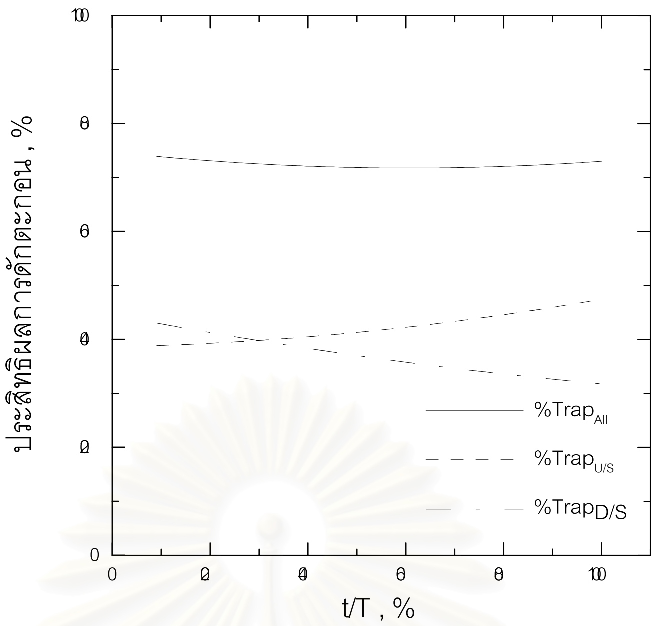
รูปที่ 5-16 แสดงประสิทธิผลการดักตะกอนเทียบต่อเวลาตลอดทั้งรางน้ำ รวมทั้งลำน้ำช่วงบนและลำน้ำช่วงล่างของทุกการทดลอง จากการทดลองจะเห็นว่าประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงตลอดทั้งรางน้ำตามเวลาเป็นแบบคงที่ ประสิทธิผลการดักตะกอนในลำน้ำช่วงล่าง ($\%Trap_{D/S}$) ในช่วงอัตราส่วนของเวลาตั้งแต่ 0-30 % จะมีค่าน้อยกว่าค่าประสิทธิผลการดักตะกอนในลำน้ำช่วงบน ($\%Trap_{U/S}$) แต่เมื่อเวลาผ่านไปค่า $\%Trap_{D/S}$ จะค่อยๆ มากกว่า $\%Trap_{U/S}$ จนกระทั่งที่เวลาสิ้นสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-15 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการดักตะกอนเฉลี่ยกับอัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-16 ประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงรวมทุกการทดลอง

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 แบบจำลองชลศาสตร์

วิธีการศึกษาหลักของการศึกษาครั้งนี้คือ การใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพเพื่อศึกษาการทับถมตะกอนหน้าฝาย โดยทดลองในรางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งชุดเครื่องมือทดลองประกอบด้วย รางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความยาว 18 ม. กว้าง 0.60 ม. และลึก 0.75 ม., ฝายสามเหลี่ยมวัดน้ำสันคมใช้วัดอัตราการไหลของน้ำมีช่วงระหว่าง 14-28 ลิตรต่อวินาที, แบบจำลองฝายมีความสูง 3 ค่า คือ 5, 7.5, และ 10 ซม., วัสดุท้องน้ำเป็นทรายคัดขนาด 3 ค่า มีขนาดเฉลี่ย 0.33, 1.4, และ 2.0 มม., เครื่องโรยทรายอัตโนมัติ, เครื่องสูบน้ำขนาด 25 แรงม้า, อุปกรณ์วัดค่าระดับน้ำและระดับท้องน้ำใช้ไม้วัดระดับเก็บค่าระดับท้องน้ำและผิวน้ำตามตำแหน่งที่กำหนดตลอดความยาวรางน้ำ

6.2 การทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์กายภาพ

การศึกษาครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือการทดลองแบบไม่มีฝายและการทดลองแบบมีฝาย โดยการทดลองแบบไม่มีฝายเป็นการปรับสมดุลของรางน้ำที่ตะกอนไหลเข้าเท่ากับตะกอนไหลออก เมื่อการปรับสมดุลของรางน้ำได้แล้วก็จะทำการทดลองแบบมีฝายโดยติดตั้งฝายไว้ที่ท้ายรางน้ำ การทดลองแบบมีฝายและไม่มีฝายจะใช้ค่าอัตราการไหลของน้ำและอัตราการโรยทรายเดียวกันกับกรณีการทดลองแบบไม่มีฝาย ค่าอัตราการโรยทรายจะมีค่าเท่ากับอัตราการนำพาตะกอนในรางน้ำเป็นฟังก์ชั่นของค่าอัตราการไหลของน้ำ ความเร็วการไหลและขนาดตะกอน ระยะเวลาในการทดลองในแต่ละกรณีทำการทดลองจนกระทั่งเกิดการทับถมของตะกอนเต็มความจุของหน้าฝาย ซึ่งจะใช้เวลาแตกต่างกันไป

การศึกษาครั้งนี้กำหนดการผันแปรของปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอน 3 ปัจจัยคือ อัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝาย และขนาดตะกอน โดยรวมเป็นการทดลองทั้งหมด 45 กรณี ในแต่ละกรณีจะใช้เวลาอยู่ในช่วงเวลา 4-7 วัน

6.3 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำอันเนื่องจากการทับถมของตะกอน

ความสัมพันธ์ระหว่างลำน้ำช่วงบนกับปัจจัยต่าง ๆ

ความยาวของลำน้ำช่วงบน $L_{U/S}$ กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอน ซึ่งความยาวของลำน้ำช่วงบนมีความผันแปรกับอัตราการไหลเพียงเล็กน้อย ความยาวของลำน้ำช่วงบนมีความผกผันกับความสูงฝาย และความยาวของลำน้ำช่วงบนผันแปรกับขนาดตะกอน ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างลำน้ำช่วงล่างกับปัจจัยต่าง ๆ

ความยาวของลำน้ำช่วงล่าง $L_{D/S}$ กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอน ความยาวของลำน้ำช่วงล่างจะผกผันกับค่าความยาวของลำน้ำช่วงบน ซึ่งความยาวของลำน้ำช่วงล่างมีความผันแปรกับอัตราการไหลเพียงเล็กน้อย ความยาวของลำน้ำช่วงล่างมีผันแปรกับความสูงฝาย และความยาวของลำน้ำช่วงล่างผกผันกับขนาดตะกอน ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำกับปัจจัยต่าง ๆ

เวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำ (Time) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอน ซึ่งเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำผกผันกับอัตราการไหล เวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำผันแปรกับความสูงฝาย และเวลาที่ตะกอนทับถมเต็มความจุของรางน้ำผกผันกับขนาดตะกอน

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่ของสันคลื่นท้องน้ำกับปัจจัยต่าง ๆ

ระยะทางการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นของสันคลื่นท้องน้ำต่อช่วงเวลาของแนวสันคลื่นท้องน้ำ $X_{D/S}$ เทียบต่อความยาวของลำน้ำช่วงล่าง $L_{D/S}$ จากระยะทางการเคลื่อนที่ต่อช่วงเวลาของทุกการทดลองพบว่า การเคลื่อนที่จะเร็วเล็กน้อย แล้วจากนั้นการเคลื่อนที่จะลดลงแบบคงที่ เมื่อสันคลื่นท้องน้ำเคลื่อนที่ใกล้ถึงฝายการเคลื่อนที่เป็นแบบคงที่ ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่ของสันคลื่นท้องน้ำกับปัจจัยต่าง ๆ

ความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำ (V_X) กับปัจจัยอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลองพบว่า ความเร็วการเคลื่อนที่ต่อช่วงเวลาระยะทางของแนวสันคลื่นท้องน้ำผันแปรกับความเร็วการเคลื่อนที่ต่อช่วงเวลาระยะทางของแนวสันคลื่นท้องน้ำ ความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำผกผันกับความสูงฝาย และความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำผันแปรกับขนาดตะกอน แต่ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนทับถมกับปัจจัยต่าง ๆ

ความสูงของของตะกอนทับถมหรือสันคลื่นท้องน้ำ (h) เทียบต่อความสูงฝาย (W) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลองพบว่า ซึ่งความสูงของสันคลื่นท้องน้ำไม่ผันแปรกับอัตราการไหล ความสูงของสันคลื่นท้องน้ำผันแปรกับความสูงฝาย และความสูงของสันคลื่นท้องน้ำผกผันกับขนาดตะกอน ค่า h/W ยังมีความแปรปรวนกับค่าปัจจัยอัตราการไหลและขนาดตะกอนอยู่เล็กน้อย

6.4 ประสิทธิผลการดักตะกอนของฝายดักตะกอน

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบนกับปัจจัยต่าง ๆ

ปริมาตรตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบน ($V_{U/S}$) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลองพบว่า ค่า $V_{U/S}$ ผกผันกับอัตราการไหล ส่วนค่า $V_{U/S}$ ผันแปรกับความสูงฝาย และค่า $V_{U/S}$ ไม่ผันแปรกับขนาดตะกอน ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่างกับปัจจัยต่าง ๆ

ปริมาตรตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่าง ($V_{D/S}$) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลองพบว่า ค่า $V_{D/S}$ ผันแปรกับอัตราการไหล ส่วนค่า $V_{D/S}$ ผันแปรกับความสูงฝาย และค่า $V_{D/S}$ ไม่ผันแปรกับขนาดตะกอน ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของตะกอนทับถมตลอดทั้งลำน้ำกับปัจจัยต่าง ๆ

ปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ (V_{all}) กับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลองพบว่า ซึ่งค่า V_{All} ผันแปรกับอัตราการไหล ส่วนค่า V_{All} ผันแปร

กับความสูงฝาย และค่า V_{All} ผันแปรกับขนาดตะกอนเพียงเล็กน้อย ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบนกับปัจจัยต่าง ๆ

อัตราส่วนของปริมาตรตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบนรายชั่วโมงเทียบต่อปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ ที่เวลาสิ้นสุดการทดลองกับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลองพบว่า ค่า $v_{U/S}/V_{All}$ ไม่ผันแปรกับอัตราการไหล ส่วนค่า $v_{U/S}/V_{All}$ ผกผันกับความสูงฝาย และค่า $v_{U/S}/V_{All}$ ผันแปรกับขนาดตะกอน ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่างกับปัจจัยต่าง ๆ

อัตราส่วนของปริมาตรตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงล่างรายชั่วโมงเทียบต่อปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำที่เวลาสิ้นสุดการทดลองกับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลองพบว่า ค่า $v_{D/S}/V_{All}$ ไม่ผันแปรกับอัตราการไหล ส่วนค่า $v_{D/S}/V_{All}$ ผันแปรกับความสูงฝาย และค่า $v_{D/S}/V_{All}$ ผกผันกับขนาดตะกอน ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมตลอดทั้งลำน้ำกับปัจจัยต่าง ๆ

อัตราส่วนของปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำรายชั่วโมงเทียบต่อปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำที่เวลาสิ้นสุดการทดลองกับปัจจัยของอัตราการไหล ความสูงฝาย และขนาดตะกอนของทุกการทดลองพบว่า ค่า v_{All}/V_{All} ไม่ผันแปรกับอัตราการไหล ส่วนค่า v_{All}/V_{All} ไม่ผันแปรกับความสูงฝาย และค่า v_{All}/V_{All} ผันแปรกับขนาดตะกอน ความสัมพันธ์ของปัจจัยค่าอัตราการไหลยังไม่เด่นชัด

ความสัมพันธ์ของอัตราการดักตะกอนเฉลี่ยกับปัจจัยต่าง ๆ

ประสิทธิผลการดักตะกอนตลอดทั้งรางน้ำ ($\%Trap_{All}$) มีความผันแปรกับอัตราการไหลเพียงเล็กน้อย และค่า $\%Trap_{All}$ มีความผกผันกับความสูงฝายเพียงเล็กน้อย และค่า $\%Trap_{All}$ มีความผันแปรกับขนาดตะกอน ความสัมพันธ์กับปัจจัยอัตราการไหลและความสูงฝายยังไม่ชัดเจนนัก

ประสิทธิผลดักตะกอนของลำน้ำช่วงบน (%$Trap_{U/S}$) มีความผกผันกับอัตราการไหล และค่า %$Trap_{U/S}$ มีความผันแปรกับความสูงฝายเพียงเล็กน้อย และค่า %$Trap_{U/S}$ มีความผันแปรกับขนาดตะกอน

ประสิทธิผลการดักตะกอนของลำน้ำช่วงล่าง (%$Trap_{D/S}$) มีความผันแปรกับอัตราการไหล และค่า %$Trap_{D/S}$ มีความผันแปรกับความสูงฝายเพียงเล็กน้อย และค่า %$Trap_{D/S}$ มีความผันแปรกับขนาดตะกอน

ความสัมพันธ์ของประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงกับเวลา

ประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงตลอดทั้งรางน้ำ รวมทั้งลำน้ำช่วงบนและลำน้ำช่วงล่างของทุกการทดลอง ประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงจากการทดลองจะเห็นว่าประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงตลอดทั้งรางน้ำตามเวลาเป็นแบบคงที่ ส่วนค่าประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงในลำน้ำช่วงล่างในช่วงแรก จะมีค่าน้อยกว่าค่าประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงในลำน้ำช่วงบนของรางน้ำ เมื่อเวลาผ่านไปค่า %$Trap_{D/S}$ จะค่อยๆ มากกว่า %$Trap_{U/S}$ ไปจนกระทั่งเวลาสิ้นสุด

6.6 ข้อเสนอแนะ

ปัญหาจากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์กายภาพ

1. เวลาที่ใช้ทดลองการทดลองในแต่ละกรณีจะใช้เวลานาน เนื่องจากจำนวนทรายที่จะต้องใช้ในการทดลองหนึ่งๆ ใช้ปริมาณมากจึงทำให้ต้องนำทรายที่ใช้จากการทดลองครั้งก่อนหน้ามาหมุนเวียนใช้อีก ทรายที่จะนำมาใช้ใหม่จะต้องนำไปผึ่งลมหรือแดดและจะใช้เวลาประมาณ 3-5 วัน จึงจะแห้งสนิท

2. งบประมาณที่จำกัด ในการทดลองมีหลายอย่างที่จำเป็นต้องใช้ เช่น งบจัดซื้อทราย ซึ่งจะต้องใช้เงินสูง

3. วาล์วเปิด-ปิดของชุดอุปกรณ์รางน้ำเกิดเสียงดังมาก เมื่อเปิดให้อัตราการไหลของน้ำมากกว่า 30 ลิตรต่อวินาที

4. ในการศึกษาครั้งนี้พิสัยค่าอัตราการไหล ขนาดตะกอน และความสูงของฝายค่อนข้างแคบจึงทำให้ผลการวิเคราะห์มีช่วงค่าแคบๆ ไปด้วย

5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องสภาวะสมดุลของรางน้ำที่ไม่มีฝาย ให้สมดุลกับอัตราการไหลของน้ำ ความเร็วการไหล ขนาดตะกอน ซึ่งเป็นความสำคัญต่อการทดลอง

6. อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าระดับท้องน้ำและระดับน้ำยังไม่มีความแม่นยำในการวัดเท่าไรนักทำให้ค่าระดับที่ได้อาจมีความคาดเคลื่อนอยู่บ้าง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มพิสัยค่าอัตราการไหลของน้ำ ขนาดตะกอน และความสูงของฝายให้กว้างกว่านี้

2. ควรมีการศึกษาการทับถมของตะกอนต่อเนื่องหลังจากที่ตะกอนเต็มฝายให้ถึงสภาวะสมดุลอีกครั้งที่ค่าความลาดชันท้องน้ำที่มีการทับถมของตะกอนเท่ากับค่าความลาดชันท้องน้ำสมดุลแบบไม่มีฝายดักตะกอนหรือสภาวะที่ปริมาณตะกอนไหลเข้าเท่ากับปริมาณตะกอนไหลออก

3. ควรมีการศึกษา ตรวจวัดอัตราการดักตะกอนของฝายในภาคสนาม เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ว่าผลมีความสอดคล้องกันหรือไม่

4. ควรมีการศึกษาระยะทางของจุดเริ่มต้นทับถมตะกอนที่เกิดขึ้นจริงว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษาอย่างไร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ทวนทัน กิจไพศาลสกุล. การกัดเซาะและการตกตะกอน กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2543.

ธรรมวัฒน์ การุณธนกุล. การกัดเซาะรอบตอม่อสะพานที่เรียงเป็นตับ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ธีระศักดิ์ เจริญมรรคผล. ผลของการกระจายขนาดของตะกอนต่อพฤติกรรมการเคลื่อนตัว วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2545.

พรมงคล ชิดชอบ. การกัดเซาะรอบตอม่อสะพาน วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2540.

สวัสดิ์ ลู่ชัยชนะ. การศึกษาการเคลื่อนที่ของตะกอนในรางน้ำเปิดโดยใช้ทรายที่มีขนาดและการเรียงเม็ดที่กำหนดให้เป็นวัสดุรางน้ำ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2530.

เอกนันท์ ตั้งธีระสุนันท์. ผลของความขรุขระของผิวตอม่อสะพานต่อหลุมกัดเซาะ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544.

ภาษาอังกฤษ

Ackers, P. and White, W.R. Sediment Transport New Approach and Analysis Procs. ASCE, Vol. 99, Hy11, Paper 10167, pp.2041-2060, 1973.

Colby, B.R. Discharge of Sand and Mean Velocity Relationships in Sand Bed Streams U.S. Geological Survey, Progress Paper No. 462-A, Washington D.C., U.S.A., 1964.

Du Boys, M.P. Le Rhone et Les Rivieres a Lit Affouillable (in French) Mem. Doc. Ann. Ponts et Chaussees, Ser. S Vol.18, 1879.

Einstein, H. A. The Bed-Load Function for Sediment Transportation in Open Channel Flow U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Technical Bulletin No. 1026, 1950.

Engelund, F. and Hansen, E. A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams Teknisk Forlag, Copenhegen, Denmark, 1967.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Ferro V., Giordano G., and Iovino M. The Influence of Armoring on Estimating a Stable Thalweg Slope, Rep. No. 94-A-043, Agriculture Engineering, Milano, Italy, 1-10., 1994.

Gessler J. Stochastic Aspect of Incipient Grain Motion on Riverbeds Stochastic Approaches to Water Resources, H. W. Shen ed., Vol. II, Cap. 25, Colorado State University, Fort Collins, Colo., 1-27, 1976.

Gregory L. Morris. And Jiahua Fan. Reservoir Sedimentation Handbook, Textbook, U.S.A., McGrw-Hill, 1997.

Meyer-Peter, E. and Muller, R. Formulas for Bed-Load Transport Repressented on 2nd Meeting IAHR, pp. 39-64, Stockholm, Sweden, 1948.

Rottner, J. A Formula for Bed Load Transportation La Houille Blanche, Vol. 4, No. 3, pp. 301-307, 1959.

Shinohara, K. and Tsubaki, T. On the Characteristics of Sand Waves Formed Upon the Beds of the Open Channels and Rivers Repot of Research Institute of Applied Mechanics, Kyushu University, Vol. 25, pp. 15-45, 1959.

Tawatchai Tingsanchali. River Morphology and Sediment Transport, Lecture Note, Division of Water Resources Engineering, School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, Pathumthani, Thailand, 1995.

Toffaleti, F.B. Definite Computations on Sand Discharge in Rivers Procs. ASCE, Vol. 95,No. HY1, pp.225-248, 1969.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แบบจำลองชลศาสตร์ของฝายดักตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แบบจำลองชลศาสตร์ของฝายดักตะกอน

ก.1 การจัดเตรียมแบบจำลองทางชลศาสตร์

การทดลองการดักตะกอนด้วยฝาย ซึ่งทำการศึกษาและทดลองในรางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular flume) ในห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีถังเก็บน้ำขนาดความจุ 30 ลบ.ม. ตั้งอยู่บนชั้นดาดฟ้าของตึก อาคารวิศวกรรม 5 และมีระบบสูบน้ำหมุนเวียน โดยรักษาระดับน้ำความดันคงที่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) รางน้ำเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังรูป ก.1 มีความยาว 18 ม. กว้าง 0.60 ม. และลึก 0.75 ม. ผนังด้านข้างทำด้วยกระจกใสหนา 1.2 ซม. ทั้ง 2 ด้าน พื้นรางทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 6 มม. และความลาดเอียงของรางน้ำสามารถปรับได้โดยใช้แม่แรง (Hydraulics) การปรับแม่แรงจะควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ดังรูป ก-2

2) ตะแกรง (Screen) และตะแกรงลดคลื่น (Wave suppresors) ทำจากไม้ระแนงติดตั้งบริเวณบ่อพักน้ำด้านเหนือน้ำ (Head box) เพื่อลดขนาดของคลื่นและความรุนแรงของกระแสน้ำ ดังรูป ก-3

3) ระบบหมุนเวียนของน้ำ ประกอบด้วยถังเก็บน้ำ (Constent head tank) ความจุ 30 ลบ.ม. เครื่องสูบน้ำขนาด 25 แรงม้า ดังรูป ก-4 จำนวน 4 เครื่อง แต่ละเครื่องสามารถสูบน้ำได้สูงสุดประมาณ 25 ลิตรต่อวินาที การหมุนเวียนของน้ำเริ่มจากการปล่อยน้ำจากถังเก็บน้ำจากชั้นดาดฟ้าผ่านท่อเหล็กกล้าผ่านวาล์วควบคุมการเปิด-ปิดท่อ จนหระทั่งถึงบ่อพักด้านเหนือน้ำ น้ำจะไหลผ่านรางน้ำและไหลลงสู่บ่อพักน้ำ (Sump) และถูกสูบกลับไปยังถังเก็บน้ำโดยเครื่องสูบน้ำอีกครั้งหนึ่ง ดังรูป ก-5 ถึง ก-6

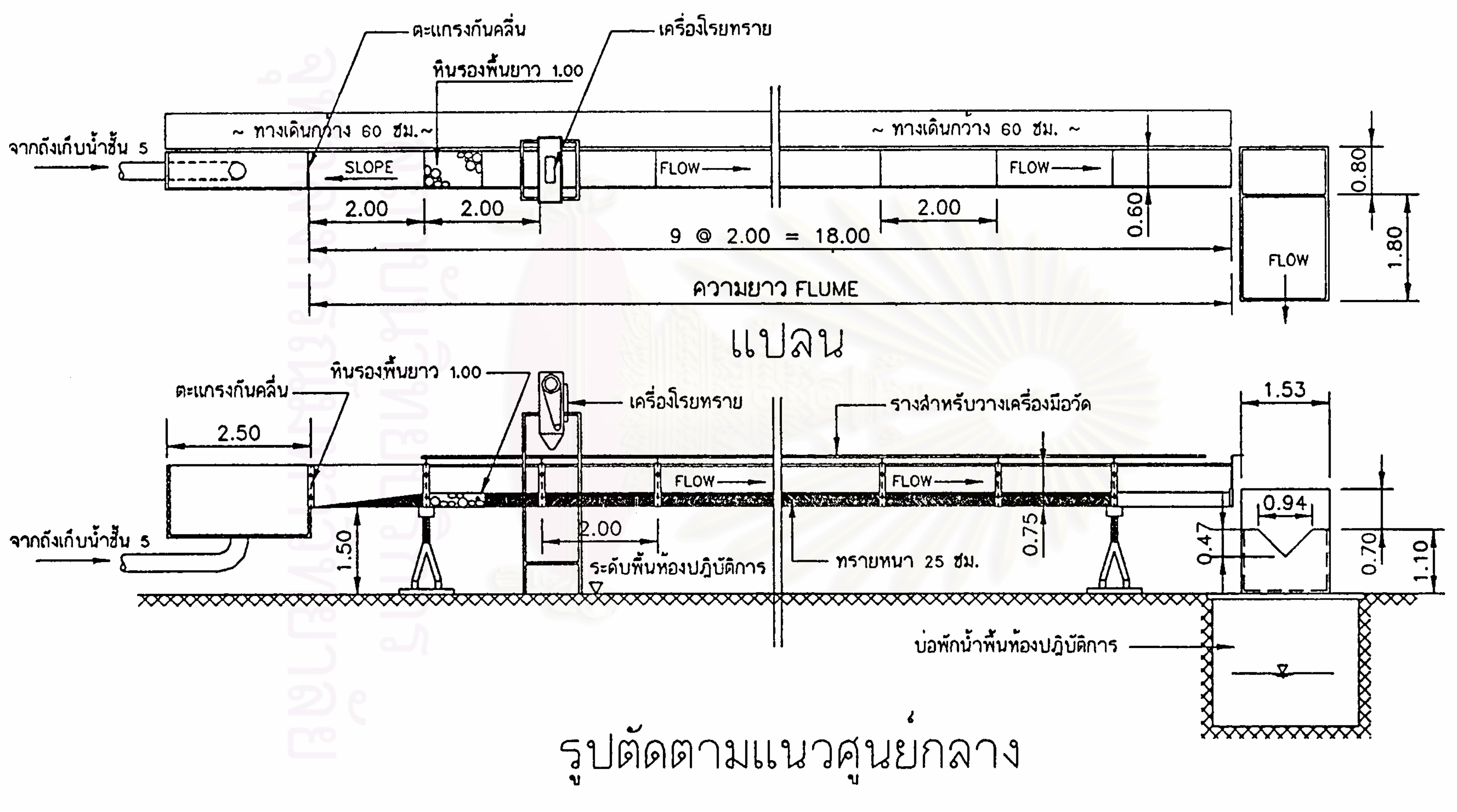
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป ก-1 รางน้ำเปิดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

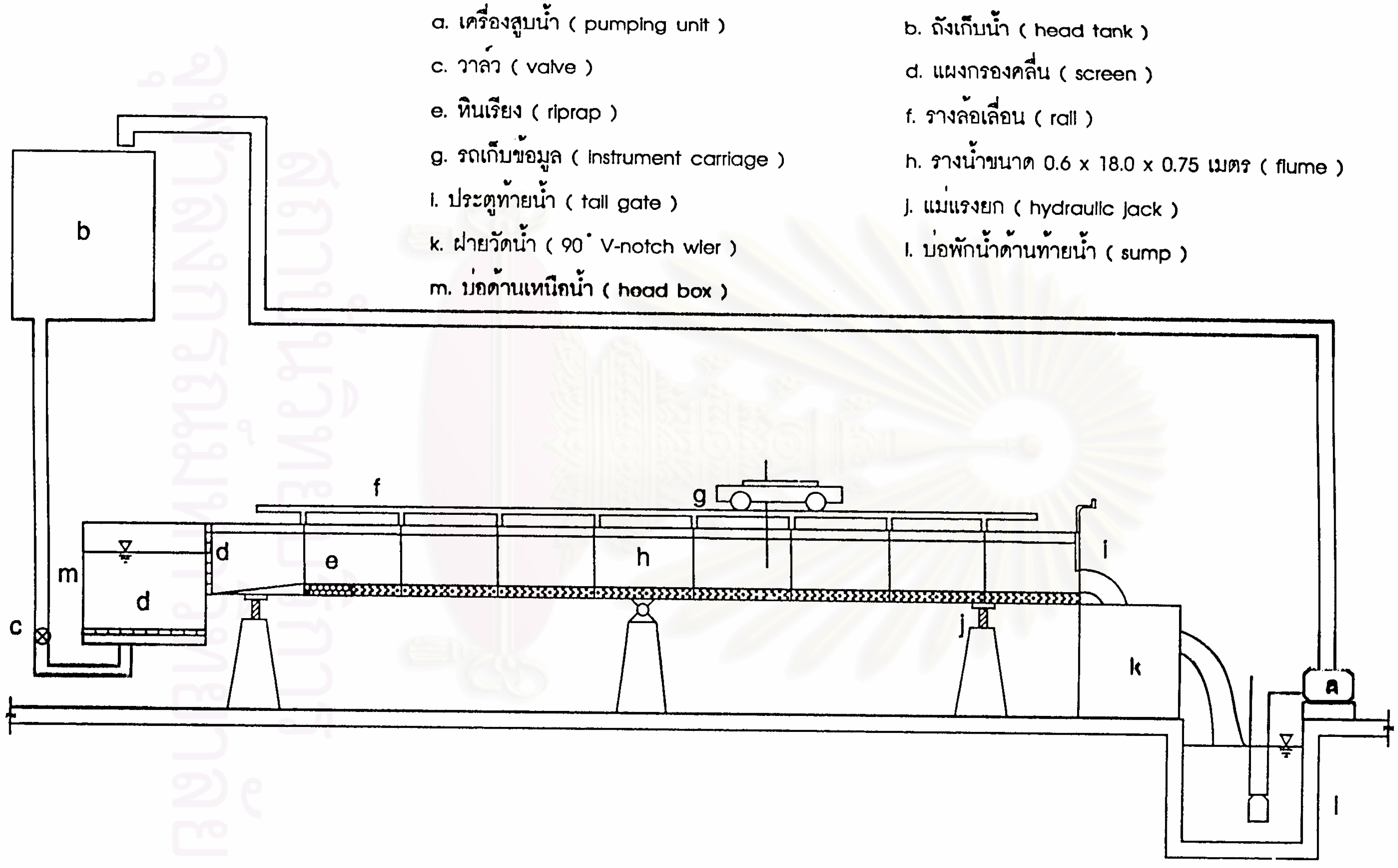
รูป ก-2 มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับปรับแม่แรง

รูป ก-3 ตะแกรงและตะแกรงลดคลื่น

รูป ก-4 เครื่องสูบน้ำ



รูป ก-5 รางน้ำที่ใช้ในการทดลอง



รูป ก-6 แผนผังแสดงส่วนประกอบต่างๆ และระบบหมุนเวียนของน้ำ

ก.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วย

1) ฝายสามเหลี่ยมวัดน้ำสันคม ดังรูป ก-7 กว้าง 1.53 ม. ยาว 2.60 ม. ด้านหน้าสูง 1.10 ม. ด้านหลังสูง 1.80 ม. ทำจากแผ่นเหล็กหนา 6 มม. สามารถวัดน้ำได้สูงสุด 75 ลิตรต่อวินาทีติดตั้งอยู่ทางด้านท้ายของรางน้ำ ใช้สำหรับวัดอัตราการไหล ภายในตัวฝายติดตั้งตะแกรงลดคลื่นเพื่อลดความรุนแรงของน้ำ ดังรูป ก-8 ทำให้สามารถอ่านค่าระดับน้ำเหนือสันฝายได้ถูกต้อง

2) เครื่องโรยทรายอัตโนมัติประกอบด้วยถังเก็บทราย ดังรูป ก-9 ถึง ก-12 มีขนาดกว้าง 0.30 ม. ยาว 0.55 ม. และสูง 0.825 ม. บริเวณด้านข้างของถังเก็บทรายติดตั้งมอเตอร์สั่นสะเทือนขนาด 0.5 แรงม้า เครื่องโรยทรายเป็นแบบลูกกลิ้งหมุนโดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า 220/380 โวลต์ จำนวนรอบสูงสุดได้ 1500 รอบต่อนาที การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ใช้เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าในการควบคุมดังรูป ก-10

3) อุปกรณ์วัดความเปลี่ยนแปลงความลึกท้องน้ำและระดับน้ำทำด้วยไม้แท่งยาว 90 ซม. หนา 10 มม. ติดแผ่นบอกระดับที่ด้านทั้งสองด้านที่ปลายไม้เสริมด้วยแผ่นไม้ขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นตัวผิวหน้าสัมผัสที่จะแตะบอกค่าระดับท้องน้ำและระดับผิวน้ำ ดังรูป ก-13

4) เทอร์โมมิเตอร์ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำขณะทารทดลอง

5) นาฬิกาจับเวลา

ก.3 แบบจำลองฝายดักตะกอน

แบบจำลองฝายดักตะกอนสร้างขึ้นจากแผ่นพลาสติกหนา 10 มม. สูง 3 ขนาดคือ 50 มม. 75 มม.และ 100 มม. (± 3 มม.) โดยประมาณ ความสูงของฝายจะวัดจากพื้นท้องน้ำ โดยแบบจำลองจะติดตั้งที่ท้ายรางน้ำและที่สันฝายจะทำการเจียรสันให้คมเพื่อให้การไหลของน้ำผ่านสันฝาย เป็นการไหลแบบฝายสันคม แสดงดังรูป ก-14

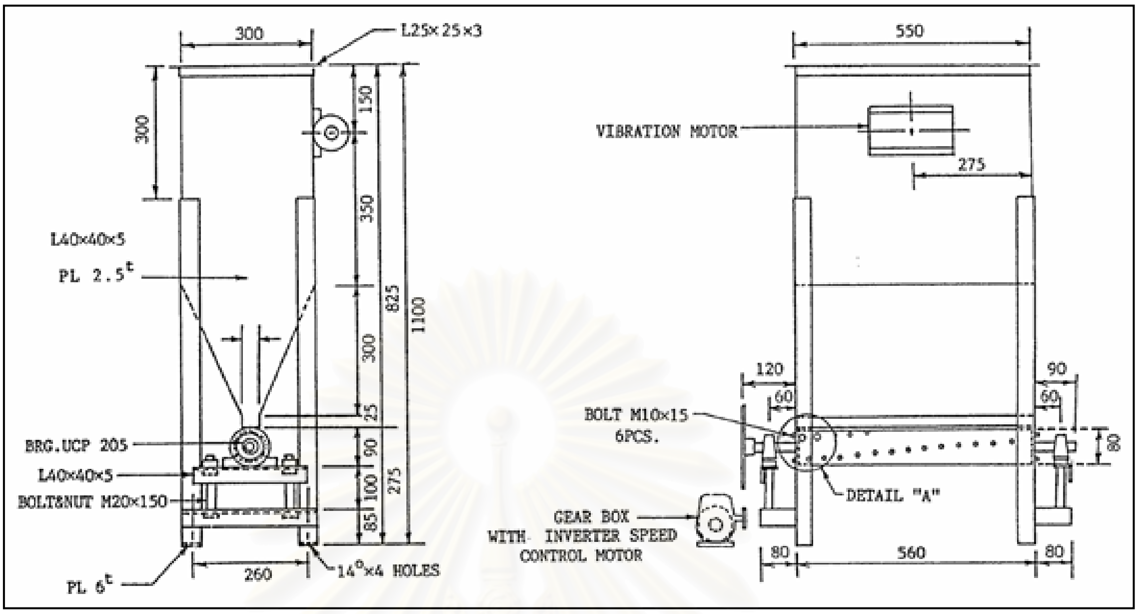
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป ก-7 ฝายสามเหลี่ยมวัดน้ำสันคม

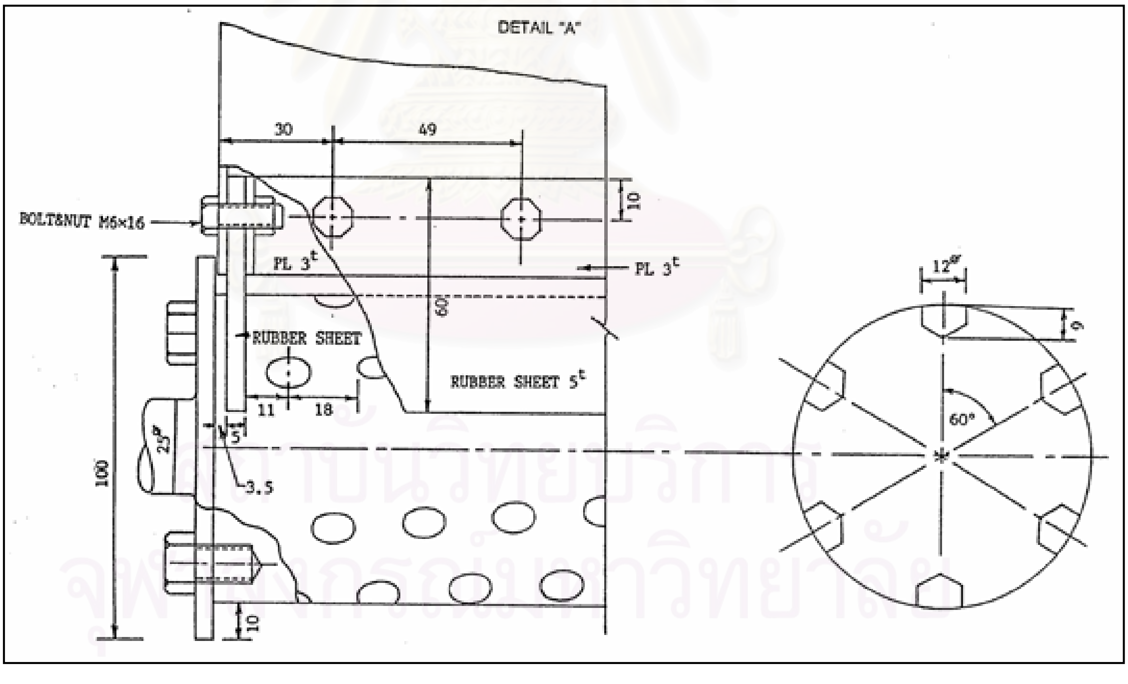
รูป ก-8 ตะแกรงลดคลื่น

รูป ก-9 ถังเก็บทราย

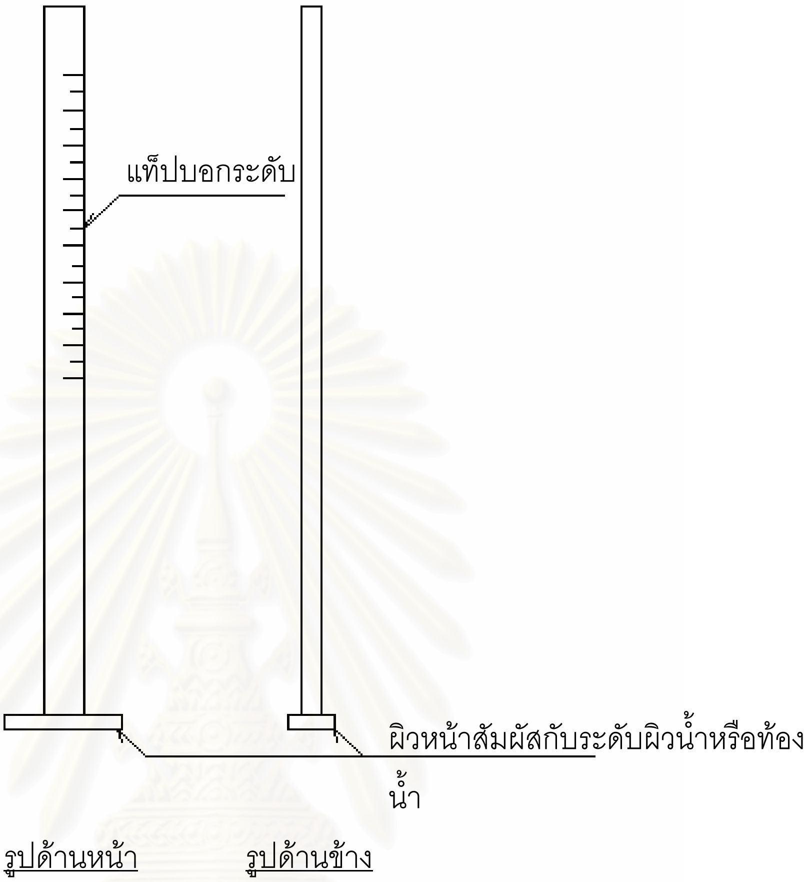
รูป ก-10 เครื่องควบคุมอัตราการโรยทราย



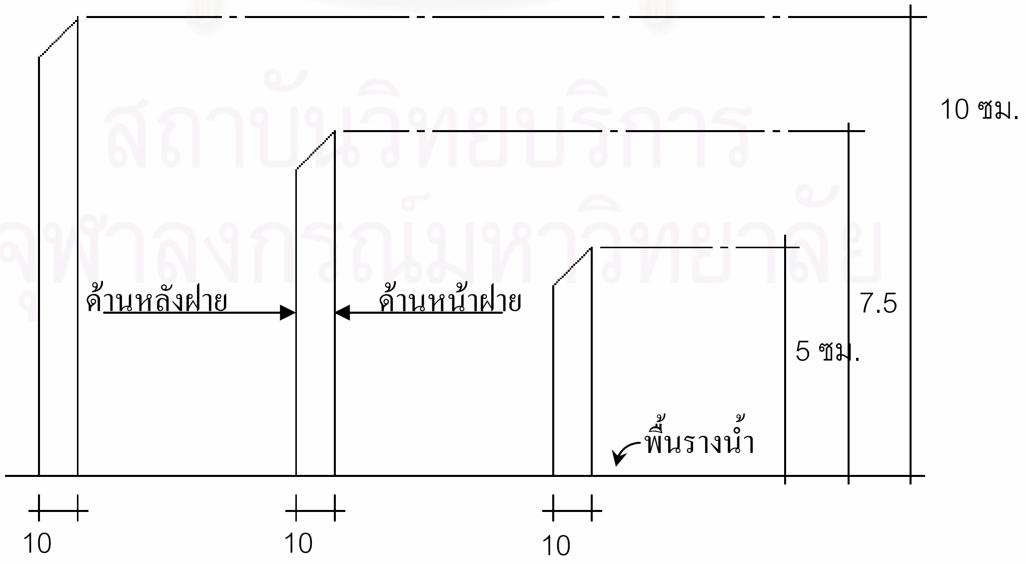
รูป ก-11 แบบรายละเอียดเครื่องโรยทรายอัตโนมัติ



รูป ก-12 แบบรายละเอียดลูกกลิ้งของเครื่องโรยทรายอัตโนมัติ



รูป ก-13 แบบจำลองของไม้วัดระดับ (Staff gauge)



รูป ก-14 แบบจำลองของฝายดักตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.4 วัสดุท้องน้ำ (Bed material)

วัสดุท้องน้ำใช้ทรายขนาดสม่ำเสมอ 3 ขนาดได้แก่ ทรายหยาบ (Course sand) D_{50} = 2.0 มม. ทรายปานกลาง (Medium sand) 1.4 มม. และทรายละเอียด (Fine sand) 0.33 มม. นำมาจำลองเป็นท้องน้ำปูหนา 20 ซม. สูงจากพื้นรางน้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

ตาราง ก-1 คุณสมบัติของวัสดุท้องน้ำที่ใช้ในการทดลอง

ชนิด	D_{35} (มม.)	D_{50} (มม.)	D_{65} (มม.)	γ(kN/m^3)	ϕ^*
ทรายละเอียด	0.27	0.33	0.4	2.63	28
ทรายปานกลาง	1.20	1.40	1.41	2.62	30
ทรายหยาบ	1.99	2.00	2.1	2.61	35

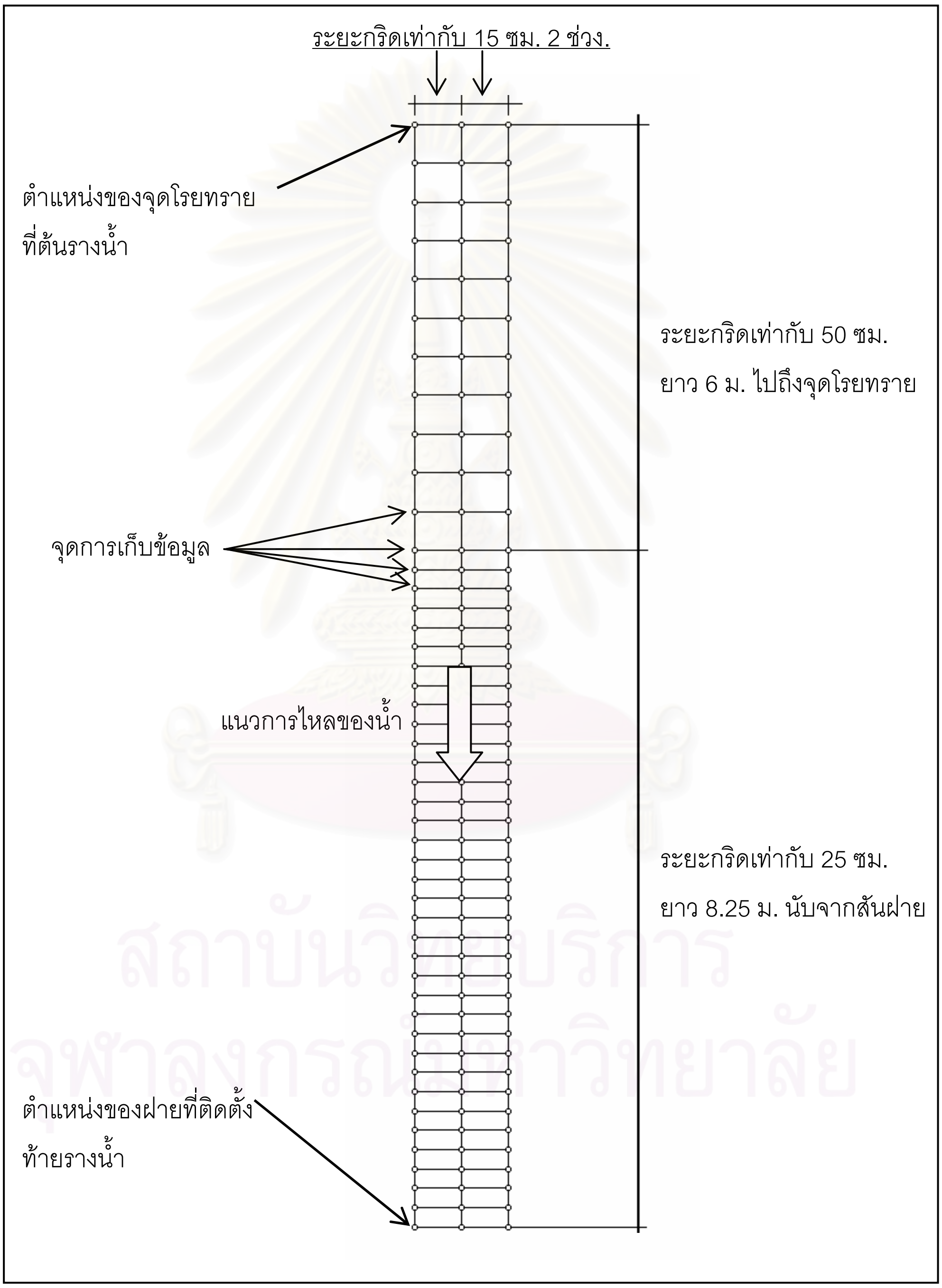
หมายเหตุ * ϕ = Angle of repose of sediment (ธรรมวัฒน์, 2541)

รูป ก-15 บ่อเก็บทราย

ก.5 แผนผังของตำแหน่งการเก็บข้อมูลระดับน้ำและระดับท้องน้ำ

ในการเก็บข้อมูลค่าระดับน้ำและท้องน้ำจากการใช้อุปกรณ์วัดความเปลี่ยนแปลงความลึกท้องน้ำและระดับน้ำจะแบ่งพื้นที่ของรางน้ำเป็นตารางกริด โดยจะแบ่งตามแถวได้ 3 แถว คือ จากแนวชิดขอบรางน้ำ กึ่งกลางรางน้ำและแนวชิดขอบรางน้ำอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจะได้ระยะห่างเท่ากับ 15 ซม. การแบ่งกริดจากแนวคอลัมน์จะแบ่งกริดออกเป็นสองส่วนคือระยะห่างเท่ากับ 25 ซม. และ 50 ซม. เนื่องจากช่วงระยะห่างเกริดท่ากับ 25 ซม.จะอิงความยาวลำน้ำที่มีการทับถมตะกอน การเก็บ

ข้อมูลจึงถี่เพื่อจะได้เก็บข้อมูลได้ดีขึ้น ในส่วนของช่วงระยะห่างกริดเท่ากับ 50 ซม.ที่อยู่นอกลำน้ำช่วงล่างจึงทำการเก็บข้อมูลแบบคร่าวๆ เท่านั้น เหตุผลของการแบ่งช่วงกริดออกเป็นสองส่วนเพราะว่าจะทำให้เวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลน้อยที่สุด เพราะว่าข้อมูลที่เก็บเป็นข้อมูลรายชั่วโมง การเก็บข้อมูลที่สั้นที่สุดจะได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงค่าจริงมากที่สุด สำหรับแผนผังของตำแหน่งการเก็บข้อมูลระดับน้ำและระดับท้องน้ำได้แสดงดังรูป ก-16 และ ก-17



รูป ก-16 แผนผังแสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลระดับน้ำและระดับท้องน้ำ

รูป ก-17 การกำหนดตำแหน่งการเก็บข้อมูลระดับน้ำและระดับท้องน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์วัสดุท้องน้ำและการสอบเทียบเครื่องมือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์วัสดุท้องน้ำและการสอบเทียบเครื่องมือ

การวิเคราะห์วัสดุท้องน้ำที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้นำทรายจากลำน้ำธรรมชาติ ซึ่งใช้ทราย 3 ขนาด คือ ทรายหยาบ ทรายปานกลาง และทรายละเอียด โดยกำหนดช่วงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดทรายตามมาตรฐาน USBR ได้แก่ ทรายหยาบ 2.0-5.0 มม. ทรายปานลาง 0.4-2.0 มม. และทรายละเอียด 0.75-0.4 มม. ซึ่งได้แบ่งการวิเคราะห์วัสดุท้องน้ำตามข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์ขนาดของวัสดุท้องน้ำ

2) การวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุท้องน้ำ

3) การวิเคราะห์ความหนาแน่นของวัสดุท้องน้ำทับถมใต้น้ำ

ข.1 การวิเคราะห์ขนาดของวัสดุท้องน้ำ

การวิเคราะห์ขนาดของเม็ดทราย (Sieve analysis) ได้ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อหาขนาดตะกอนท้องน้ำที่ลอดผ่านตะแกรงที่ร้อยละ 35, 50 และ 65 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ ทรายหยาบ D_{35}= 1.95 มม. D_{50}= 2.0 มม. D_{60}= 2.2 มม., ทรายปานกลาง D_{35}= 1.3 มม. D_{50}= 1.4 มม. D_{60}= 1.5 มม. และทรายละเอียด D_{35}= 0.27 มม. D_{50}= 0.33 มม. D_{60}= 0.40 มม. รายละเอียดการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง ข-1 ถึง ข-3 และรูป ข-1

ตาราง ข-1 ผลการวิเคราะห์ขนาดของทรายละเอียด

ขนาดตะแกรง (มม.)	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ตกค้างบนตะแกรง	เปอร์เซ็นต์สะสมบนตะแกรง	ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรง
2.36	1.2	0.21	0.21	99.79
2	0.6	0.11	0.32	99.68
0.85	18.9	3.33	3.65	96.35
0.425	167.1	29.44	33.09	66.91
0.25	211.9	37.34	70.43	29.57
0.15	117.8	20.76	91.19	8.81
0.106	29.2	5.15	96.33	3.67
ถาด	20.8	3.67	100.00	0.00
รวม	567.5	100	-	-

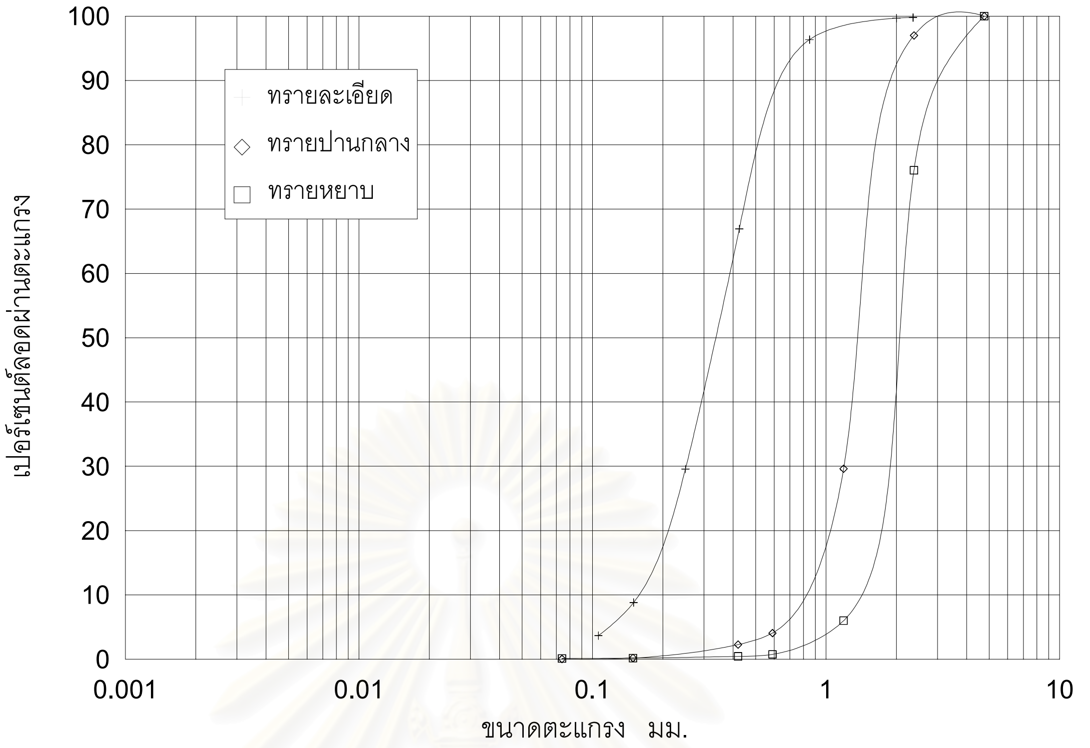
ตาราง ข-2 ผลการวิเคราะห์ขนาดของทรายกลาง

ขนาดตะแกรง (มม.)	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ตกค้างบนตะแกรง	เปอร์เซ็นต์สะสมบนตะแกรง	ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรง
2.38	7.5	0.60	0.60	99.40
1.19	872.2	69.78	70.38	29.62
0.59	319.2	25.54	95.92	4.08
0.42	22.5	1.80	97.72	2.28
0.177	22.9	1.83	99.55	0.45
0.149	3.2	0.26	99.81	0.19
0.074	1.9	0.15	99.96	0.04
ถาด	0.5	0.04	100.00	0.00
รวม	1249.9	100	-	-

ตาราง ข-3 ผลการวิเคราะห์ขนาดของทรายหยาบ

ขนาดตะแกรง (มม.)	น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ตกค้างบนตะแกรง	เปอร์เซ็นต์สะสมบนตะแกรง	ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรง
2.38	274.9	23.97	23.97	76.03
1.19	827.9	72.19	96.15	3.85
0.59	35.4	3.09	99.24	0.76
0.42	3.7	0.32	99.56	0.44
0.177	2.6	0.23	99.79	0.21
0.149	0.4	0.03	99.83	0.17
0.074	0.6	0.05	99.88	0.12
ถาด	1.4	0.12	100.00	0.00
รวม	1146.9	100	-	-

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ข-1 กราฟแสดงการวิเคราะห์ขนาดของทรายละเอียด ทรายปานกลางและทราย

ข.2 การวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุท้องน้ำ

การวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุท้องน้ำได้ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์พื้นฐาน ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะดังนี้ ทรายหยาบ 2.63, ทรายปานกลาง 2.62 และทรายละเอียด 2.61 รายละเอียดการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง ข-4 ถึง ข-7 และรูป ข-2

ตาราง ข-4 ผลการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของทรายละเอียด

Trial No.	1	2	3
Temperature , C	31	29.5	29.5
Flask+Water	657.9	658.1	658.1
Flask+Water+Soil	768.7	803.8	805.2
Container No.	สังกะสี	พลาสติก	แก้ว
Dry Soil+Container	225.1	306.8	362.4
Wt. of Container	46.8	72.3	125.6
Dry Soil	178.3	234.5	236.8
Sp. Gr. Of Water	0.9954	0.9959	0.9959
Sp. Gr. Of Soil	2.6293	2.6299	2.6291
Average Sp. Gr. Of Soil	2.63		

ตาราง ข-5 ผลการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของทรายขนาดกลาง

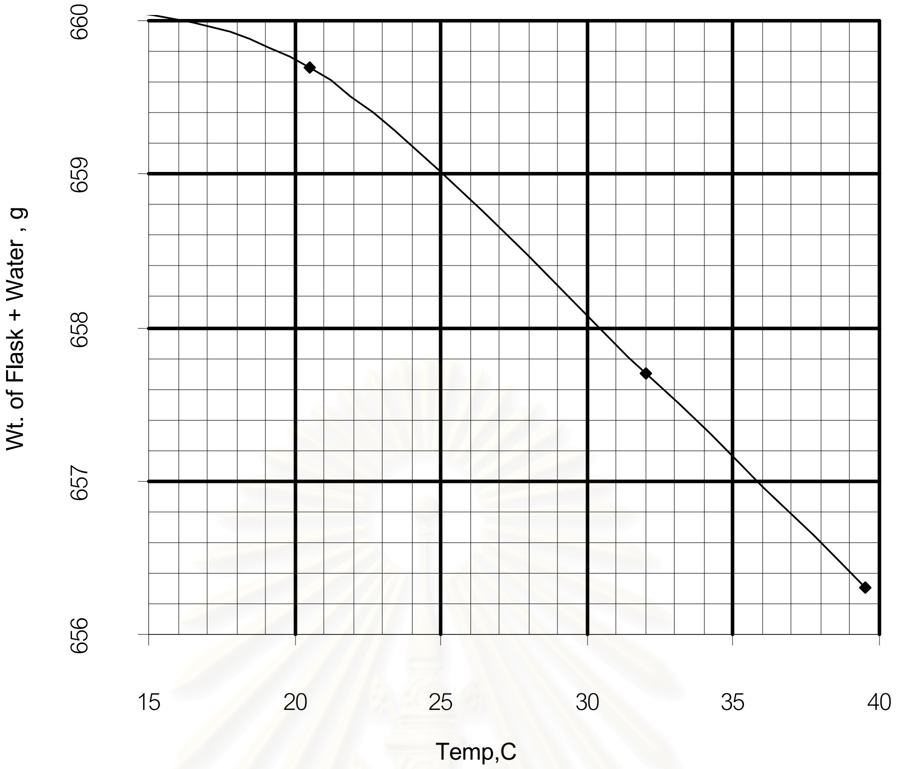
Trial No.	1	2	3
Temperature , C	28.5	28.5	28.5
Flask+Water	658.35	658.35	658.35
Flask+Water+Soil	750.2	762.7	764.5
Container No.	สังกะสี	พลาสติก	แก้ว
Dry Soil+Container	195.3	240.5	297.0
Wt. of Container	46.8	72.3	125.6
Dry Soil	148.5	168.2	171.4
Sp. Gr. Of Water	0.9965	0.9965	0.9965
Sp. Gr. Of Soil	2.6122	2.6251	2.6176
Average Sp. Gr. Of Soil	2.62		

ตาราง ข-6 ผลการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของทรายขนาดใหญ่

Trial No.	1	2	3
Temperature , C	26	26	26
Flask+Water	658.8	658.8	658.8
Flask+Water+Soil	801.5	830.5	785.9
Container No.	สังกะสี	พลาสติก	แก้ว
Dry Soil+Container	277.4	349.8	331
Wt. of Container	46.8	72.3	125.6
Dry Soil	230.6	277.5	205.4
Sp. Gr. Of Water	0.9968	0.9968	0.9968
Sp. Gr. Of Soil	2.6150	2.6145	2.6148
Average Sp. Gr. Of Soil	2.61		

ตาราง ข-7 ผลการสอบเทียบขวดแก้ววัดปริมาตร

อุณหภูมิ (^{o}C)	**น้ำหนักขวดแก้วและน้ำ (กรัม)**
39.5	656.3
32.0	657.7
20.5	659.7
10.0	660.2



รูป ข-2 ผลการสอบเทียบขวดแก้ววัดปริมาตร

ข.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของวัสดุท้องน้ำทับถมใต้น้ำ

การวิเคราะห์ปริมาตรของวัสดุท้องน้ำใต้น้ำเพื่อสอบเทียบปริมาตรของทรายขนาดต่างๆ ในสภาวะอิ่มตัวใต้น้ำ ซึ่งได้ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์พื้นฐาน ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้คือ ขวดตวงปริมาตรขนาด 1000 ลบ.ซม. ตาชั่งน้ำหนัก ปากกรวย เพื่อที่จะหาปริมาณของทรายที่ใช้โรยในช่วงเวลาหนึ่งจะเทียบได้เป็นปริมาตร ∇_s (Inflow) เท่าไร สืบเนื่องจากทฤษฎีของการคำนวณปริมาตรของตะกอนทับถมในอ่างเก็บน้ำจะใช้ตัวแปรระหว่างปริมาตรตะกอนทับถมในช่วงเวลา ∇_s (Deposit) ต่อปริมาตรตะกอนไหลเข้าในช่วงเวลา ∇_s (Inflow)

วิธีการทดลองมีดังนี้

1) เตรียมขนาดทรายที่จะใช้ทดลอง โดยทรายที่ใช้จะทดลองต้องเป็นทรายที่แห้ง

2) นำทรายจำนวนหนึ่งไปชั่งหาน้ำหนัก แล้วบันทึกค่าเป็นน้ำหนักของทรายแห้ง

3) เตรียมขวงตวงปริมาตรใส่น้ำลงไปในขวดพอประมาณเพื่อใช้ให้ทรายไปแทนที่น้ำได้

4) ค่อยเททรายที่ได้ชั่งน้ำหนักไว้แล้วลงไปในขวดตวงที่ใส่น้ำ โดยอาจใช้ปากกรวยรองเพื่อให้ทรายไหลลงได้อย่างสม่ำเสมอ แล้วทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้ทรายตกตะกอน

5) อ่านค่าปริมาตรในส่วนของทราย แล้วบันทึกค่าเป็นปริมาตรทรายอิ่มตัวในน้ำ

6) นำค่าน้ำหนักของทรายแห้งและปริมาตรทรายอิ่มตัวในน้ำไปคำนวณหาความหนาแน่นของวัสดุท้องน้ำทับถมใต้น้ำ

7) ทดลองครั้งต่อไปโดยเพิ่มน้ำหนักทรายขึ้นอีก

ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของวัสดุท้องน้ำทับถมใต้น้ำดังนี้

ทรายหยาบ : ปริมาตรทรายในน้ำ(ซม^3) = 679.32 × นน.ทรายแห้ง(กก.)

ทรายปานกลาง : ปริมาตรทรายในน้ำ(ซม^3) = 708.26 × นน.ทรายแห้ง(กก.)

ทรายละเอียด : ปริมาตรทรายในน้ำ(ซม^3) = 698.29 × นน.ทรายแห้ง(กก.)

ดังแสดงไว้ในตาราง ข-8 และรูป ข-3

<u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาตรตะกอนไหลเข้าการทดลองกรณี W3-D2-Q5</u>

เวลาที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 610 นาที และค่าอัตราการโรยทราย (S) เท่ากับ 0.027 กิโลกรัมต่อวินาทีจะได้ปริมาตรตะกอนไหลเข้าเท่ากับ

V_{in} = Time X อัตราการโรยทราย X ค่าสัมประสิทธิ์

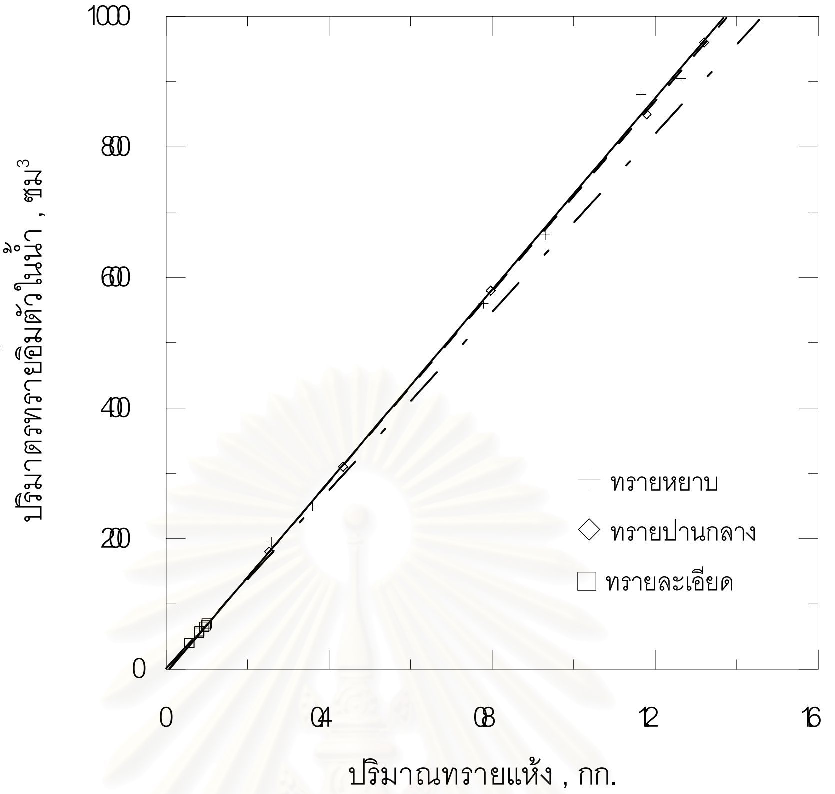
= 610 (นาที) X 0.027 (กิโลกรัมต่อวินาที) X 708.26 X 60 X 10^{-6}

= 0.700 ลบ.ม.

ตาราง ข-8 ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของวัสดุท้องน้ำทับถมใต้น้ำทั้ง 3 ขนาด

ขนาดทราย	น้ำหนักทรายแห้ง (กิโลกรัม)	ปริมาตรทรายแห้ง (ซม^3)
ใหญ่	1.263	905
	1.165	880
	0.93	665
	0.779	560
	0.359	250
	0.259	195
กลาง	1.320	960
	1.179	850
	0.796	580
	0.434	310
	0.253	180
เล็ก	0.0996	70
	0.0979	67
	0.0937	65
	0.0816	58
	0.0806	56
	0.0570	40
	0.0569	40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



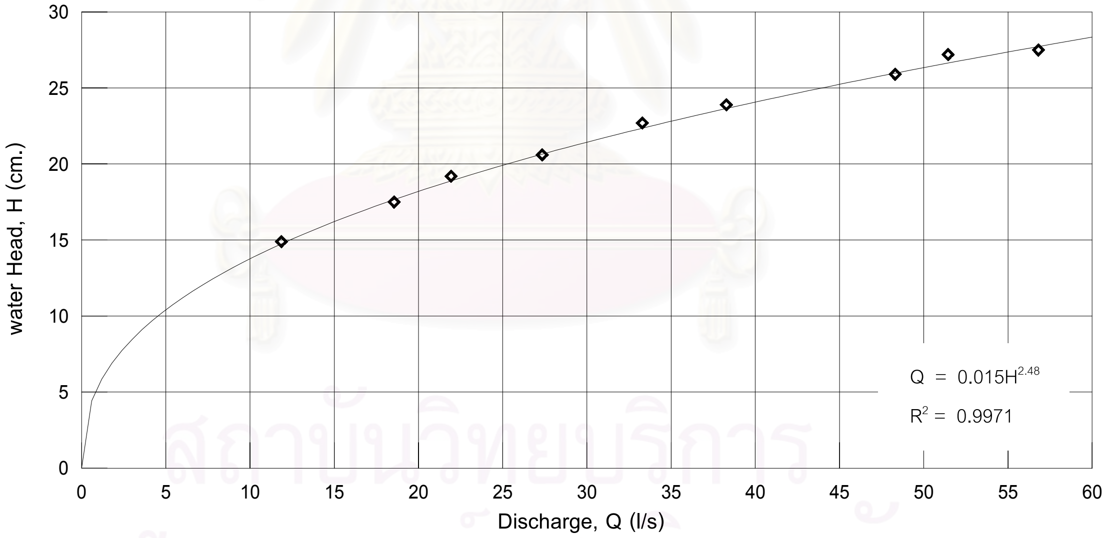
รูป ข-3 ความสัมพันธ์ของปริมาตรทรายอิ่มตัวในน้ำต่อปริมาณทรายแห้งทั้ง 3 ขนาด

ข.4 การสอบเทียบฝายสามเหลี่ยมวัดน้ำสันคม (90° V-notch weir calibration)

การสอบเทียบฝายสามเหลี่ยมวัดน้ำสันคม (90° V-notch weir calibration) ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการทางชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยใช้ถังเหล็กรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 0.90 ม. ยาว 0.90 ม. สูง 0.90 ม. และมีความจุทั้งหมดประมาณ 729 ลิตร ซึ่งมีขั้นตอนการสอบเทียบดังนี้ เริ่มจากการเปิดวาล์วน้ำ ให้น้ำไหลผ่านรางน้ำมายังบ่อด้านท้ายน้ำ ซึ่งมีฝายสามเหลี่ยมติดตั้งอยู่ ทำการอ่านระดับน้ำเหนือสันฝาย (H) จากนั้นทำการปิดวาล์วน้ำที่ไหลผ่านรางน้ำ เปิดวาล์วน้ำอีกตัวให้น้ำไหลลงถังเหล็กรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เตรียมไว้แทน ซึ่งถังเหล็กนี้จะถูกวางไว้บนตาชั่งเพื่อใช้สำหรับวัดปริมาตรน้ำ โดยในการสอบเทียบจะทำการจับเวลาที่ใช้ในการทำให้น้ำในถังมีปริมาตรเพิ่มขึ้น 500 ลิตร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราการไหล (discharge, Q) เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับน้ำเหนือสันฝายกับอัตราการไหล (H-Q) แล้วนำมา plot หา Rating curve ของฝายวัดน้ำสันคม เพื่อหาสูตรในการคำนวณอัตราการไหลดังตาราง ข-5 และรูป ข-4

ตาราง ข-5 ข้อมูลการสอบเทียบฝายสามเหลี่ยมวัดน้ำสันคม

ระดับน้ำเหนือสันฝาย, H (ซม.)	ปริมาตรน้ำ (ลิตร)	เวลา (วินาที) ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	อัตราการไหล, Q (ลิตร/วินาที)
14.9	500	42.05	41.92	42.48	42.15	11.86
17.5	500	25.74	26.75	28.33	26.94	18.56
19.2	500	22.98	22.72	22.67	22.79	21.94
20.6	500	18.62	17.86	18.36	18.28	27.35
22.7	500	14.97	15.03	15.06	15.02	33.29
23.9	500	13.25	12.89	13.04	13.06	38.28
25.9	500	9.67	10.98	10.40	10.35	48.31
27.2	500	10.07	10.11	8.98	9.72	51.44
27.5	500	8.61	8.78	9.01	8.80	56.82



รูป ข-4 ผลการสอบเทียบฝายสามเหลี่ยมวัดน้ำสันคม (90° V-notch weir)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลการทดลองค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลการทดลองค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำ

การศึกษาผลอัตราการดักตะกอนและการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณด้านเหนือฝาย ในกรณีศึกษา 45 กรณีคือค่าอัตราการไหล 5 ค่า (14, 16, 20, 24 และ 28 ลิตรต่อวินาที)ใช้ความสูงฝาย 3 ขนาด (5, 7.5 และ 10 ซม.) และใช้วัสดุท้องน้ำ 3 ขนาด (D_{50}= 0.33, 1.4 และ 2.0 มม.) โดยจัดทำการวางฝายไว้ที่ท้ายของรางน้ำ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมง และได้แสดงตัวอย่างค่าระดับท้องน้ำและแสดงตัวอย่างลักษณะของการทับถมของตะกอนในกรณีการทดลองที่ W3-D2-Q5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค.1 ค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมง

ตาราง ค-1 ตัวอย่างค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D2-Q5

Run No. W3-D2-Q5 **Q** = 27.8 l/s H_{wier} = 20.8 cm.

S = 0.027 kg/s Temp. = 28.3 ^{o}c

ระยะทางนับจากฝาย (ม.)	**0 hr**		**1 hr**		**2 hr**		**3 hr**	
	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	**ระดับผิวน้ำเฉลี่ย** (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	**ระดับผิวน้ำเฉลี่ย** (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	**ระดับผิวน้ำเฉลี่ย** (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	**ระดับผิวน้ำเฉลี่ย** (ม.)
0.00	0.272	0.421	0.272	0.421	0.272	0.421	0.272	0.421
0.25	0.270	0.423	0.270	0.423	0.270	0.423	0.270	0.423
0.50	0.277	0.424	0.277	0.424	0.277	0.424	0.277	0.424
0.75	0.280	0.425	0.280	0.425	0.280	0.425	0.280	0.425
1.00	0.280	0.422	0.280	0.422	0.280	0.422	0.280	0.422
1.25	0.283	0.422	0.283	0.423	0.283	0.422	0.283	0.421
1.50	0.284	0.421	0.284	0.422	0.284	0.422	0.284	0.421
1.75	0.288	0.421	0.288	0.421	0.288	0.421	0.288	0.421
2.00	0.293	0.422	0.293	0.421	0.293	0.421	0.293	0.420
2.25	0.293	0.421	0.293	0.419	0.293	0.419	0.293	0.418
2.50	0.298	0.421	0.298	0.419	0.298	0.419	0.298	0.418
2.75	0.298	0.419	0.298	0.417	0.298	0.417	0.298	0.417
3.00	0.303	0.419	0.303	0.417	0.303	0.417	0.303	0.417
3.25	0.305	0.419	0.305	0.417	0.305	0.416	0.305	0.415
3.50	0.308	0.417	0.308	0.415	0.308	0.414	0.308	0.414
3.75	0.310	0.417	0.310	0.415	0.310	0.414	0.310	0.414
4.00	0.313	0.416	0.313	0.414	0.313	0.413	0.313	0.414
4.25	0.317	0.416	0.317	0.415	0.317	0.413	0.317	0.414
4.50	0.320	0.416	0.320	0.414	0.320	0.412	0.379	0.413
4.75	0.322	0.415	0.322	0.412	0.322	0.408	0.374	0.412
5.00	0.323	0.414	0.323	0.411	0.323	0.407	0.373	0.412
5.25	0.324	0.414	0.324	0.411	0.376	0.408	0.377	0.412
5.50	0.330	0.414	0.330	0.410	0.375	0.409	0.375	0.412
5.75	0.333	0.415	0.333	0.410	0.383	0.410	0.377	0.414
6.00	0.334	0.414	0.334	0.408	0.379	0.410	0.384	0.414
6.25	0.337	0.413	0.377	0.407	0.381	0.410	0.382	0.414
6.50	0.341	0.411	0.369	0.406	0.380	0.410	0.383	0.414
6.75	0.344	0.409	0.376	0.407	0.378	0.411	0.383	0.415
7.00	0.344	0.407	0.378	0.408	0.383	0.412	0.383	0.415
7.25	0.348	0.405	0.373	0.408	0.373	0.413	0.381	0.414
7.50	0.357	0.404	0.378	0.409	0.383	0.414	0.382	0.415
7.75	0.363	0.406	0.376	0.412	0.385	0.417	0.382	0.419
8.00	0.364	0.405	0.378	0.411	0.374	0.417	0.387	0.419
8.25	0.361	0.406	0.380	0.412	0.386	0.418	0.389	0.422
8.50	0.370	0.406	0.373	0.412	0.387	0.419	0.380	0.423
8.75	0.367	0.408	0.378	0.413	0.383	0.420	0.391	0.426
9.25	0.370	0.411	0.382	0.415	0.390	0.423	0.391	0.427
9.75	0.372	0.411	0.380	0.414	0.390	0.422	0.389	0.424
10.25	0.374	0.414	0.378	0.417	0.389	0.424	0.393	0.427
10.75	0.378	0.417	0.389	0.420	0.392	0.426	0.393	0.431
11.25	0.381	0.416	0.388	0.422	0.392	0.430	0.399	0.433
11.75	0.380	0.413	0.388	0.423	0.392	0.431	0.399	0.433
12.25	0.380	0.417	0.391	0.426	0.395	0.434	0.403	0.437
12.75	0.383	0.420	0.393	0.426	0.396	0.434	0.404	0.438
13.25	0.392	0.423	0.396	0.429	0.402	0.437	0.412	0.440
13.75	0.392	0.426	0.402	0.431	0.406	0.439	0.411	0.441
14.25	0.399	0.429	0.410	0.434	0.416	0.442	0.423	0.444

ตาราง ค-1 ตัวอย่างค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D3-Q5 (ต่อ)

Run No. W3-D3-Q5 **Q** = 27.8 l/s **H**$_{wier}$ = 20.8 cm.

S = 0.027 kg/s **Temp.** = 28.3 ^{o}c

ระยะทางนับจากฝาย (ม.)	4.10 hr		5 hr		6 hr		7 hr	
	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	**ระดับผิวน้ำเฉลี่ย** (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	**ระดับผิวน้ำเฉลี่ย** (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	**ระดับผิวน้ำเฉลี่ย** (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	**ระดับผิวน้ำเฉลี่ย** (ม.)
0.00	0.272	0.421	0.272	0.421	0.272	0.421	0.272	0.420
0.25	0.270	0.423	0.270	0.423	0.270	0.423	0.270	0.422
0.50	0.277	0.424	0.277	0.424	0.277	0.424	0.277	0.423
0.75	0.280	0.425	0.280	0.425	0.280	0.425	0.280	0.424
1.00	0.280	0.422	0.280	0.422	0.280	0.422	0.280	0.418
1.25	0.283	0.422	0.283	0.422	0.283	0.422	0.283	0.418
1.50	0.284	0.422	0.284	0.422	0.284	0.421	0.284	0.418
1.75	0.288	0.421	0.288	0.421	0.288	0.420	0.288	0.417
2.00	0.293	0.420	0.293	0.419	0.293	0.419	0.293	0.417
2.25	0.293	0.418	0.293	0.417	0.293	0.417	0.381	0.415
2.50	0.298	0.418	0.298	0.417	0.298	0.417	0.380	0.415
2.75	0.298	0.415	0.298	0.415	0.381	0.416	0.379	0.415
3.00	0.303	0.417	0.303	0.415	0.380	0.417	0.383	0.417
3.25	0.305	0.414	0.381	0.415	0.374	0.417	0.378	0.419
3.50	0.308	0.412	0.375	0.414	0.382	0.416	0.387	0.419
3.75	0.386	0.411	0.376	0.414	0.377	0.417	0.386	0.421
4.00	0.379	0.412	0.381	0.415	0.386	0.418	0.388	0.422
4.25	0.385	0.414	0.382	0.416	0.384	0.420	0.388	0.424
4.50	0.381	0.414	0.379	0.416	0.389	0.420	0.385	0.424
4.75	0.376	0.414	0.378	0.415	0.388	0.420	0.388	0.424
5.00	0.381	0.415	0.381	0.415	0.386	0.421	0.387	0.425
5.25	0.384	0.416	0.386	0.417	0.389	0.422	0.392	0.426
5.50	0.385	0.417	0.383	0.418	0.381	0.423	0.388	0.427
5.75	0.386	0.419	0.383	0.420	0.392	0.425	0.398	0.429
6.00	0.382	0.419	0.389	0.421	0.393	0.425	0.397	0.429
6.25	0.380	0.419	0.379	0.421	0.394	0.425	0.397	0.429
6.50	0.390	0.419	0.392	0.422	0.391	0.425	0.392	0.429
6.75	0.391	0.420	0.393	0.424	0.382	0.426	0.402	0.429
7.00	0.384	0.420	0.388	0.426	0.382	0.427	0.395	0.430
7.25	0.382	0.421	0.387	0.428	0.397	0.428	0.396	0.431
7.50	0.393	0.422	0.395	0.430	0.399	0.429	0.402	0.432
7.75	0.393	0.425	0.397	0.432	0.398	0.431	0.404	0.435
8.00	0.385	0.424	0.388	0.431	0.391	0.430	0.398	0.435
8.25	0.391	0.426	0.393	0.432	0.398	0.432	0.404	0.436
8.50	0.395	0.426	0.398	0.432	0.402	0.432	0.408	0.437
8.75	0.401	0.428	0.396	0.433	0.406	0.433	0.408	0.439
9.25	0.398	0.430	0.399	0.435	0.402	0.437	0.407	0.441
9.75	0.394	0.429	0.403	0.433	0.397	0.438	0.405	0.441
10.25	0.395	0.433	0.402	0.437	0.405	0.440	0.412	0.445
10.75	0.399	0.437	0.406	0.441	0.405	0.445	0.418	0.449
11.25	0.403	0.440	0.407	0.443	0.410	0.449	0.413	0.450
11.75	0.403	0.441	0.408	0.443	0.415	0.450	0.414	0.450
12.25	0.410	0.444	0.408	0.446	0.412	0.453	0.419	0.453
12.75	0.410	0.446	0.414	0.447	0.418	0.453	0.421	0.455
13.25	0.416	0.449	0.419	0.450	0.424	0.456	0.425	0.458
13.75	0.420	0.450	0.425	0.453	0.427	0.457	0.432	0.460
14.25	0.433	0.453	0.435	0.456	0.440	0.460	0.443	0.463

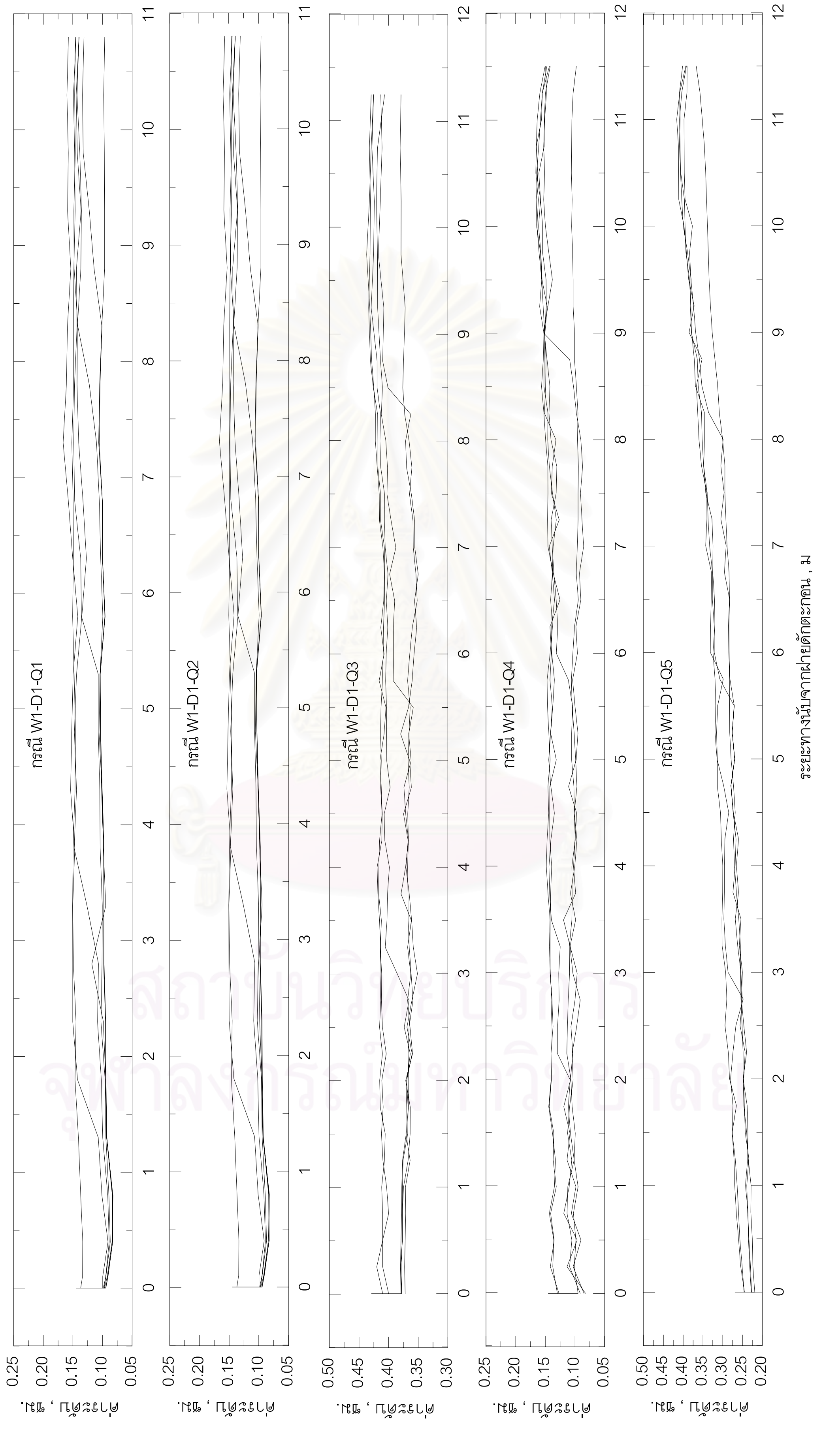
ตาราง ค-1 ตัวอย่างค่าระดับท้องน้ำและค่าระดับผิวน้ำเฉลี่ยรายชั่วโมงกรณีที่ W3-D3-Q5 (ต่อ)

Run No. W3-D3-Q5 **Q** = 27.8 l/s **H**$_{wier}$ = 20.8 cm.

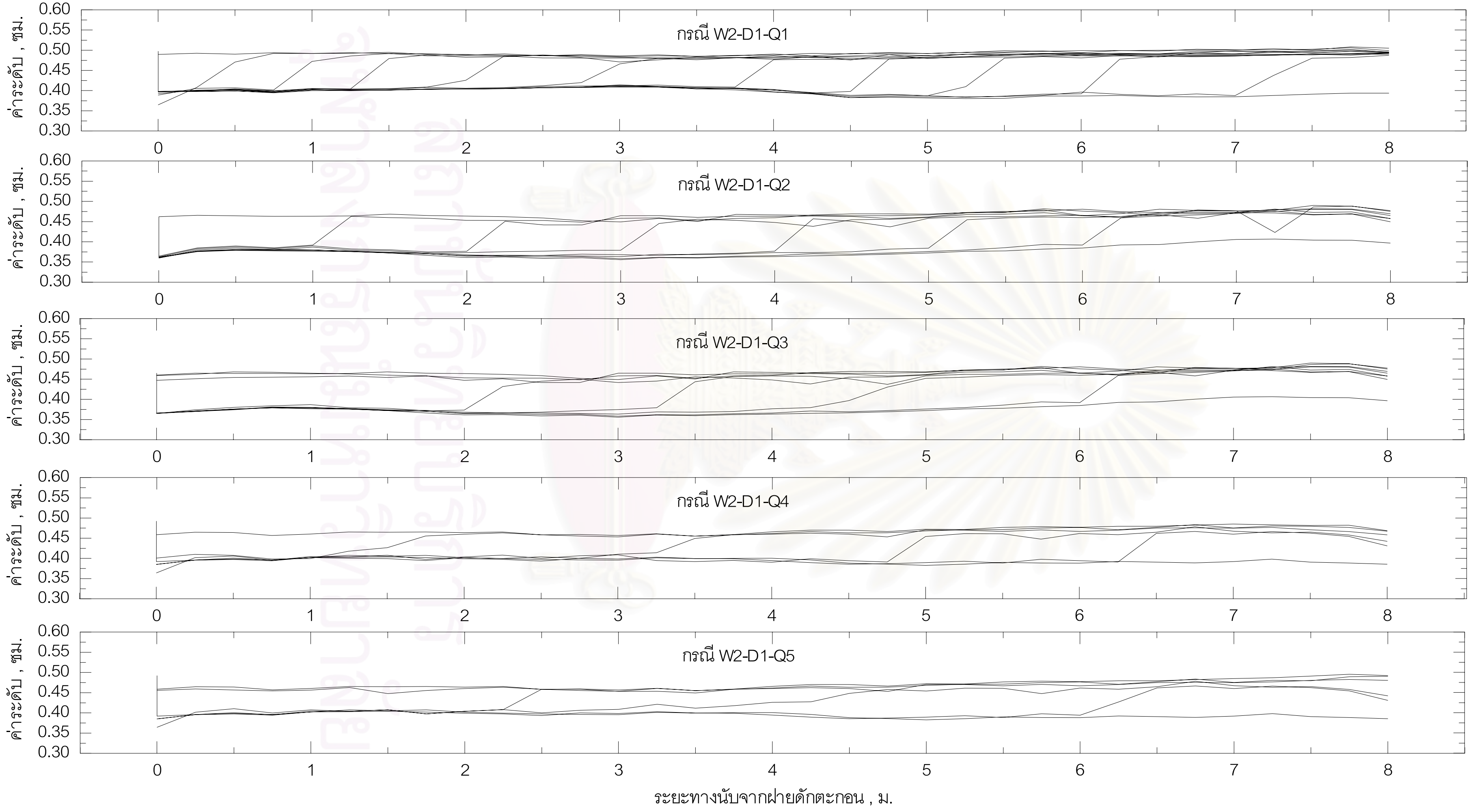
S = 0.027 kg/s **Temp.** = 28.3 ^{o}c

ระยะทางนับจากฝาย (ม.)	8.12 hr		9.15 hr		10.10 hr	
	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับท้องน้ำเฉลี่ย (ม.)	ระดับผิวน้ำเฉลี่ย (ม.)
0.00	0.184	0.332	0.280	0.184	0.331	0.330
0.25	0.180	0.331	0.291	0.180	0.330	0.329
0.50	0.185	0.331	0.287	0.185	0.330	0.328
0.75	0.187	0.330	0.287	0.187	0.329	0.327
1.00	0.093	0.228	0.197	0.199	0.229	0.232
1.25	0.093	0.226	0.195	0.194	0.227	0.229
1.50	0.193	0.226	0.193	0.193	0.226	0.228
1.75	0.188	0.225	0.194	0.193	0.225	0.227
2.00	0.191	0.224	0.189	0.191	0.224	0.228
2.25	0.192	0.224	0.194	0.190	0.223	0.228
2.50	0.194	0.223	0.195	0.191	0.222	0.227
2.75	0.188	0.223	0.189	0.183	0.222	0.227
3.00	0.184	0.222	0.192	0.193	0.222	0.227
3.25	0.187	0.221	0.193	0.190	0.222	0.226
3.50	0.185	0.220	0.188	0.191	0.222	0.226
3.75	0.187	0.220	0.186	0.189	0.222	0.226
4.00	0.188	0.219	0.190	0.184	0.222	0.225
4.25	0.183	0.219	0.194	0.184	0.222	0.224
4.50	0.189	0.218	0.194	0.193	0.221	0.223
4.75	0.190	0.217	0.189	0.191	0.221	0.223
5.00	0.184	0.217	0.188	0.195	0.221	0.223
5.25	0.181	0.216	0.191	0.188	0.220	0.222
5.50	0.187	0.216	0.189	0.188	0.220	0.222
5.75	0.185	0.215	0.186	0.185	0.219	0.221
6.00	0.178	0.215	0.189	0.180	0.218	0.220
6.25	0.185	0.214	0.187	0.184	0.217	0.219
6.50	0.184	0.214	0.183	0.189	0.217	0.219
6.75	0.185	0.214	0.191	0.184	0.216	0.218
7.00	0.181	0.213	0.187	0.186	0.216	0.218
7.25	0.179	0.213	0.186	0.186	0.215	0.217
7.50	0.173	0.213	0.183	0.172	0.215	0.217
7.75	0.179	0.212	0.177	0.180	0.213	0.215
8.00	0.177	0.210	0.179	0.177	0.211	0.213
8.25	0.172	0.208	0.179	0.178	0.209	0.211
8.50	0.170	0.207	0.173	0.175	0.208	0.210
8.75	0.173	0.206	0.175	0.172	0.207	0.209
9.25	0.170	0.203	0.174	0.169	0.204	0.206
9.75	0.163	0.201	0.169	0.173	0.202	0.204
10.25	0.166	0.202	0.166	0.168	0.203	0.205
10.75	0.171	0.204	0.167	0.172	0.205	0.207
11.25	0.168	0.205	0.168	0.173	0.206	0.208
11.75	0.171	0.206	0.168	0.169	0.207	0.209
12.25	0.173	0.206	0.163	0.175	0.208	0.210
12.75	0.172	0.206	0.159	0.178	0.209	0.211
13.25	0.173	0.207	0.166	0.176	0.209	0.211
13.75	0.176	0.207	0.171	0.179	0.210	0.212
14.25	0.187	0.207	0.172	0.192	0.210	0.212

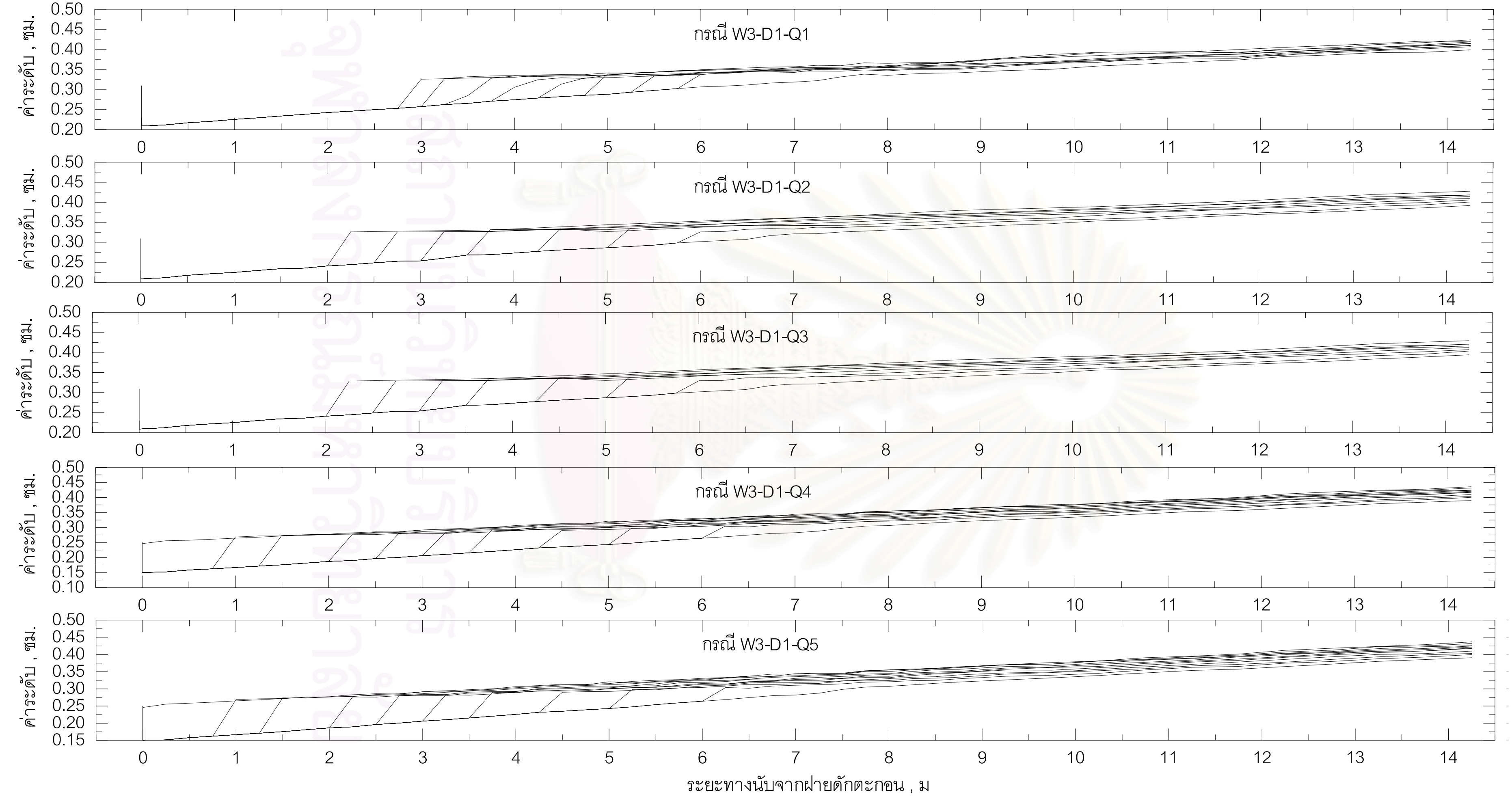
ค.2 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน



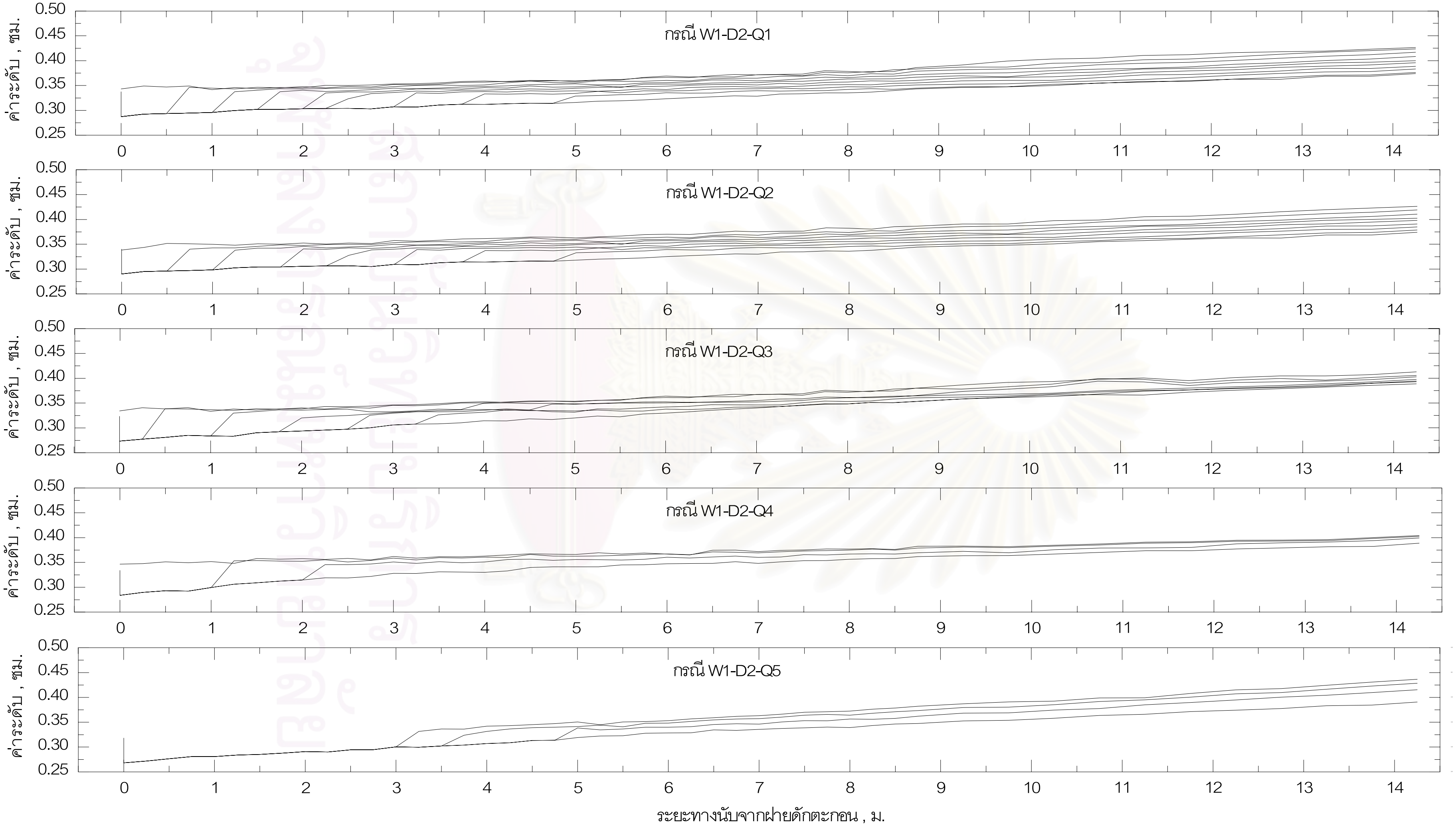
รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน



รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน (ต่อ)

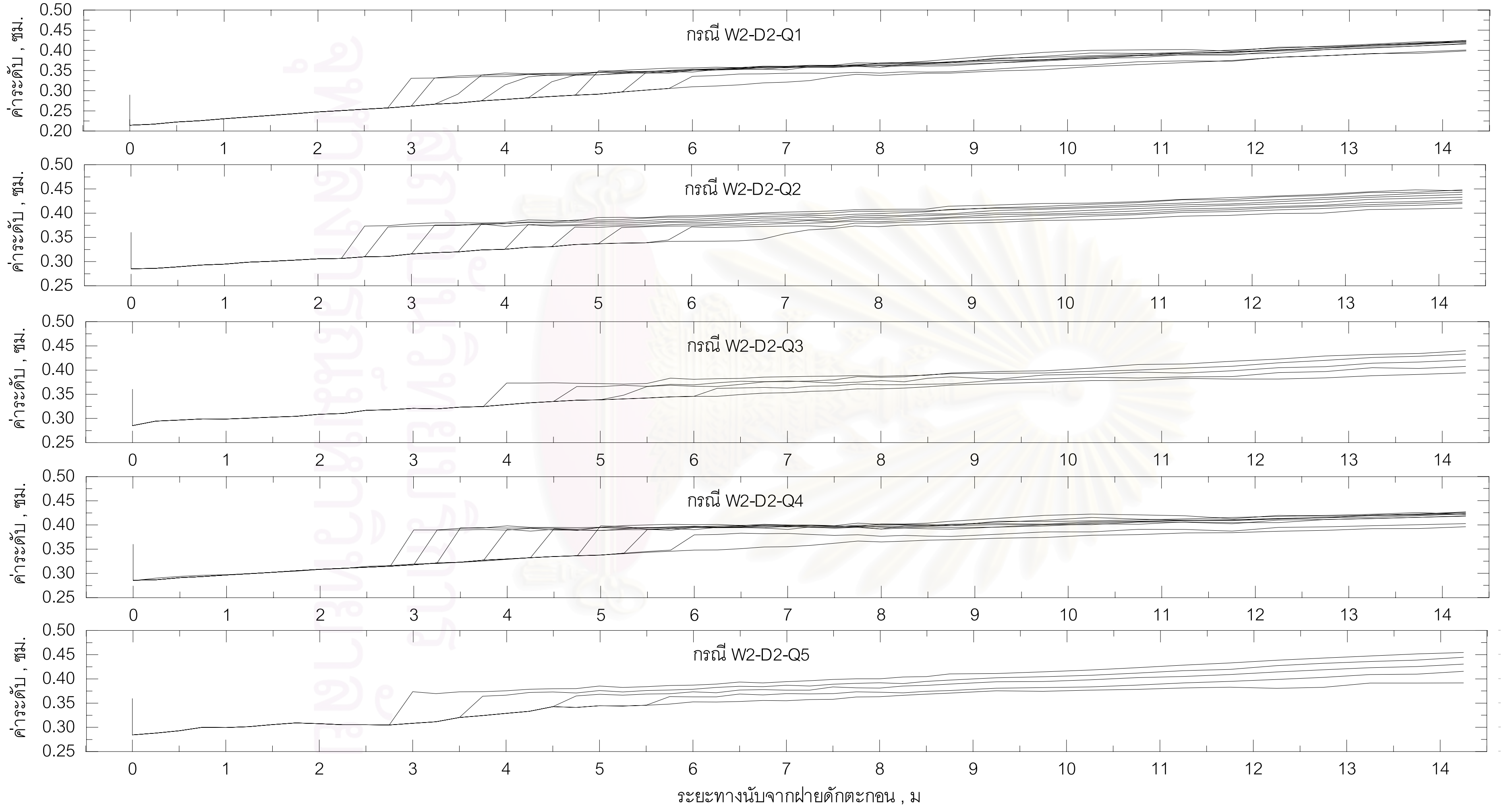


รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน (ต่อ)

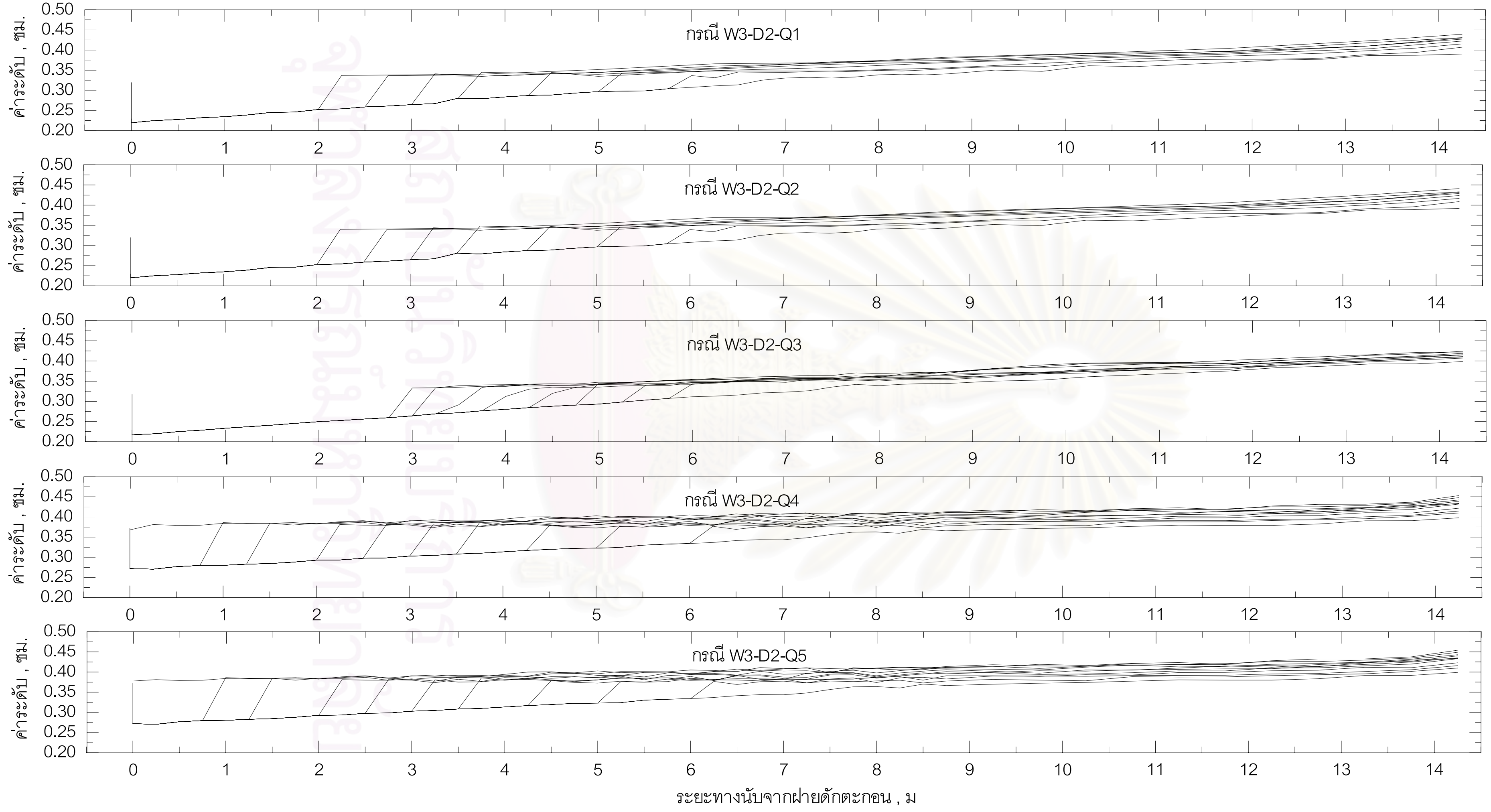


รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน (ต่อ)

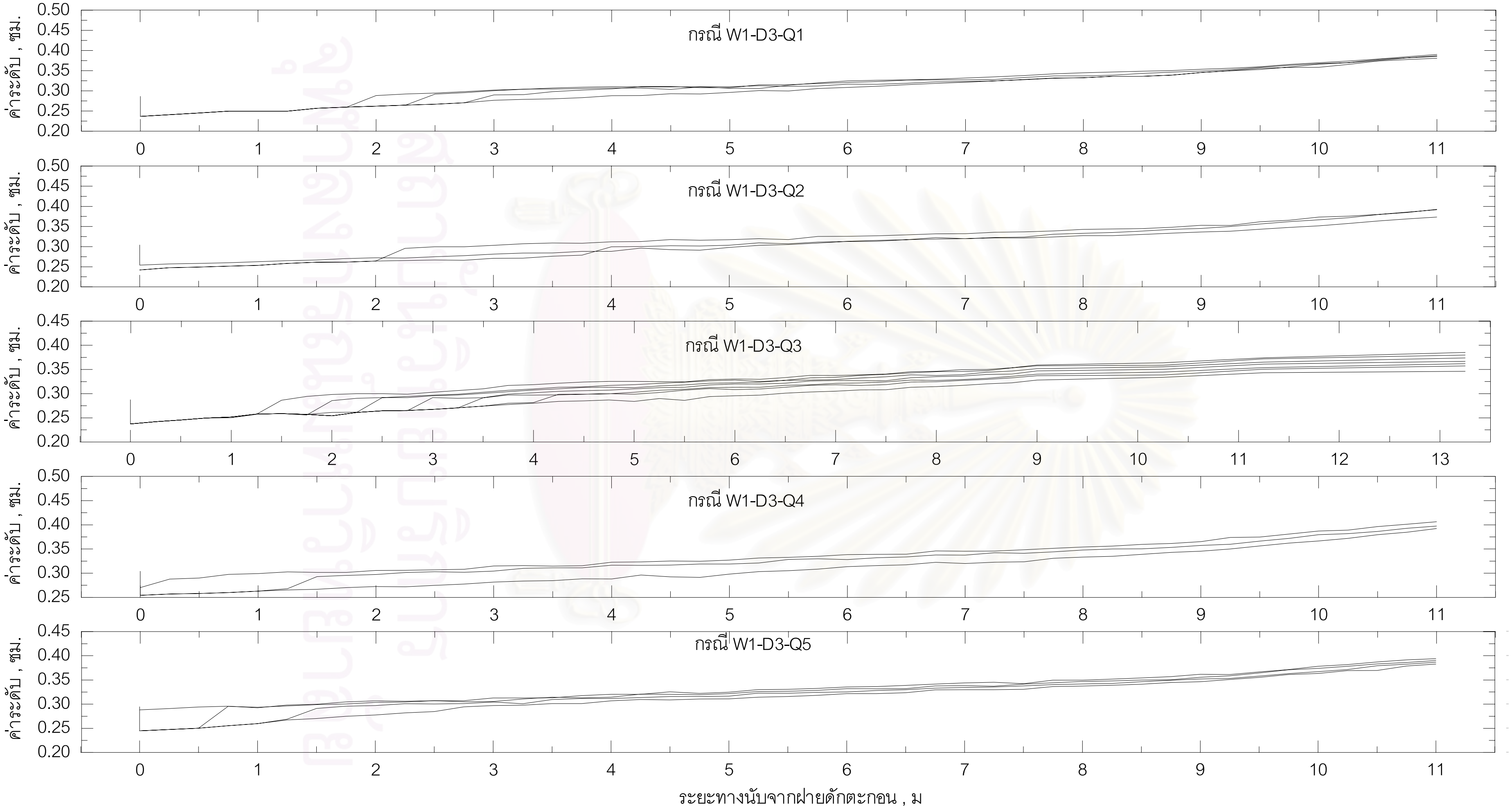
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



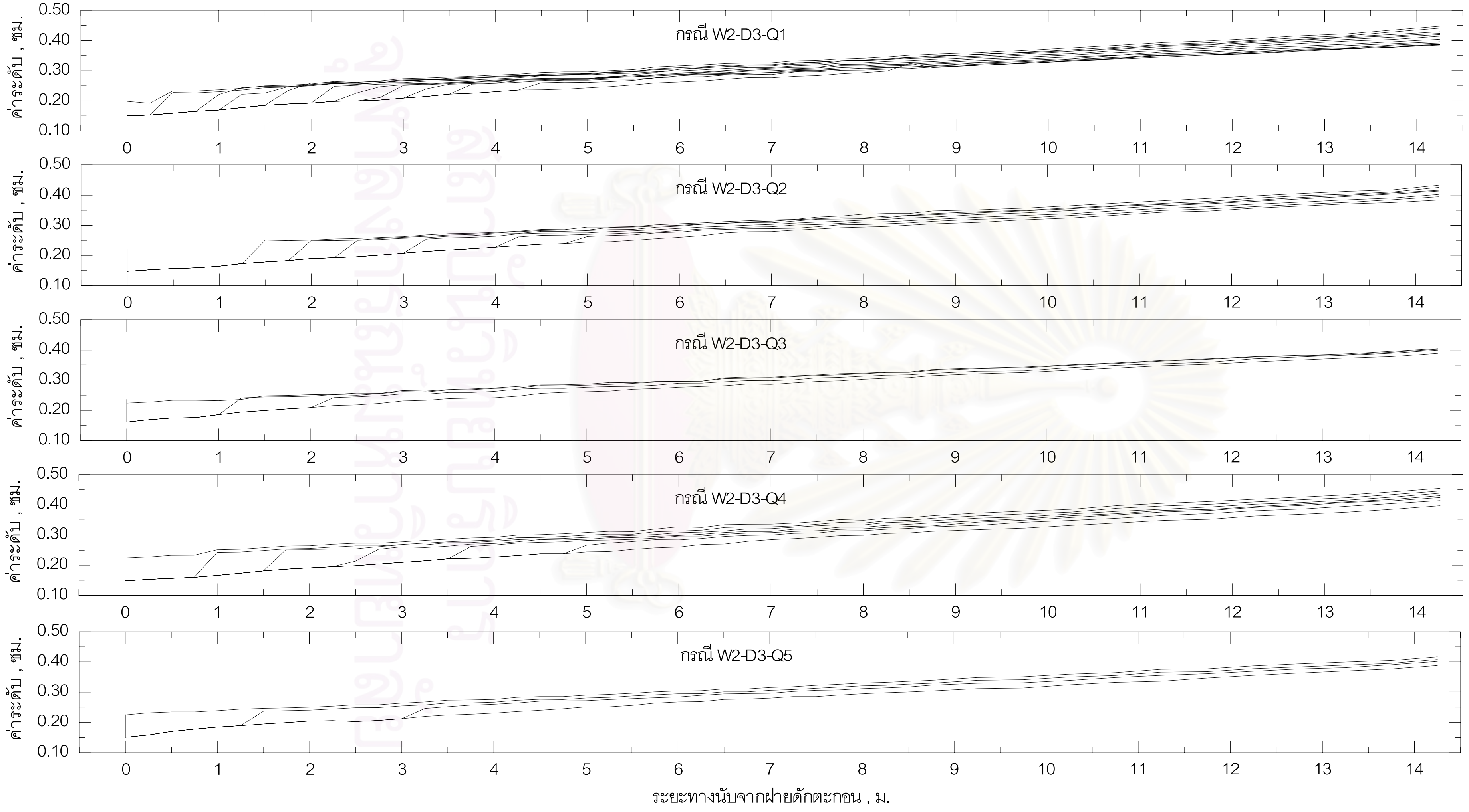
รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน (ต่อ)



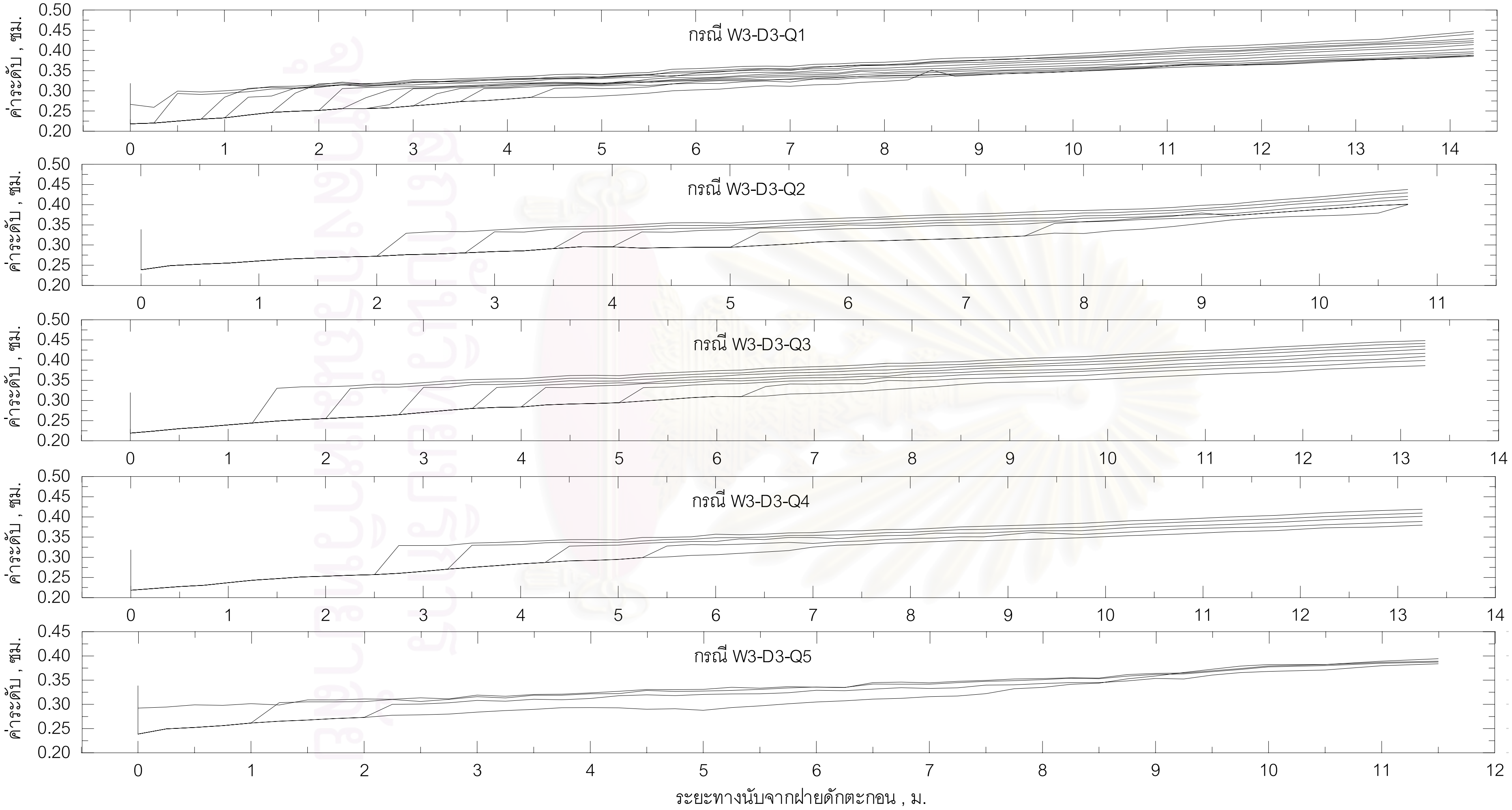
รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน (ต่อ)



รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน (ต่อ)



รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน (ต่อ)



รูป ค-1 ลักษณะของการทับถมและการเคลื่อนที่ของตะกอน (ต่อ)

ภาคผนวก ง

ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

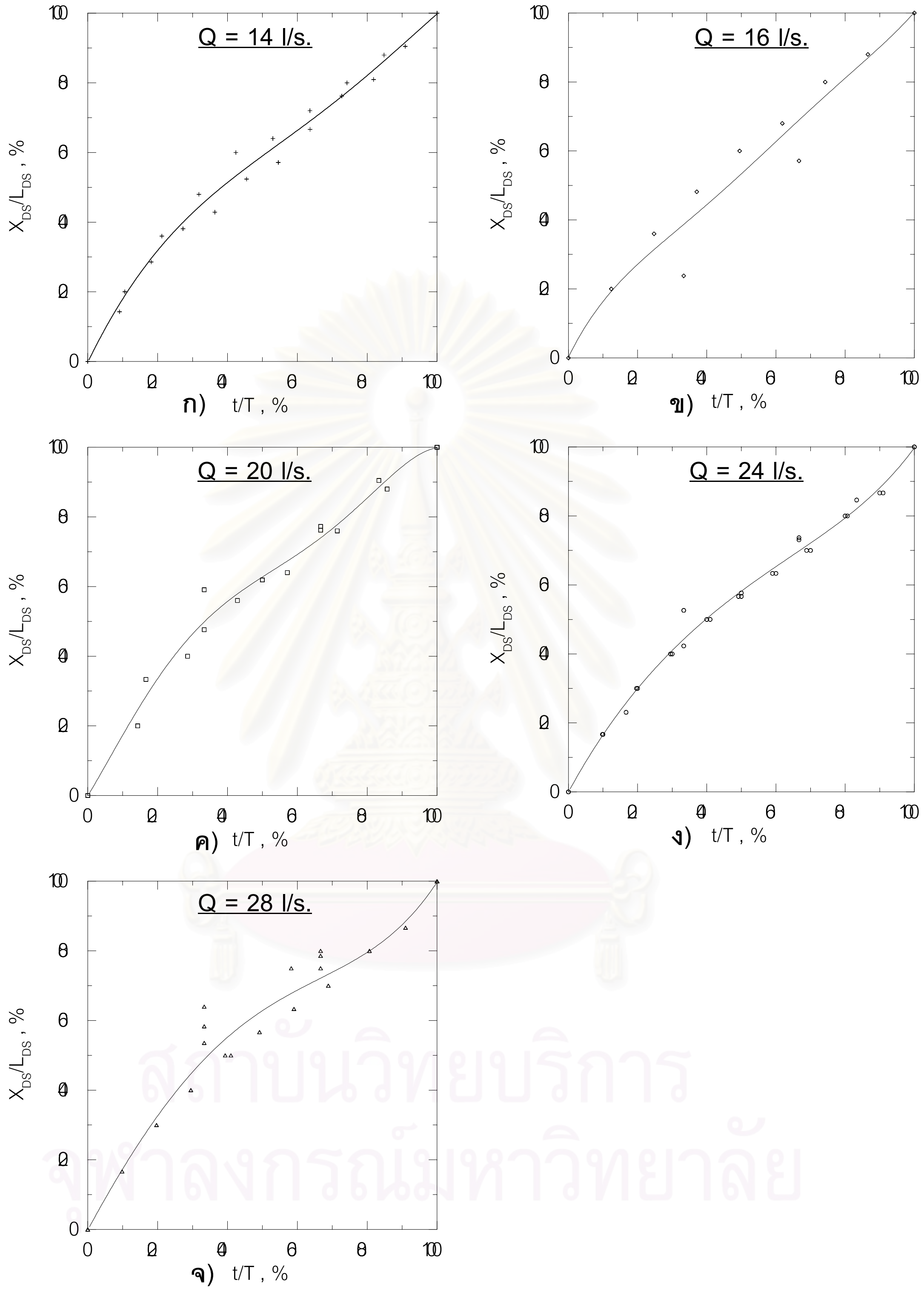
ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ

ง.1 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำด้านเหนือน้ำของฝายดักตะกอน

เมื่อมีการติดตั้งฝายในรางน้ำจะเกิดการทับถมของตะกอนในรางน้ำ จุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมในรางน้ำมีลักษณะเป็นสันคลื่นท้องน้ำ โดยจะเกิดขึ้นในช่วงระหว่างจุดทางเข้าของตะกอนถึงตัวฝาย และพบว่าจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมอยู่ใกล้เคียงกับจุดเริ่มต้นของน้ำเอ่อของรางน้ำเนื่องจากติดตั้งฝาย ความยาวรางน้ำทั้งหมด คือระยะทางจากตัวฝายถึงจุดตะกอนไหลเข้า ระยะทางของ จะวัดจากจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมเป็นสันคลื่นท้องน้ำถึงฝายหรือลำน้ำช่วงล่าง และระยะทางจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมเป็นสันคลื่นท้องน้ำถึงจุดตะกอนไหลเข้าคือหรือลำน้ำช่วงบน ซึ่งจุดดังกล่าวนั้นจากการสังเกตได้จุดเริ่มต้นของการทับถมตะกอน ระยะทางจะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยหลายๆอย่างคือ อัตราการไหลของน้ำความสูงของฝาย และขนาดตะกอนเฉลี่ย

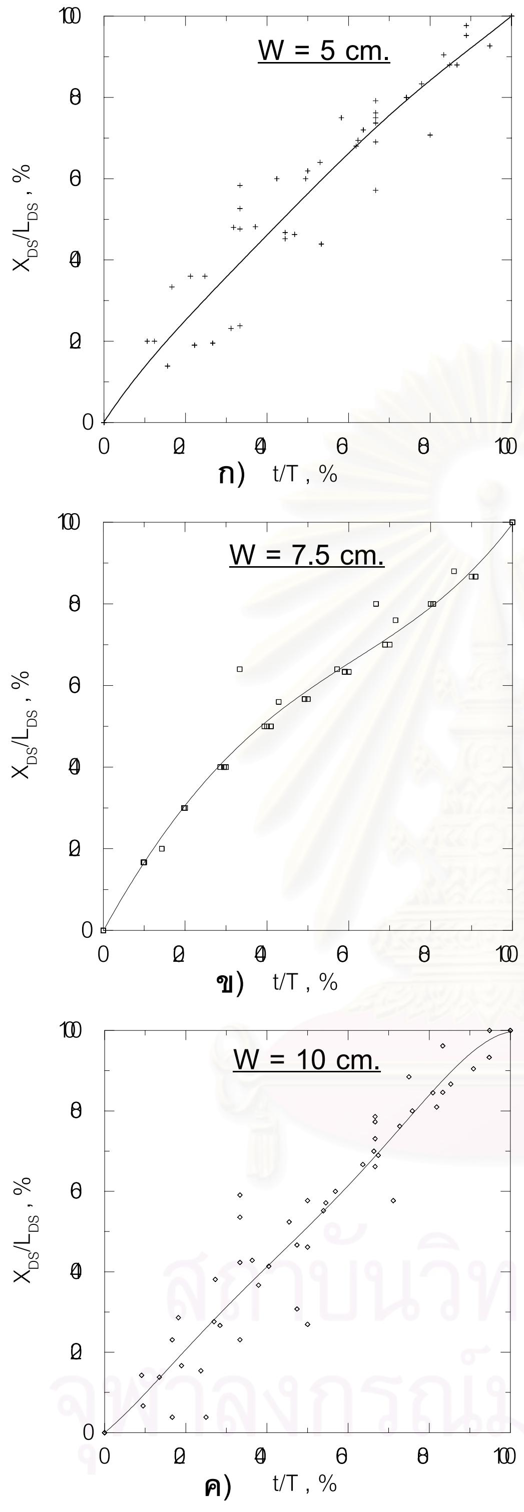
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่ของตะกอนทับถมกับปัจจัยต่าง ๆ

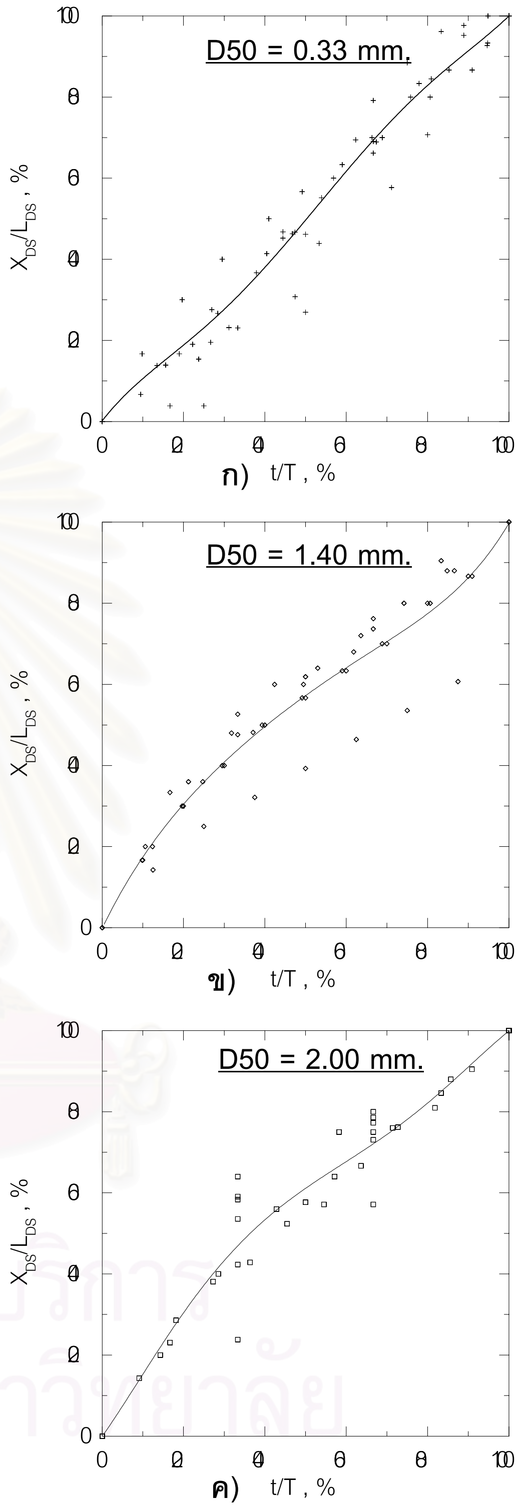


รูป ง-1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำกับอัตราการไหล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ง-2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำกับความสูงฝาย



รูป ง-3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำกับขนาดตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

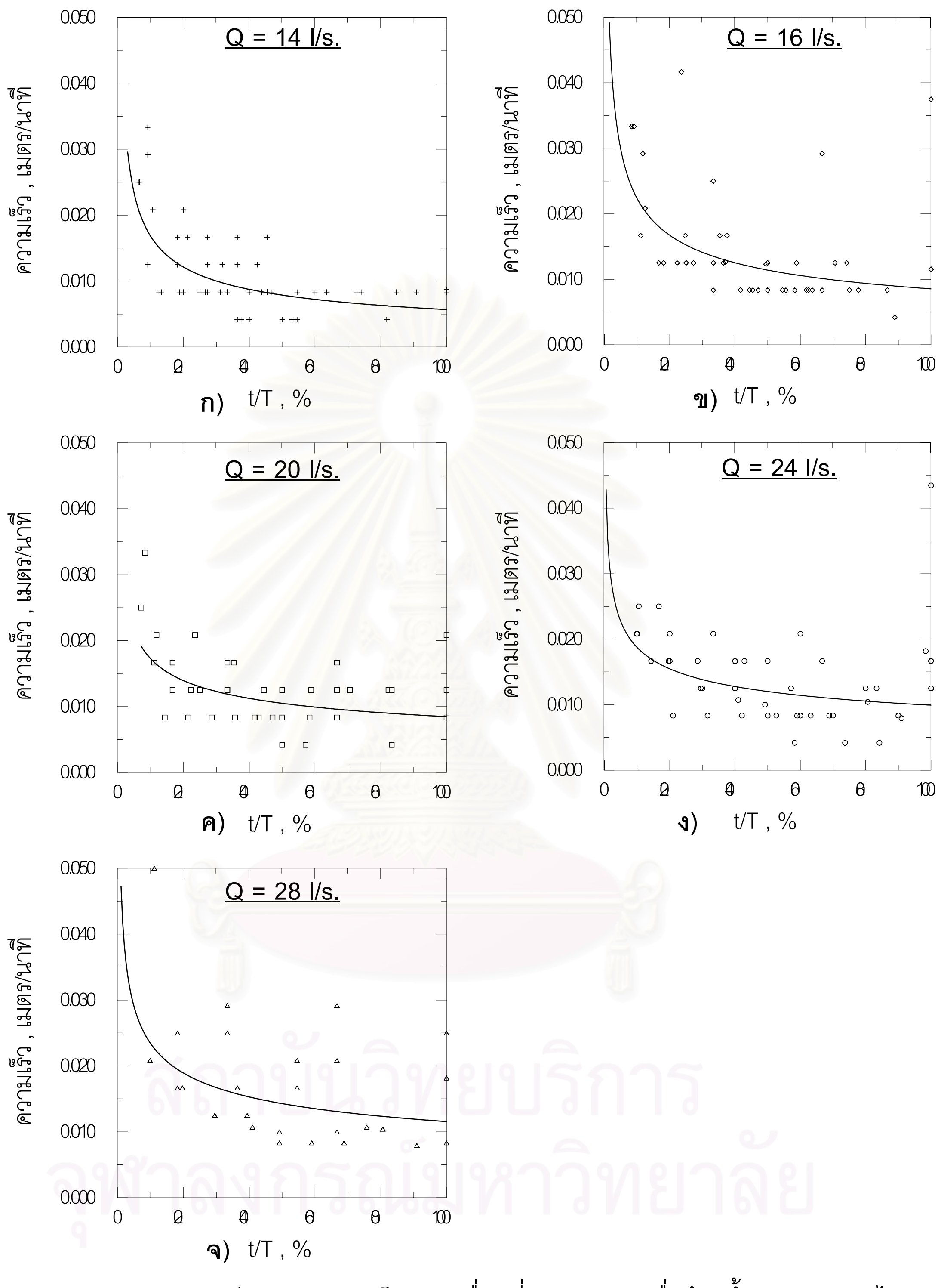
ง.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่ของตะกอนทับถมกับปัจจัยต่าง ๆ

ความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำคือค่าระยะการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำเทียบต่อเวลาที่ใช้เฉลี่ย ซึ่งระยะการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำได้จากระยะการเคลื่อนที่ของช่วงเวลาที่ผ่านมาเทียบต่อช่วงเวลาปัจจุบัน ส่วนช่วงเวลาเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่ผ่านมาเทียบต่อช่วงเวลาปัจจุบันหรือได้จากการคำนวณ และได้แสดงไว้ในตาราง ง -2

ตาราง ง -1 ตัวอย่างผลการคำนวณค่าความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำกรณีที่ W3-D2-Q4

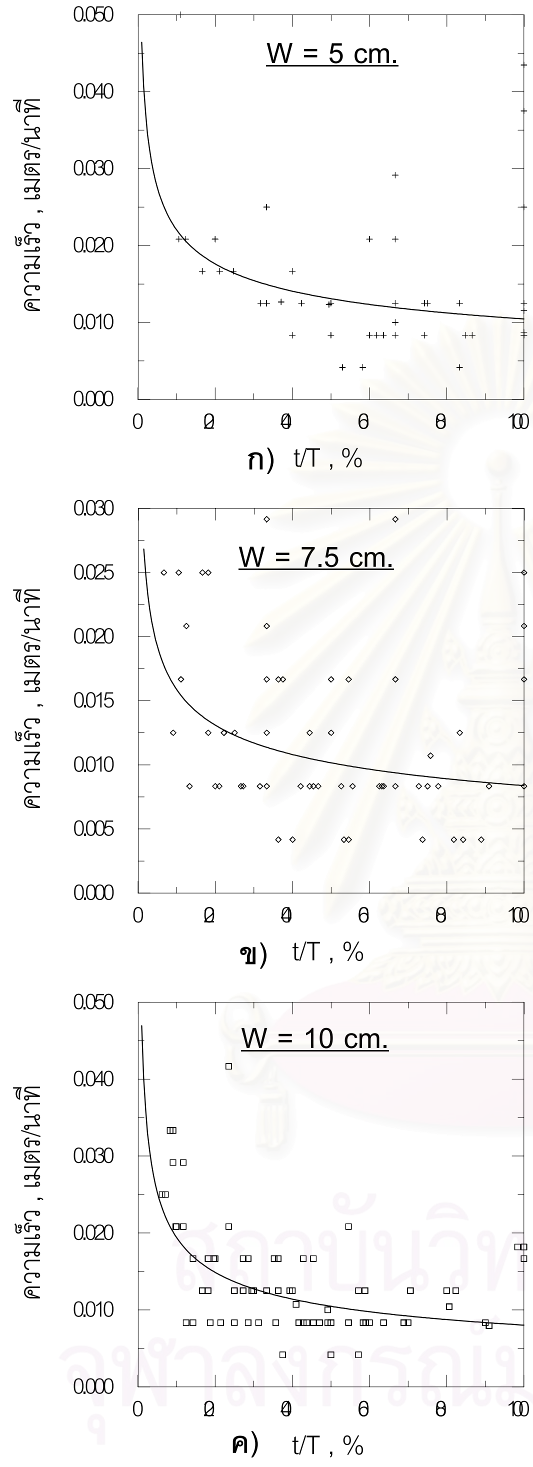
Time (min)	t/T (%)	V_{front} (m/s)
0	0	-
60	10	0.021
120	20	0.017
180	30	0.013
240	40	0.013
300	50	0.008
360	60	0.008
420	70	0.008
480	80	0.013
540	90	0.008
600	100	0.017

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

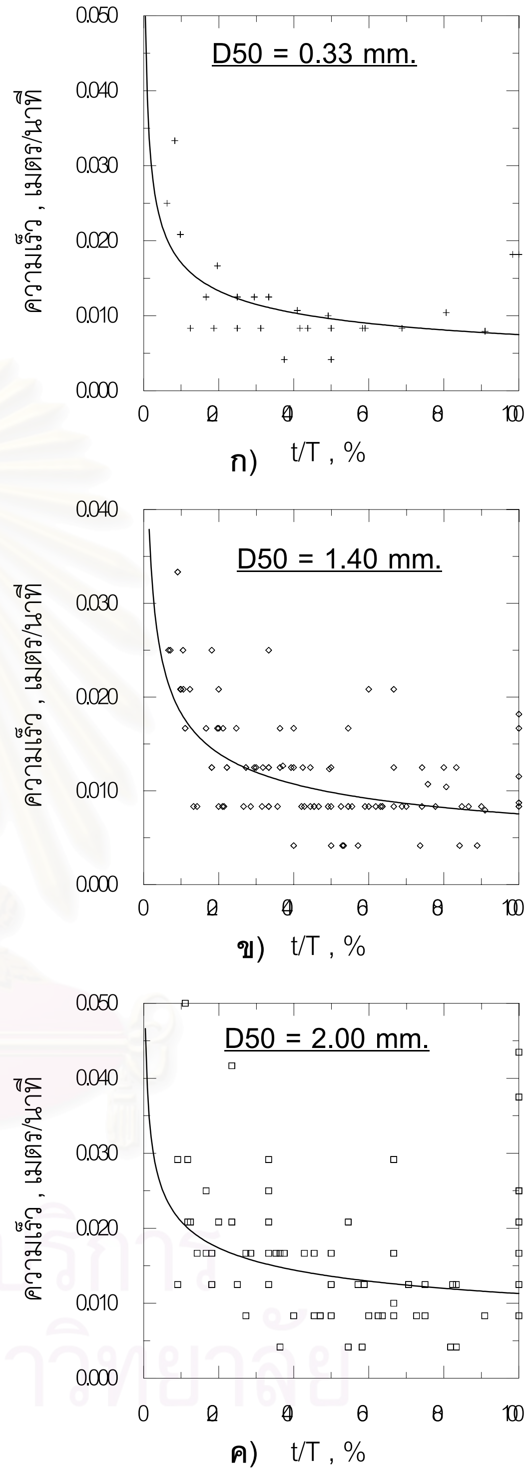


รูป ง-4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำกับอัตราการไหล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ง-5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำกับความสูงฝาย



รูป ง-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำกับขนาดตะกอน

ง.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนทับถมกับปัจจัยต่าง ๆ

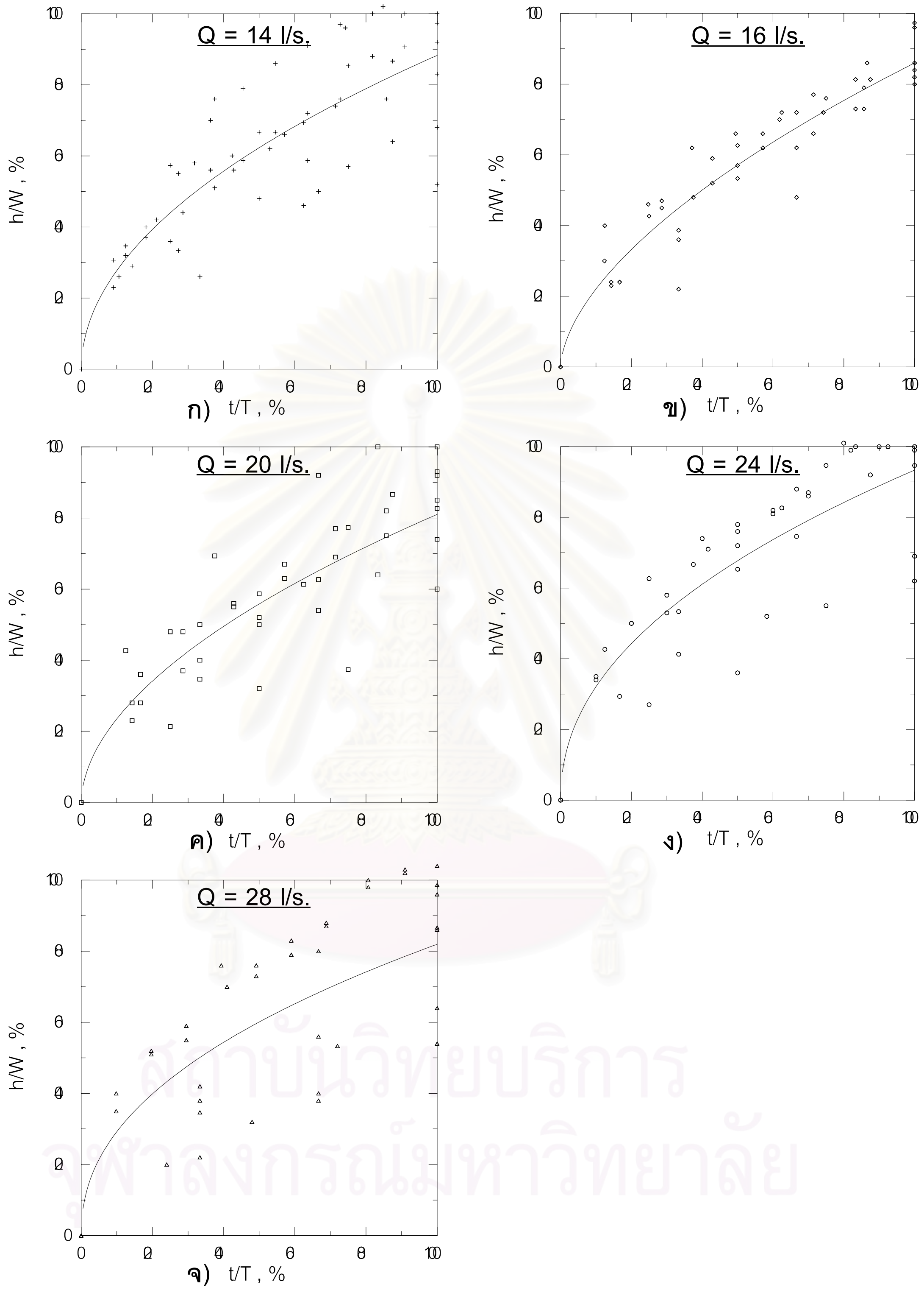
แนวสันคลื่นคลื่นท้องน้ำ คือแนวการเคลื่อนตัวของแนวท้องน้ำที่เกิดจากการทับถมของตะกอน ลักษณะการเคลื่อนที่จะค่อย ๆ เคลื่อนที่เข้าหาฝายดักตะกอนซึ่งจะเกิดขึ้นพร้อมกับแนวของน้ำเอ่อ โดยแนวสันคลื่นท้องน้ำจะมีคุณลักษณะที่ได้จากการทดลองอยู่ 2 ประการ คือ ความสูงของแนวสันคลื่นท้องน้ำและความเร็วการเคลื่อนที่ของแนวสันคลื่นท้องน้ำ จากการทดลองพบว่าแนวสันคลื่นท้องน้ำจะได้รับผลจากค่าอัตราการไหลและความสูงของฝายดักตะกอน โดยที่ขนาดของตะกอนท้องน้ำมีผลต่อแนวสันคลื่นท้องน้ำเล็กน้อย โดยที่ลักษณะการเกิดความสูงของแนวสันคลื่นท้องน้ำจากเริ่มทำการทดลอง (เวลา T=0 นาที) จะค่อย ๆ เริ่มก่อตัวขึ้นจากระดับท้องน้ำเริ่มต้นไปถึงระดับของฝายดักตะกอน

ค่าความสูงของแนวสันคลื่นท้องน้ำ (h) ได้จากการอ่านข้อมูลค่าระดับท้องน้ำรายชั่วโมง โดยสังเกตจากแนวการทับถมของตะกอน ซึ่งการอ่านข้อมูลค่าความสูงแนวสันคลื่นท้องน้ำนี้จะต้องใช้การสังเกตอย่างละเอียด ได้แสดงไว้ในตาราง ง -2

ตาราง ง -2 ตัวอย่างผลการทดลองของค่าความสูงของแนวสันคลื่นท้องน้ำกรณีที่ W3-D2-Q4 (W = 10 cm.)

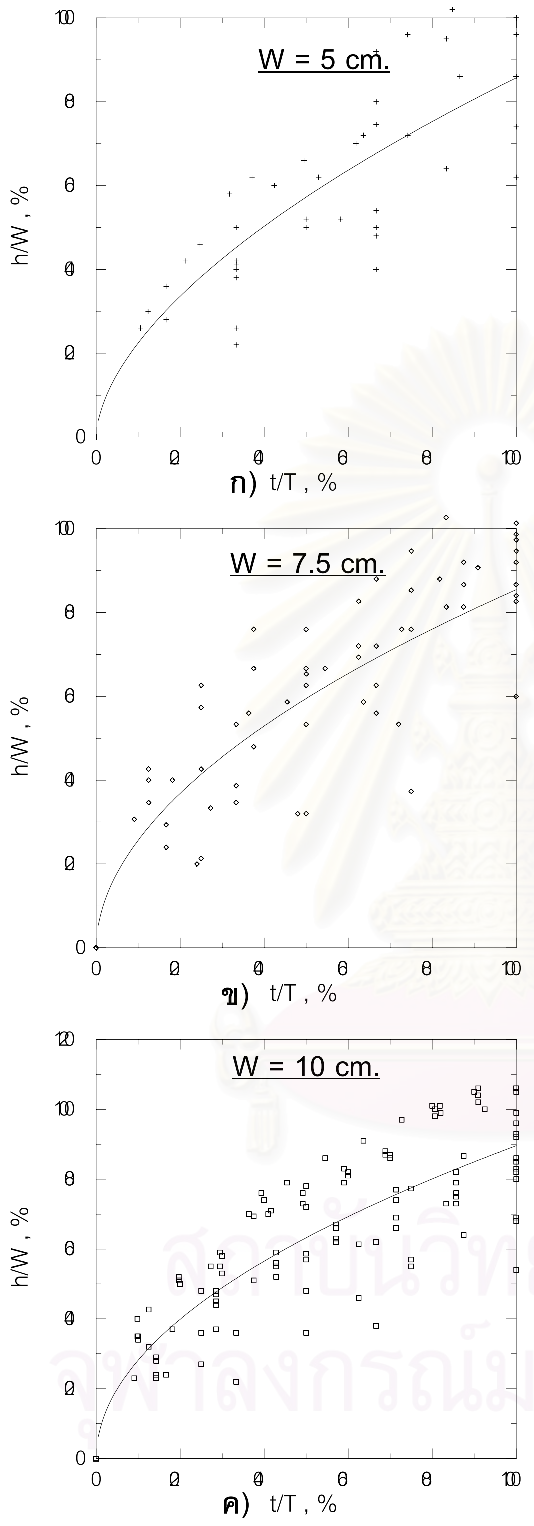
Time (min)	t/T (%)	h (m)	h/W (%)
0	0	0	0
60	10	0.035	35
120	20	0.050	50
180	30	0.058	58
240	40	0.074	74
300	50	0.078	78
360	60	0.082	82
420	70	0.087	87
480	80	0.101	101
540	90	0.105	105
600	100	0.106	106

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

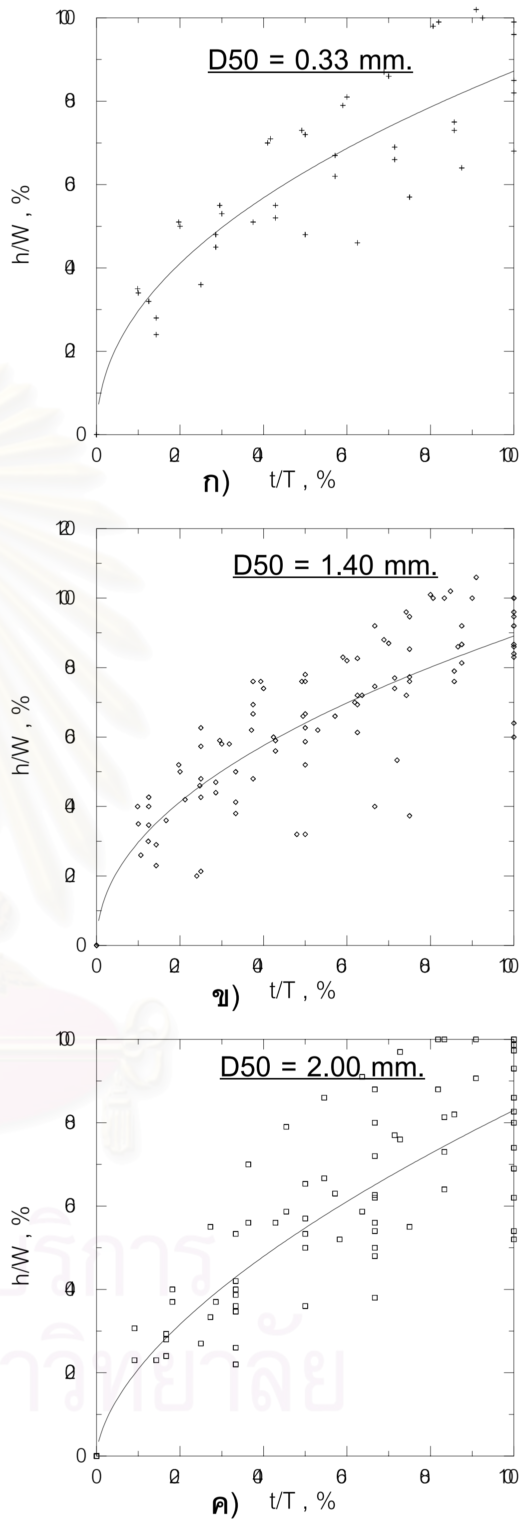


รูป ง-7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า h/W กับอัตราการไหล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ง-8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า h/W กับความสูงฝาย



รูป ง - 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า h/W กับขนาดตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ความสัมพันธ์ของปริมาตรการดักตะกอนทับถม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ความสัมพันธ์ของปริมาตรการดักตะกอนทับถม

จ.1 ปริมาตรของตะกอนทับถม

การทับถมของตะกอนสามารถแบ่งส่วนประเมินหาปริมาตรตะกอนได้โดยใช้ค่าระดับท้องน้ำที่เวลาที่แล้วเทียบต่อค่าระดับท้องน้ำที่เวลาปัจจุบันแล้วคูณด้วยความกว้างของรางน้ำแล้วคูณความยาวของรางน้ำของแต่ละช่วงที่ทำการแบ่งช่วงจากจุดตะกอนทับถมเริ่มต้น ปริมาตรการดักตะกอนที่ใช้ในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ปริมาตรตะกอนทับถมตลอดทั้งรางน้ำ (V_{All}) ปริมาตรตะกอนทับถมในช่วงระยะทางจากจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมเป็นสันคลื่นท้องน้ำถึงฝาย ($V_{D/S}$) และปริมาตรตะกอนทับถมในช่วงระยะทางจากจุดสันคลื่นท้องน้ำไปถึงจุดโรยทราย ($V_{U/S}$)

การคำนวณปริมาตรการดักตะกอนกรณีการทดลองที่ กรณีที่ W3-D2-Q4 ระหว่างชั่วโมงที่ 3 และ 4 จากตาราง ในชั่วโมงที่ 3 เริ่มจากหักลบช่วงระยะย่อยระหว่างจุดวัดจากคอลัมน์ที่ 1 แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของระดับท้องน้ำในแต่ละช่วงย่อยเดียวกันในคอลัมน์ที่ 2 แล้วคำนวณเป็นปริมาตรช่วงย่อยนั้นด้วยการคูณค่าระหว่าง ความกว้างรางน้ำ (0.60 ม.) กับความระยะทางย่อยและค่าเฉลี่ยของท้องน้ำจะได้เป็นปริมาตรช่วงย่อยในคอลัมน์ที่ 3 จากนั้นทำการคำนวณในทุกระยะย่อยทั้งหมด ซึ่งค่าปริมาตรท้องน้ำในลำน้ำช่วงบนเท่ากับ 1.4839 ม^3 และลำน้ำช่วงล่างเท่ากับ 1.4817ม^3 แล้วทำการคำนวณปริมาตรในชั่วโมงที่ 4 ต่อไป ค่าลำน้ำช่วงบนเท่ากับ 1.5148 ม^3 และลำน้ำช่วงล่างเท่ากับ 1.5217 ม^3 เมื่อได้ค่าปริมาตรในแต่ละชั่วโมงแล้วก็ทำการหักลบค่าปริมาตรในชั่วโมงที่ 3 กับ 4 ก็จะได้ปริมาตรการดักตะกอนในช่วงเวลาหนึ่งโมง หรือถ้าจะหาปริมาตรการดักตะกอนทั้งหมดตั้งแต่เริ่มทำการทดลองก็นำค่าปริมาตรการดักตะกอนในชั่วโมงที่ 3 หรือ 4 มาหักลบกับปริมาตรการดักตะกอนในชั่วโมงที่ 0 แล้วทำการคำนวณในชั่วโมงต่อๆ ไป หรือจะหาปริมาตรการดักตะกอนทั้งรางน้ำให้นำค่าปริมาตรการดักตะกอนในช่วงลำน้ำบนและล่างมารวมกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ-1 ตัวอย่างตารางการคำนวณหาปริมาตรการดักตะกอนของลำน้ำช่วงล่างในชั่วโมงที่ 3 และ ชั่วโมงที่ 4

ระยะจากฝาย (m.)	ระดับท้องน้ำ (m.) ชั่วโมงที่ 3	ปริมาตรช่วงย่อย (m^3)	ระดับท้องน้ำ (m.) ชั่วโมงที่ 4	ปริมาตรช่วงย่อย (m^3)
0.00	0.272	-	0.272	-
0.25	0.270	0.0407	0.270	0.0407
0.50	0.277	0.0410	0.277	0.0411
0.75	0.280	0.0418	0.280	0.0417
1.00	0.280	0.0420	0.280	0.0420
1.25	0.283	0.0422	0.283	0.0422
1.50	0.284	0.0425	0.284	0.0425
1.75	0.288	0.0429	0.288	0.0429
2.00	0.293	0.0436	0.293	0.0435
2.25	0.293	0.0440	0.293	0.0439
2.50	0.298	0.0443	0.298	0.0443
2.75	0.298	0.0447	0.298	0.0447
3.00	0.303	0.0451	0.303	0.0451
3.25	0.305	0.0456	0.305	0.0456
3.50	0.308	0.0460	0.308	0.0460
3.75	0.310	0.0464	0.386	0.0521
4.00	0.313	0.0467	0.379	0.0574
4.25	0.317	0.0473	0.385	0.0573
4.50	0.379	0.0522	0.381	0.0574
4.75	0.374	0.0565	0.376	0.0568
5.00	0.373	0.0560	0.381	0.0568
5.25	0.377	0.0563	0.384	0.0574
5.50	0.375	0.0564	0.385	0.0577
5.75	0.377	0.0564	0.386	0.0578
6.00	0.384	0.0571	0.382	0.0576
6.25	0.382	0.0575	0.380	0.0572
6.50	0.383	0.0574	0.390	0.0578
6.75	0.383	0.0575	0.391	0.0586
7.00	0.383	0.0575	0.384	0.0581
7.25	0.381	0.0573	0.382	0.0574
7.50	0.382	0.0572	0.393	0.0581
	รวม	1.4817		1.5217

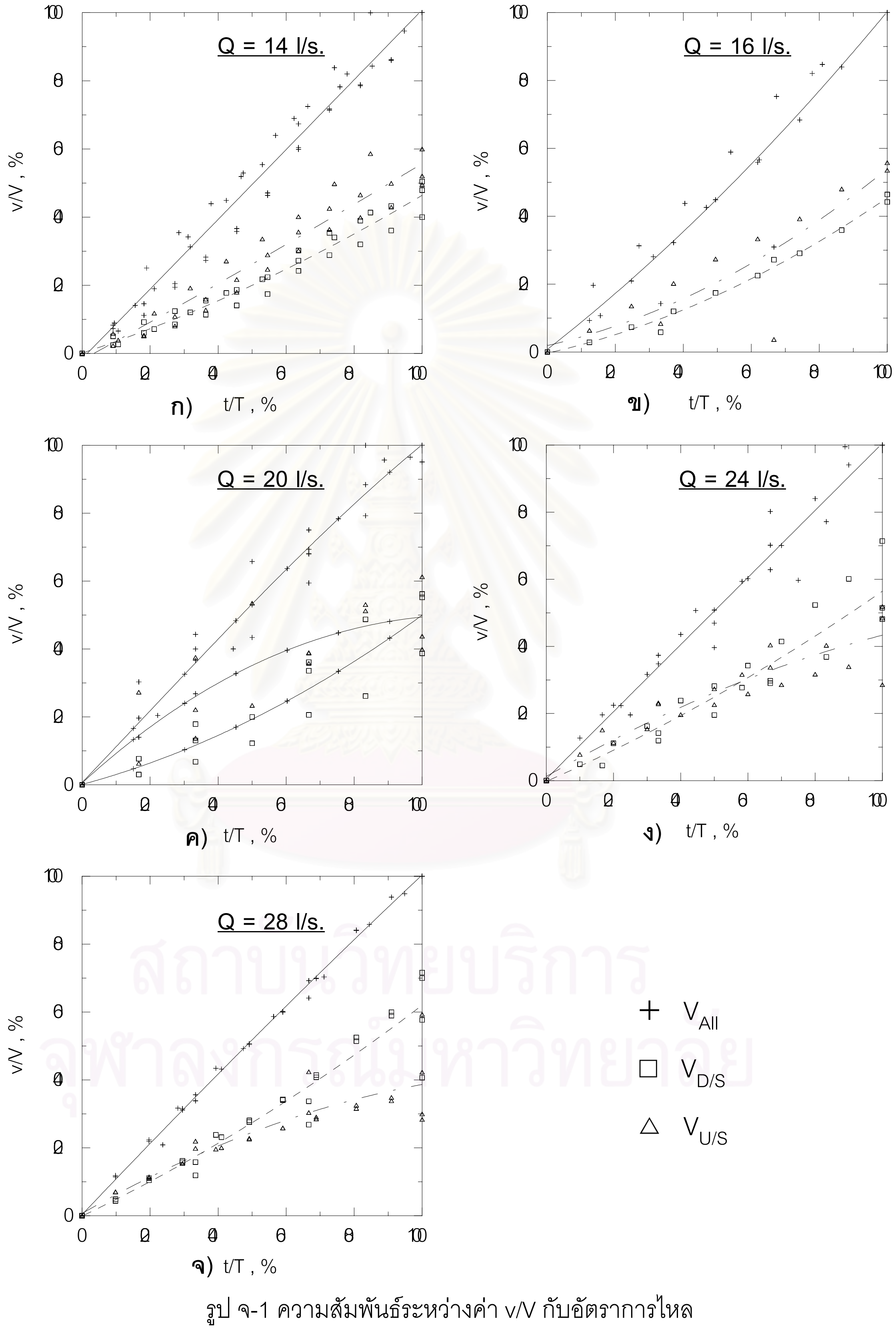
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ-2 ตัวอย่างตารางการคำนวณหาปริมาตรการดักตะกอนของลำน้ำช่วงบนในชั่วโมงที่ 3 และชั่วโมงที่ 4

ระยะจากฝาย (m.)	ระดับท้องน้ำ (m.) ชั่วโมงที่ 3	ปริมาตรช่วงย่อย (m^3)	ระดับท้องน้ำ (m.) ชั่วโมงที่ 4	ปริมาตรช่วงย่อย (m^3)
7.75	0.382	-	0.393	-
8.00	0.387	0.0573	0.385	0.0584
8.25	0.389	0.0577	0.391	0.0582
8.50	0.380	0.0582	0.395	0.0590
8.75	0.391	0.0577	0.401	0.0597
9.25	0.391	0.0578	0.398	0.0599
9.75	0.389	0.1173	0.394	0.1188
10.25	0.393	0.1170	0.395	0.1184
10.75	0.393	0.1173	0.399	0.1191
11.25	0.399	0.1179	0.403	0.1203
11.75	0.399	0.1188	0.403	0.1209
12.25	0.403	0.1197	0.410	0.1220
12.75	0.404	0.1203	0.410	0.1230
13.25	0.412	0.1211	0.416	0.1239
13.75	0.411	0.1224	0.420	0.1254
14.25	0.423	0.1235	0.433	0.1280
	รวม	1.4839	รวม	1.5148

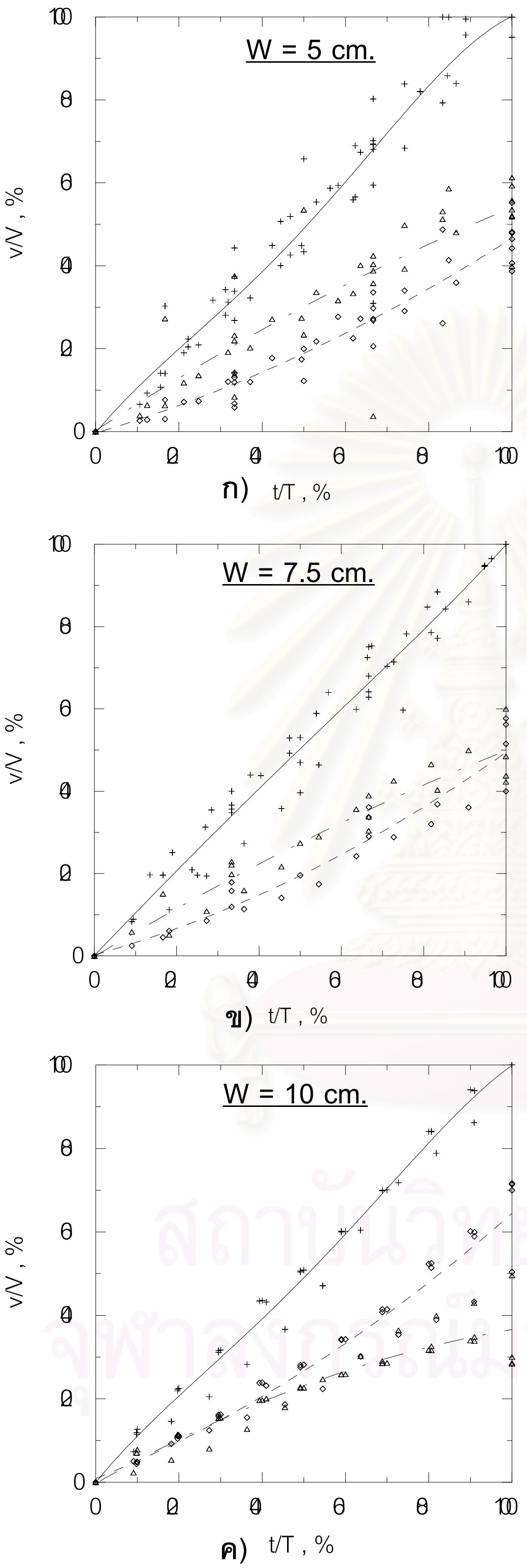
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

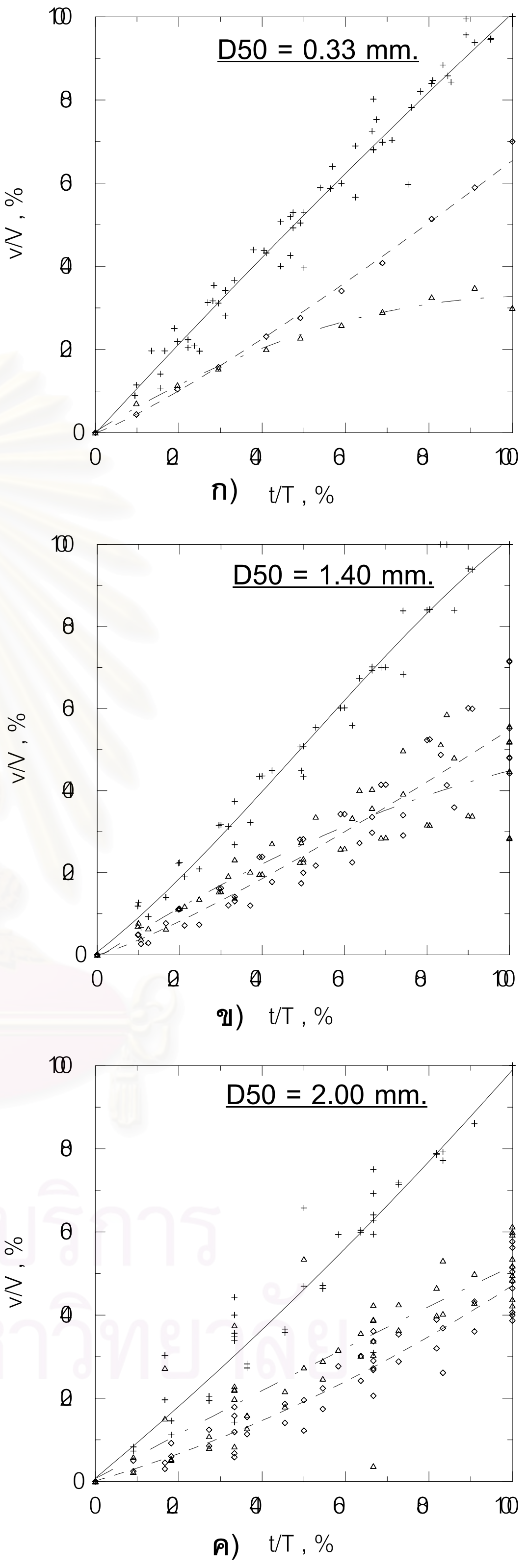
จ.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของปริมาตรของตะกอนทับถมในลำน้ำช่วงบนกับปัจจัยต่างๆ



รูป จ-1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า v/V กับอัตราการไหล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูป จ-2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า v/V กับความสูงฝาย

รูป จ-3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า v/V กับขนาดตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ความสัมพันธ์ของประสิทธิผลการดักตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

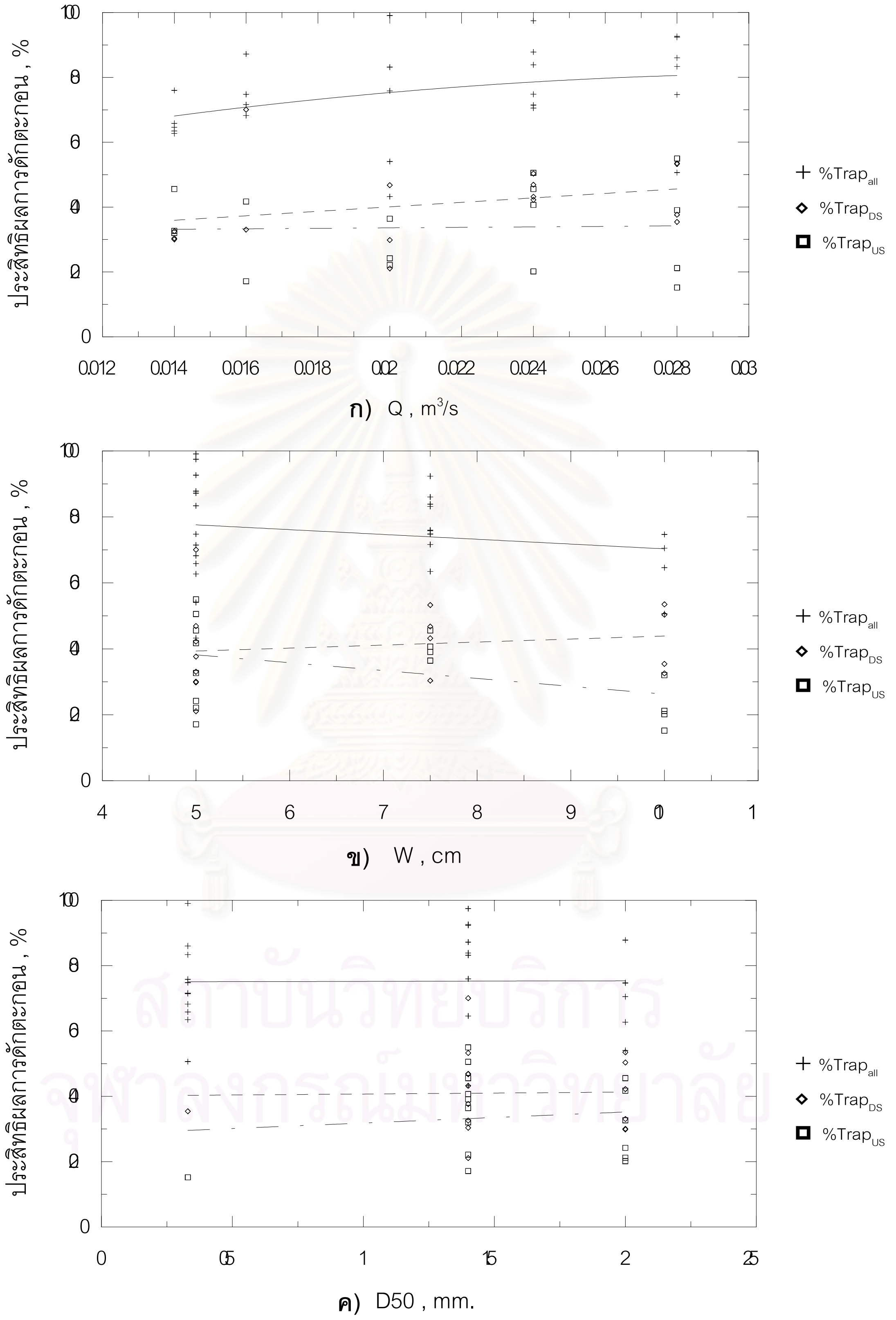
ภาคผนวก ฉ

ความสัมพันธ์ของประสิทธิผลการดักตะกอน

ฉ.1 ความสัมพันธ์ของประสิทธิผลการดักตะกอนเฉลี่ยกับปัจจัยต่าง

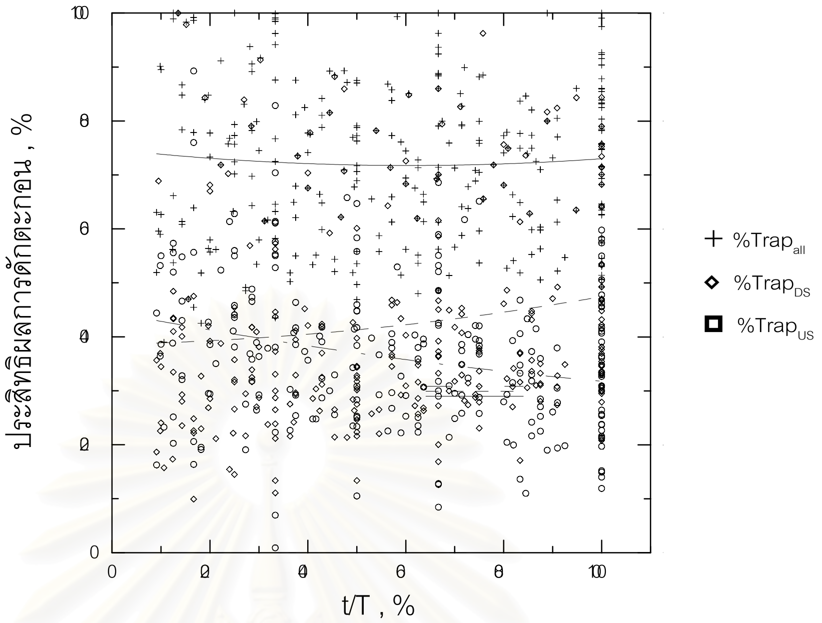
เมื่อมีการติดตั้งฝายในรางน้ำจะเกิดการทับถมของตะกอนในรางน้ำตลอดทั้งรางเนื่องจากติดตั้งฝาย การทับถมของตะกอนเริ่มจากจุดเริ่มต้นของตะกอนทับถมในรางน้ำ ($L_{D/S}$) แล้วจะเริ่มเกิดแนวทับถมตะกอนไปทั้งช่วงบนของลำน้ำและช่วงล่างของลำน้ำ อัตราการดักตะกอนของฝายได้จากปริมาตรการดักตะกอนในแต่ละช่วงลำน้ำหรือตลอดทั้งรางน้ำเทียบต่อปริมาตรตะกอนไหลเข้ารางน้ำที่จุดโรยทรายตลอดทั้งเวลาการทดลอง ปริมาตรตะกอนไหลเข้าได้จากการนำค่าอัตราการโรยทรายคูณด้วยเวลาที่ใช้ในการทดลองของแต่ละกรณีแล้วคูณด้วยสัมประสิทธิ์ (ค่าสัมประสิทธิ์ดูภาคผนวก ข) ซึ่งประสิทธิผลการดักตะกอนจะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยหลายๆ อย่างคือ อัตราการไหลของน้ำ ความสูงฝายและขนาดตะกอน การวิเคราะห์หาอัตราการดักตะกอนสามารถแบ่งได้เป็นอัตราการดักตะกอนรายชั่วโมงและเฉลี่ยทั้งเหตุการณ์ รวมทั้งหาประสิทธิผลการดักตะกอนของแต่ละช่วงลำน้ำด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ฉ-1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการดักตะกอนเฉลี่ยกับปัจจัยต่างๆ

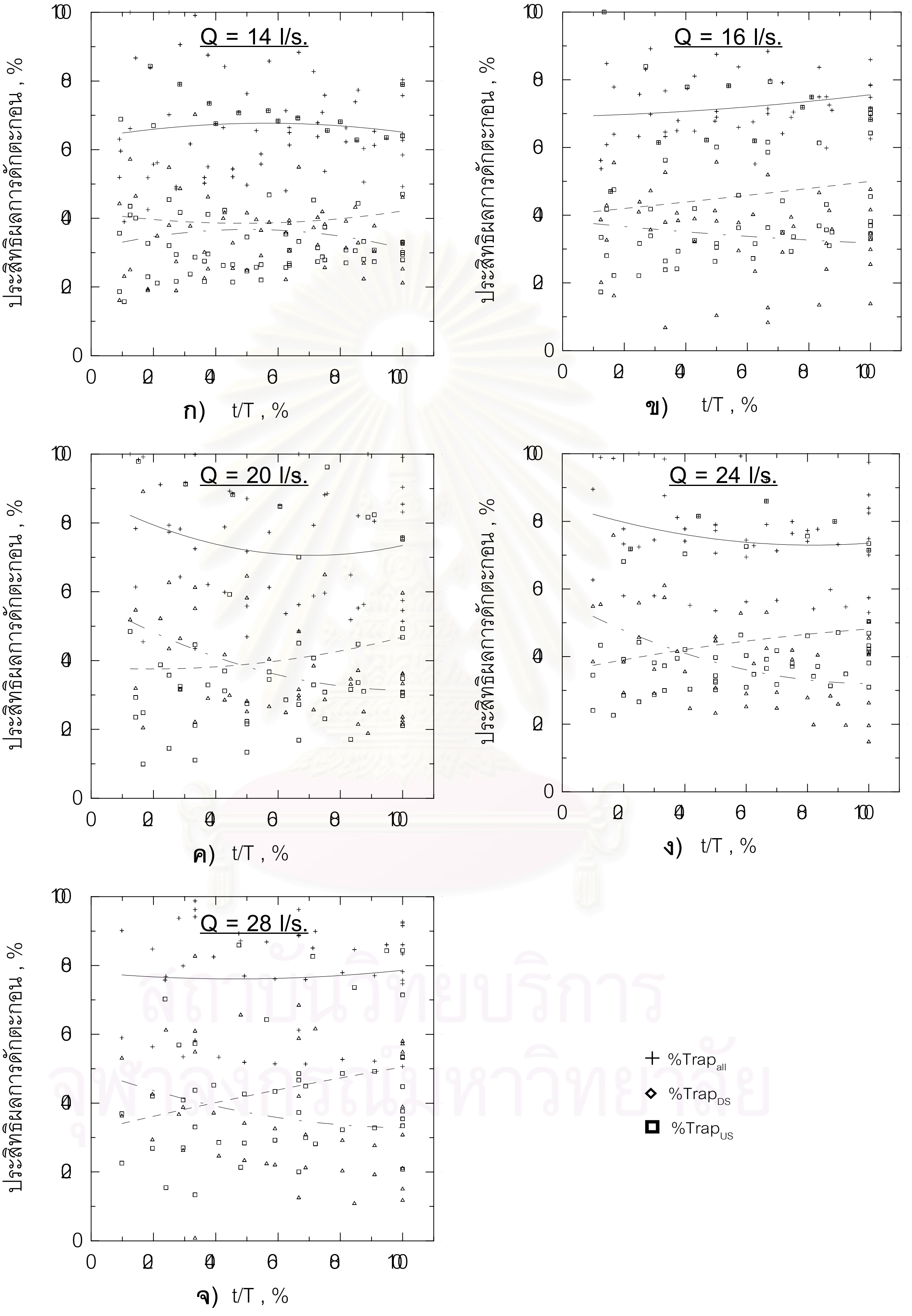
ฉ.2 ความสัมพันธ์ของอัตราการดักตะกอนเทียบต่อเวลารวมทุกการทดลอง



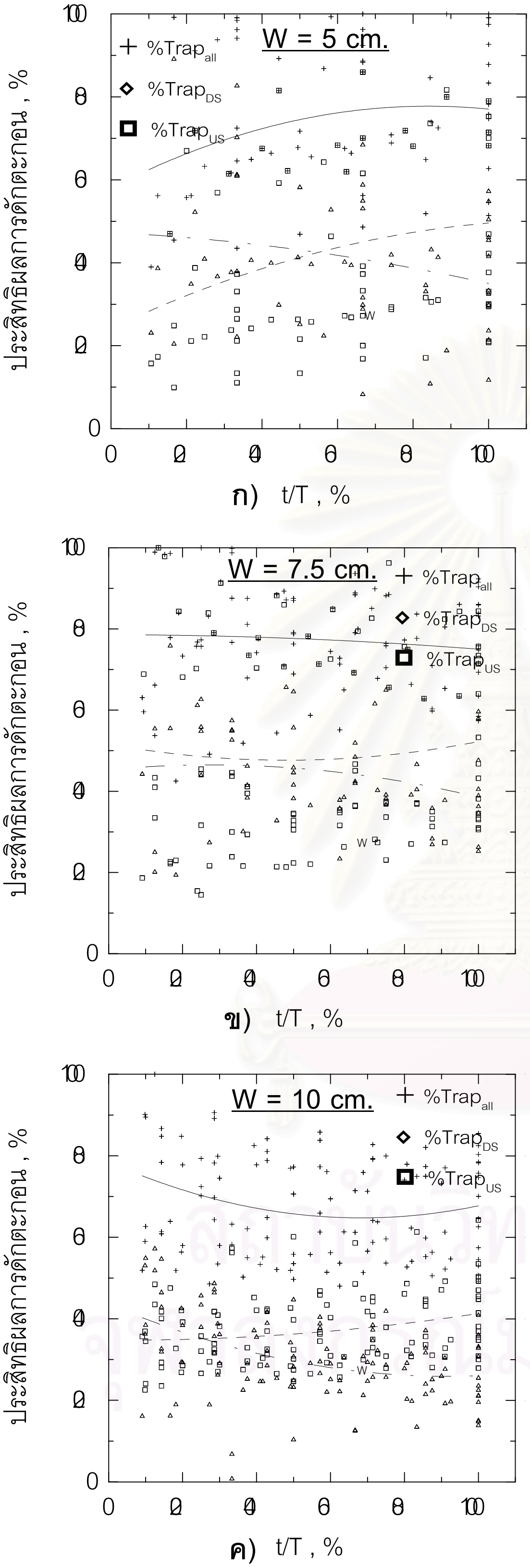
รูป ฉ-2 อัตราการดักตะกอนรายชั่วโมงรวมทุกการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

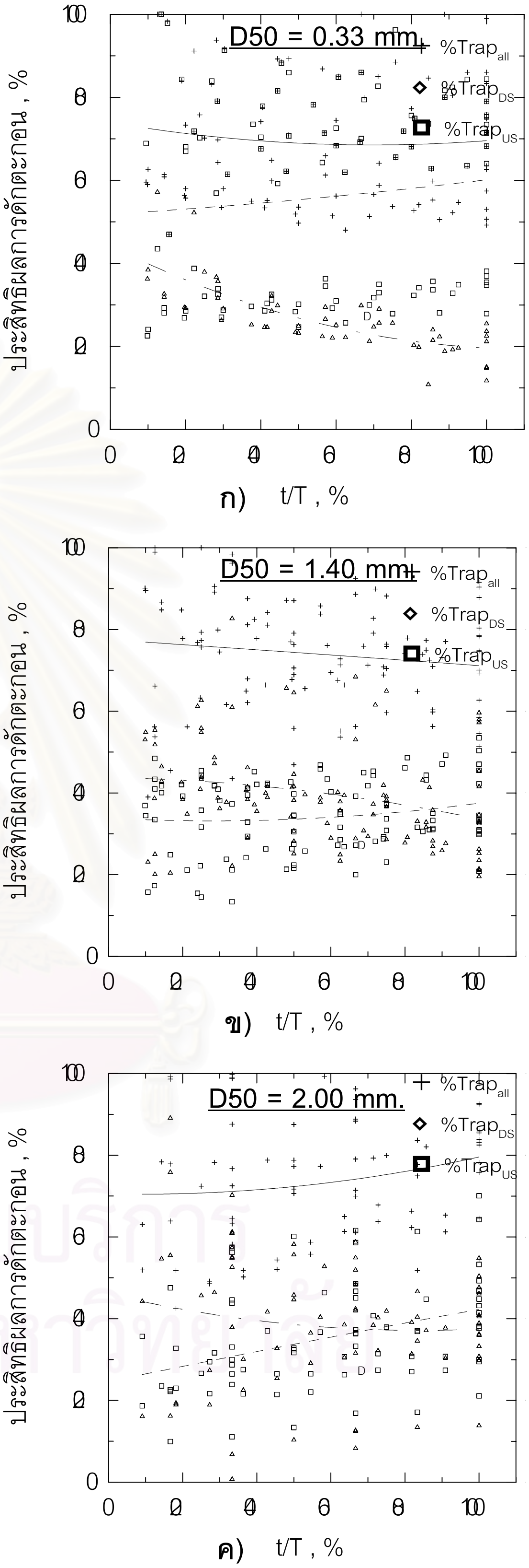
ฉ.3 ความสัมพันธ์ของอัตราการดักตะกอนรายชั่วโมงกับปัจจัยต่างๆ



รูป ฉ-3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดักตะกอนรายชั่วโมงกับอัตราการไหล



รูป ฉ-4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงกับความสูงฝาย



รูป ฉ-5 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผลการดักตะกอนรายชั่วโมงกับขนาดตะกอน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นาย ชัยอนันต์ ทองมั่น

เกิด 14 สิงหาคม 2519

การศึกษา พ.ศ. 2542 สำเร็จการศึกษาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อส.บ.) สาขาเทคโนโลยีโยธา คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พ.ศ. 2543 เข้าศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วศ.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์ พ.ศ. 2544 ได้รับทุนผู้ช่วยสอนและผู้ช่วยวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย