

การไหลลอดประตู่ระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง



นายปิยะ กุณาศล

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ

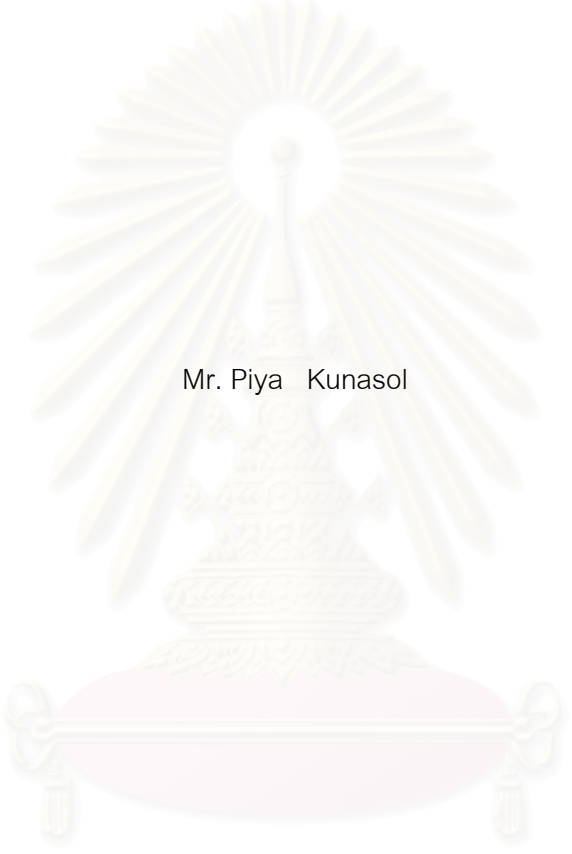
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1493-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FLOW THROUGH SLUICE GATE UNDER TIDAL EFFECT



Mr. Piya Kunasol

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 2004

ISBN 974-53-1493-5

ปิยะ กุณาศล : การไหลลอดประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง
(FLOW THROUGH SLUICE GATE UNDER TIDAL EFFECT)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. เสรี จันทโรยธา, 212 หน้า. ISBN 974-53-1493-5

สำหรับการศึกษาวินิจฉัยนิพนธ์นี้มุ่งศึกษาชลศาสตร์การไหลลอดบานประตูระบายแบบบานยกตรงของเขื่อนปิดกั้นลำน้ำที่ป้องกันการรुक้าของน้ำเค็ม ในลำน้ำที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง โดยศึกษาจากแบบจำลองกายภาพทางชลศาสตร์ ณ ห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์ และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อกำหนดให้อัตราการไหล และระยะการเปิดบานประตูระบายน้ำ รวมทั้งค่าแอมพลิจูดคลื่นเป็นตัวแปรชลศาสตร์การไหลที่ทำการศึกษา แบบจำลองชลศาสตร์ในการวิจัยประกอบด้วย แบบจำลองทางน้ำ แอ่งน้ำขึ้นน้ำลง เครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง ชุดควบคุมอัตราการไหล รวมทั้งชุดเก็บบันทึกข้อมูล โดยแบบจำลองทางน้ำ สร้างขึ้นจากพลาสติกใส ขนาดความกว้าง 0.50 เมตร ยาว 18 เมตร สูง 0.20 เมตร กำหนดค่าอัตราการไหลในช่วงที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 1 - 2.4 ลิตรต่อวินาที ระยะการเปิดบานประตูระบายน้ำ ตั้งแต่ 0.5 - 2.5 ซม. และค่าแอมพลิจูดคลื่นในช่วง 0.49 - 1.25 ซม. สำหรับตัวแปรอื่นๆ กำหนดให้มีค่าคงที่ ประกอบด้วย คาบคลื่น และลักษณะทางกายภาพของแบบจำลอง

สัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตู เป็นตัวแปรชลศาสตร์การไหลหลักที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมชลศาสตร์การไหลลอดบานประตูภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง และการไหลแบบคงตัวที่ไม่อยู่ใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งในกรณีการไหลที่ไม่อยู่ใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง ได้ทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การไหล เพื่อทดสอบความถูกต้อง ของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา และจากผลการศึกษานี้พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การไหลภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง จากผลการทดลองพบว่ามิต้าน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหล เมื่อไม่มีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.45 มีช่วงความแตกต่างประมาณ 5% ถึง 60% ที่ระยะความแตกต่างระดับน้ำเหนือบาน และท้ายบานเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับค่าแอมพลิจูด และระยะยกบานประตู โดยพบว่าเมื่อค่าแอมพลิจูดคลื่น และระยะยกบานประตูสูงขึ้น ค่าความแตกต่างของของสัมประสิทธิ์การไหลยิ่งมากขึ้น

ภาควิชา.....วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมแหล่งน้ำ.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2547.....

4470413521 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING

KEY WORD: HYDRAULIC MODEL / DISCHARGE COEFFICIENT / SLUICE GATE / TIDAL FLOW

PIYA KUNASOL : FLOW THROUGH SLUICE GATE UNDER TIDAL EFFECT.

THESIS ADVISOR : ASST.PROF.SEREE CHANYOTHA, Ph.D. 212 pp.

ISBN 974-53-1493-5

This study was emphasized on the investigation of the hydraulic of flow through the sluice gate of the closure dam which has the influence of the tidal flows. The study of the hydraulic behaviors was experimentally conducted by using a hydraulic physical model at the Hydraulic and Coastal Model Laboratory, Department of Water Resources Engineering, Chulalongkorn University. In the experiment, the hydraulic and related parameters collected consisted of upstream discharges, gate openings and wave amplitudes. The model used in this study consisted of a river model, a sea model or tidal basin, a tidal wave generator, a discharge controller, wave height meters, and a computer with an analog to digital conversion card for measuring data. The river model was made of plexi glass with the dimensions of 0.5 m × 18m × 0.20 m. The range of flow under this study was 1 – 2.4 l/s and the range of gate opening was 0.5 - 2.5 cm. The wave amplitude used was in the range 0.49 – 1.25 cm. For the other parameters concerned such as wave period and the physical characteristics of the hydraulic model were kept constant.

The discharge coefficient was the major hydraulic parameter that was used in the comparative investigation of the hydraulic behavior of flow through sluice gate in the cases of with and without downstream tidal effects. In the case of flow without tidal effect, the discharge coefficient was experimentally studied in order to verify with the previous studies. The experiment results indicated that the discharge coefficient obtained from this study well conformed with the previous studies. In the case of flow with tidal effect, it has been shown that the discharge coefficient was between 0.1 to 0.45. In comparison, the discharge coefficient of the flow under the tidal effect was less than which of the flow without tidal flow effect. The percentage difference of the discharge coefficient of the two conditions was in the range of 5 to 60. Moreover, the discharge coefficient likely increased as the wave amplitude and the gate opening increased.

Department Water Resources Engineering Student's signature

Field of study Water Resources Engineering Advisor's signature

Academic year 2004

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลต่าง ๆ หลายท่านที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา และแก้ไขรายละเอียดหรือข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี จันทโรยธาท อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ สนับสนุน การตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาสั่งสอนปรัชญาในการดำรงชีวิตและการงาน

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยพันธุ์ รัทวิจัย อาจารย์ชัยยุทธ สุขศรี และรองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาสละเวลาในการให้คำแนะนำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิทยาการต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนในด้านสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ และ สาธารณูปโภคต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่ ๆ คุรุปฏิบัติกรทุกท่านที่ได้ช่วยแนะนำ สั่งสอน ให้การสร้างแบบจำลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนพี่ เพื่อน น้อง ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ ในขณะที่ทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และน้องชายของข้าพเจ้าที่ให้โอกาสให้กำลังใจ และสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา.....	3
1.3 ขอบข่ายการศึกษา.....	3
1.4 การดำเนินการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่ผ่านมา.....	7
2.1 การไหลลดบานประตู่ระบายน้ำ.....	7
2.2 การไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง.....	11
2.3 การศึกษาที่ผ่านมา.....	14
บทที่ 3 แบบจำลองชลศาสตร์และการทดลอง.....	30
3.1 แบบจำลองชลศาสตร์.....	30
3.2 อุปกรณ์วัดและการเก็บบันทึกข้อมูลการทดลอง.....	47
3.3 วิธีการทดลอง.....	54
บทที่ 4 ลักษณะข้อมูลและผลการทดลอง.....	62
4.1 ลักษณะข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.....	62
4.2 การไหลลดบานประตู่ระบายกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง.....	67
4.3 การไหลลดบานประตู่ระบายกรณีศึกษาได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง.....	72

4.4 ความสัมพันธ์ของค่าระดับน้ำที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและตำแหน่ง ท้ายบานประตู.....	79
4.5 ความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู....	91
บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์.....	95
5.1 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย.....	95
5.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย.....	102
5.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย.....	128
5.4 การวิเคราะห์ความปริมาณน้ำไหลลดบานประตูระบายภายในช่วงเวลา ที่พิจารณา.....	132
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	143
6.1 สรุปผลการศึกษา.....	143
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	146
รายการอ้างอิง.....	149
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ประตुरะบายน้ำที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง.....	154
ภาคผนวก ข การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง นิยามลักษณะคลื่นและการวิเคราะห์สเปกตรัม.....	158
ภาคผนวก ค การเตรียมการทดลอง.....	164
ภาคผนวก ง การเปรียบเทียบอัตราการไหล.....	177
ภาคผนวก จ ผลการทดลอง.....	181
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	202

ตาราง 2-1	รายละเอียดและประเภทของบานประตูทั้ง 10 บาน.....	25
ตาราง 2-2	ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายกับ ค่าอัตราส่วน h/G.....	27
ตาราง 3-1	ตารางแสดงการทดลองกรณีศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายกรณี ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ.....	61
ตาราง 3-2	ตารางแสดงการทดลองกรณีศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายกรณี ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ.....	61
ตาราง 4-1	ตารางบันทึกข้อมูลการทดลองกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง ด้านท้ายน้ำ.....	73
ตาราง 4-2	ข้อมูลความเร็วการไหลและความลึกการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และท้ายบานประตูระบายที่เวลาต่างๆ กรณีศึกษา a1Q1G0.....	77
ตาราง 4-3	ค่าพิสัยของความลึกการไหล กรณีศึกษาการไหลลอดบานประตูระบาย ภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง.....	88
ตาราง 4-4	ค่าพิสัยอัตราการไหล ตำแหน่งหน้าบานประตูระบายกรณีศึกษาการไหลลอด บานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง.....	93
ตาราง 5-1	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจาก น้ำขึ้นน้ำลง.....	107
ตาราง 5-2	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายกรณีได้รับอิทธิพลเนื่องจาก น้ำขึ้นน้ำลง.....	111
ตาราง 5-3	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบายจาก กราฟ Calibration curve กับค่าที่วัดได้ในแบบจำลอง.....	121
ตาราง 5-4	ปริมาณน้ำที่ผ่านบานประตูระบายในช่วงเวลาที่พิจารณาโดยวิธีคำนวณจาก จากกราฟ Henry(1950) และจากการวัดในแบบจำลอง.....	142

สารบัญรูป

ญ

		หน้า
รูป 1-1	แผนผังการศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง	6
รูป 2-1	ประตูน้ำประเภทต่างๆ.....	8
รูป 2-2	ลักษณะการไหลแบบอิสระ(Free flow) ผ่านประตูระบายน้ำ.....	8
รูป 2-3	ลักษณะการไหลผ่านบานประตูระบายแบบจุ่มจม.....	13
รูป 2-4	ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณตามวิธีของ Escande(1983).....	15
รูป 2-5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความลึกการไหลด้านเหนือน้ำและ ทำนองน้ำกับค่า Froude Number จากผลการทดลองของ Escande (1983).....	15
รูป 2-6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $y_1/CcG0$ และ $y_3/CcG0$ กับค่า Fr_2	15
รูป 2-7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูกับค่า อัตราส่วนความลึกการไหลด้านหน้าบานและด้านท้ายบานกับค่า ระยะยกบานประตูของHenry (1950).....	17
รูป 2-8	ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณตามวิธีของ Starsolszky (1972).....	17
รูป 2-9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{H_0}{a}$ และค่า C และ Ψ	18
รูป 2-10	กราฟค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานการไหล (k) ในกรณีการไหลที่ได้รับอิทธิพล จากระดับน้ำด้านท้ายน้ำบางส่วน (Partial Downstream Control).....	18
รูป 2-11	กราฟการคำนวณอัตราการไหลผ่านประตูระบายในกรณีที่ได้รับอิทธิพลจาก ระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำเต็มที่ (Absolute Downstream Control).....	18
รูป 2-12	หน้าตัดการไหลแสดงค่าความลึกที่ใช้ในการคำนวณ.....	20
รูป 2-13	กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การไหลผ่านประตูระบาย.....	20
รูป 2-14	รายละเอียดแบบจำลองชลศาสตร์การไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลของ น้ำขึ้นน้ำลง.....	23
รูป 2-15	ตำแหน่งที่ตั้งบานประตูทั้ง 10 บาน Eastern Broward and Palm Beach Counties.....	25
รูป 2-16	หน้าตัดที่ทำกรวัดค่าอัตราการไหล (ประตูน้ำ S57).....	26
รูป 2-17	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย กับค่าอัตราส่วน h/G.....	26
รูป 3-1	รายละเอียดแบบจำลองชลศาสตร์การไหลลอดบานประตูระบายภายใต้ อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง.....	31

รูป 3-2	รายละเอียดแบบจำลองศาสตร์การไหลลดบานประตูระบายภายใต้ อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง.....	32
รูป 3-3	รายละเอียดการปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองศาสตร์.....	33
รูป 3-4	รายละเอียดแบบจำลองศาสตร์การไหลลดบานประตูระบายภายใต้ อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง.....	34
รูป 3-5	รายละเอียดถึงพิกัดด้านต้นน้ำ.....	37
รูป 3-6	รายละเอียดหน้าตัดทางน้ำขนาด 0.30 เมตร และ 0.50 เมตร.....	38
รูป 3-7	รายละเอียดส่วนขยายทางน้ำและส่วนโค้งกลับ.....	39
รูป 3-8	รายละเอียดชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง.....	41
รูป 3-9	การจัดวางถังแทนที่น้ำและลักษณะของระดับน้ำที่ได้จากการทดลอง กรณีค่าแอมพลิจูด 1.....	43
รูป 3-10	การจัดวางถังแทนที่น้ำและลักษณะของระดับน้ำที่ได้จากการทดลอง กรณีค่าแอมพลิจูด 2.....	44
รูป 3-11	การจัดวางถังแทนที่น้ำและลักษณะของระดับน้ำที่ได้จากการทดลอง กรณีค่าแอมพลิจูด 3.....	45
รูป 3-12	รายละเอียดแบบจำลองบานประตูระบายน้ำและชุดควบคุมการยก บานประตูระบาย.....	46
รูป 3-13	รายละเอียดระบบท่อส่งน้ำ.....	48
รูป 3-14	รายละเอียดเครื่องวัดการไหลแบบเวเนจูรีมิเตอร์.....	50
รูป 3-16	หน้าจอผลโปรแกรม LabVIEW และรายละเอียดส่วนควบคุม และส่วนแสดงผล.....	53
รูป 3-17	ขั้นตอนการทดลองกรณีศึกษาการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจาก น้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ.....	57
รูป 3-18	ขั้นตอนการทดลองกรณีศึกษาการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจาก น้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ.....	60
รูป 4-1	ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด.....	64
รูป 4-2	ตำแหน่งวัดค่าความเร็วการไหลในหน้าตัดทางน้ำ.....	64
รูป 4-3	การคำนวณหาอัตราการไหล ณ ตำแหน่งบานประตูระบาย.....	70

รูป 4-4	การกระจายความเร็วในหน้าตัดทางน้ำกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง กรณีศึกษา Q1G1na.....	71
รูป 4-5	ลักษณะชุดข้อมูลและการเลือกช่วงการเก็บบันทึกข้อมูลจากโปรแกรม LabVIEW...	74
รูป 4-6	การเลือกลูกข้อมูลที่เหมาะสมและการหาเส้นแนวโน้มข้อมูล.....	76
รูป 4-7	การกระจายความเร็วในหน้าตัดทางน้ำที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ที่เวลาต่างๆ กรณีศึกษา a1Q1G0.....	80
รูป 4-8	การกระจายความเร็วในหน้าตัดทางน้ำที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย ที่เวลาต่างๆ กรณีศึกษา a1Q1G0.....	81
รูป 4-9	อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตู และท้ายบานประตู.....	82
รูป 4-10	อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a1Q1G0.....	82
รูป 4-11	ผลการทดลองรวมกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด a1.....	83
รูป 4-12	ผลการทดลองรวมกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด a2.....	84
รูป 4-13	ผลการทดลองรวมกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด a3.....	85
รูป 4-14	ลักษณะของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง.....	87
รูป 4-15	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิสัยของระดับน้ำกับค่าระยะยกบานประตูระบาย.....	89
รูป 4-16	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่หน้าบานประตูระบายและท้ายบานประตู ระบายเทียบกับระยะยกบานประตูระบายที่ค่าแอมพลิจูดที่ 1-3 (a1-a3).....	90
รูป 4-17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิสัยของค่าอัตราการไหลกับค่าระยะยกบานประตูระบาย.....	90
รูป 5-1	ลักษณะตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลลด บานประตูระบาย.....	97
รูป 5-2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายและ อัตราส่วนความลึกการไหลเทียบกับระยะยกบานของ Henry.....	99
รูป 5-3	กราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย.....	99
รูป 5-4	การแบ่งช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง และการไหลที่ช่วงเวลาต่างๆ.....	103
รูป 5-5	การพลอตข้อมูลการทดลองกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงเพื่อ หาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู.....	108

รูป 5-6	เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่อ่านจากกราฟ Henry (1950) กรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ.....	109
รูป 5-7	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายจากการทดลองเทียบกับกราฟ Henry กรณีศึกษา a1.....	110
รูป 5-8	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายจากการทดลองเทียบกับกราฟ Henry กรณีศึกษา a2.....	112
รูป 5-9	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายจากการทดลองเทียบกับกราฟ Henry กรณีศึกษา a3.....	113
รูป 5-10	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายจากการทดลองเทียบกับกราฟ Henry ตามเวลาต่างๆ กรณีศึกษา a1.....	114
รูป 5-11	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายจากการทดลองเทียบกับกราฟ Henry ตามเวลาต่างๆ กรณีศึกษา a2.....	115
รูป 5-12	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายจากการทดลองเทียบกับกราฟ Henry ตามเวลาต่างๆ กรณีศึกษา a3.....	116
รูป 5-13	กราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง.....	117
รูป 5-14	กราฟอัตราการไหลลดบานประตูระบายเทียบกับผลต่างของระดับน้ำที่ระยะยกบานต่างๆ ที่กำหนดในชุดการทดลอง.....	119
รูป 5-15	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลลดบานประตูระบายและค่าผลต่างของระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานประตู กรณีศึกษาแอมพลิจูด 1 a1.....	119
รูป 5-16	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายจากการทดลองเทียบจากค่าอัตราการไหลที่ได้จาก Calibration curve กรณีศึกษา a1.....	122
รูป 5-17	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายจากการทดลองเทียบจากค่าอัตราการไหลที่ได้จาก Calibration curve กรณีศึกษา a2.....	123

รูป 5-18	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลลดabanประตุระบายจากการทดลองเทียบจากค่าอัตราการไหลที่ได้จาก Calibration curve กรณีศึกษา a3.....	124
รูป 5-19	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลลดabanประตุระบายจากการทดลองเทียบจากค่าอัตราการไหลที่ได้จาก Calibration curve กรณีศึกษา a1.....	125
รูป 5-20	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลลดabanประตุระบายจากการทดลองเทียบจากค่าอัตราการไหลที่ได้จาก Calibration curve กรณีศึกษา a2.....	126
รูป 5-21	ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลลดabanประตุระบายจากการทดลองเทียบจากค่าอัตราการไหลที่ได้จาก Calibration curve กรณีศึกษา a3.....	127
รูป 5-22	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานกับระดับน้ำด้านหน้าบาน ต่อค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดabanประตุระบาย กรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง.....	129
รูป 5-23	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานกับระดับน้ำด้านหน้าบาน ต่อค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดabanประตุระบาย กรณีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง กรณีศึกษา a1Q1G1.....	129
รูป 5-24	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cd กับผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบาน กรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด1.....	133
รูป 5-25	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cd กับผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบาน กรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด2.....	134
รูป 5-26	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cd กับผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบาน กรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด3.....	135
รูป 5-27	การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดabanประตุระบายกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด 1.....	136

รูป 5-28	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างระดับน้ำด้านหน้าและด้านท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบานกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายกรณีการไหลช่วงน้ำขึ้น.....	137
รูป 5-29	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างระดับน้ำด้านหน้าและด้านท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบานกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายกรณีการไหลช่วงน้ำลง.....	138
รูป 5-30	การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลดบานประตูระบายตามเวลาที่พิจารณา.....	141
รูป 6-1	การแบ่งช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลงย่อยเทียบกับระดับ MSL.....	148



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาเรื่องการรुक้าของน้ำเค็มเข้ามาในลำนน้ำธรรมชาติ ถือเป็นปัญหาสำคัญอีกปัญหาหนึ่งในประเทศไทย ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน และพื้นที่เพาะปลูกของประชากรริมฝั่งแม่น้ำ โรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ รวมถึงระบบนิเวศวิทยา ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาดินเค็ม การลดลงของพันธุ์ปลาน้ำจืด ปัญหาต่างๆ เหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องมาจากกลไกตามธรรมชาติที่สำคัญอันหนึ่งคือปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถที่จะควบคุมระบบธรรมชาติได้อย่างเบ็ดเสร็จแต่ก็สามารถลดหรือบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด หนึ่งในวิธีการแก้ปัญหาการรुक้าของน้ำเค็มและเก็บกักน้ำจืดไว้ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ ก็คือ การก่อสร้างเขื่อนกั้นน้ำเค็มใกล้ปากแม่น้ำที่ออกสู่ทะเล

เขื่อนกั้นน้ำเค็มมักจะมีลักษณะเป็นประตูระบายน้ำ ที่สามารถควบคุมการไหลของน้ำโดยการเปิดปิดบานประตู ในช่วงฤดูแล้งอัตราการไหลของน้ำในลำนน้ำน้อย น้ำจืดไม่เพียงพอต่อการผลักดันการรुक้าของน้ำเค็มได้ จึงทำการปิดบานประตูระบาย เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเค็มรुक้าเข้ามาในลำนน้ำ และในขณะเดียวกันก็เป็นการเก็บกักน้ำจืดไว้ใช้ด้านต้นน้ำ ในช่วงฤดูฝนอัตราการไหลของน้ำในลำนน้ำสูง ทำการเปิดประตูระบายน้ำเพื่อระบายน้ำจืดไปยังน้ำเค็ม และป้องกันน้ำเค็มไม่ให้รुक้าเข้ามา แต่ถ้าไม่มีการควบคุมการเปิดปิดบานประตูอย่างมีประสิทธิภาพอาจจะก่อให้เกิดปัญหาตามมา เช่น กรณีเปิดบานประตูระบายมากเกินไป ปริมาณน้ำที่ระบายออกมาก ทำให้เกิดน้ำท่วมบริเวณพื้นที่ปากแม่น้ำ หรือถ้าเปิดบานประตูระบายน้อย ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านบานประตูระบายไม่เพียงพอที่จะหยุดการรुक้าของน้ำเค็มได้ นอกจากนั้นในหน้าน้ำหลากก็ต้องมีการควบคุมการเปิดปิด เพื่อให้ระบายน้ำผ่านทางประตูตามต้องการ ไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมบริเวณพื้นที่เหนือบานประตูขึ้นไปทางด้านเหนือน้ำ

ประตูระบายน้ำเป็นอาคารชลศาสตร์อย่างหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมการไหลของน้ำในลำนน้ำ ประตูระบายน้ำมีหลายลักษณะและรูปแบบ เช่น ประตูระบายน้ำแบบไหลข้าม (Overflow gate) ประตูระบายน้ำแบบไหลลอด (Underflow gate) ทั้งบานประตูระบายน้ำแบบไหลข้ามและไหลลอดยังมีหลายรูปแบบ เช่น บานประตูระบายน้ำแบบบานโค้ง (Radial or tainter gate) บานประตู

ระบายน้ำแบบรูปกลองหรือลูกกลิ้ง (Drum gate) ประตูน้ำแบบบานชักหรือบานยกตรง (Vertical lift or sluice gate) การเลือกใช้งานประตูระบายน้ำรูปแบบ และลักษณะใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ มากมายตามความเหมาะสมของแต่ละสภาพของงานและโครงการ อย่างไรก็ตามรูปแบบของบานประตูระบายน้ำที่ใช้ในการควบคุมการรुक้าของน้ำเค็มที่พบเห็นเป็นส่วนมาก มักจะเป็นบานประตูแบบบานยกตรง แบบไหลลอด เช่น ประตูระบายน้ำและควบคุมการไหลของน้ำ โครงการปากพั้ง จ.นครศรีธรรมราช ประตูระบายน้ำ โครงการเขื่อนทดน้ำบางปะกง รวมทั้งประตูระบายน้ำเขื่อนป้องกันน้ำเค็มแม่น้ำท่าจีน เป็นต้น

ดังเป็นที่ทราบมาแล้วว่า อัตราการไหลลอดผ่านบานประตูน้ำขึ้นกับความแตกต่างของระดับน้ำเหนือบานประตูและท้ายบานประตู ลักษณะการไหลลอดบานประตูแบบอิสระ (Free flow) หรือไหลลอดบานประตูแบบจุ่มจม (Submerge flow) และขึ้นกับความกว้างของการเปิดบานประตู (Gate opening) ซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ที่ได้ด้วยทฤษฎีและหลักการทางด้านชลศาสตร์การไหลของน้ำ (หลักการของไหลต่อเนื่อง หลักการพลังงานและหลักการโมเมนตัม) ผนวกกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ นำไปสู่สมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ดังปรากฏในรายละเอียดบทที่ 2

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ดังกล่าวอยู่บนพื้นฐานการไหลแบบคงตัว (Steady flow) และการวิเคราะห์การไหลแบบทิศทางเดียว (One dimensional flow analysis) ถึงแม้ว่าผลดังกล่าวได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลลอดบานประตูน้ำภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งการไหลท้ายน้ำของบานประตูเป็นแบบไม่คงตัว (Unsteady flow) อาจมีการคลาดเคลื่อนของผลที่ได้ ซึ่งอาจส่งผลให้การดำเนินการเปิดปิดบานประตูน้ำ เพื่อควบคุมการไหลของน้ำไม่เป็นไปตามที่กำหนดหรือคาดคะเนไว้ ส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการดำเนินการของบานประตูและของโครงการโดยรวม ดังนั้นการศึกษาคั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปถึงอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ที่อาจมีผลต่อค่าอัตราการไหลผ่านประตูระบาย หลักเกณฑ์ในการคำนวณหาอัตราการไหลผ่านบานประตูระบาย รวมถึงประยุกต์ผลการศึกษาที่ได้ อันอาจเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพิจารณาปรับปรุงและพัฒนา รูปแบบการเปิดปิดบานประตูระบายที่มีอยู่เดิมให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น สำหรับประเทศไทยประตูระบายน้ำเพื่อการป้องกันน้ำเค็มมีอยู่หลายแห่งด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น เขื่อนบางปะกง เขื่อนบางนรา ประตูอุทกวิภาคประสิทธิ์ และที่กำลังอยู่ระหว่างขั้นตอนการศึกษาคือ เขื่อนป้องกันน้ำเค็มแม่น้ำท่าจีน รายละเอียดของเขื่อนป้องกันน้ำเค็มที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง แสดงในภาคผนวก ก

เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลในภาคสนาม เช่น ความยากลำบากในการเก็บบันทึกข้อมูล ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จำนวนของกรณีศึกษาที่มีจำกัด รวมถึงค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง การศึกษาครั้งนี้จึงใช้แบบจำลองทางกายภาพมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาปัญหา และหาคำตอบ จากปัญหาดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา

1. ศึกษาถึงผลของน้ำขึ้นน้ำลงต่อการไหลผ่านประตูระบายน้ำแบบบานยกตรง
2. ศึกษาเปรียบเทียบการไหลผ่านบานประตูระบายน้ำกรณีได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงและกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง
3. ศึกษาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรการไหลกับการเปิดบานประตูภายใต้อิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

1.3 ขอบข่ายการศึกษา

สำหรับการศึกษานี้ได้สร้างแบบจำลองทางน้ำและอ่างกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง (tidal basin) เพื่อศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายน้ำภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง โดยมีขอบข่ายการศึกษาดังนี้

1. เป็นการศึกษาชลศาสตร์การไหลลอดบานประตูแบบบานยกตรงในทางน้ำเปิดที่มีอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่ปากทางน้ำเปิดแบบโมนิโครมดา (Simple harmonic) ที่มีค่าคาบคลื่นคงที่
2. สภาวะการไหลที่ทำการศึกษามาจะเป็นการไหลแบบใต้วิกฤติ (Subcritical flow) โดยพยายามรักษาค่าฟรูดนัมเบอร์ (Froude number) ให้อยู่ในอ่าวของการไหลในแม่น้ำทั่วไป โดยเฉพาะช่วงแม่น้ำที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ
3. การศึกษาจะจำกัดอยู่ที่การไหลผ่านบานประตูระบายน้ำแบบบานยกตรงที่เป็นการไหลลอด (Under flow) และเป็นลักษณะการไหลแบบจุ่มจมหรือท่วมท้น (Submerge or drown flow) ที่ทำให้น้ำของบานประตู
4. ระยะทางจากปากทางน้ำถึงตำแหน่งที่ตั้งบานประตูระบายน้ำ กำหนดเป็นระยะคงที่ที่ระยะ 5.50 เมตร

5. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย การปรับเปลี่ยนอัตราการไหลด้านต้นน้ำ 3 ค่า ระยะยกบานประตู 3 ค่า และค่าแอมพลิจูดคลื่น 3 ค่า อัตราการไหลด้านต้นน้ำอยู่ระหว่าง 0.9 – 2.4 ลิตร/วินาที ค่าระยะยกบานประตูระบายอยู่ระหว่าง 0.5 – 2.5 เซนติเมตร และค่าแอมพลิจูดคลื่นอยู่ระหว่าง 0.4 – 1.25 เซนติเมตร สำหรับตัวแปรอื่นๆ กำหนดให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง ตัวแปรดังกล่าวประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning's n) ค่าความชันของทางน้ำ รวมทั้งคาบเวลาของคลื่น

6. การดำเนินการศึกษาอยู่บนพื้นฐานของการใช้แบบจำลองกายภาพทางชลศาสตร์ ที่ปรับปรุงและพัฒนาจากแบบจำลองชลศาสตร์เดิม ที่ทำการศึกษาในหัวข้อเรื่องชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง (ศุภกร ศิริพจนกุล, 2546) ณ บริเวณ ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ และชายฝั่งทะเล (Hydraulic and Coastal Lab) ที่บริเวณชั้น 1 ตึก 5 ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมการไหลในกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และในกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของค่าอัตราการไหล ลักษณะความแตกต่าง รวมถึงการประยุกต์ผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลตลอดผ่านประตูระบายที่ถูกต้อง เพื่อไปใช้ในการจัดการเปิดปิดบานประตูระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

1.4 การดำเนินการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีแนวทางการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์และขอบข่ายที่กำหนดไว้ดังนี้

1. ศึกษาหลักการ ทฤษฎี รวมทั้งการศึกษาที่ผ่านมาเพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิจัย
2. ศึกษาแบบจำลองกายภาพที่มีอยู่เดิม และปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมตามวัตถุประสงค์และรูปแบบการทดลองที่กำหนดไว้
3. ศึกษาและประยุกต์การใช้โปรแกรมจัดเก็บข้อมูล A/D LabVIEW
4. ศึกษาและเปรียบเทียบเครื่องมือวัดต่างๆ ประกอบไปด้วย เครื่องวัดความสูงคลื่น เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ เครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูร์มิเตอร์ เครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตร

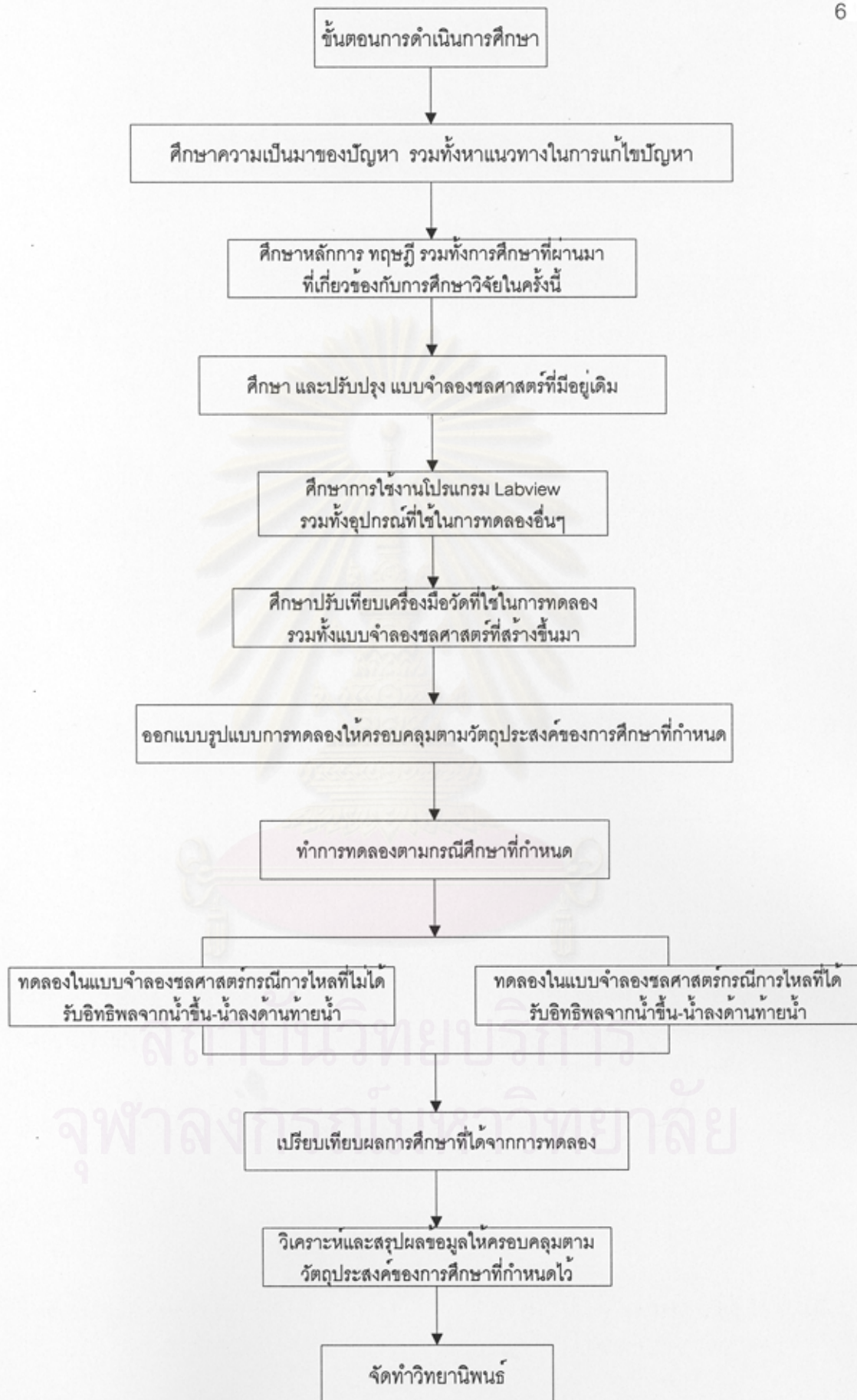
วัดน้ำ ฝ่ายสันกว้าง ถังน้ำขึ้นน้ำลง และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระเมanningของทางน้ำที่ใช้ในการทดลอง

5. ศึกษาออกแบบรูปแบบการทดลองตามเงื่อนไข และตัวแปรที่กำหนด เพื่อให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด
6. ทำการทดลองตามรูปแบบการทดลองที่กำหนดไว้
7. เก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผลของข้อมูล
8. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองจากแบบจำลองชลศาสตร์ และนำเสนอข้อเสนอนะ
9. จัดทำวิทยานิพนธ์

สำหรับขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการศึกษา แสดงในรูป 1-1

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. การศึกษาครั้งนี้ก่อให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการ และวิธีการในการประยุกต์ใช้แบบจำลองกายภาพทางชลศาสตร์ (Hydraulics physical model) เพื่อวิเคราะห์ปัญหาทางชลศาสตร์ในงานพัฒนาและจัดการทางด้านวิศวกรรมแหล่งน้ำ และเพิ่มพูนประสบการณ์ให้กับห้องปฏิบัติการแบบจำลองชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล
2. มีความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางชลศาสตร์การไหลของแม่น้ำ ที่มีการควบคุมด้วยบานประตูระบายน้ำ และพฤติกรรมการไหลของน้ำลอดผ่านบานประตูระบายน้ำที่มีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงจากปากแม่น้ำ
3. ผลการศึกษาอาจเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาเพื่อปรับปรุงและแก้ไขการดำเนินการประตูระบายน้ำที่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่ปากแม่น้ำด้านท้ายน้ำ บานประตูระบายน้ำที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำด้านท้ายน้ำแบบเป็นวงจรวงคที่ เช่นเดียวกับ ลักษณะการขึ้นลงของน้ำในทะเล



รูป 1-1 แผนผังการศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาและการศึกษาที่ผ่านมา

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษานี้ มุ่งเน้นไปที่ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการไหลลอดบานประตูระบาย และการไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง สำหรับทฤษฎีการไหลลอดบานประตูระบายพิจารณาเฉพาะลักษณะบานประตูระบายแบบบานตรง ซึ่งจะกล่าวถึงพฤติกรรมของการไหลทั้ง 2 ลักษณะ คือ การไหลแบบอิสระ และการไหลแบบจุ่มจม รวมถึงแนวทางในการวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลลอดบานประตู ทฤษฎีการไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง กล่าวถึงหลักการ รูปแบบ และพฤติกรรมของการไหล รวมทั้งหลักการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการไหล

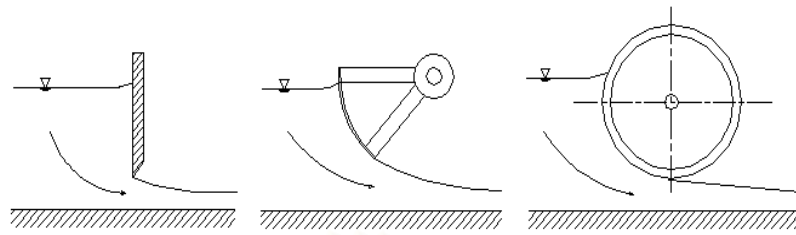
2.1 การไหลลอดบานประตูระบายน้ำ (Flow under sluice gate)

ประตูระบายน้ำเป็นอาคารทางชลศาสตร์ที่ทำหน้าที่ในการเก็บกักน้ำและควบคุมอัตราการไหลของน้ำในลำน้ำ โดยทั่วไปลักษณะของบานประตูระบายน้ำมีด้วยกันหลายประเภท ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมหลายประการ เช่น รูปแบบของการใช้งาน ลักษณะของสถานที่ตั้ง รวมถึงความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ ลักษณะของบานประตูระบายที่นำมาใช้งานมีหลากหลายประเภท ยกตัวอย่างเช่น บานประตูระบายแบบบานตรง (Vertical sluice gate) บานประตูระบายแบบบานโค้ง (Tainter gate or radial gate) และบานประตูระบายรูปกลอง (Drum gate) ลักษณะบานประตูระบายประเภทต่างๆ แสดงในรูป 2-1

ค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบายมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น ลักษณะและรูปร่างของบานประตู ความลึกการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตู และด้านท้ายบานประตู รวมถึงระยะยกบานประตู ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ทำให้สภาพการไหลลอดบานประตูระบายเป็นได้ทั้งการไหลแบบอิสระ และการไหลแบบจุ่มจม สำหรับหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลลอดบานประตูใช้หลักการเช่นเดียวกับหลักการวิเคราะห์การไหลผ่านช่องรูเปิด (Orifice flow)

พฤติกรรมของการไหลลอดบานประตูระบายมี 2 ลักษณะ กล่าวโดยละเอียดดังนี้คือ

1. การไหลแบบอิสระ (Free flow)
2. การไหลแบบจุ่มจม (Submerge or drown flow)



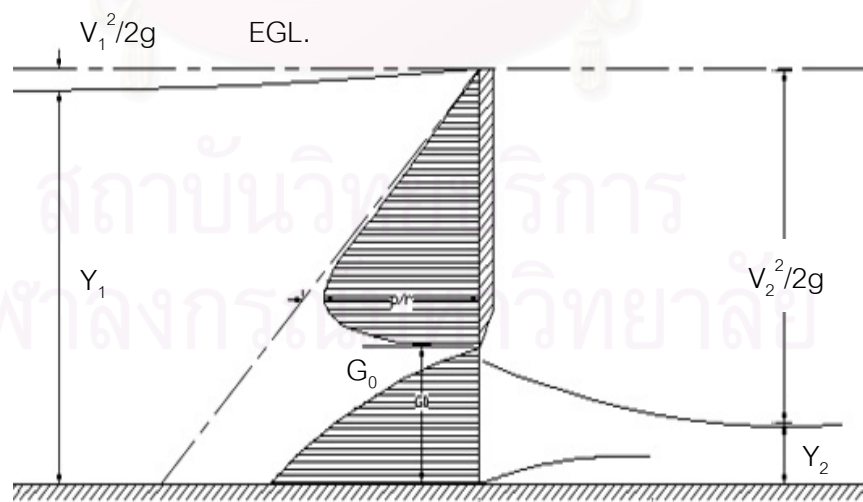
ที่มา F.M. Henderson

(ก)

(ข)

(ค)

รูป 2-1 ประตูน้ำประเภทต่างๆ (ก) ประตูน้ำประเภทบานตรง (Vertical Lift Gate)
 (ข) ประตูน้ำประเภทบานโค้ง (Tainter Gate) (ค) ประตูน้ำประเภทรูปกลอง (Drum Gate)



ที่มา F.M. Henderson

รูป 2-2 ลักษณะการไหลแบบอิสระ (Free flow) ผ่านประตูระบายน้ำ

2.1.1 การไหลแบบอิสระ (Free flow)

เป็นการไหลที่ความเร็วน้ำมีค่ามากกว่าความเร็ววิกฤต (Critical velocity) เมื่อน้ำไหลผ่านบานประตูแล้วจะสัมผัสอากาศ และไม่มีน้ำทางด้านท้ายน้ำไหลย้อนลงมาทับ สำหรับลักษณะการไหลแบบอิสระ (Free flow) แสดงในรูป 2-2 การวิเคราะห์การไหลลอดบานประตูระบาย รูปแบบการไหลแบบอิสระ โดยใช้สมการพลังงาน (Energy equation) ที่หน้าตัด 1 และหน้าตัด 2

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (2-1)$$

โดยที่ y_1, y_2 หมายถึง ความลึกการไหลที่หน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2
 v_1, v_2 หมายถึง ความเร็วเฉลี่ยการไหลที่หน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2
 q หมายถึง อัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยความกว้างของลำน้ำ

โดยที่ $q = vy$ แทนค่า $v = \frac{q}{y}$ ในสมการ 2-1

$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} \quad (2-2)$$

จากสมการที่ (2-2) สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$q = y_1 y_2 \sqrt{\frac{2g}{y_1 + y_2}} \quad (2-3)$$

จากรูป 2-2 ความลึกด้านท้ายน้ำ (y_2) มีค่าเท่ากับ $C_c * G_0$

โดยที่ C_c หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การบีบตัว (Contraction coefficient)
 G_0 หมายถึง ระยะยกบานประตู

แทนค่า $y_2 = C_c * G_0$ ในสมการ 2-3

$$q = C_c G_0 \sqrt{2gy_1 \frac{y_1}{y_1 + y_2}} \quad (2-4)$$

$$= C_d G_0 \sqrt{2gy_1} \quad (2-5)$$

$$C_d = \frac{C_c}{\sqrt{1 + C_c G_0 / y_1}} \quad (2-6)$$

หลักการวิเคราะห์ของ U.S. Army, Corps of Engineers จากรูปที่ 2-2 ทำการพิจารณา ในกรณีที่ทางน้ำเป็นทางน้ำแบบสี่เหลี่ยม จากสมการพลังงานที่หน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2

$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} + \Delta E \quad (2-7)$$

โดยที่ค่า ΔE หมายถึง การสูญเสียพลังงานระหว่างหน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2 โดยที่สามารถ เขียนในเทอมตัวแปรไร้หน่วย (Dimensionless loss coefficient) ได้ดังนี้

$$K_L = \Delta E / \frac{q^2}{2gy_2^2} \quad (2-8)$$

โดยที่กำหนดให้ $\phi = \frac{1}{\sqrt{(1+K_L)}}$

ดังนั้นสามารถจัดรูปแบบสมการ 2-7 ได้ใหม่

$$\frac{q^2}{2g} \left(\frac{1}{\phi^2 y_2^2} - \frac{1}{y_1^2} \right) = y_2 - y_1 \quad (2-9)$$

จากรูป 2-2 ความลึกด้านท้ายน้ำ (y_2) สามารถเขียนได้ในรูป $C_c * G_0$

ดังนั้นค่า C_s สำหรับประตูระบาย (C_s คือค่าสัมประสิทธิ์การไหลในกรณีของ U.S. Army, Corps of Engineers) สามารถเขียนได้ในรูป

$$q = C_s G_0 \sqrt{2g(y_1 - C_c G_0)} \quad (2-10)$$

ดังนั้น
$$C_s = \frac{\phi C_c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\phi C_c G_0}{y_1} \right)^2}} \quad (2-11)$$

ค่า C_s ของสมการ U.S. Army, Corps of Engineers เทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลจากสมการ Orifice flow ได้ดังนี้

$$C_s = \frac{C_d}{\sqrt{1 - C_c G_0 / y_1}} \quad (2-12)$$

2.1.2 การไหลแบบจุ่มจม (Submerge flow)

การไหลแบบจุ่มจม หมายถึง การไหลที่ความลึกของน้ำด้านท้ายน้ำสูงกว่าความลึกสังยุค (Conjugate depth) ของน้ำกระโดดทางด้านท้ายน้ำ (Hydraulic jump) เมื่อรูปแบบการไหลเป็นการไหลเหนือวิกฤต (Super critical flow) ดังนั้นน้ำกระโดดจะเคลื่อนตัวย้อนกลับเข้าหาบานประตูระบายจนเข้าท่วมทัน การไหลผ่านอาคารบังคับน้ำที่มีประตูควบคุมส่วนใหญ่ จะเป็นการไหลแบบจุ่มจม เนื่องจากได้รับผลกระทบของการไหลย้อนกลับของน้ำ (Back water effect) สำหรับขั้นตอนในการวิเคราะห์การไหลในลักษณะนี้ได้เริ่มขึ้นโดย Escande (1943) โดยใช้สมการพลังงาน ที่หน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2 ส่วนในหน้าตัดที่ 2 และหน้าตัดที่ 3 ใช้สมการโมเมนตัมมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ ลักษณะการไหลแบบจุ่มจมแสดงในรูป 2-3

จากรูป 2-3 วิเคราะห์โดยใช้สมการพลังงานที่หน้าตัดที่ 1 และหน้าตัดที่ 2

$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} \quad (2-13)$$

จากสมการโมเมนตัมที่หน้าตัด 2 และ หน้าตัด 3

$$\frac{q^2}{gy_2} + \frac{y^2}{2} = \frac{q^2}{gy_3} + \frac{y_3^2}{2} \quad (2-14)$$

ในขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลแบบจุ่มจมค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นจึงมีการสร้างกราฟเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ให้มีความสะดวกมากขึ้น เช่น กราฟของ Escande (1938) และกราฟของ Henry (1950)

2.2 การไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

การไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง เป็นการไหลแบบไม่คงตัว (Unsteady flow) ซึ่งการไหลแบบไม่คงตัวหมายถึง การไหลที่ความเร็วที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาไม่คงที่ ($\partial V/\partial t \neq 0$) ซึ่งรูปแบบการไหลในลำน้ำ ทั้งในธรรมชาติ และการไหลในลำน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยส่วนใหญ่จะเป็นการไหลแบบไม่คงตัว สภาวะที่ทำให้เกิดลักษณะการไหลแบบไม่คงตัวมีหลายประการ ยกตัวอย่างเช่น การเกิดน้ำท่วมแล้วน้ำหลากลงสู่ลำน้ำ การเกิดคลื่นน้ำเนื่องจากการเดินเครื่องสูบน้ำหรือการหยุดเดินเครื่องสูบน้ำ การเกิดคลื่นน้ำในช่วงระหว่างการเปิดปิดบานประตูระบายน้ำ การเกิดคลื่นน้ำเนื่องจากการหลุดตัว

ของตลิ่ง แรงลม พายุฝน รวมทั้งการไหลในทางน้ำที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงบริเวณปากอ่าว

กฎการอนุรักษ์มวล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์พลังงาน นิยมนำมาใช้ในการอธิบายลักษณะการไหลในทางน้ำเปิด ตัวแปรที่นำมาใช้ในการพิจารณาใช้เพียงแค่ 2 ตัวแปรที่สามารถที่จะวิเคราะห์ถึงรูปแบบการไหลได้ สำหรับตัวแปรที่นำมาใช้คือ ความลึกการไหลและความเร็วการไหล หรือความลึกการไหลและอัตราการไหล

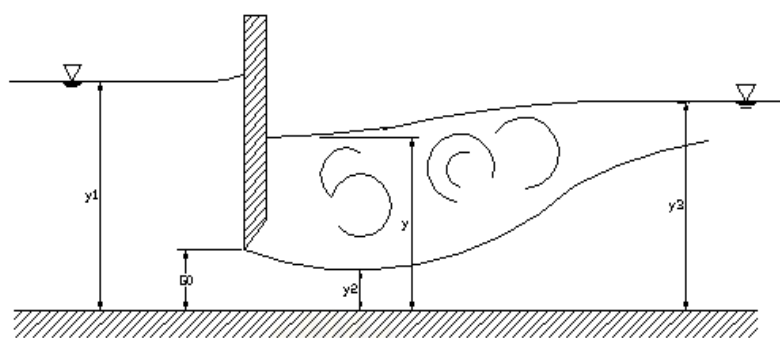
รูปแบบสมการทั่วไปในการอธิบายการไหลแบบไม่คงตัวในทางน้ำเปิด คือ สมการการไหลต่อเนื่อง แสดงในสมการ 2-15 และสมการโมเมนตัมดังแสดงในสมการ 2-16

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad (2-15)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{2Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} + gn^2 \frac{Q|Q|}{AR^{4/3}} = 0 \quad (2-16)$$

ได้มีการพัฒนาวิธีแก้สมการดังกล่าวมาอย่างต่อเนื่องจนปัจจุบัน ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน คือ วิธีการ Finite difference ดังปรากฏให้เห็นในรูปแบบ ชุดแบบจำลองสำเร็จรูปมากมาย เช่น ISIS, MIKE11, HECRAS เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการศึกษาการไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง ได้มีการ simplify สมการการไหลแบบคงตัวดังกล่าว และพยายามหาความสัมพันธ์ของตัวแปรการไหลต่างๆ ในรูปแบบสมการความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล (Empirical formula) หรือกึ่งสมการเชิงเหตุและผล (Semi empirical formula) ดังปรากฏในรายงานการศึกษาที่ผ่านมาในหัวข้อต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา F.M. Henderson

รูป 2-3 ลักษณะการไหลผ่านบานประตูระบายแบบจุ่มจม (Submerge flow)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 การศึกษาที่ผ่านมา

2.3.1 การไหลผ่านประตูระบาย (Flow under vertical sluice gate)

Escande (1938) ศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายและสร้างกราฟเพื่อช่วยในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลผ่านประตูระบายน้ำแบบบานตรง ทำการประยุกต์ใช้หลักการพลังงาน และหลักการโมเมนตัมในการหาค่าอัตราการไหล โดยพิจารณารูปแบบการไหลแบบจุ่มจมสำหรับหลักการในการคำนวณของ Escande (1938) มีดังนี้

จากรูป 2-4 วิเคราะห์จากสมการพลังงานที่หน้าตัดที่ 1 และ 2

$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2' + \frac{q^2}{2g(C_c G_0)^2} \quad (2-17)$$

โดยที่ y_2' หมายถึง ความลึกการไหลที่ตำแหน่งท้ายบานประตู

สามารถเขียนสมการใหม่ โดยจัดสมการให้อยู่ในรูปของเทอมไร้หน่วย

$$\frac{y_2'}{C_c G_0} = \frac{y_1}{C_c G_0} - \frac{1}{2} Fr_2^2 \left(1 - \left(\frac{C_c G_0}{y_1} \right)^2 \right) \quad (2-18)$$

โดยที่ $Fr_2^2 = \frac{q^2}{g(C_c G_0)^3}$ Fr_2 หมายถึง ค่าฟรูดนัมเบอร์ (Froude Number) ที่หน้าตัดที่ 2

จากสมการโมเมนตัมระหว่างหน้าตัดที่ 2 และหน้าตัดที่ 3

$$\frac{y_2'}{C_c G_0} = \left(\frac{y_3}{C_c G_0} - 2Fr_2^2 \left(1 - \frac{C_c G_0}{y_3} \right) \right)^{0.5} \quad (2-19)$$

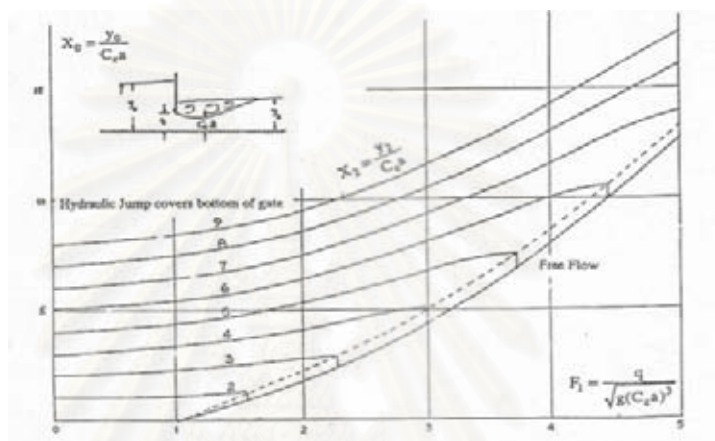
สามารถจัดรูปสมการ 2-19 ใหม่ให้อยู่ในเทอมของอัตราส่วนความลึกการไหล $\frac{y_1}{C_c G_0}$ และ $\frac{y_3}{C_c G_0}$

ได้ดังนี้

$$\left[\frac{y_1}{C_c G_0} - 0.5Fr_2^2 \left(1 - \frac{C_c G_0}{y_1} \right)^2 \right]^2 = \left(\frac{y_3}{C_c G_0} \right)^2 - 2Fr_2^2 \left(1 - \frac{C_c G_0}{y_1} \right) \quad (2-20)$$

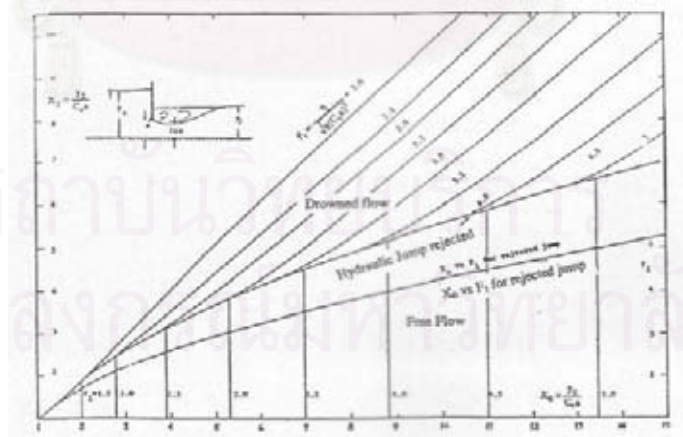
F.M. Henderson 1966

รูป 2-4 ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณตามวิธีของ Escande (1983)



ที่มา Sergio Montes, 1998

รูป 2-5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความลึกการไหลด้านเหนือน้ำและทำynnน้ำกับค่า Froude Number จากผลการทดลองของ Escande (1983)



ที่มา Sergio Montes, 1998

รูป 2-6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{y_1}{C_c G_0}$ และ $\frac{y_3}{C_c G_0}$ กับค่า Fr_2

วิธีการคำนวณโดยใช้กราฟของ Escande (1938) ทำโดยการหาค่า $\frac{y_1}{C_c G_0}$ และ $\frac{y_3}{C_c G_0}$

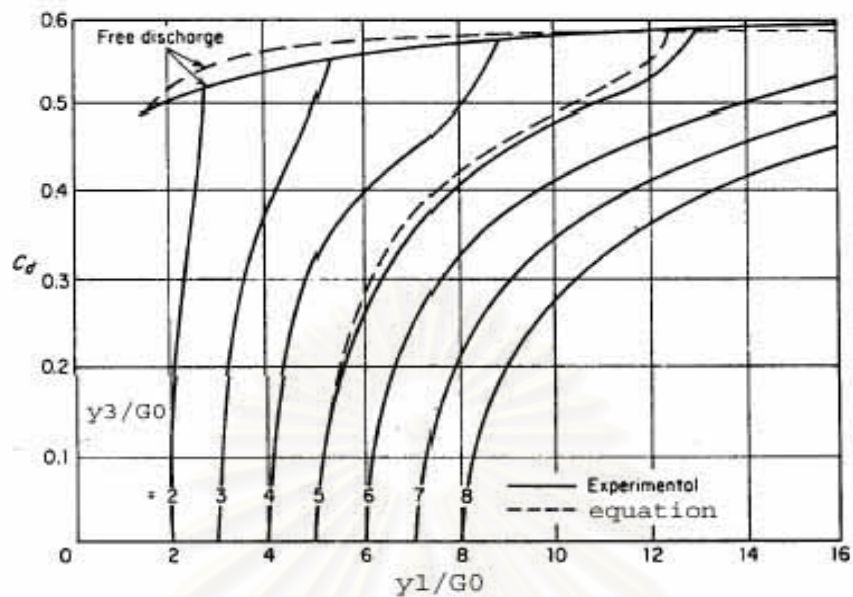
เพื่อนำไปอ่านค่า Fr_2 จากกราฟ โดยสามารถอ่านค่า Fr_2 ได้จากรูป 2-6 จากนั้นนำค่า Fr_2 ที่อ่านค่าได้ ไปแทนในสมการ 2-20 เพื่อคำนวณหาค่าอัตราการไหลลดทอนบานประตู

Henry (1950) ศึกษาและวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนบานประตูระบาย โดยลักษณะบานประตูที่ศึกษาเป็นแบบบานตรง ผลการศึกษาที่ได้แสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนบานประตูระบายกับค่าอัตราส่วนความลึกการไหลของน้ำด้านเหนือน้ำกับระยะยกบานประตูและอัตราส่วนความลึกการไหลของน้ำด้านท้ายน้ำ กับระยะยกบานประตู

กราฟของ Henry (1950) แสดงความสัมพันธ์ของรูปแบบการไหลทั้งกรณีการไหลแบบอิสระ และการแบบไหลจุ่มจม เส้นที่บที่แสดงในกราฟ หมายถึงผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองสำหรับเส้นประ หมายถึง ผลการศึกษาที่ได้จากการคำนวณโดยใช้หลักการโมเมนต์มาประยุกต์ใช้ จากการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่ได้จากการทดลอง และจากการคำนวณ โดยทำการเปรียบเทียบในกรณีที่ $y_3/G_0 = 5$ และกำหนดใช้ค่า $C_c = 0.60$ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่วัดจากการทดลอง โดยมีความแตกต่างประมาณ 3 - 5% สำหรับลักษณะแนวโน้มของความแตกต่างมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อรูปแบบการไหลเข้าใกล้สภาวะการไหลแบบอิสระ ลักษณะกราฟของ Henry (1950) แสดงในรูป 2-7

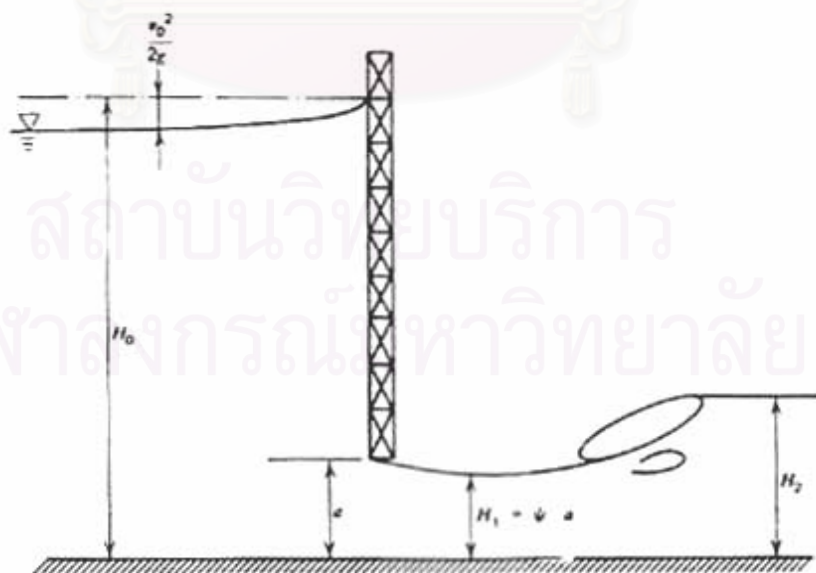
Crusse (1960) ทำการตรวจสอบวิธีวิเคราะห์และผลการศึกษาของ Henry (1950) โดยทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์ การทดลองทำในรางน้ำขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร และใช้บานประตูชนิดบานตรง ในการทดลองทำการยกบานประตูสูง 4 เซนติเมตร อัตราการไหลที่ใช้มีค่าประมาณ 2.57 ลิตร / วินาที / 1 เดซิเมตร จากผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนบานประตูที่ได้จากการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากทฤษฎีและใกล้เคียงกับกราฟของ Henry (1950) โดยที่ความคลาดเคลื่อนมีค่าต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์

Starosolszky (1972) เสนอว่าอัตราการไหลผ่านบานประตูแบบบานตรงสามารถคำนวณได้จากสมการ $Q = bac\sqrt{2g(H_0 - H_1)}$ โดยที่ค่า b คือความกว้างของน้ำ a คือระยะยกบานประตู และ c คือ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตู โดยที่ H_1 สามารถคำนวณได้จาก $\Psi^* a$ โดยที่ค่า Ψ คือค่าสัมประสิทธิ์การบีบตัว สำหรับตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณของ Starosolszky แสดงในรูป 2-8 รูป 2-9 แสดงความสัมพันธ์ของค่า $\frac{H_0}{a}$ และค่า C และ Ψ



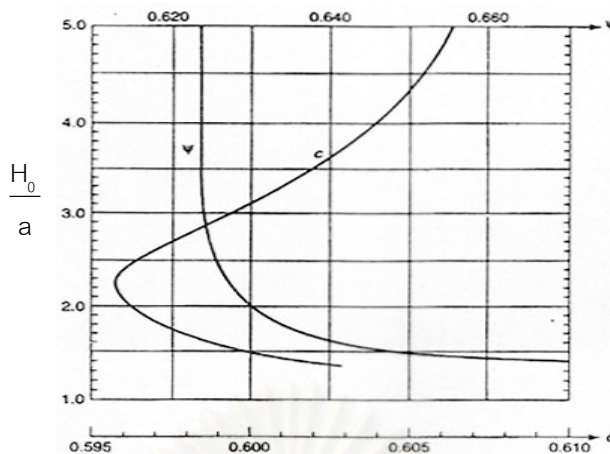
F.M. Henderson 1966

รูป 2-7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูกับค่าอัตราส่วนความลึกการไหลด้านหน้าบานและด้านท้ายบานกับค่าระยะยกบานประตูของ Henry (1950)



ที่มา Andrew L.Simon 1997

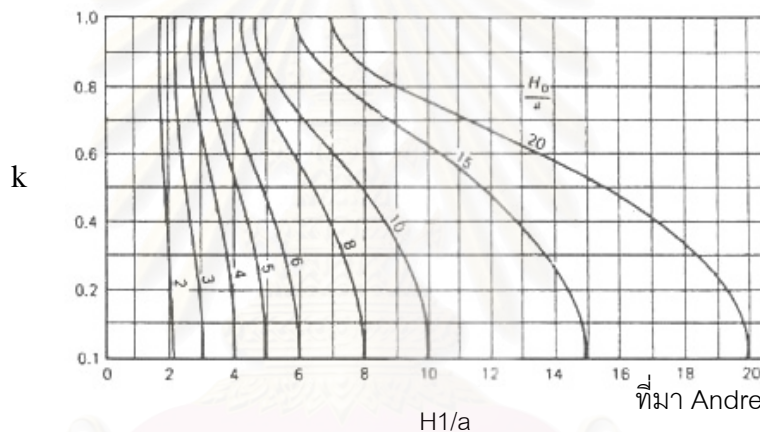
รูป 2-8 ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณตามวิธีของ Starsolszky (1972)



ค่า C และ Ψ

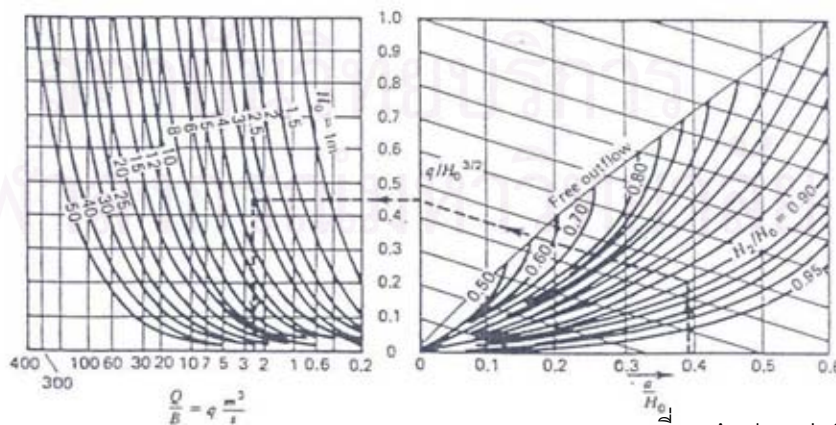
ที่มา Andrew L.Simon 1997

รูป 2-9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{H_0}{a}$ และค่า C และ Ψ



ที่มา Andrew L.Simon 1997

รูป 2-10 กราฟค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานการไหล (k) ในกรณีการไหลที่ได้รับอิทธิพลจากระดับน้ำด้านท้ายน้ำบางส่วน (Partial Downstream Control)



ที่มา Andrew L.Simon 1997

รูป 2-11 กราฟการคำนวณอัตราการไหลผ่านประตูระบายในกรณีที่ได้รับอิทธิพลจากระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำเต็มที (Absolute Downstream Control)

Starosolszky (1972) ได้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความลึกด้านเหนือ น้ำ ต่อระยะยกบาน (H_0/a) ต่อค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตู (C) และ สัมประสิทธิ์การบีบตัว (Ψ) ในรูปที่ แต่การที่จะใช้สมการ $Q = bac\sqrt{2g(H_0 - H_1)}$ ในการคำนวณได้นั้น รูปแบบการไหลผ่านบานประตู ต้องไม่ได้รับอิทธิพลจากระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำ แต่ถ้าได้รับอิทธิพลจากระดับน้ำด้านท้ายน้ำบางส่วน (Partial downstream control) อัตราการไหลจะมีค่าน้อยลง ในการคำนวณกรณีนี้ต้องนำค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานการไหล (k) ไปคูณกับอัตราการไหลที่คำนวณได้ ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานการไหล (k) แสดงในรูป 2-10

แต่เมื่อค่า ($H_0 - H_1$) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความลึกด้านท้ายน้ำ (H_2) ถือว่าได้รับอิทธิพลด้านท้ายน้ำเต็มที่ (Absolute downstream control) การคำนวณอัตราการไหลผ่านบานคำนวณได้จากสมการ $Q = bac\sqrt{2gh}$ โดยที่ h คือผลต่างระดับน้ำด้านท้ายน้ำกับด้านเหนือน้ำ ($H_0 - H_2$) โดย Starosolszky (1972) ได้สร้างกราฟเพื่อช่วยในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลเมื่อเป็นกรณีเช่นนี้ โดยลักษณะกราฟแสดงในรูป 2-11

ประเสริฐ มลินททางกูร (2537) สมการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหล ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปมีอยู่ 2 สมการ คือ สมการของ Orifice flow และ สมการของ U.S. Army, Corps of Engineers จากการศึกษาพบว่าสมการของ Orifice flow ใช้ได้ดีกับประตูระบายที่มีขนาดเล็ก สำหรับประตูที่มีขนาดใหญ่ ผลการคำนวณที่ได้ไม่ถูกต้องมากนัก ส่วนสมการของ U.S. Army, Corps of Engineers สามารถนำมาใช้ได้ดีในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลลอดบานประตูทั้งบานประตูระบายขนาดเล็กและบานประตูระบายขนาดใหญ่

สมการ Orifice flow

$$Q = C_d A \sqrt{(2g\Delta y)} \quad (2-21)$$

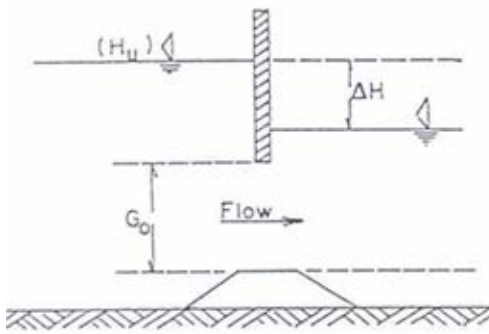
สมการ US Army, Corps of Engineer

$$Q = C_s L y_0 \sqrt{(2g\Delta y)} \quad (2-22)$$

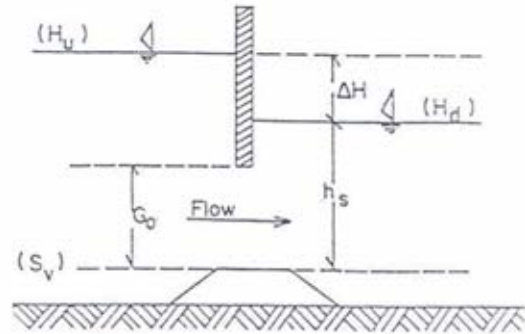
โดยที่ L หมายถึง ความกว้างทางน้ำ

y_0 หมายถึง ความลึกการไหลด้านท้ายน้ำ

ฉลอง เกิดพิทักษ์ (2520) ทำการสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย (Calibration curve) โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ ทำการรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย, ค่าระยะยกบานประตู และค่าระดับน้ำด้านท้ายบาน ต่อจากนั้นทำการ



(ก)



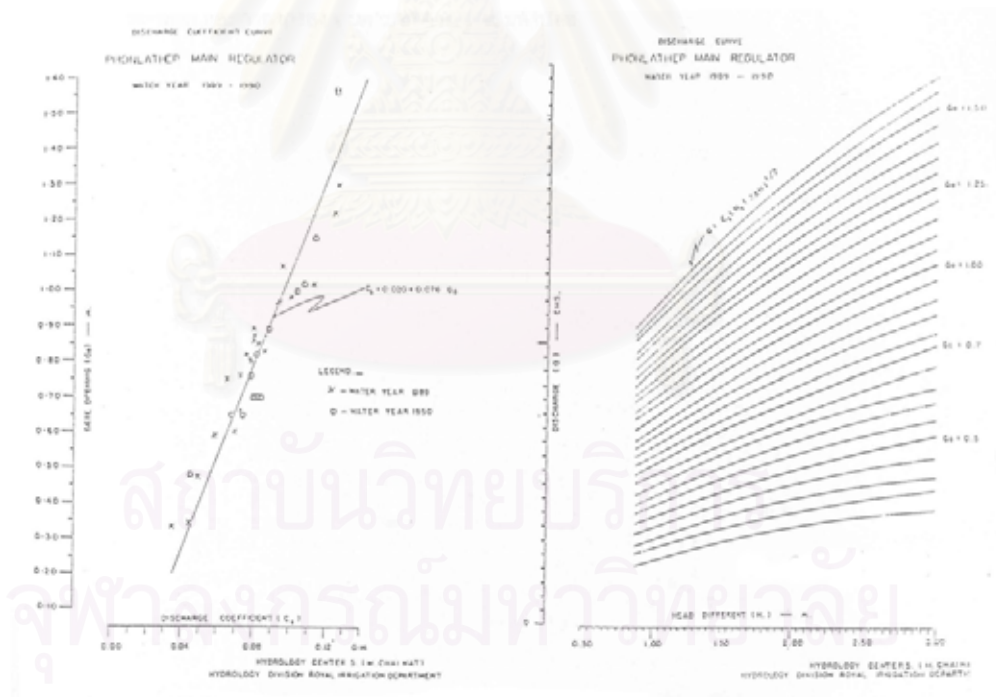
(ข)

ที่มา รังสรรค์ วีระภรณ์พิมล,2537

รูป 2-12 หน้าตัดการไหลแสดงค่าความลึกที่ใช้ในการคำนวณ

ก. สมการ Orifice Flow

ข. สมการ U.S. Army crop of Engineer



(ก)

(ข)

ที่มา รังสรรค์ วีระภรณ์พิมล,2537

รูป 2-13 ก. กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การไหลผ่านประตูระบายพลเทพ

ข. กราฟอัตราการไหลผ่านประตูระบายพลเทพ

คำนวณหาอัตราส่วนความลึกการไหลด้านท้ายบานต่อระยะยกบานประตู จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูและ ค่าอัตราส่วนความลึกการไหลด้านท้ายบานต่อระยะยกบาน มาพลอตในกราฟ log-log สเกล โดยกราฟที่ได้มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ทั้งนี้เนื่องจากความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลทั้งสอง อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของสมการ Power regression ดังสมการ $C_s = a(y_s / G_0)^b$ โดยที่ a และ b คือ ค่าคงที่ของสมการ รูปที่ 2-12 แสดงลักษณะของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ รูปที่ 2-13 แสดงลักษณะกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู (Calibration Curve) ของประตูระบายน้ำพหลเทพเขื่อนเจ้าพระยา

อดิศักดิ์ เยาวพัฒน์ (2539) เสนอผลการศึกษาดูลักษณะทางชลศาสตร์ของการไหลผ่านประตูระบายน้ำในกรณีของการไหลอิสระ เมื่อการไหลของน้ำถูกบีบรัด โดยแบ่งการไหลออกเป็น 4 ลักษณะ คือ ลักษณะการไหลบีบรัด 2 ด้าน เนื่องจากบานประตูระบายและยกระดับธรณีประตู การไหลบีบรัด 3 ด้าน เนื่องจากบานประตู 1 ด้าน และทางน้ำถูกปิดกั้นการไหลด้านข้างอีก 2 ด้าน และการไหลบีบรัด 4 ด้าน เนื่องจากบานประตู 1 ด้าน ทางน้ำถูกปิดกั้นการไหลด้านข้าง 2 ด้าน และยกระดับธรณีประตู 1 ด้าน โดยพิจารณาผลกระทบต่ออัตราการไหล สัมประสิทธิ์การไหล (C_d) และลักษณะของการไหล ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ลักษณะการไหลถูกบีบรัดในกรณีต่าง ๆ นั้น มีผลกระทบต่ออัตราการไหลผ่านประตูระบายน้ำ และในกรณีที่มีการขยายความกว้างทางด้านท้ายน้ำนั้นไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการไหลผ่านประตูระบายน้ำ เพราะลักษณะการไหลที่ศึกษาเป็นการไหลแบบอิสระ

จากการวิเคราะห์ตามทฤษฎีมีสูตรคำนวณเป็น $Q = C_d A \sqrt{2gH}$ โดย A พื้นที่ช่องเปิดประตู และ H คือความสูงของระดับน้ำหน้าประตู ซึ่ง H มีกำลัง เป็น 0.5 จากผลการทดลองได้ค่า C_d อยู่ในช่วง 0.48 – 0.74 หากกำหนดสูตรความสัมพันธ์ใหม่ในรูป $Q = kH^x$ พบว่าค่ากำลัง x นั้นผันแปรในช่วง 0.39 – 0.76 และค่า C_d ที่ได้ผันแปรไปตามกำลัง x โดยเมื่อกำลัง x มีค่าน้อย ค่า C_d มีค่ามาก และถ้ากำลัง x มีค่ามาก ค่า C_d จะมีค่าน้อย

2.3.2 การไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

Kawachi and Minami (1979) ศึกษาผลของการไหลต้นน้ำกับการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำในแต่ละจุดของทางน้ำภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ของทางน้ำรูปหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความลาดท้องน้ำเป็นศูนย์ ที่ปลายด้านหนึ่งมีอาคารกั้นทางน้ำ (Tidal barrier) สำหรับแนวทางการคำนวณ ใช้หลักการของ Dronkers และกำหนดให้อัตราการไหลต้นน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเป็นฮาร์โมนิกอย่างง่าย ส่วนค่าขอบเขตท้ายน้ำให้ระดับการเปลี่ยนแปลงเป็นฮาร์โมนิกอย่างง่าย ผล

การศึกษาแสดงในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนคลื่นขยายของพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง และ อัตราส่วนคลื่นขยายของอัตราการไหลกับความยาวทางน้ำ

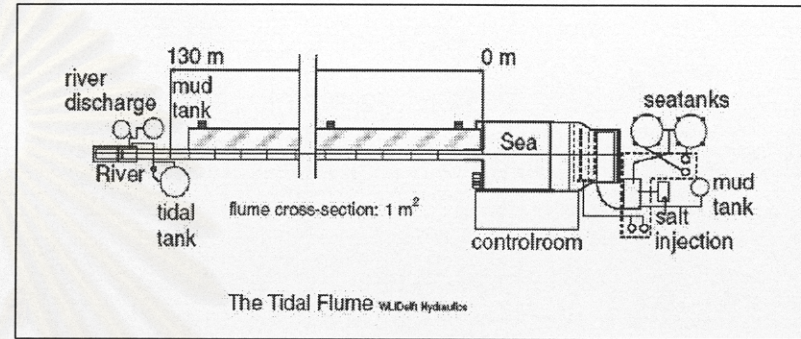
Godin (1985,1991) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำขึ้นน้ำลงในลำน้ำ โดยใช้หลักการสหสัมพันธ์ถดถอย (Multiple regression) มาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลกับพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง และเวลาการเกิดน้ำขึ้นน้ำลงต่ำสุด ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ที่บริเวณด้านต้นน้ำ ค่าพิสัยของน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าลดลงเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น เวลาการเกิดน้ำลงต่ำสุดจะเร็วขึ้น และเวลาการเกิดน้ำขึ้นสูงสุดจะมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับบริเวณด้านท้ายน้ำ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ผลของแรงเสียดทานในช่วงน้ำขึ้นจะมีค่าลดลงและผลจากแรงเสียดทานในช่วงน้ำลงจะมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับเวลาการเกิดน้ำลงต่ำสุดจะช้าลง และเวลาการเกิดน้ำขึ้นสูงสุดจะเร็วขึ้น

Vongvisessomjai and Phuc (1989) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาและค่าอัตราการไหลในลำน้ำ เนื่องจากผลกระทบจากน้ำขึ้นน้ำลง สำหรับวิธีการศึกษาใช้วิธีการแยกองค์ประกอบฮาร์โมนิก (Harmonic analysis) จากการศึกษาพบว่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าระดับน้ำเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราการไหลและค่าความเสียดทานเพิ่มขึ้น ค่าแอมพลิจูดและความเร็วคลื่นจะลดลง

2.3.3 แบบจำลองชลศาสตร์การไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

Ippen and Herleman (1966) ทำการศึกษาการไหลในทางน้ำเปิดที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ โดยทำการทดลองในรางน้ำพลาสติกใสมีความยาว 327 ฟุต ความกว้างทางน้ำ 0.75 ฟุต ลึก 0.5 ฟุต คลื่นถูกสร้างขึ้นที่ปลายด้านหนึ่งเป็นอ่างน้ำเค็ม ซึ่งมีความยาวคลื่น 2400 ฟุต ความเร็วคลื่น 4 ฟุต/วินาที คาบคลื่นที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 10 นาที

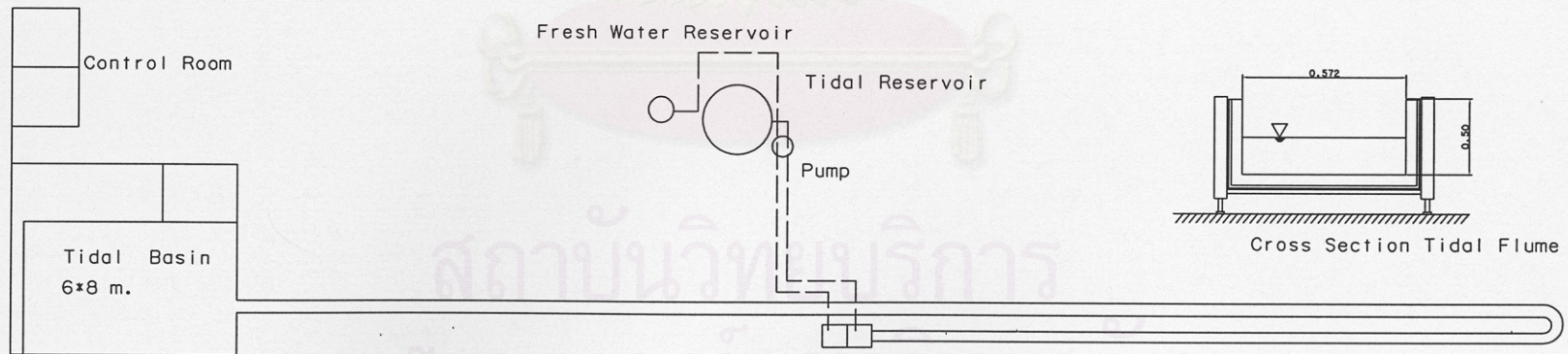
D.W. Hnight, M.A. Ridgway (1976) ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพ เป็นทางน้ำที่มีหน้าตัดคงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 0.15 เมตร ยาว 20 เมตร มีความลาดท้องน้ำเป็นศูนย์ ปลายด้านหนึ่งปิด อีกด้านต่อกับแอ่งน้ำซึ่งมีลักษณะเปลี่ยนแปลงระดับน้ำแบบเป็นคาบ ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning's n) หากจากการทดลองกรณีการไหลแบบคงตัว ได้ค่าในช่วง 0.009 – 0.010, 0.012 – 0.016 และ 0.021 – 0.022 สำหรับกรณีการขรุขระน้อย ปานกลาง และ มาก ตามลำดับ ผลการศึกษาได้นำมาเปรียบเทียบกับ การวิเคราะห์เชิงทฤษฎี และแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีของ Proudman (1957) พบว่าเข้ากันได้ดี กรณีที่พบความผิดพลาดในการทดลองมากเกิด



length: 130 m
 depth: 0.1 - 0.9m
 tidal range up to 0.15 m
 tidal discharge up to 0.5 m³/s
 silt concentration up to 3 kg/m³

width: 1 m
 sea basin: 100 m²
 tidal period 30-1800 s
 seawater density up to 1030 kg/m³

(Tidal Flume) Delft Hydraulic Laboratory
 1983 - 2004



(Tidal Flume) Delft Hydraulic Laboratory 1969 - 1983

รูป 2- 14 รายละเอียดแบบจำลองชลศาสตร์การไหลในทางน้ำเปิดภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

ในกรณีที่ ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ แรงเสียดทาน พิสัยน้ำเทียบน้ำขึ้นเทียบความลึกเฉลี่ย หรือ ความยาวคลื่นเทียบความลึกเฉลี่ยมีค่ามาก ซึ่งการประยุกต์ใช้ผลการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีของ Proudman (1957) เริ่มไม่เหมาะสม ส่วนผลการเปรียบเทียบกับ ผลการศึกษาของ Ippen and Herleman (1966) และผลการศึกษาจาก Numerical Model พบว่าเข้ากันได้ดี

A.J. van Rees and B.P. Rieger ศึกษาลักษณะรูปแบบการไหลของทางน้ำที่มีปลายด้านหนึ่งติดกับทะเล และ ศึกษาการรูกักตัวของน้ำเค็มเข้ามาในลำน้ำ โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพที่สร้างขึ้น ณ Delft Hydraulic Laboratory แบบจำลองที่ใช้จำลองลักษณะทางกายภาพของ Rotterdam Waterway โดยใช้อัตราส่วนในแนวตั้งเท่ากับ 1/64 และอัตราส่วนในแนวราบเท่ากับ 1/640 ทางน้ำมีขนาดกว้าง 0.67 เมตร ลึก 0.50 เมตร ตลอดความยาวทางน้ำ ความยาวทางน้ำ 101.5 เมตร ที่ปลายติดกับอ่างน้ำขึ้นน้ำลงขนาดกว้าง 6 เมตรยาว 8 เมตร ติดตั้งเครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงแบบ Paddle มีลักษณะเป็นบานพับให้น้ำไหลข้าม รายละเอียดของแบบจำลองทางน้ำแสดงในรูป 2-14

ซัชชัย หอมสุต (2546) ศึกษาผลของการปิดกั้นลำน้ำภายใต้อิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง โดยใช้แบบจำลองทางกายภาพ ณ ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทางน้ำมีหน้าตัดคงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 0.30 ม. ยาว 19.5ม. ความลาดท้องน้ำ 1:2000 ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่งอยู่ในช่วง 0.0132 – 0.0211 กำหนดอัตราการไหลในช่วง 0.30–1.20 ลิตรต่อวินาที มีการเปิดปิดบานประตูกั้นน้ำ 0–100% โดยผันแปรความสูงน้ำขึ้นน้ำลง 0.5 2.0 ซม. และคาบ 70–600 วินาที การศึกษาพบว่า อัตราส่วนคลื่นขยายที่ตำแหน่งปิดกั้นทางน้ำเทียบกับปลายเปิด ขึ้นกับระยะการปิดกั้นลำน้ำเทียบกับความยาวคลื่น โดยสามารถอธิบายได้โดยรูปสมการ $H_r = 1 + ae^{-b(L/L_c)}$ เมื่อ L คือการปิดกั้นทางน้ำ a และ b เป็นพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กับตัวแปรทางชลศาสตร์อันได้แก่ ค่าฟรูดนัมเบอร์ ระยะการเปิดปิดบานประตู และสัมประสิทธิ์ความขรุขระ

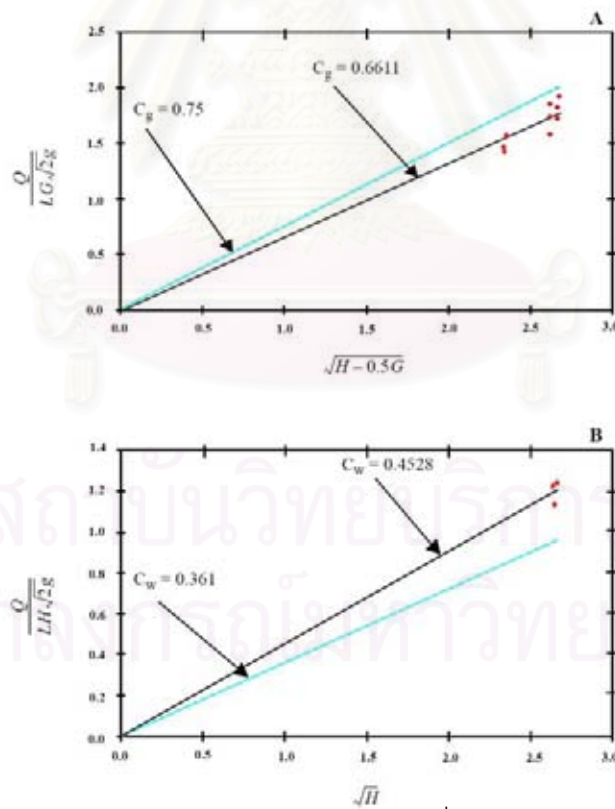
2.3.4 การไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

Gina M. and Eric D. Swain (1998) ศึกษาการไหลผ่านโครงสร้างทางชลศาสตร์ที่อยู่ใกล้ชายฝั่งทะเลจำนวน 10 แห่ง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลผ่านบานประตูระบาย และทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่ได้จากการคำนวณจากทฤษฎีและค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่ได้จากการวัดจริงในสนาม ในการเก็บข้อมูลในสนามวัดทำการวัดค่าอัตราการไหลผ่านบานประตูระบายโดยใช้ ADVP (Acoustic Doppler Velocity Profile) สำหรับรูปแบบการไหลที่ทำการศึกษา มีทั้งการไหลแบบอิสระและการไหลแบบจุ่มจม สำหรับประเภทของประตูระบายน้ำมีทั้ง



ที่มา Gina M. Tillis and Eric D. Swain, 1998

รูป 2-16 หน้าตัดที่ทำการวัดค่าอัตราการไหล (ประตูน้ำ S57)



ที่มา Gina M. Tillis and Eric D. Swain, 1998

รูป 2-17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย กับค่าอัตราส่วน h/G

ตาราง 2-2 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดอันดับบนประตูระบายกับค่า
อัตราส่วน h/G

Structure	Flow regime	Coefficient of determination (R^2)	Range of percent standard error	Standard deviation of residuals (percent)	$C = A x (X)^B$ *	
					A	B
G-54	Submerged orifice flow	0.9379	17 to -14	--	0.8777	-1.0111
	Submerged weir flow	--	--	5	0.9635	0
G-56	Submerged orifice flow	0.9881	5 to -5	--	0.7338	-1.0063
	Submerged weir flow	--	--	13	1.1600	0
G-57	Submerged orifice flow	0.4951	31 to -24	--	0.5444	-0.6552
	Submerged weir flow	--	--	34	0.8873	0
S-13	Submerged orifice flow	0.8715	29 to -23	--	0.6958	-1.0255
	Submerged weir flow	--	--	9	0.6176	0
S-33	Submerged orifice flow	0.9631	6 to -6	--	0.7447	-0.8430
	Submerged weir flow	--	--	6	0.8556	0
S-36	Submerged orifice flow	0.9677	8 to -8	--	0.5771	-0.7601
	Submerged weir flow	--	--	8	1.6149	0
S-37A	Submerged orifice flow	0.9728	10 to -9	--	0.6960	-0.9451
	Submerged weir flow	--	--	3	1.2532	0
S-40	Free orifice flow	--	--	5	0.5690	0
	Free weir flow	--	--	5	0.4228	0
S-41	Free orifice flow	--	--	9	0.6611	0
	Free weir flow	--	--	5	0.4528	0
S-155	Free orifice flow	--	--	12	0.7130	0
	Free weir flow	--	--	7	0.4679	0

* C = flow coefficient, $X = h/G$ for submerged orifice flow at spillways, and $X = h/H$ for submerged weir flow.

แบบไหลข้ามฝายและไหลลอดบานประตูระบาย รูป 2-15 แสดงตำแหน่งประตูที่ทำการศึกษาทั้ง 10 แห่งตาราง 2-1 แสดงรายละเอียดและลักษณะของบานประตู

สำหรับทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย เมื่อรูปแบบการไหลเป็นแบบจุ่มจมและเป็นการไหลลอดบานประตูระบายแบบบานตรง คำนวณจากสมการของ Collins (1977) ดังสมการ 2-23

$$Q = C_{gs} L h \sqrt{2g(H-h)} \quad (2-23)$$

โดยที่	Q	หมายถึง	ค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย (ฟุต ³ /วินาที)
	C_{gs}	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตู
	L	หมายถึง	ความกว้างหน้าตัดทางน้ำ (ฟุต)
	g	หมายถึง	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (ฟุต/วินาที ²)
	H	หมายถึง	ความลึกการไหลด้านต้นน้ำ (ฟุต)
	H	หมายถึง	ความลึกการไหลด้านท้ายน้ำ (ฟุต)

ค่า C_{ds} มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาเปิดบาน (G) และ ค่าระดับน้ำ ค่า C_{gs} คำนวณได้โดยพลอตค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_{gs} กับค่า h/G ในกราฟ Log-Log สเกล จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึ่งคำนวณจากสมการของ SFWMD ซึ่ง SFWMD กำหนดใช้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตู $0.75/(h/G)$ กราฟที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลที่คำนวณได้จากทฤษฎีทั้ง 2 วิธีและจากการทดลองแสดงในรูปที่ 2-18

จากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎีมีค่าแตกต่างจากที่วัดจริง ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูกับค่าอัตราส่วนระหว่างระดับน้ำท้ายบานกับระยะยกบาน พบว่าความสัมพันธ์อยู่ในรูป $C_{gs} = A(h/G)^B$ โดยค่าสัมประสิทธิ์ A และ B เป็นค่าคงที่ของสมการ รายละเอียดผลการศึกษาแสดงในตาราง 2-2

พิทยา แซ่ปึง (2546) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำของแม่น้ำที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงขึ้นกับตัวแปรด้านอุทกวิทยาหลายตัวแปร เช่น อัตราการไหล และรูปแบบการขึ้นลงของระดับน้ำทะเล ทำให้สภาพระดับน้ำที่แต่ละจุดบนลำน้ำเปลี่ยนแปลงต่างกัน ทั้งพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงของระดับน้ำทะเล ทำให้สภาพระดับน้ำที่แต่ละจุดบนลำน้ำเปลี่ยนแปลงต่างกัน ทั้งพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงและค่าระดับน้ำสูงสุดต่ำสุด โดยการศึกษาได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย แบบจำลองฮาร์โมนิก และแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง ในการวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในแม่น้ำบางปะกง กรณีไม่มี และมีอาคารปิดกั้นลำน้ำ โดยใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ

ทะเลจริงในการวิเคราะห์ และให้ความสนใจต่อการเปลี่ยนแปลงพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง และระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดตามระยะทาง ซึ่งสัมพันธ์กับ ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร และพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ ผลการศึกษาสรุปว่า ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายที่แต่ละตำแหน่งบนลำน้ำขึ้นกับค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ โดยเมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำมีค่ามาก มีผลให้อัตราส่วนคลื่นขยายมีค่าน้อย ซึ่งในกรณีไม่มีอาคารกั้นลำน้ำ(สภาพธรรมชาติ) ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายลดลงตามระยะทางจากปากแม่น้ำโดยมีค่า 0.79 – 0.59 ที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน และในกรณีมีอาคาร ค่าอัตราส่วนคลื่นขยายเพิ่มขึ้นตามระยะทาง มีค่า 2.02 – 1.10 ที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน เมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำมีค่า 0.50 – 3.50 ม. ตามลำดับ นอกจากนี้การศึกษายังพบว่า ตำแหน่งอาคารที่ให้ความต่างของอัตราส่วนคลื่นขยายเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีอาคารมีค่าสูง อยู่ที่ระยะประมาณ 67 – 76 กิโลเมตร จากปากแม่น้ำ โดยให้ความต่างอัตราส่วนคลื่นขยายเป็น 1.26 – 0.44 เมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำมีค่า 0.50 – 3.50 ตามลำดับ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แบบจำลองชลศาสตร์และการทดลอง

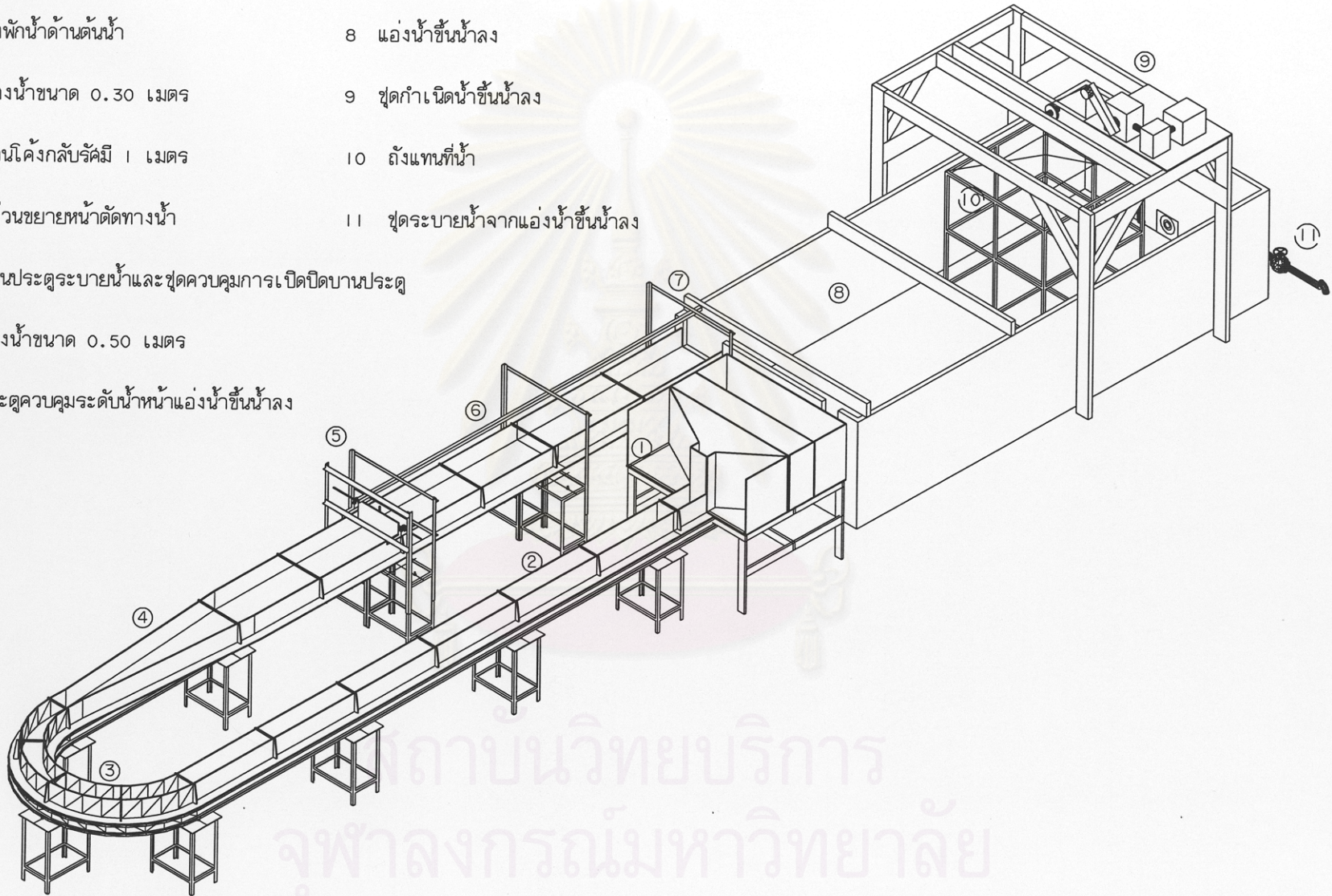
ในการศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์จำเป็นต้องมีเทคนิค หรือวิธีการที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้ทราบ และเข้าใจพฤติกรรมทางชลศาสตร์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยแนวทางที่ใช้ในการศึกษามี 3 แนวทางด้วยกัน คือ การสังเกตและการวัดในภาคสนาม การสังเกตและการวัดในแบบจำลองกายภาพ (Physical model) และสุดท้ายคือการคำนวณและวิเคราะห์โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical model) แม้ว่าในปัจจุบัน การศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมด้านชลศาสตร์นิยมใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากความสะดวกรวดเร็วในการแก้ปัญหา การที่สามารถกำหนดรูปแบบการไหล ตัวแปรต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง รวมถึงสามารถประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์กับพื้นที่ศึกษาต่างๆ อย่างไรก็ดีตามยังมีปัญหาทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นวิธีการสังเกต และการวัดในภาคสนามน่าจะเป็นวิธีการศึกษาที่มีความถูกต้องของข้อมูลมากที่สุด แต่การวัดข้อมูลในภาคสนามก็มีขีดจำกัดคือ ความลำบากในการเก็บบันทึกข้อมูล ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล จำนวนของกรณีศึกษาที่มีจำกัด รวมถึงค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ทำให้ยากต่อการศึกษา ส่วนการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพนั้นสามารถควบคุม และผันแปรตัวแปรต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ สำหรับการพิจารณาเลือกใช้วิธีการศึกษาแบบใดจะต้องพิจารณาตามความเหมาะสมของการใช้แก้ปัญหา หรืออาจจะใช้ทั้ง 3 วิธีร่วมกันในการแก้ปัญหา

สำหรับการศึกษานี้เลือกใช้การสร้างแบบจำลองทางกายภาพ ในการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ที่เกิดขึ้น โดยจำลองลักษณะการไหลลอดบานประตูระบายของแม่น้ำที่ไหลลงสู่ทะเล ซึ่งทางน้ำในลักษณะนี้จะได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ

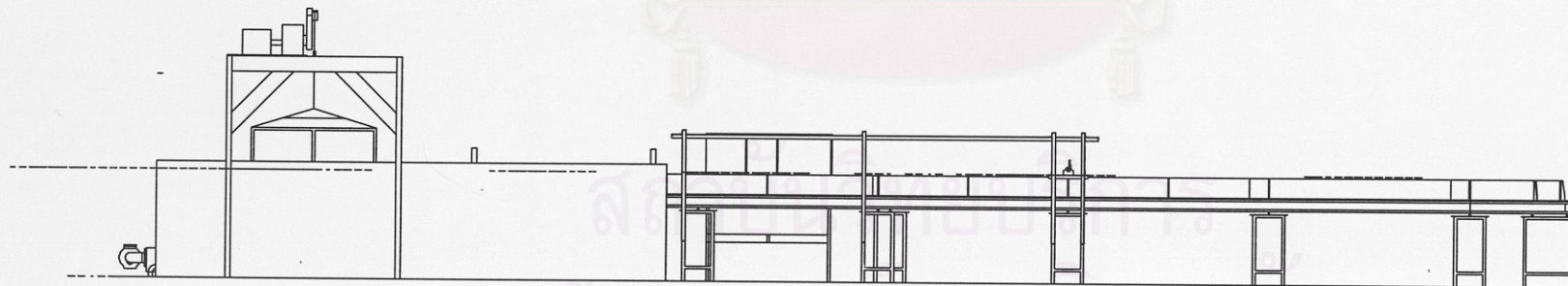
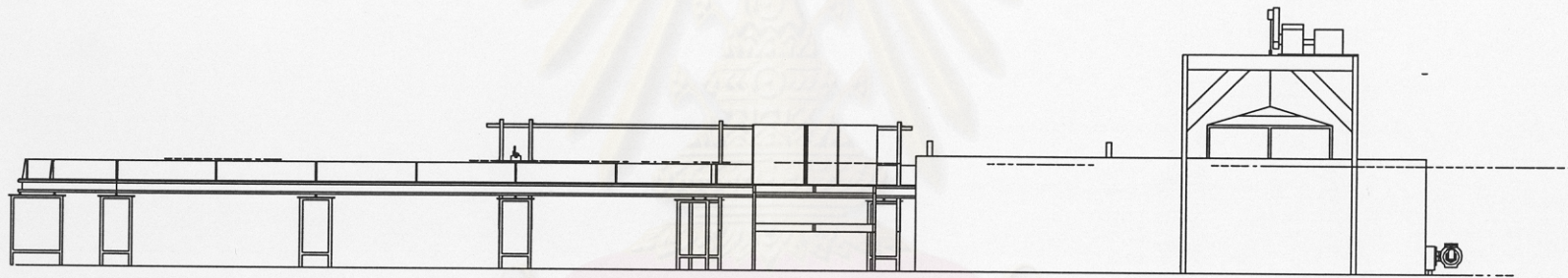
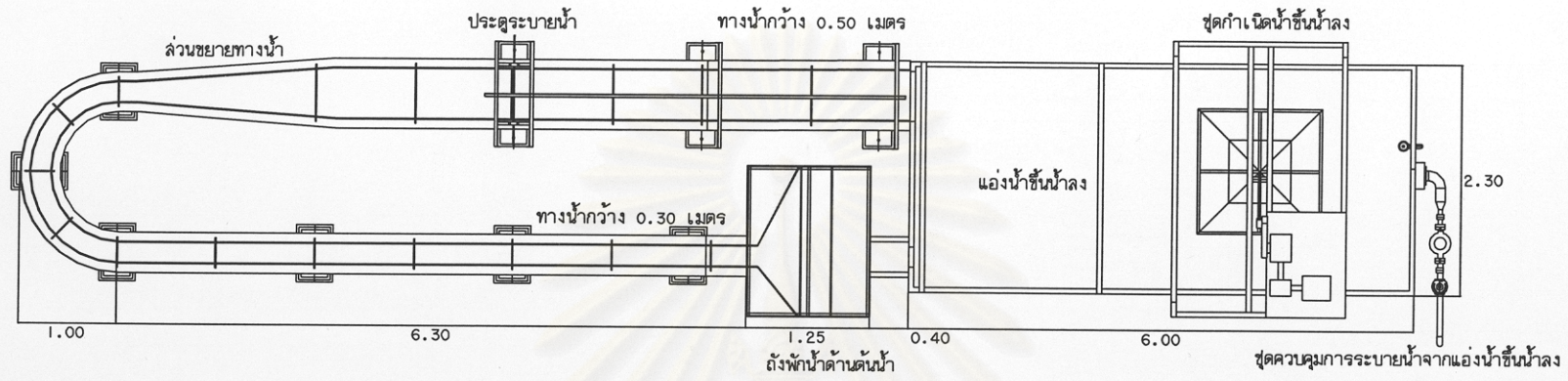
3.1 แบบจำลองชลศาสตร์

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองชลศาสตร์เพื่อศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ได้ปรับปรุงและพัฒนาแบบจำลองชลศาสตร์ที่มีอยู่เดิม โดยทำการพัฒนาแบบจำลองชลศาสตร์ที่ศึกษาในหัวข้อเรื่อง ชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง (ศุภกร, 2546) ทำการสร้างแบบจำลองชลศาสตร์บริเวณห้องปฏิบัติการชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ของภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการก่อสร้างแบบจำลองชลศาสตร์ ได้จำลองลักษณะของบานประตูระบายน้ำซึ่งติดตั้งอยู่ในทางน้ำที่ไหลลงสู่ทะเล ทำให้การไหลลอดบานประตูระบายได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้าย

- | | | | |
|---|--|----|--------------------------------|
| 1 | ถึงพักน้ำด้านต้นน้ำ | 8 | อ่างน้ำขึ้นน้ำลง |
| 2 | ทางน้ำขนาด 0.30 เมตร | 9 | ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง |
| 3 | ส่วนโค้งกลีบรัศมี 1 เมตร | 10 | ถึงแท่นที่น้ำ |
| 4 | ส่วนขยายหน้าตัดทางน้ำ | 11 | ชุดระบายน้ำจากอ่างน้ำขึ้นน้ำลง |
| 5 | บานประตูระบายน้ำและชุดควบคุมการเปิดปิดบานประตู | | |
| 6 | ทางน้ำขนาด 0.50 เมตร | | |
| 7 | ประตูควบคุมระดับน้ำหน้าอ่างน้ำขึ้นน้ำลง | | |



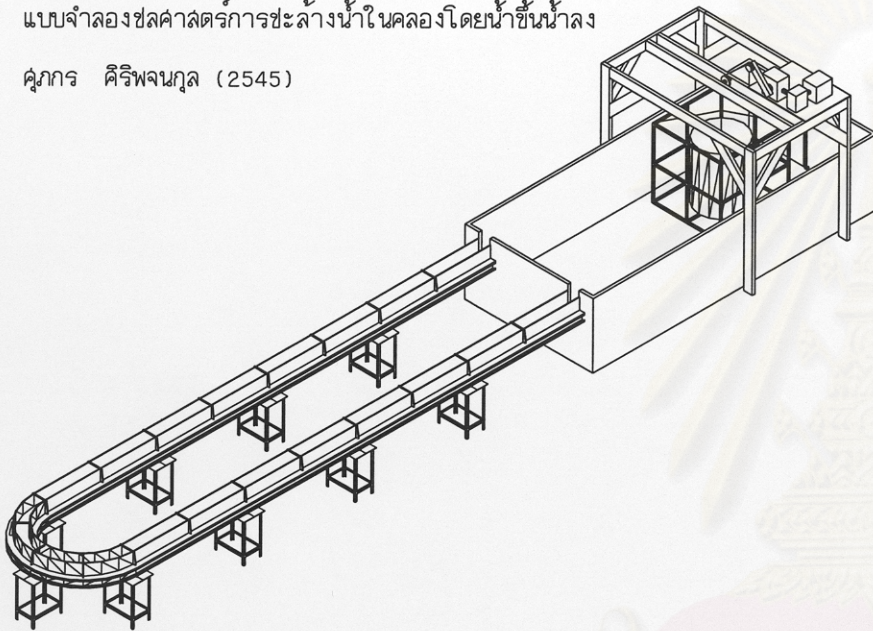
รูป 3-1 รายละเอียดแบบจำลองชลศาสตร์การไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง



รูป 3-2 รายละเอียดแบบจำลองชลศาสตร์การไหลลดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำชั้นน้ำล่าง

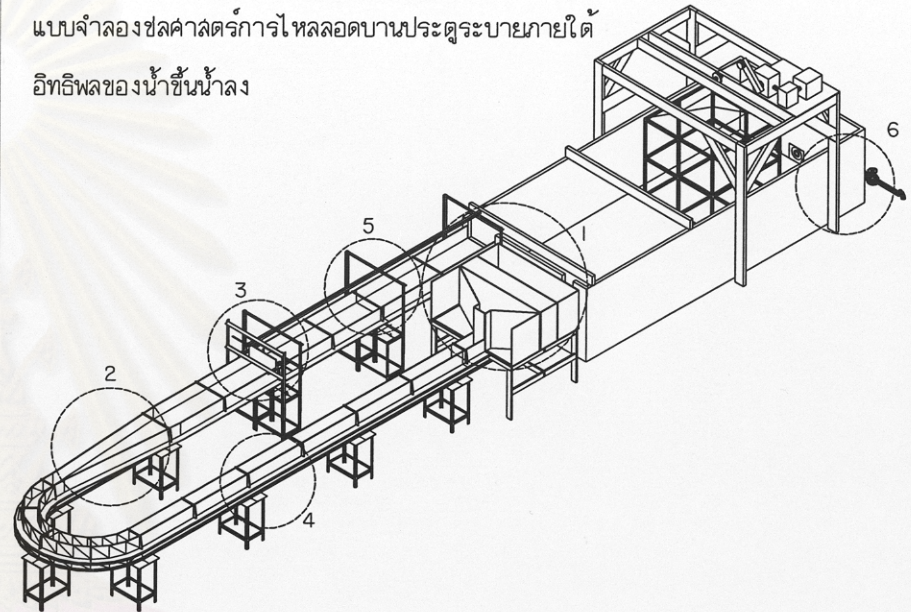
แบบจำลองชลศาสตร์การชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง

คูภกร ศิริพจนกุล (2545)



แบบจำลองชลศาสตร์การไหลลดบานประตูระบายภายใต้

อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง



- 1 ถึงพักน้ำด้านต้นน้ำ 2 ส่วนขยายหน้าตัดทางน้ำ
- 3 บานประตูระบายและชุดควบคุมการยกบานประตู
- 4 ทางน้ำขนาด 0.30 เมตร
- 5 ทางน้ำขนาด 0.50 เมตร
- 6 ประตูควบคุมระดับน้ำหน้าแองน้ำขึ้นน้ำลง
- 7 ชุดควบคุมการระบายน้ำจากแองน้ำขึ้นน้ำลง



รูป 3-4 รายละเอียดแบบจำลองชลศาสตร์การไหลลอดประตูระบาย
ภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง



รูป 3.4 (ต่อ) รายละเอียดแบบจำลองชลศาสตร์
การไหลลดประตู่ระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

น้ำ รายละเอียดของแบบจำลองชลศาสตร์ และรูปแบบการปรับปรุงแบบจำลองชลศาสตร์แสดง
ในรูปที่ 3-1, 3-2 และ 3-3

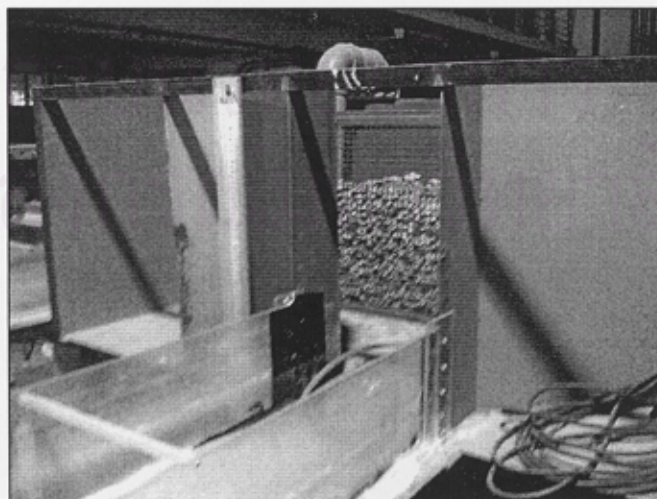
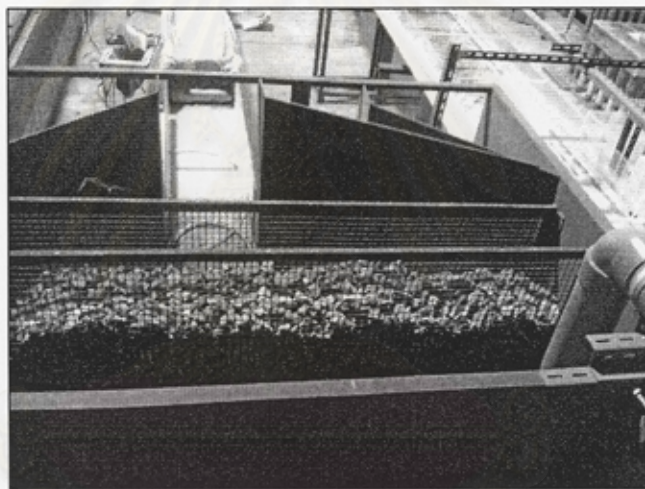
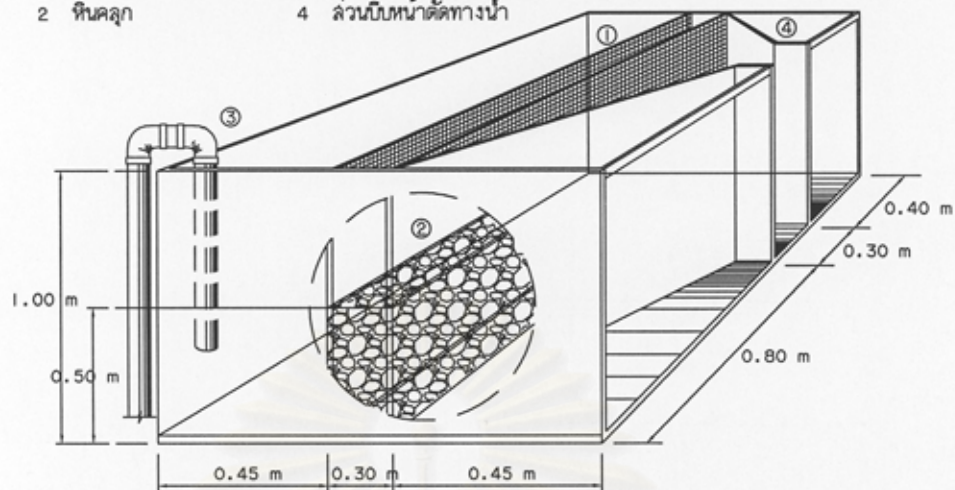
ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีจุดประสงค์ในการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ หรือจำลอง
ลักษณะทางกายภาพของแม่น้ำใดๆ โดยเฉพาะเจาะจง ในการก่อสร้างแบบจำลองชลศาสตร์ครั้งนี้
นี้ทำตามความเหมาะสมของพื้นที่ในห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ที่มีอยู่ รวมถึงงบประมาณที่ใช้ในการ
ศึกษา แบบจำลองชลศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้สามารถจำแนกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ แบบ
จำลองระบบทางน้ำ แบบจำลองประตูระบายน้ำ แบบจำลองอ่างน้ำขึ้นน้ำลง และชุดควบคุมอัตรา
การไหล รายละเอียด และส่วนประกอบต่างๆ มีดังต่อไปนี้

3.1.1 แบบจำลองระบบทางน้ำ

แบบจำลองระบบทางน้ำที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ถังพักน้ำ
ด้านต้นน้ำ และแบบจำลองทางน้ำ ถังพักน้ำทางด้านต้นน้ำ สร้างจากแผ่นเหล็กหนา 4 มิลลิเมตร
ประกอบเป็นถังเหล็กรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 1.50 เมตร และสูง 1 เมตร วาง
บนขาตั้งเหล็ก ภายในถังพักน้ำทำการปิดหน้าตัดของถังพักน้ำจากความยาว 1.50 เมตรให้มีขนาด
เท่ากับทางน้ำในช่วงแรกคือ 0.30 เมตร ด้านในของถังพักน้ำ ก่อนถึงช่วงปิดหน้าตัดทำการติดตั้ง
ตะแกรงเหล็กไว้ 2 บานใส่หินคลุกด้านใน เพื่อลดความปั่นป่วนของน้ำที่ไหลจากชุดควบคุมอัตรา
การไหลเข้าสู่ทางน้ำ รายละเอียดรูปแบบถังพักน้ำแสดงในรูป 3-5

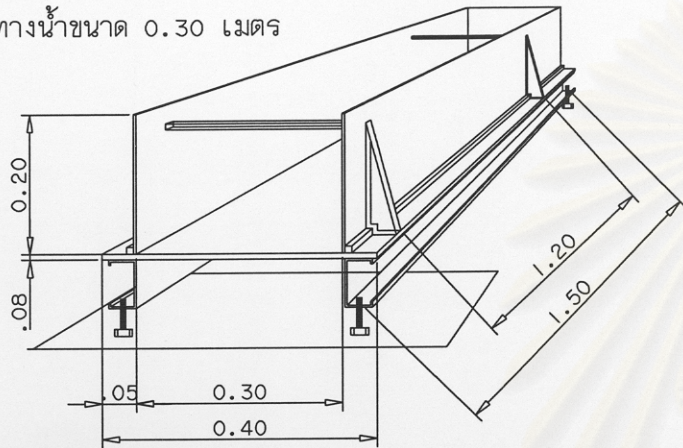
แบบจำลองทางน้ำสร้างจากแผ่นพลาสติกใสความหนา 0.5 เซนติเมตร ประกอบเป็นผนัง
และพื้นทางน้ำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องจากพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างแบบจำลองมีขนาดจำกัด ดังนั้น
การที่จะก่อสร้างทางน้ำให้มีความยาวมากที่สุดเท่าที่มีพื้นที่อยู่ จึงสร้างทางน้ำที่มีลักษณะเป็นรูป
ตัวยู เพื่อให้มีความยาวของทางน้ำมากที่สุด และลดผลกระทบของการไหลของน้ำด้านต้นน้ำที่
จะส่งไปถึงบานประตู โดยแบบจำลองทางน้ำแบ่งเป็น 4 ช่วงคือ ทางน้ำช่วงแรกเป็นทางน้ำที่มี
ความกว้าง 0.30 สูง 0.20 เมตร ยาว 8.00 เมตร ต่อมาเป็นส่วนโค้งกลับทางน้ำกว้าง 0.30 เมตร
รัศมีส่วนโค้ง 1.0 เมตร จากนั้นเป็นส่วนขยายทางน้ำจากขนาด 0.30 เมตร ไปเป็นระยะ 0.50 เมตร
ความยาวของส่วนขยาย ยาว 1.50 เมตร เพื่อให้ลักษณะของการผายออกของทางน้ำไม่เกินจาก
อัตราส่วน 1:4 ทำให้ผลกระทบจากการขยายหน้าตัดทางน้ำมีค่อนข้างน้อย สำหรับทางน้ำส่วนสุด
ท้ายคือทางน้ำขนาดกว้าง 0.5 เมตร มีระยะทางตั้งแต่ส่วนขยายหน้าตัดทางน้ำถึงบริเวณแบบ
จำลองทะเล เท่ากับ 8.00 เมตร ที่ผนังของทางน้ำทั้ง 2 ด้านติดตั้งแท่งพลาสติกค้ำยันทุกๆ ระยะ
1.0 เมตร และติดตั้งแท่งพลาสติกเพื่อยึดผนังรางทั้ง 2 ด้านเข้าหากันทุกๆ ระยะ 1.0 เมตรเพื่อปอง
กันการโก่งของพลาสติกและเป็นการบังคับให้รูปทรงของทางน้ำคงที่ตลอดความยาวทั้งหมด ใน

- 1 ตะแกรงเหล็ก
- 2 หินคลุก
- 3 ท่อ PVC ลังน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว
- 4 ล้วนับหน้าตัดทางน้ำ

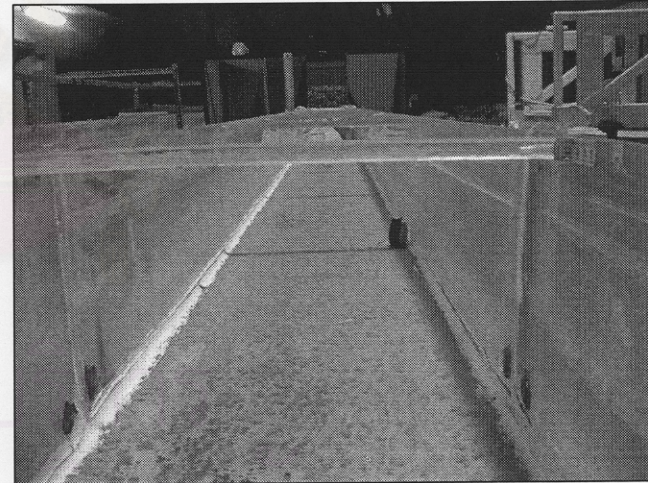
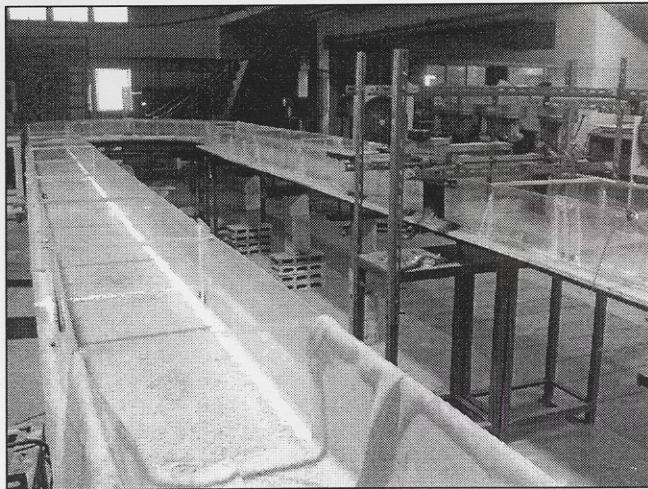
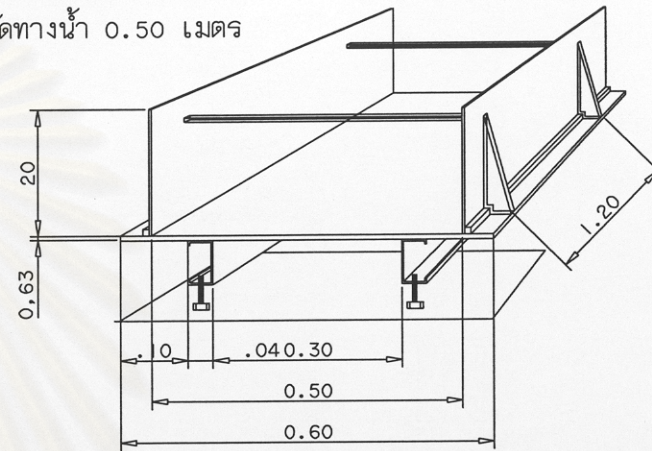


รูป 3-5 รายละเอียดถึงพิกัดด้านต้นน้ำ

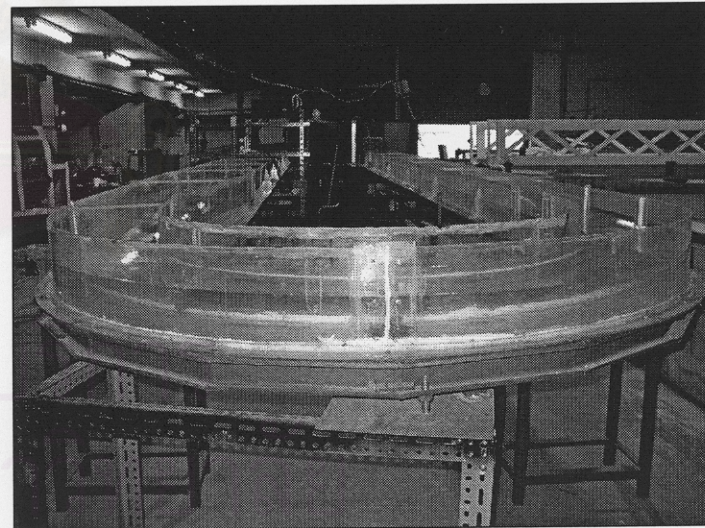
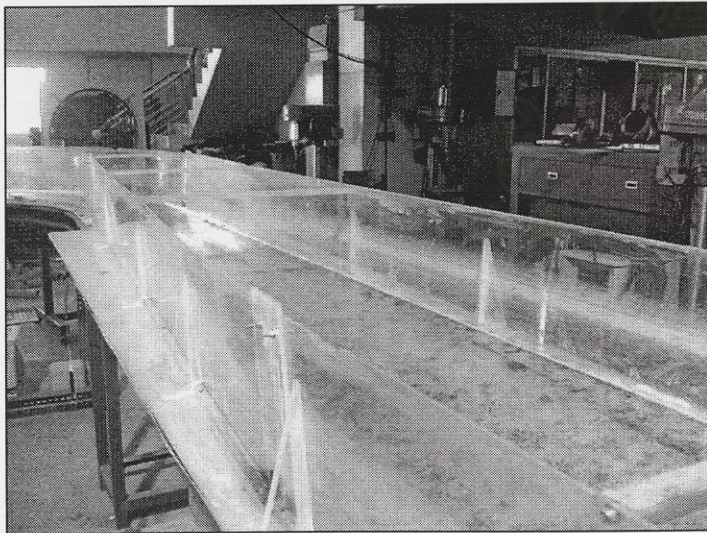
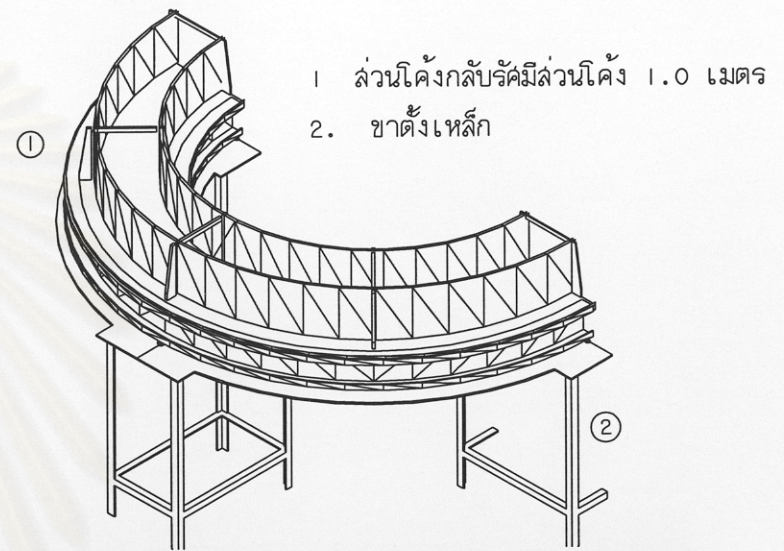
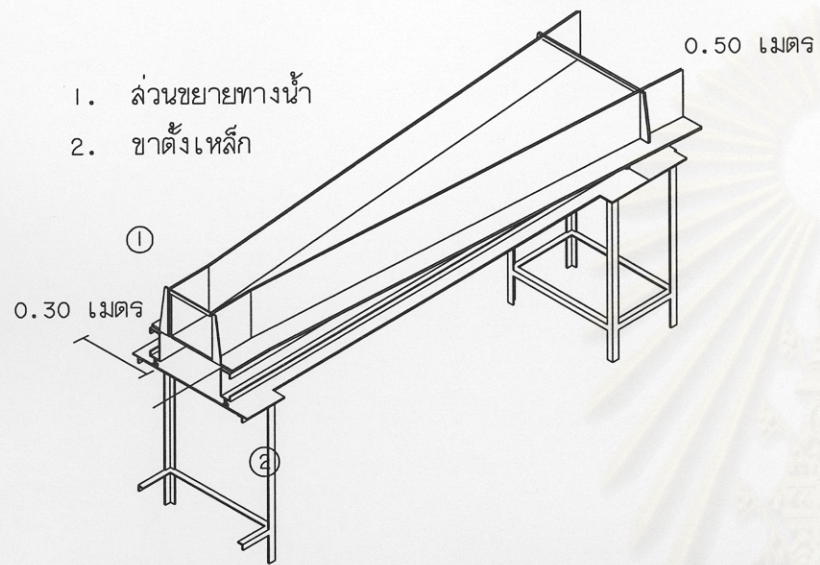
หน้าตัดทางน้ำขนาด 0.30 เมตร



หน้าตัดทางน้ำ 0.50 เมตร



รูป 3-6 รายละเอียดหน้าตัดทางน้ำขนาด 0.30 เมตร และ 0.50 เมตร



รูป 3-7 รายละเอียดส่วนขยายทางน้ำและส่วนโค้งกลับ

ส่วนของพื้นทางน้ำทั้งหมดวางอยู่บนคันเหล็กรูปตัวยูขนาด กว้าง 1.5 นิ้ว สูง 3 นิ้ว โดยวางคู่ขนานตลอดความยาวทางน้ำ บริเวณท้องคานเจาะรูใส่น็อตทุกระยะ 2 เมตร สำหรับปรับความชันท้องน้ำ และมีการวางเสาค้ำยันทุกๆ ระยะ 1.50 เมตร เพื่อป้องกันปัญหาการตกข้างของทางน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดอัตราส่วนความลาดชันของท้องน้ำเท่ากับ 1:1,000 ทุกๆ ช่วงตลอดความยาวทางน้ำ รายละเอียดของทางน้ำขนาดความกว้าง 0.30 เมตร และ 0.50 เมตรแสดงในรูป 3-6 รายละเอียดของส่วนขยายทางน้ำและส่วนโค้งกลับแสดงในรูป 3-7

3.1.2 แบบจำลองอ่างน้ำขึ้นน้ำลง

แบบจำลองอ่างน้ำขึ้นน้ำลง สร้างขึ้นเพื่อจำลองลักษณะของทะเล โดยจำลองในส่วนของ การขึ้นและลงของระดับน้ำในทะเล ส่วนประกอบหลักของอ่างคลื่นประกอบด้วย อ่างน้ำขึ้นน้ำลง และชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง โดยอ่างน้ำขึ้นน้ำลงสร้างจากคอนกรีต และทำการเสริมเหล็กเพื่อความแข็งแรง ขนาดของอ่างน้ำขึ้นน้ำลง กว้าง 2.4 เมตร ยาว 5.8 เมตร สูง 1.0 เมตร มีความหนา 15 เซนติเมตร โดยที่อ่างน้ำขึ้นน้ำลงเชื่อมต่อกับส่วนปลายของทางน้ำขนาด 50 เซนติเมตร ในส่วนของจุดเชื่อมต่อระหว่างอ่างน้ำขึ้นน้ำลงกับทางน้ำ ทำการลบมุมของรอยเชื่อมต่อให้เป็นมุมป้าน ออก เพื่อลดผลกระทบเนื่องจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดทางน้ำอย่างฉับพลัน ด้านหลังของอ่างน้ำขึ้นน้ำลง ติดตั้งท่อปรับระดับน้ำ เพื่อทำการกำหนดค่าระดับน้ำเริ่มต้นได้ถูกต้อง และมีค่าเท่ากันทุกการทดลอง ในการทดลองทุกๆ ครั้งจะกำหนดระดับน้ำเริ่มต้นที่ ระดับ +7.50 เซนติเมตร และติดตั้งชุดระบายน้ำเพื่อระบายน้ำที่ไหลเข้ามาในอ่างคลื่น โดยมีวาล์วควบคุมการไหลแบบ ball valve และมาตรวัดน้ำที่ชุดระบายน้ำ เพื่อทำการควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ระบายออกจากอ่างคลื่น รวมถึงวัดค่าอัตราการไหลที่ระบายออกจากอ่างคลื่น สำหรับรายละเอียดของแบบจำลองอ่างคลื่นแสดงในรูป 3-8

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้เครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงชุดเดียวกับที่ในการศึกษาวิทยานิพนธ์หัวข้อชลศาสตร์การชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง (ศุภกร, 2545) ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงประกอบด้วย ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ และเครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ประกอบด้วย กล้องควบคุมซึ่งสามารถปรับความเร็วมอเตอร์ได้อยู่ในช่วง 450–1300 รอบต่อนาที เครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง ประกอบด้วย มอเตอร์ขนาด 1.5 แรงม้า ต่อเชื่อมกับเกียร์ทดความเร็วที่อัตราทด 1:60 ขนาด 1 แรงม้า และเกียร์ทดความเร็ว 1:60 ขนาด 3 แรงม้า ต่อกับแขนหมุนโดยมีรัศมีของแขนหมุนยาว 70 เซนติเมตร ที่ปลายแขนหมุนติดตั้งแกนเพลลาและทำการยึดติดกับลวดสลิงเพื่อใช้ในการยกถังน้ำขึ้นน้ำลง ลวดสลิงที่ใช้เป็นลวดสลิงอ่อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ระหว่างทำการทดลองต้องพยายามทากาจรบีตตลอดที่ลวดสลิงมีการเคลื่อนที่ เพื่อลดแรง



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูป 3-8 รายละเอียดชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง ก) ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง
 ข) แอ่งคลิ้น ค) ชุดควบคุมมอเตอร์ ง) เครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำ
 จ) ถังน้ำขึ้นน้ำลง ฉ) การระบายน้ำออกจากแอ่งคลิ้น

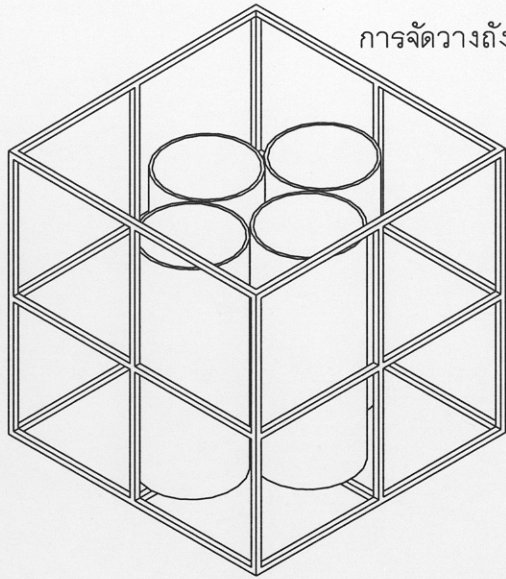
เสียดสีที่เกิดกับเส้นลวดสลิงสำหรับดึงน้ำขึ้นน้ำลงสร้างจากแผ่นเหล็กหนา 4 มิลลิเมตร ประกอบเป็นโครงสร้างเหล็กโปร่ง ภายในบรรจุถังแทนที่น้ำ ขนาดของถังแทนที่น้ำขึ้นอยู่กับกรณีศึกษาที่กำหนดไว้ ถังแทนที่น้ำที่ใช้ในการทดลองมี 2 ขนาดคือ ถังขนาด 200 ลิตร และถังขนาด 75 ลิตร ภายในถังแทนที่น้ำบรรจุถุงทรายเพื่อให้ถังแทนที่น้ำจม โดยน้ำหนักที่บรรจุในถังแทนที่น้ำต้องมากกว่าแรงลอยตัวที่กระทำต่อถัง ในการสังเกตว่าน้ำหนักถังแทนที่น้ำมีมากกว่าแรงลอยตัวพิจารณาจากระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งคลื่น ว่ามีลักษณะเป็นฮาร์โมนิกที่สมบูรณ์หรือไม่รวมทั้งพิจารณาจากความตึงของเส้นลวดสลิง ความเร็วในการแทนที่น้ำจะอยู่ในช่วง 0.125 – 0.375 รอบต่อนาที บริเวณโครงสร้างเหล็กของถังน้ำขึ้นน้ำลง ติดตั้งตัวค้ำยันสำหรับบังคับให้ถังน้ำขึ้นน้ำลงเคลื่อนที่เฉพาะในแนวตั้งไม่มีการแกว่งตัว และทำให้รูปแบบของการเคลื่อนที่ขึ้นลงของระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งคลื่นมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงอาศัยหลักการแทนที่น้ำแบบเคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นวงกลม เพื่อให้สามารถสร้างคลื่นในลักษณะฮาร์โมนิก เครื่องกำเนิดคลื่นนี้สามารถสร้างคลื่นที่มีความสูงคลื่นและคาบคลื่นที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของมอเตอร์และจำนวนถังและการจัดวางถังแทนที่น้ำ สำหรับรายละเอียดของถังแทนที่น้ำและรูปแบบการจัดวางแสดงในรูปที่ รวมถึงลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลง และการวิเคราะห์ชุดข้อมูลโดยวิธีสเปกตรัม แสดงในรูป 3-9 ถึง 3-11 การศึกษาครั้งนี้กำหนดรูปแบบการทดลองโดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าแอมพลิจูดคลื่น 3 ค่า คือ 0.49 เซนติเมตร 0.87 เซนติเมตร และ 1.25 เซนติเมตร ในส่วนของคาบคลื่นกำหนดให้เป็นค่าคงที่ โดยใช้คาบคลื่นเท่ากับ 500 วินาที ตลอดการทดลอง

3.1.3 แบบจำลองบานประตูระบาย

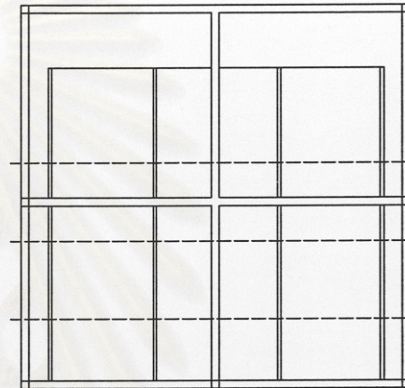
บานประตูระบายที่ใช้ในการศึกษานี้มีลักษณะเป็นแบบบานตรง (Vertical sluice gate) สร้างจากแผ่นพลาสติกใส มีความหนา 1 เซนติเมตร ขนาด กว้าง 52 เซนติเมตร สูง 25 เซนติเมตร ตอนล่างของบานทำการลบมุมเป็นมุม 45 องศา ในการควบคุมการขึ้นลงของบาน ติดตั้งชุดเฟืองพร้อมแกนเพลลา โดยยึดติดกับบานประตูผ่านเฟืองตรง เพื่อควบคุมระยะยกบานประตูให้ได้ตามที่กำหนด ที่บริเวณแกนเพลลาทำการติดตั้งชุดล้อคแกนเพลลาเพื่อยึดบานประตูไม่ให้มีการเคลื่อนที่หลังจากที่ได้ระยะยกบานตามที่กำหนดไว้แล้ว โดยในการศึกษานี้กำหนดระยะยกบานประตูไว้ที่ระยะ 0.5 – 2.5 เซนติเมตร ทั้งในกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงและในกรณีที่ไม่มีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง รายละเอียดของชุดควบคุมการเปิดปิดบานประตูระบายแสดงในรูป 3-12

ค่าแอมพลิจูดที่ 1 (a1)



การจัดวางถังแทนที่น้ำ กรณีค่าแอมพลิจูดที่ 1

ถังแทนที่น้ำขนาดเล็ก
เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.45 เมตร
จำนวน 4 ถัง



ระยะการแทนที่น้ำ

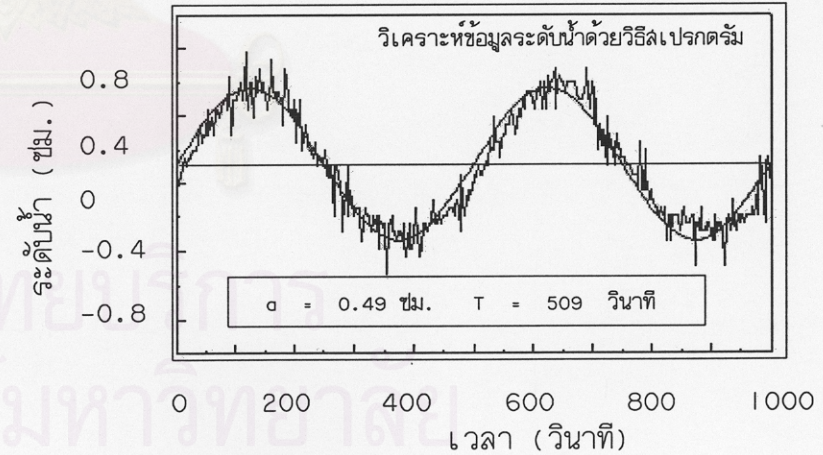
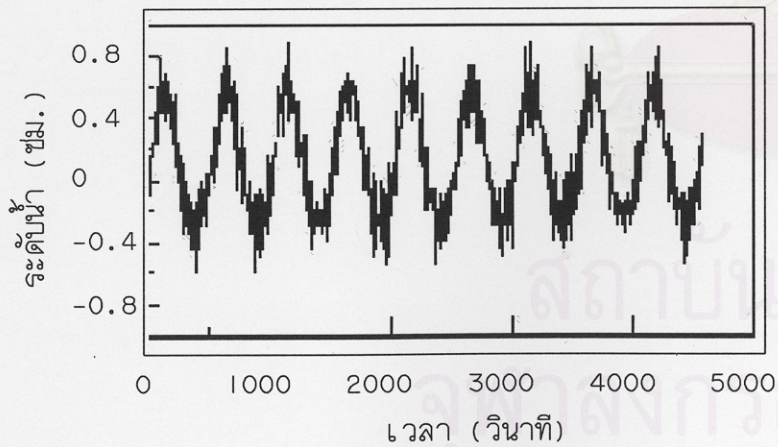
Max. water level

Initial water level

Min. water level

0.25

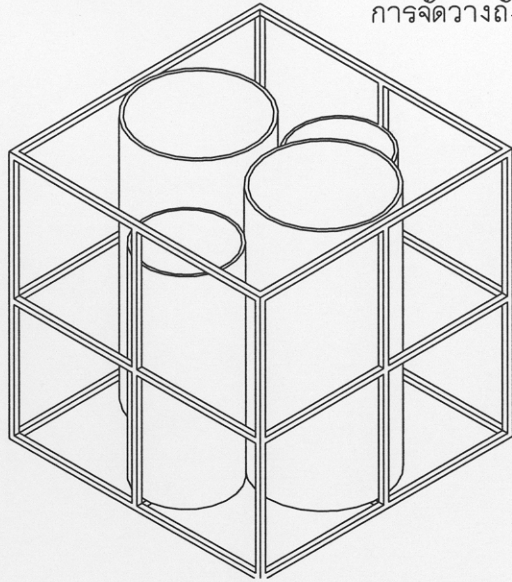
0.25



รูป 3-9 การจัดวางถังแทนที่น้ำและลักษณะของระดับน้ำที่ได้จากการทดลองกรณีค่าแอมพลิจูดที่ 1

ค่าแอมพลิจูดที่ 2 (a2)

การจัดวางถังแทนที่น้ำ กรณีค่าแอมพลิจูดที่ 2



ถังแทนที่น้ำขนาดเล็ก

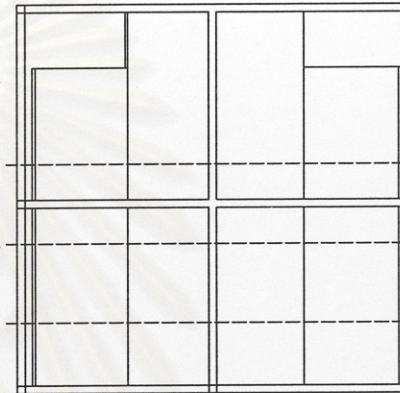
เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.45 เมตร

จำนวน 2 ถัง

ถังแทนที่น้ำขนาดใหญ่

เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.70 เมตร

จำนวน 2 ถัง



ระยะการแทนที่น้ำ

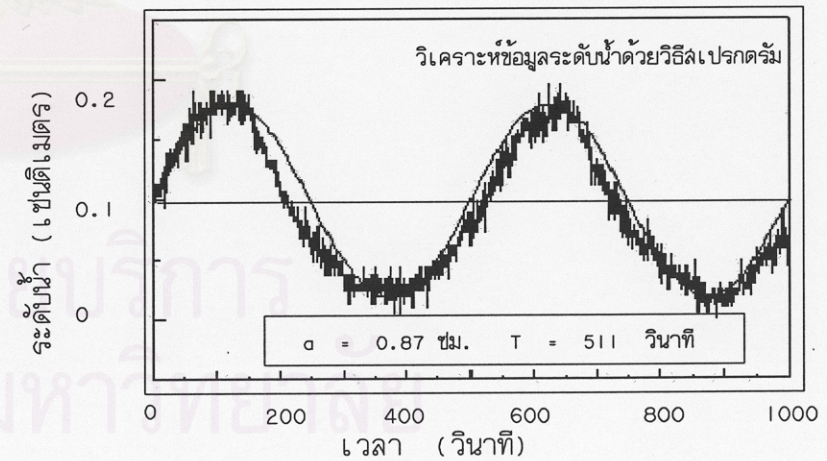
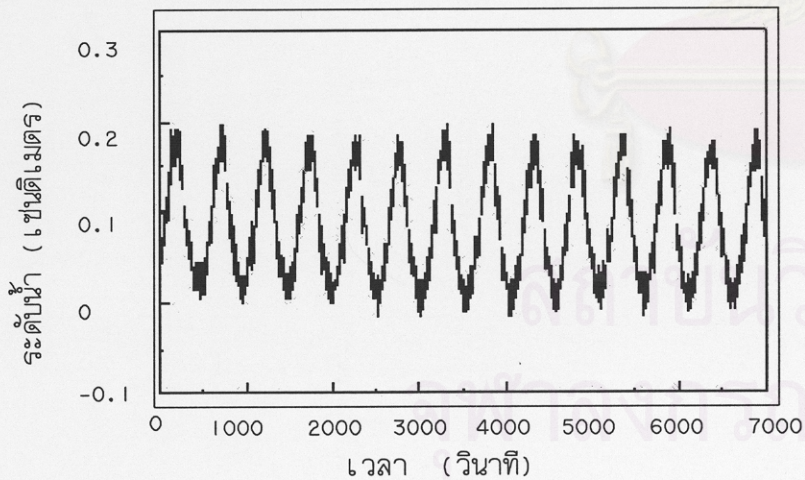
Max. water level

Initial water level

Min. water level

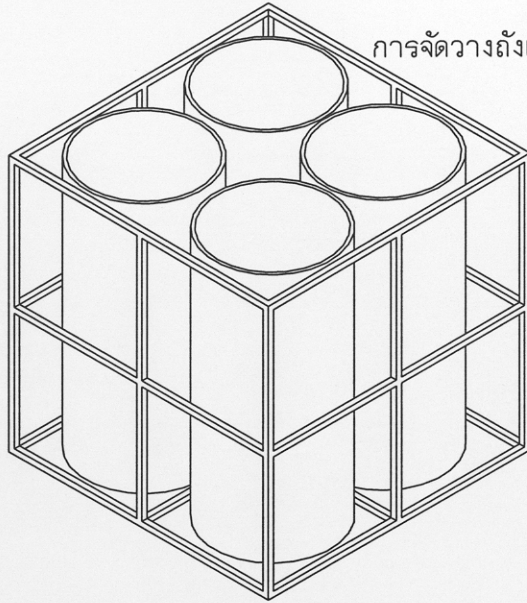
0.25

0.25



รูป 3-10 การจัดวางถังแทนที่น้ำและลักษณะของระดับน้ำที่ได้จากการทดลองกรณีค่าแอมพลิจูด 2

ค่าแอมพลิจูดที่ 3 (a3)

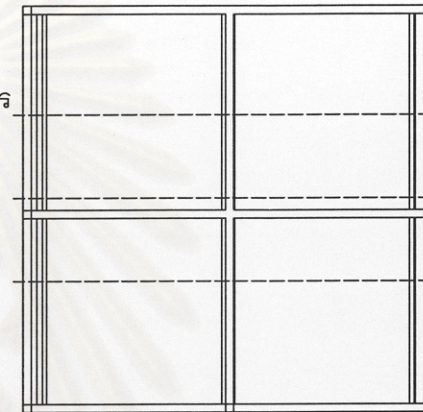


การจัดวางถังแทนที่น้ำ กรณีค่าแอมพลิจูดที่ 3

ถังแทนที่น้ำขนาดใหญ่

เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.70 เมตร

จำนวน 4 ถัง



ระยะการแทนที่น้ำ

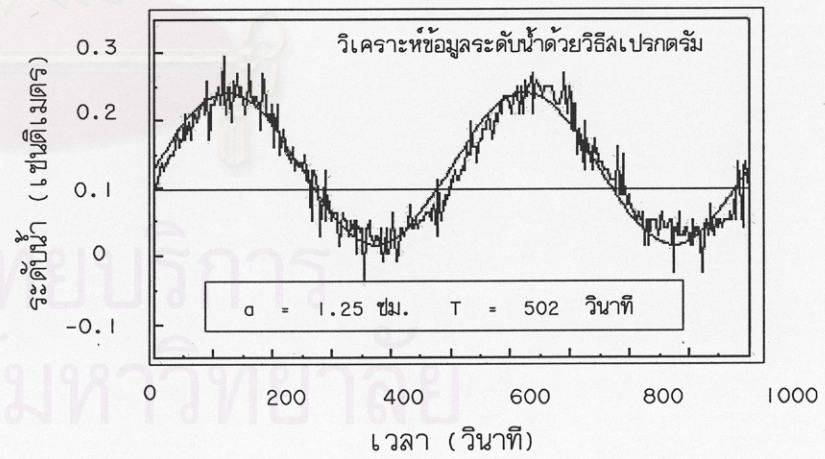
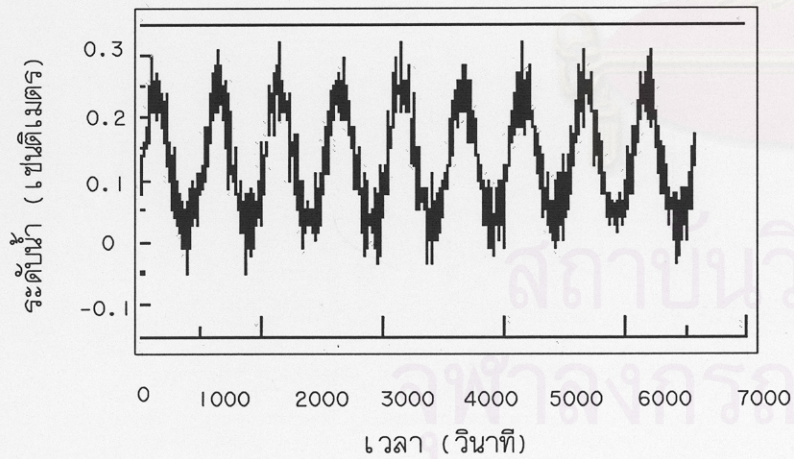
Max. water level

Initial water level

Min. water level

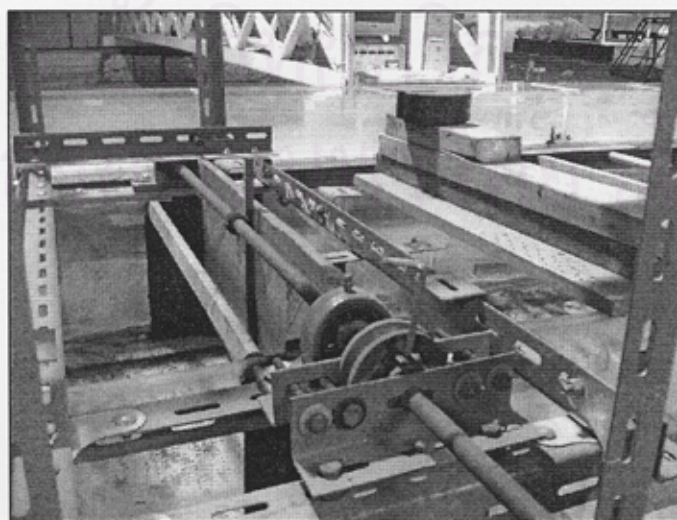
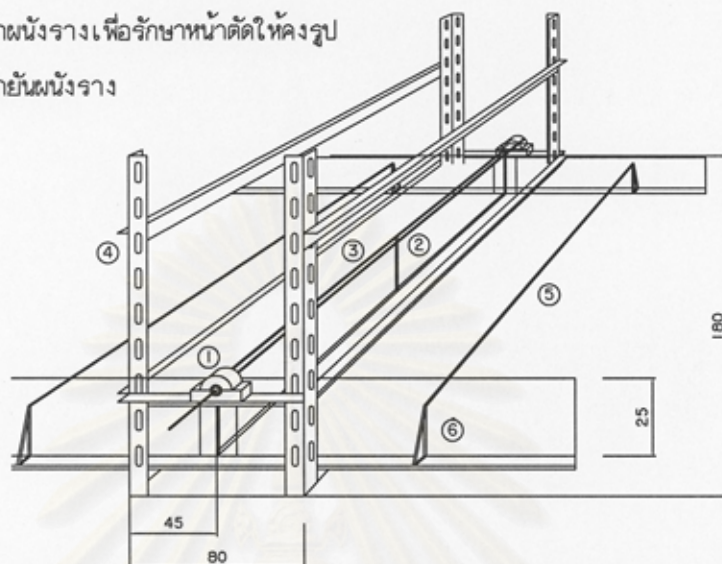
0.25

0.25



รูป 3-11 การจัดวางถังแทนที่น้ำและลักษณะของระดับน้ำที่ได้จากการทดลองกรณีค่าแอมพลิจูด 3

- 1 ชุดควบคุมการยกบานประตูระบาย 2 บานประตูระบายแบบบานตรง (vertical sluice gate)
- 3 แกนเพลาร่วมชุดเฟือง 4 เหล็กฉากค้ำยัน
- 5 แท่งพลาสติคยึมน้ำรางเพื่อรักษาหน้าตัดให้คงรูป
- 6 แท่งพลาستيكค้ำยันผนังราง



รูป 3-12 รายละเอียดแบบจำลองบานประตูระบายน้ำและชุดควบคุมการยกบานประตูระบาย

3.1.4 ชุดควบคุมอัตราการไหล

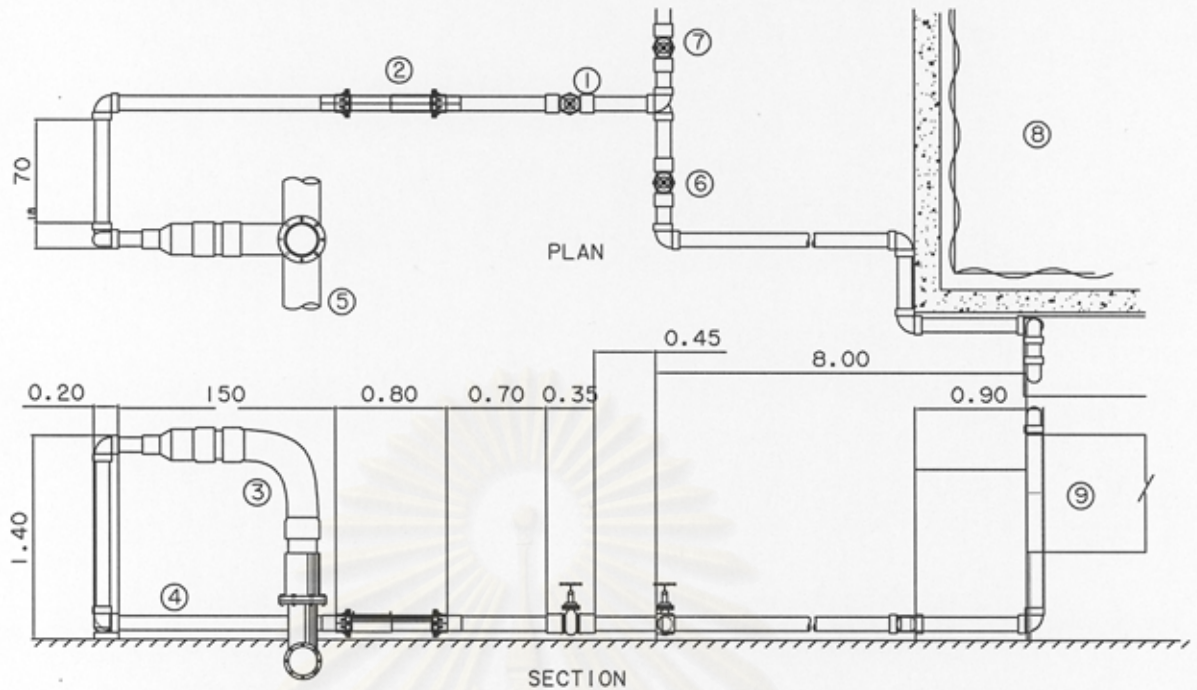
ชุดควบคุมอัตราการไหลประกอบด้วยระบบท่อ ระบบวาล์วควบคุมอัตราการไหล และเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์ ในการสร้างแบบจำลองได้กำหนดให้ระบบที่ใช้เป็นแบบระบบเปิด คือไม่ได้ใช้ระบบที่มีการหมุนเวียนน้ำ แต่มีการใช้น้ำจากภายนอกเข้ามาในระบบ และระบายน้ำออกไปจากระบบ น้ำที่เข้ามาในระบบจะถูกสูบขึ้นมาจากบ่อพักน้ำบริเวณชั้นล่างของห้องปฏิบัติการชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล โดยใช้เครื่องสูบน้ำ แล้วสูบขึ้นไปเก็บไว้ที่ถังพักน้ำบริเวณชั้นดาดฟ้าของตึก แล้วทำการควบคุมผ่านวาล์วหลัก และระบบท่อบายพาส ในการทดลองจะปรับอัตราการไหลผ่านวาล์วหลักและอัตราการไหลที่ระบายผ่านท่อบายพาสให้เหมาะสม แล้วทำการควบคุมอัตราการไหลที่จะใช้ในการทดลองผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหลอีกครั้งหนึ่ง โดยในการทดลองค่าอัตราการไหลที่พิจารณาอยู่ในช่วง 1 – 3.5 ลิตร/วินาที

การควบคุมอัตราการไหลที่ใช้ในการทดลอง สามารถปรับได้จากวาล์วควบคุมอัตราการไหลที่ติดตั้งบริเวณด้านท้ายของเครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์ วาล์วที่ใช้ในการควบคุมการไหลเป็นวาล์วประเภทเกทวาล์ว (Gate valve) โดยในการปรับวาล์วพิจารณาจากระดับผลต่างของปรอทในमानมิเตอร์ ซึ่งได้ทำการปรับเทียบค่าอัตราการไหลก่อนทำการทดลอง เวนจูรีมิเตอร์ที่ใช้สร้างจากเหล็ก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของเวนจูรีช่วงแรกเท่ากับ 10.36 เซนติเมตร สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณคอคอคมีขนาด 3.83 เซนติเมตร ด้านบนของแต่ละหน้าตัดเจาะรูเพื่อยึดติดกับสายยาง โดยต่อสายยางเข้ากับमानมิเตอร์ บริเวณตอนกลางของสายยางติดตั้งวาล์วระบายอากาศเพื่อระบายอากาศในกรณีที่มีฟองอากาศค้างอยู่ในสายยาง การปรับเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์แสดงในภาคผนวก ค รายละเอียดของระบบท่อและระบบควบคุมอัตราการไหลแสดงในรูป 3-13 และ 3-14

สำหรับระบบท่อที่ส่งน้ำไปยังแบบจำลองใช้ท่อ pvc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ท่อในช่วงแรก คือ ช่วงจากท่อส่งน้ำจากถังพักน้ำบริเวณดาดฟ้าตึกจนถึงวาล์วควบคุมอัตราการไหลเป็นท่อหนา ส่วนท่อส่งน้ำหลังจากวาล์วควบคุมอัตราการไหลเป็นท่อบาง ในระบบได้ติดตั้งวาล์วควบคุมการไหล เพื่อใช้ในการส่งน้ำจากวาล์วควบคุมอัตราการไหลไปยังฝายวัดน้ำเพื่อปรับเทียบค่าอัตราการไหลผ่านเครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์

3.2 อุปกรณ์วัดและการเก็บบันทึกข้อมูลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ข้อมูลที่ทำการวัดในแบบจำลองชลศาสตร์ประกอบไปด้วย ข้อมูลความเร็วการไหล ข้อมูลความลึกการไหล และ ข้อมูลส่วนควบคุมการไหล การวัดข้อมูลความเร็ว



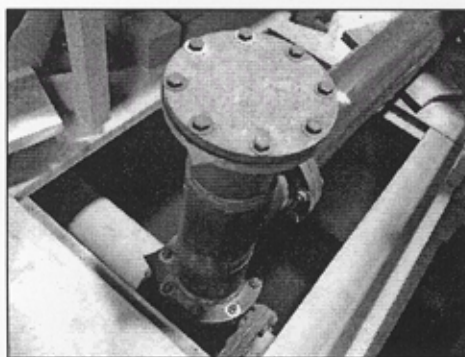
- 1 วาล์วควบคุมอัตราการไหล 2 เวนจูรีมิเตอร์ 3 ท่อลดขนาดขนาด 8 นิ้วเป็น 4 นิ้ว
 4 ท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว 5 ท่อเหล็กขนาด 8 นิ้ว ล่งน้ำจากถังพักน้ำดาดฟ้า
 6,7 วาล์วควบคุมการไหล 8 แอ่งน้ำชั้นน้ำล่าง 9 ถังพักน้ำดักน้ำ



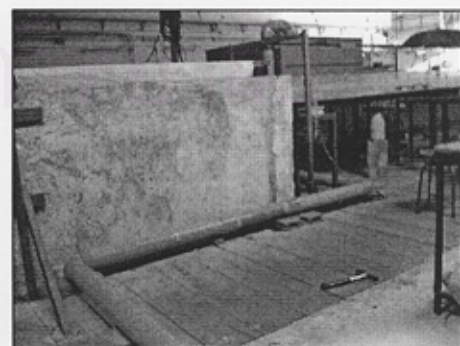
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูป 3-13 รายละเอียดระบบท่อส่งน้ำ ก) เครื่องสูบน้ำ ข) วาล์วควบคุมอัตราการไหล
 ค) ท่อเหล็กล่งน้ำจากถังพักน้ำบนดาดฟ้าตึก ง) ท่อ PVC ขนาด 4 นิ้วล่งน้ำเข้าแบบจำลองทางน้ำ



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูป 3.13 (ต่อ) ระบบท่อของแบบจำลองชลศาสตร์

- ก) วาล์วหลักควบคุมอัตราการไหลจากถังพักน้ำบนดาดฟ้า ข) สเกลการปรับวาล์วหลัก
 ค) ท่อบายพาสน้ำจากถังพักน้ำ ง) ระบบท่อที่ใช้ในการทดลอง



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูป 3-14 รายละเอียดเครื่องวัดการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์ ก) เวนจูรีมิเตอร์

ข) วาล์วระบายอากาศในสายยาง

ง) มานอมิเตอร์

ค) วาล์วควบคุมอัตราการไหล

จ) ระบบควบคุมอัตราการไหล

การไหลใช้เครื่องมือวัดความเร็วการไหลประเภทคลื่นแม่เหล็ก magnetic current meter ในการทดลองใช้เครื่องมือวัดความเร็วการไหล 2 ชุด โดยเครื่องมือวัดความเร็วการไหลทั้ง 2 ชุดสามารถต่อเข้ากับโปรแกรม LabVIEW ได้

เครื่องมือวัดความเร็วการไหลชุดแรก เป็นชุดเครื่องมือวัดความเร็วการไหลแบบ 2 แกน ของ OSK รุ่น ACM 200-D สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ เครื่องมือวัดความเร็วการไหลชุดนี้สามารถวัดความเร็วการไหลได้ 2 แกนคือ ในแนวแกนตามทิศทางการไหล และในแนวแกนตั้งฉากกับทิศทางการไหล และสามารถวัดได้ทั้งค่าความเร็วการไหลที่เป็นบวกและเป็นลบ อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบด้วย หัววัดความเร็วกระแส (Sensor) สายสัญญาณยาว 10 เมตร และเครื่องรับสัญญาณ (Display unity) ที่สามารถส่งสัญญาณแบบ Analog หลักการทำงานของเครื่องมือวัดความเร็วการไหลอาศัยน้ำเป็นตัวนำโดยที่น้ำจะไหลผ่านสนามแม่เหล็กจะเกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเร็วการไหล ช่วงข้อมูลความเร็วการไหลที่สามารถอ่านได้อยู่ในช่วง -250 ถึง 250 เซนติเมตร/วินาที ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ที่ ± 2 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ ± 0.5 เมตร/วินาที สำหรับเครื่องมือวัดความเร็วการไหลแบบ 2 แกน รุ่นนี้ติดตั้งที่ตำแหน่งท้ายบานประตู รายละเอียดตำแหน่งที่ติดตั้งแสดงในบทที่ 4

เครื่องมือวัดความเร็วการไหลชุดที่ 2 เป็นเครื่องมือวัดความเร็วการไหลแบบ 3 ทิศทางของ OSK รุ่น ACM 300-D สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ สามารถวัดความเร็วการไหลได้ 3 ทิศทาง คือตามแนวทิศทางการไหล ตั้งฉากกับทิศทางการไหล และ วัดความเร็วการไหลในแนวตั้ง สามารถวัดค่าความเร็วการไหลได้ทั้งค่าที่เป็นบวกและเป็นลบ สำหรับหลักการทำงานของเครื่องมือวัดความเร็วการไหลชนิดนี้เหมือนกับเครื่องมือวัดความเร็วการไหลแบบ 2 ทิศทาง การติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วการไหลแบบ 3 ทิศทาง ติดตั้งบริเวณด้านหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วการไหล กล่าวโดยละเอียดในบทที่ 4 สำหรับการเปรียบเทียบเครื่องมือวัดความเร็วการไหลทั้ง 2 ชุด แสดงในภาคผนวก ค

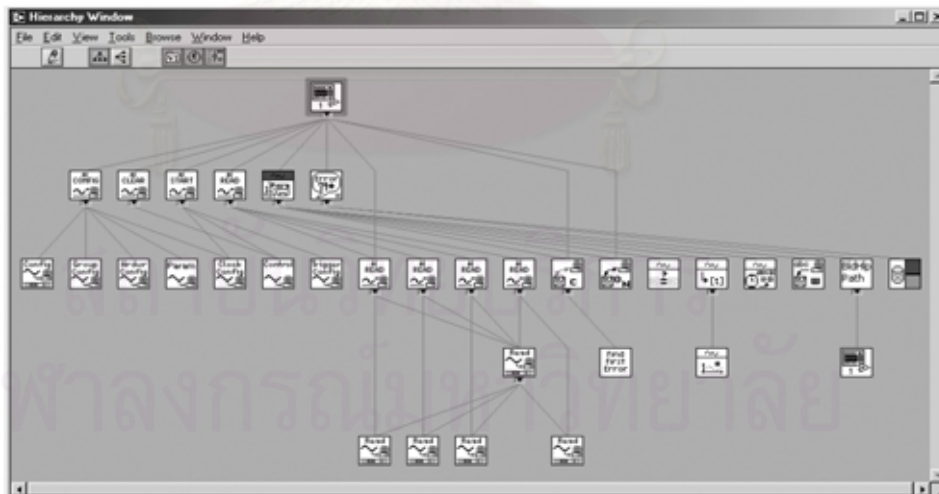
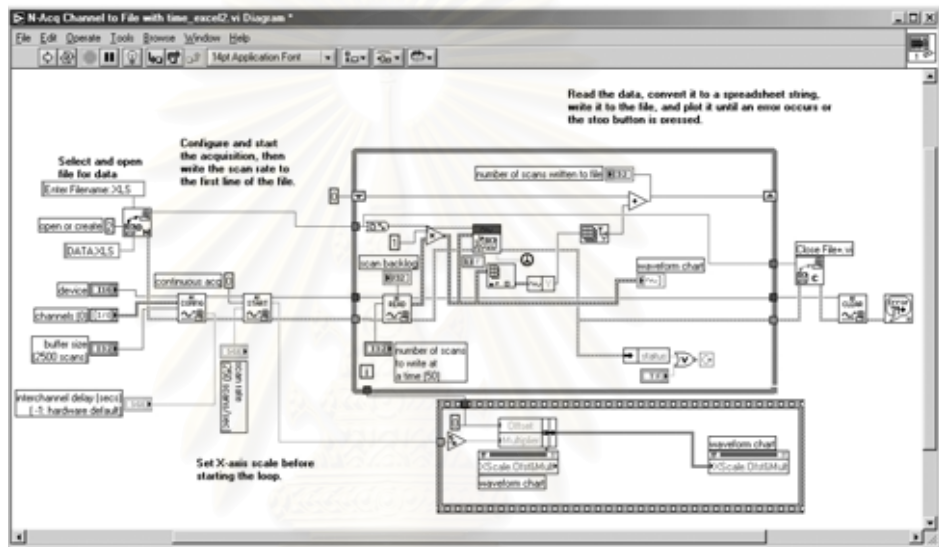
ในการบันทึกข้อมูล เนื่องจากรูปแบบการไหลในการทดลองมีทั้งในกรณีที่เป็นการไหลแบบคงตัว และกรณีที่เป็นการไหลแบบไม่คงตัว ในกรณีการไหลแบบคงตัว ในการวัดและการเก็บบันทึกสามารถวัดข้อมูลในแบบจำลองผ่านเครื่องมือวัด แล้วจดบันทึกค่าโดยตรง เช่น วัดค่าความลึกการไหลจากไมโครมิเตอร์ การอ่านค่าอัตราการไหลโดยใช้วิธีการซึ่งนำหน้าแล้วจับเวลาจากถึงซึ่งหน้าหน้า รวมทั้งการอ่านค่าความเร็วการไหลจากหน้ามอเนเตอร์ของเครื่องมือวัดความเร็วการไหล แต่สำหรับในกรณีศึกษาที่เป็นการไหลแบบไม่คงตัว ในการเก็บและบันทึกข้อมูลจำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลแบบตลอดเวลา ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรม LabVIEW มาประยุกต์ในการ



(ก)

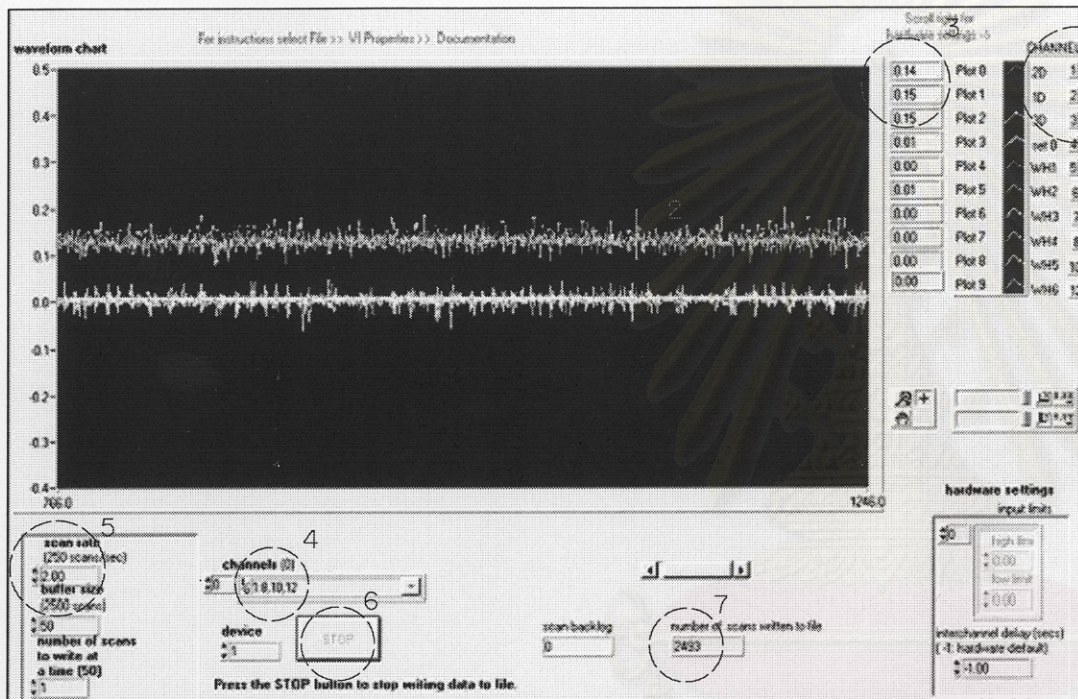


(ข)



(ค)

รูป 3-15 แสดงรายละเอียดและการทำงานของโปรแกรม LabVIEW
 ก) แผงวงจรแปลงสัญญาณ PCI-6024E ข) สายเคเบิล R6868
 ค) ผังเชื่อมโยงการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บข้อมูล



- 1 ส่วนกำหนดรายละเอียดชุดข้อมูล
- 2 ส่วนแสดงผลข้อมูลรูปภาพฟิสิก ลักษณะข้อมูลแบบ real time
- 3 ส่วนแสดงผลข้อมูลลักษณะข้อมูลแบบดิจิตอล
- 4 หน้าต่างกำหนดข้อมูลขาเข้า
- 5 หน้าต่างกำหนดส่วนควบคุมการทำงานโปรแกรม
- 6 ปุ่มควบคุมการทำงาน
- 7 ส่วนแสดงผลจำนวนข้อมูลที่ได้นั้นทันที

รูป 3-16 หน้าจอแสดงผลโปรแกรม LabVIEW และรายละเอียดส่วนควบคุมและส่วนแสดงผล

จัดเก็บและบันทึกข้อมูล โปรแกรมสามารถเก็บและบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบสเปรดชีท ซึ่งสามารถนำข้อมูลในส่วนนี้ไปใช้ในการคำนวณในขั้นตอนต่อไปได้

สำหรับรายละเอียดของโปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เป็น Data Acquisition Software อย่างหนึ่ง และทำงานในระบบปฏิบัติการ “Microsoft Windows” ของบริษัท National Instruments โดยมีระบบ Data Acquisition (DAQ) เป็นตัวนำสัญญาณ Analog หรือ Digital เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ และมีความสำคัญของระบบ คือการวัด หรือการให้กำเนิดสัญญาณทางฟิสิกส์ต่างๆ ก่อนที่จะนำเข้าสู่ระบบ แล้ววัดสัญญาณทางฟิสิกส์ด้วย Sensor หรือ Transducer ซึ่งจะแปลงสัญญาณเป็นสัญญาณไฟฟ้า ในลักษณะของแรงดันไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้า

ดังนั้น การทำงานของ DAQ Board ที่สมบูรณ์ จะต้องประกอบด้วยสัญญาณส่งต่างๆ เข้าสู่ แผงวงจรแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital แล้วสัญญาณที่ได้มานั้นไม่สามารถต่อโดยตรงเข้าสู่ Board ได้ จะต้องใช้ โปรแกรม LabVIEW ในการรับข้อมูลดิบ, วิเคราะห์ข้อมูล หรือแสดงผลข้อมูล ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ในการศึกษา เป็นข้อมูลคลื่นและความเร็วกระแสน้ำที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดความสูงคลื่น และเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของโปรแกรมซึ่งต่อเข้ากับแผงวงจรแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital รุ่น PCI – 6024E และใช้ร่วมกับแผงวงจรรวมสัญญาณแบบสกรู รุ่น CB-68LP และสายต่อ รุ่น R6868 ของบริษัท National Instruments ดังรูป 3-15 รูปที่ 3-16 แสดงหน้าจอแสดงผลของโปรแกรม LabVIEW รวมทั้งส่วนแสดงผลและส่วนควบคุมการทำงานของโปรแกรม LabVIEW

3.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองทำการแบ่งรูปแบบการทดลองเป็น 2 ส่วนคือ กรณีการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ และกรณีการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ เพื่อนำข้อมูลการทดลองทั้ง 2 กรณีมาใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการศึกษาวิธีการทดลองทั้ง 2 กรณีสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกจะเป็นช่วงการเตรียมการทดลองเป็นการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือวัดต่างๆ การปรับแต่งค่าตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษา ให้ได้ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการออกแบบการทดลอง ช่วงที่สองจะเป็นช่วงการทดลองและบันทึกข้อมูลทำการเก็บบันทึกข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป สำหรับวิธีการทดลองของกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ปิดประตูระบายน้ำบริเวณด้านหน้าแอ่งคลื่น เติมน้ำเข้าไปในทางน้ำจนได้ระดับเริ่มต้นที่ตั้งไว้ ในการทดลองทุกครั้ง ทำการกำหนดค่าระดับน้ำเริ่มต้น ณ ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ที่ระดับความลึกเท่ากับ 7.5 เซนติเมตร สำหรับตำแหน่งที่วัดความลึกเริ่มต้นอยู่ที่ ตำแหน่งหน้าบานประตู ในการวัดความลึกการไหลเริ่มต้นนี้วัดโดยใช้ไมโครมิเตอร์ ตำแหน่งที่วัดความลึกการไหลอยู่ตำแหน่งเดียวกันทุกๆ การทดลอง
2. ติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วการไหล ที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและตำแหน่งท้ายบานประตู สำหรับรายละเอียดในการติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วการไหลจะกล่าวถึงในบทที่ 4
3. ตั้งค่าเครื่องมือวัดความลึกการไหลและเครื่องมือวัดความเร็วการไหลให้มีค่าเท่ากับ ศูนย์ แล้วเริ่มบันทึกข้อมูลความลึกผ่านโปรแกรม LabVIEW
4. ติดตั้งถังซึ่งน้ำหนักน้ำในแอ่งคลื่น รวมทั้งติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อระบายน้ำออกจากแอ่งคลื่น
5. เปิดเครื่องสูบน้ำเพื่อดูน้ำจากบ่อพักน้ำด้านล่างของห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ และชายฝั่งทะเล ขึ้นไปพักที่ถังพักน้ำบริเวณคาดฟ้าของตึก ปรับวาล์วลักเพื่อลดอัตราการไหลจากท่อที่ต่อมาจากถังพักน้ำบนคาดฟ้าตึก เปิดท่อบายพาส เพื่อระบายน้ำออก รอจนกระทั่งน้ำไหลล้นจากท่อระบายน้ำด้านบนของตึก ในการปรับวาล์วลัก และ วาล์วท่อบายพาส ทำครั้งแรกเพียงครั้งเดียว ในการทดลองกรณีศึกษาต่อไปไม่ต้องทำการปรับวาล์วใหม่
6. เปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหล โดยดูจากค่าผลต่างของระดับปรอทในमानอมิเตอร์ ก่อนการทดลองต้องทำการปรับเทียบค่าอัตราการไหล ผ่านเครื่องมือวัดการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์ ปรับวาล์วจนได้ค่าอัตราการไหลที่กำหนดไว้ บันทึกค่าผลต่างของระดับปรอทในमानอมิเตอร์ ในการเปิดวาล์วต้องดูไม่ให้มีฟองอากาศเข้ามาในสายยาง ถ้ามีฟองอากาศทำการไล่ฟองอากาศผ่านวาล์วระบายอากาศ
7. ปรับระดับประตูระบายน้ำตามกรณีศึกษาที่กำหนดไว้ ในการทดลองกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ทำการปรับระยะยกบานประตู 4 ค่า คือ
8. เปิดประตูระบายน้ำหน้าแอ่งคลื่น ปรับระดับประตูน้ำด้านหน้าแอ่งคลื่น เพื่อให้ค่าอัตราการไหลที่เข้ามากับค่าอัตราการไหลที่ไหลออกมีค่าเท่ากัน สามารถดูจากข้อมูลความลึกการไหลที่ตำแหน่งต่างๆ ผ่านโปรแกรม LabVIEW เนื่องจากเมื่ออัตราการไหลเข้าระบบกับอัตราการไหลออกจากระบบมีค่าเท่ากัน ระดับน้ำในทางน้ำจะไม่มีเปลี่ยนแปลง

9. เมื่อข้อมูลความลึกการไหลของน้ำในทางน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำการวัดค่าอัตราการไหลจากถังซึ่งน้ำหนักที่ติดตั้งอยู่ในแอ่งคลื่น ในการวัดค่าอัตราการไหลต้องทำการเปิดเครื่องสูบน้ำเพื่อระบายน้ำออกจากแอ่งคลื่น เพื่อไม่ให้ระดับน้ำในแอ่งคลื่นสูงถึงเครื่องซึ่งน้ำหนักน้ำ

10. เก็บข้อมูลความเร็วการไหล ที่ตำแหน่งต่างๆ ในหน้าตัดทั้ง 15 ตำแหน่ง รายละเอียดในการเก็บข้อมูลและตำแหน่งในการเก็บข้อมูลแสดงในบทที่ 4

11. ทำการเปลี่ยนระยะยกบานประตูระบายตามที่กำหนดไว้ แล้วทำซ้ำตามข้อ 1-10

12. ทำการเปลี่ยนค่าอัตราการไหล แล้วทำซ้ำตามข้อ 1-11

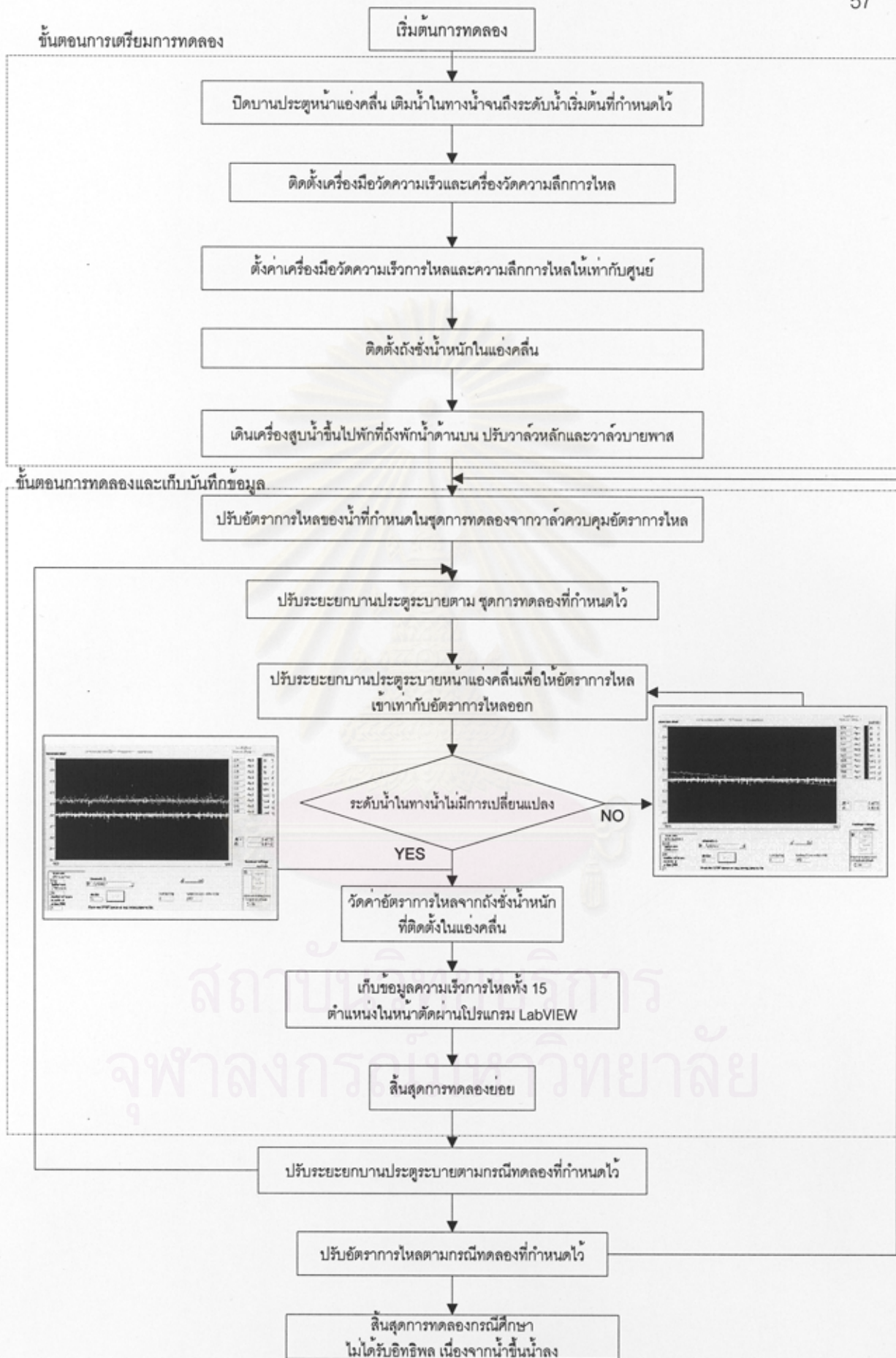
การทดลองกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ มีการทดลองย่อยทั้งหมด 17 การทดลองย่อย ดังแสดงในตาราง 3-1 ตัวแปรที่พิจารณาประกอบด้วย ค่าอัตราการไหล และค่าระยะยกบานประตูระบาย สำหรับแผนผังการทดลองกรณีไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงแสดงดังรูป 3-17

สำหรับกรณีศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ ตัวแปรในการทดลองมี 3 ตัวแปร คือ ค่าอัตราการไหล ระยะยกบานประตูระบาย และค่าแอมพลิจูดคลื่น สำหรับแต่ละตัวแปรที่ศึกษาทำการทดลอง 3 ค่า ดังนั้นการทดลองกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง มีทั้งสิ้น 27 การทดลอง ขั้นตอนการทดลองกรณีศึกษาการไหลภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง มีดังนี้

1. ติดตั้งถังแทนที่น้ำตามกรณีศึกษาที่กำหนดไว้ ในการศึกษากรณีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงกำหนดให้มีการเปลี่ยนค่าแอมพลิจูด 3 ค่า

2. เติมน้ำลงในแอ่งคลื่น จนน้ำล้นท่อควบคุมระดับน้ำ รอจนกระทั่งน้ำไม่ไหลล้นท่อควบคุมระดับ (เมื่อน้ำไม่ไหลผ่านท่อควบคุม ความลึกน้ำบริเวณหน้าบานประตูระบายมีค่าเท่ากับ 7.5 เซนติเมตร)

3. เปิดชุดควบคุมน้ำขึ้นน้ำลง ปรับระยะการแทนที่น้ำให้ระดับกึ่งกลางของถังน้ำขึ้นน้ำลง (ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างระยะยกสูงสุดและต่ำสุด) อยู่ตำแหน่งเดียวกับผิวน้ำพอดี จากนั้นเปิดชุดควบคุมการไหล



รูป 3-17 ขั้นตอนการทดลองกรณีศึกษาการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ

4. ติดตั้งเครื่องมือวัดความลึกการไหล และเครื่องมือวัดความเร็วการไหลตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ (รายละเอียดของตำแหน่งที่ตั้ง และตำแหน่งวัดแสดงในบทที่ 4)
5. ตั้งค่าเครื่องมือวัดความสูงคลื่น และเครื่องมือวัดความเร็วคลื่นให้มีค่าเท่ากับศูนย์ พร้อมทั้งวัดระดับน้ำ ณ. ตำแหน่งบานประตูระบายโดยใช้ไมโครมิเตอร์
6. เปิดเครื่องสูบน้ำ เพื่อดูน้ำจากบ่อพักน้ำด้านล่างของห้องปฏิบัติการชลศาสตร์และชายฝั่งทะเล ขึ้นไปพักที่ถังพักน้ำบริเวณคาดฟ้าของตึก ปรับวาล์วหลักเพื่อลดอัตราการไหลจากท่อที่ต่อมาจากถังพักน้ำบนคาดฟ้าตึก เปิดท่อบายพาส เพื่อระบายน้ำออก รอจนกระทั่งน้ำไหลล้นจากท่อระบายน้ำด้านบนของตึก ในการปรับวาล์วหลัก และ วาล์วท่อบายพาส ทำครั้งแรกเพียงครั้งเดียว ในการทดลองกรณีศึกษาต่อไปไม่ต้องทำการปรับวาล์วใหม่
7. เปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหล ปรับวาล์วโดยดูจากค่าผลต่างของระดับปรอทในมานอมิเตอร์ ปรับค่าอัตราการไหลจนได้ค่าอัตราการไหลที่กำหนดไว้ บันทึกค่าผลต่างของระดับปรอทในมานอมิเตอร์
8. เมื่อน้ำไหลเข้าแบบจำลอง เปิดวาล์วระบายน้ำบริเวณด้านท้ายแอ่งคลื่นเพื่อระบายน้ำออกจากแอ่งคลื่น ปรับวาล์วระบายน้ำออกจนกระทั่งอัตราการไหลเข้าแบบจำลองเท่ากับอัตราการไหลออกจากแบบจำลอง โดยพิจารณาจากระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงที่แสดงที่หน้าจอโปรแกรม LabVIEW
9. ปรับวาล์วควบคุมการระบายน้ำจากแอ่งคลื่น จนกระทั่งอัตราการไหลเข้าแบบจำลองเท่ากับอัตราการไหลออก โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ
10. เปิดชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง ปรับความเร็วมอเตอร์ของเครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงตามที่กำหนดไว้ ในที่นี้ไม่มีการเปลี่ยนค่าคาบคลื่นดังนั้นจึงใช้ความเร็วมอเตอร์คงที่ คือที่ความถี่ 15 Hz. จากนั้นเดินเครื่องทำน้ำขึ้นน้ำลง
11. สังเกตลักษณะของระดับน้ำ ณ ตำแหน่งแอ่งคลื่นว่ามีลักษณะเป็นฮาร์โมนิกหรือไม่ โดยทำการปรับระดับน้ำ ถ้าลักษณะกราฟน้ำขึ้นน้ำลงในแอ่งคลื่นต่ำเกินกว่าค่าเริ่มต้นทำการเติมน้ำเข้าไปในแอ่งคลื่น ถ้าลักษณะกราฟน้ำขึ้นน้ำลงในแอ่งคลื่นสูงเกินกว่าค่าเริ่มต้น ทำการสูบน้ำออกจากแอ่งคลื่น
12. เมื่อลักษณะกราฟความลึกการไหล ณ ตำแหน่งแอ่งคลื่นมีลักษณะเป็นฮาร์โมนิกที่สมบูรณ์ เริ่มเก็บบันทึกข้อมูลความเร็วการไหลและความลึกการไหล โดยเลื่อนตำแหน่งเครื่องมือ

วัดความเร็วการไหลทั้งด้านหน้าบานประตูระบายและด้านท้ายบานประตูระบายไปให้ครบทั้ง 15 จุดตลอดหน้าตัด โดยแต่ละตำแหน่งใช้เวลาประมาณ 1500 วินาที (3 ลูกคลื่น)

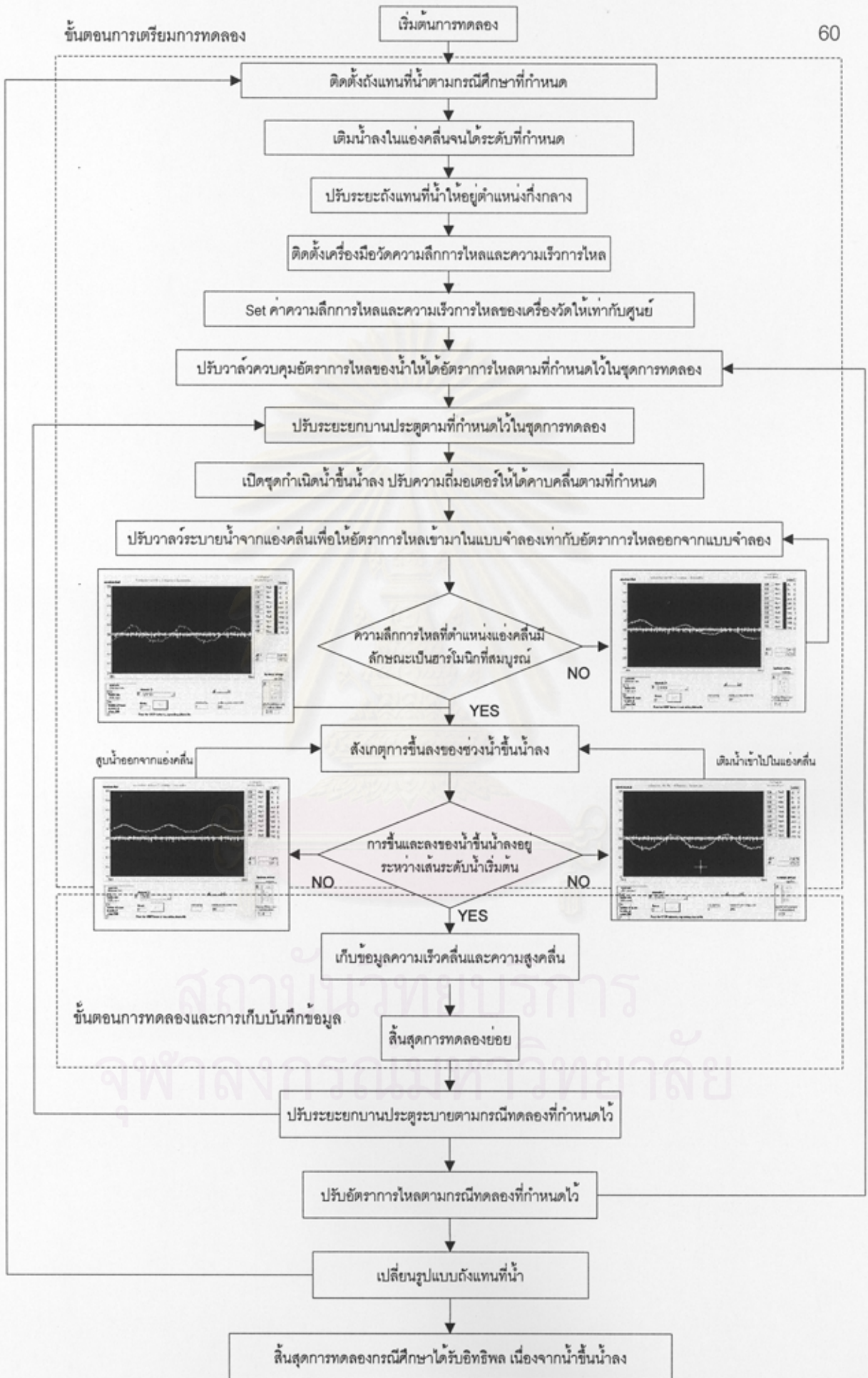
13. ทำเช่นเดียวกับ 1 – 12 โดยเปลี่ยนระยะยกบานประตู 3 ระดับ

14. ทำเช่นเดียวกับ 1 – 13 โดยเปลี่ยนค่าอัตราการไหล 3 ระดับ

15. ทำเช่นเดียวกับ 1 – 14 โดยเปลี่ยนจำนวนถังแทนที่น้ำ 3 ระดับ

ในการศึกษากรณีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ เมื่อทำการทดลองกรณีค่าอัตราการไหลสูงสุด คือที่อัตราการไหลประมาณ 2.1 ลิตร/วินาที และค่าระยะยกบานประตูต่ำสุด คือที่ 0.5 เซนติเมตร ปรากฏว่าความลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบายน้ำสูงมาก จนเกินที่ทางน้ำสามารถรับได้ ดังนั้นจึงกำหนดระยะยกบานใหม่ โดยที่กรณีอัตราการไหลสูงสุด ค่าระยะยกบานประตูจะทำการทดลองที่ระยะ 1 เซนติเมตร 2 เซนติเมตร และ 2.5 เซนติเมตร

รูป 3-18 แสดงขั้นตอนการทดลองกรณีการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ จำนวนกรณีศึกษาของการทดลองทั้งหมด แสดงในตาราง 3-2 ดังนั้นการศึกษาคั้งนี้ ได้ทำการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์รวมทั้งสิ้น 44 กรณีศึกษา โดยแบ่งเป็นกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง 17 กรณี และกรณีการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง 27 กรณี



รูป 3.18 ขั้นตอนการทดลองกรณีศึกษาได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ

ตาราง 3-1 ตารางแสดงการทดลองกรณีศึกษาการไหลลอดบานประตูระบาย
กรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ

อัตราการไหล	ระยะยกบานประตู	กรณีศึกษา
Q1	G1	Q1G1na
	G2	Q1G2na
	G3	Q1G3na
Q2	G1	Q2G1na
	G2	Q2G2na
	G3	Q2G3na
	G4	Q2G4na
Q3	G1	Q3G1na
	G2	Q3G2na
	G3	Q3G3na
	G4	Q3G4na
	G5	Q3G5na
Q4	G1	Q4G1na
	G2	Q4G2na
	G3	Q4G3na
	G4	Q4G4na
	G5	Q4G5na

หมายเหตุ ระยะยกบาน G0 = 0.5 เซนติเมตร G1 = 1 เซนติเมตร G2 = 2 เซนติเมตร G3 = 2.5 เซนติเมตร
อัตราการไหลในการทดลองกำหนดไว้ 5 ค่า

ตาราง 3-2 ตารางแสดงการทดลองกรณีศึกษาการไหลลอดบานประตูระบาย
กรณีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ

อัตราการไหล	ระยะยกบาน	ความสูงคลื่น1	ความสูงคลื่น2	ความสูงคลื่น3
Q1	G0	a1Q1G0	a2Q1G0	a3Q1G0
	G1	a1Q1G1	a2Q1G1	a3Q1G1
	G2	a1Q1G2	a2Q1G2	a3Q1G2
Q2	G0	a1Q2G0	a2Q2G0	a3Q2G0
	G1	a1Q2G1	a2Q2G1	a3Q2G1
	G2	a1Q2G2	a2Q2G2	a3Q2G2
Q3	G1	a1Q3G1	a2Q3G1	a3Q3G1
	G2	a1Q3G2	a2Q3G2	a3Q3G2
	G3	a1Q3G3	a2Q3G3	a3Q3G3

หมายเหตุ ระยะยกบาน G0 = 0.5 เซนติเมตร G1 = 1 เซนติเมตร G2 = 2 เซนติเมตร G3 = 2.5 เซนติเมตร
อัตราการไหลในการทดลองกำหนดไว้ 3 ค่า

บทที่ 4

ลักษณะข้อมูลและผลการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง ลักษณะและรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง วิธีการและขั้นตอนในการเก็บข้อมูล วิธีการวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลลดฮดบานประตูระบาย ผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาโดยแบบจำลองชลศาสตร์ รวมถึงลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ทำการพิจารณา จากการทดลองทั้งในกรณีการไหลลดฮดบานประตูระบายที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และกรณีการไหลลดฮดบานประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ

4.1 ลักษณะข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ในขั้นตอนการทดลองทำการเก็บข้อมูลความลึกการไหล และข้อมูลความเร็วการไหลผ่านโปรแกรม LabVIEW สำหรับข้อมูลส่วนควบคุมการไหลทำการเก็บข้อมูลโดยใช้การจดบันทึกลักษณะข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม LabVIEW มีลักษณะข้อมูลแบบดิจิทัล ในขั้นตอนการเก็บบันทึกข้อมูล โปรแกรมสามารถกำหนดได้ว่าจะทำการเก็บบันทึกข้อมูลในรูปแบบใด ยกตัวอย่างเช่น เก็บข้อมูลในลักษณะของไฟล์ข้อมูล (Data file, *.dat) หรือจัดเก็บในรูปแบบสเปรดชีต (Spread sheet, *.xls) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดรูปแบบในการเก็บบันทึกข้อมูลให้บันทึกข้อมูลในรูปแบบสเปรดชีตเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ต่อไป การเก็บข้อมูลเนื่องจากลักษณะคลื่นในการทดลองต่างๆ กรณีศึกษามีลักษณะเป็นคลื่นยาว จึงไม่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลที่ค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลสูง (Sampling rate) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดใช้ค่าความถี่ในการเก็บข้อมูลเท่ากับ 2 ค่าต่อ 1 วินาที ทุกๆ การทดลอง

สำหรับข้อมูลที่เก็บบันทึกผ่านโปรแกรม LabVIEW ประกอบไปด้วย ข้อมูลความลึกการไหล 6 ตำแหน่ง และข้อมูลความเร็วการไหล 2 ตำแหน่ง รูปแบบรวมทั้งวิธีการที่ใช้ในการวัดและจัดเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ข้อมูลความลึกการไหล

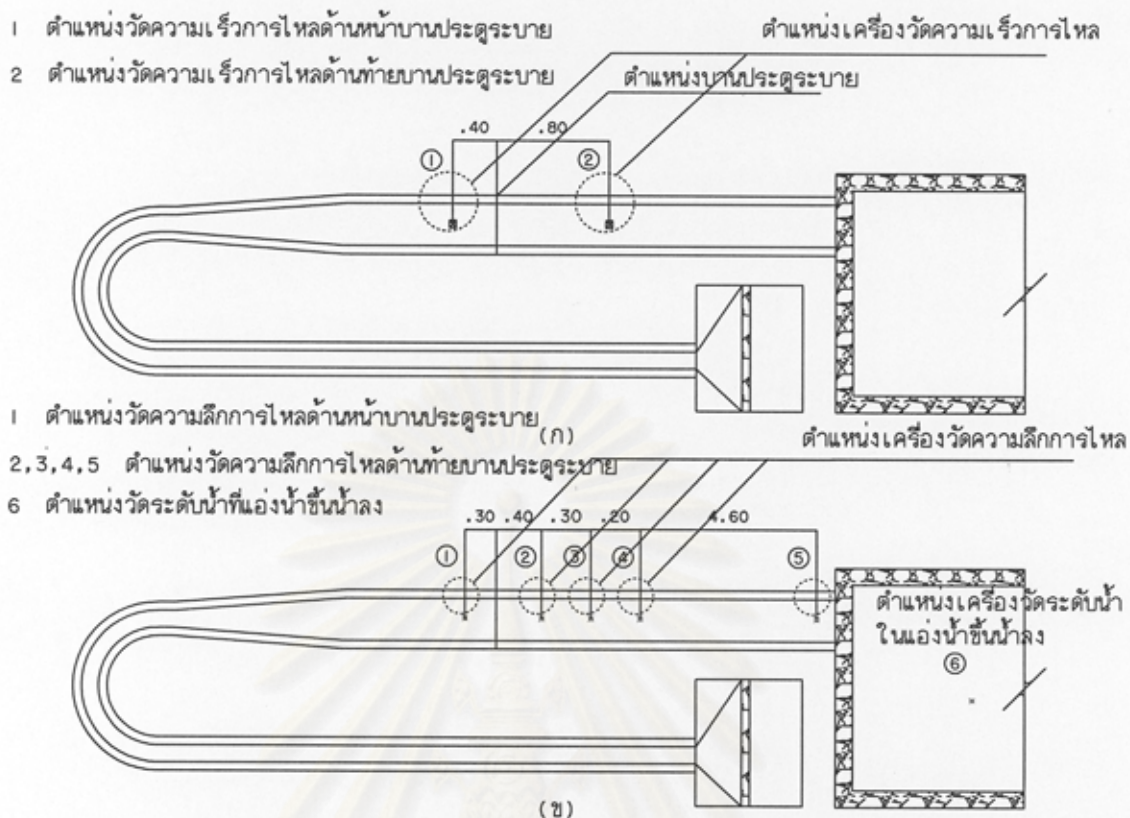
ในขั้นตอนการทดลอง ได้ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดความลึกการไหลในแบบจำลองทั้งหมด 6 ตำแหน่ง โดยติดตั้งบริเวณกึ่งกลางแอ่งคลื่น 1 ตำแหน่ง ข้อมูลที่ตำแหน่งนี้กำหนดให้เป็นข้อมูลของระดับน้ำทะเล และเป็นข้อมูลที่น่าไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าแอมพลิจูดคลื่น และค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง ส่วนการวัดข้อมูลความลึกการไหลอีก 5 ตำแหน่ง ติดตั้งในแบบจำลองทางน้ำ โดยติดตั้ง

บริเวณด้านหน้าบานประตูระบายจำนวน 1 ตำแหน่ง และด้านท้ายบานประตู 4 ตำแหน่ง มีรายละเอียดดังนี้ บริเวณด้านหน้าบานประตูระบายติดตั้งห่างจากบานประตู 0.30 เมตร สำหรับด้านท้ายบานประตู ติดตั้งห่างจากบานประตู 0.40 เมตร, 0.70 เมตร 0.90 เมตร และ 5.50 เมตร ตามลำดับ สำหรับข้อมูลที่กำหนดให้เป็นตัวแทนของความลึกด้านท้ายบานคือ ค่าเฉลี่ยระหว่างตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3 คือที่ระยะ 0.70 และ 0.90 เมตรจากบานประตู เนื่องจากในการศึกษาทำการกำหนดหน้าตัดการไหลตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย โดยตำแหน่งที่วัดและเก็บบันทึกข้อมูลด้านหน้าบานประตูระบาย กำหนดที่ระยะ 0.40 เมตรจากบานประตูระบาย ตำแหน่งที่วัดและเก็บบันทึกข้อมูลด้านท้ายบานประตูระบายกำหนดที่ระยะ 0.80 เมตรจากบานประตูระบาย ซึ่งที่ระยะ 0.80 เมตรจากบานประตูเป็นระยะที่ได้รับผลกระทบจากความปั่นป่วนของกระแสที่ไหลลดบานประตูค่อนข้างน้อย ทำให้ข้อมูลที่วัดได้มีการแกว่งตัวค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงกำหนดให้ตำแหน่งหน้าตัดท้ายบานประตูอยู่ที่ระยะ 0.80 เมตรจากบานประตูระบาย แต่ที่ระยะนี้ได้ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วไหล ทำให้ไม่สามารถติดตั้งเครื่องมือวัดความลึกการไหลซ้อนทับที่ตำแหน่งเดียวกันได้ ดังนั้นจึงติดตั้งเครื่องมือวัดความลึกการไหลที่ระยะ 0.70 เมตร และ 0.90 เมตร จากบานประตู และใช้ค่าเฉลี่ยของความลึกการไหลที่ระยะ 0.70 เมตร และ 0.90 เมตร เป็นตัวแทนความลึกการไหลด้านท้ายบานประตู ความลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบาย คำนวณได้จากสมการ 4-1 รายละเอียดและตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัดความสูงคลื่นแสดงในรูป 4-1

$$H_3 = \frac{(H_{L=0.70} + H_{L=0.90})}{2} \quad (4-1)$$

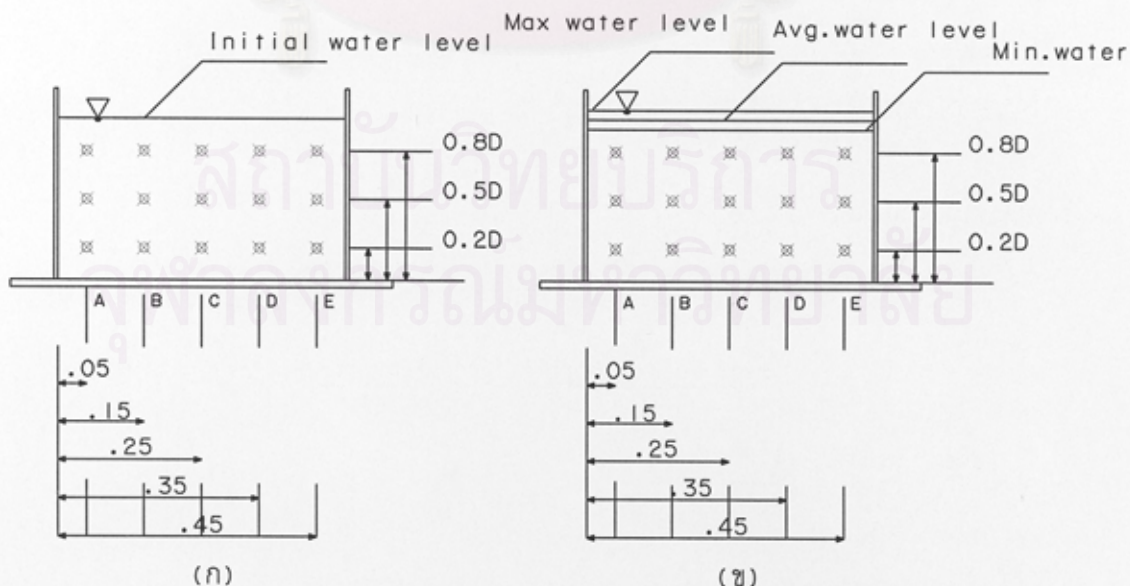
โดยที่	H_3	หมายถึง	ความลึกการไหลด้านท้ายบาน
	$H_{L=0.70}$	หมายถึง	ความลึกการไหลที่ตำแหน่ง 0.70 เมตร จากบานประตูระบาย
	$H_{L=0.90}$	หมายถึง	ความลึกการไหลที่ตำแหน่ง 0.90 เมตร จากบานประตูระบาย

ส่วนตำแหน่งหน้าบานประตูกำหนดที่ระยะ 0.40 เมตร จากบานประตูระบาย แต่ในการวัดความลึกการไหลไม่สามารถวัดที่ระยะ 0.40 เมตรจากบานประตูระบายได้ เนื่องจากที่ตำแหน่ง 0.40 เมตรจากบานประตูระบาย ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วการไหล ในการศึกษาครั้งนี้จึงติดตั้งเครื่องมือวัดความลึกการไหลให้เยื้องจากตำแหน่งหน้าบานเล็กน้อย โดยกำหนดที่ระยะ 0.30 เมตรจากบานประตูระบาย และได้ทำการวัดเพื่อเปรียบเทียบค่าความลึกการไหลที่ได้จากตำแหน่ง 0.40 เมตร และที่ตำแหน่ง 0.30 เมตร จากบานประตูระบาย พบว่า ค่าความลึกการไหลที่วัดได้มีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดให้ค่าความลึกการไหลที่วัดได้ ณ ตำแหน่ง 0.30 เมตร จากบานประตูระบาย เป็นค่าความลึกการไหลด้านหน้าบานประตู (H_1)



รูป 4-1 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด
 ก) เครื่องวัดความเร็วการไหล ข) เครื่องวัดความเร็วการไหล

$$\text{Avg. water level} = \frac{\text{Max. water level} - \text{Min. water level}}{2}$$



รูป 4-2 ตำแหน่งวัดค่าความเร็วการไหลในหน้าตัดทางน้ำ
 ก) กรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำชั้นน้ำลง
 ข) กรณีศึกษาได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำชั้นน้ำลง

การติดตั้งเครื่องมือวัดความลึกการไหล ต้องติดตั้งให้เครื่องมือหันเส้นลวดรับสัญญาณ เข้าหาทิศทางการไหลของน้ำ โดยส่วนรับสัญญาณต้องแช่อยู่ในน้ำไม่ต่ำกว่า 1 เซนติเมตร และติดตั้งที่ตำแหน่งกึ่งกลางทางน้ำ การทำงานของเครื่องมือวัดความสูงคลื่นนี้ เป็นการวัดประจุไฟฟ้าบนเส้นลวดที่เปลี่ยนแปลงตามระดับน้ำ จากนั้นจะส่งสัญญาณต่อไปยังส่วนแสดงผล เพื่อแปลงให้เป็นค่าความต่างศักย์ และส่งข้อมูลที่เก็บบันทึกได้เข้ากับคอมพิวเตอร์ ผ่านการ์ดแปลงสัญญาณ A/D รุ่น DAQ card รุ่น 6024E ควบคุมการทำงานโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ LabVIEW สำหรับรายละเอียดการปรับเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่นแสดงในภาคผนวก ค

4.1.2 ข้อมูลความเร็วการไหล

ข้อมูลความเร็วการไหลในทางน้ำ สามารถเก็บบันทึกข้อมูลได้โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ซึ่งควบคุมการวัด และบันทึกข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ 2 เครื่อง โดยที่เครื่องมือวัดทั้ง 2 เครื่อง สามารถวัดและเก็บบันทึกข้อมูลความเร็วการไหลได้ทั้ง 2 ทิศทาง แต่ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาความเร็วการไหลในทิศทางตามกระแสน้ำเพียงทิศทางเดียว ในการติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วการไหล ทำการติดตั้งในแบบจำลองชลศาสตร์บริเวณด้านหน้าบานประตูระบาย 1 ตำแหน่ง ที่ระยะห่างจากบานประตูระบาย 40 เซนติเมตร และที่ด้านท้ายบานประตูระบาย 1 ตำแหน่ง ที่ระยะห่างจากบานประตูระบาย 80 เซนติเมตร ในการวัดข้อมูลความเร็วการไหลเพื่อคำนวณหาค่าอัตราการไหล ทำโดยวัดความเร็วการไหลในหน้าตัดทางน้ำตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ เพื่อหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยของหน้าตัด โดยในการวัดความเร็วการไหลตามแนวตั้งของหน้าตัดวัด 3 ตำแหน่ง ส่วนในแนวราบของหน้าตัด วัด 5 ตำแหน่ง รวมแล้วในหน้าตัดจะวัดความเร็วการไหล 15 ตำแหน่ง

ในการศึกษาครั้งนี้รูปแบบการไหลมีทั้งกรณีที่เป็นการไหลเป็นแบบคงตัว และการไหลแบบไม่คงตัว อันเนื่องมาจากผลกระทบของอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ ในกรณีที่มีการไหลเป็นแบบคงตัวหรือกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ ความลึกการไหลที่หน้าตัดมีค่าคงที่ ดังนั้นในการวัดค่าความเร็วการไหลสามารถกำหนดตำแหน่งวัดข้อมูลที่คงที่ได้ โดยวัดความเร็วการไหลที่ระยะ 0.2 0.5 และ 0.8 เท่าของความลึกการไหลที่ตำแหน่งหน้าตัดนั้นๆ สำหรับกรณีศึกษาการไหลแบบไม่คงตัว หรือการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ เนื่องจากระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดระดับที่แน่นอนในการวัดได้ ในการทดลองจึงใช้ค่าเฉลี่ยระหว่างระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่หน้าตัดนั้นๆ เป็นตัวแทนค่าความลึกการไหลที่หน้าตัดนั้นๆ แล้วจึงวัดค่าความเร็วการไหลที่ตำแหน่ง 0.2 0.5 และ 0.8 เท่าของความลึกการไหลเฉลี่ยที่คำนวณได้ ดังนั้นในการทดลองทุกครั้งจึงต้องทำการหา

ตำแหน่งที่ทำการวัดโดยหาค่าเฉลี่ยระหว่างระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดของหน้าตัดก่อน หลังจาก นั้นจึงทำการกำหนดตำแหน่งวัดความเร็วการไหลและวัดความเร็วการไหลตามตำแหน่งที่กล่าวมา เพื่อวัดความเร็วการไหลตามแนวตั้งของหน้าตัดทางน้ำ

สำหรับการวัดความเร็วการไหลแนวราบ แบ่งระยะวัดความเร็วการไหลเป็น 5 ตำแหน่ง ตามความกว้างของทางน้ำ คือ ที่ระยะ 5, 15, 25, 35 และ 45 เซนติเมตร จากผนังทางน้ำ (หน้าตัด A, B, C, D และ E ตามลำดับ) รายละเอียดและตำแหน่งที่เครื่องมือวัดความเร็วการไหลแสดงใน รูป 4-2

เนื่องจากรูปแบบการไหลในการทดลองมีทั้งกรณีที่เป็นการไหลเป็นแบบคงตัว และไม่คง ตัว สำหรับกรณีที่เป็นการไหลแบบไม่คงตัว ค่าระดับน้ำและค่าความเร็วการไหลมีการเปลี่ยนแปลง ตลอดเวลาตามการขึ้นลงของน้ำขึ้นน้ำลง ดังนั้นในการวัดข้อมูลความเร็วการไหลจำเป็นต้องวัด และเก็บบันทึกข้อมูลแบบตลอดเวลาที่ทำการทดลอง แต่เนื่องจากเครื่องมือวัดความเร็วการไหล ที่สามารถเก็บบันทึกข้อมูลแบบตลอดเวลาเมื่ออยู่จำกัด ทำให้ไม่สามารถวัดข้อมูลความเร็วการไหล ทุกๆ ตำแหน่งทั้ง 15 ตำแหน่ง ในหน้าตัดทางน้ำพร้อมกันได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีวัดความเร็วการไหล ในแต่ละตำแหน่งทีละตำแหน่งต่อๆ กันไปทั้ง 15 ตำแหน่ง แล้วกำหนดว่าคลื่นทุกๆ ลูกมีลักษณะ เหมือนกัน ดังนั้นที่เวลาเดียวกันของแต่ละลูกคลื่น ลักษณะความเร็วและความลึกการไหลของ คลื่นมีค่าเท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถเก็บข้อมูลความลึกการไหลและข้อมูลความเร็วการไหลทั้ง 15 ตำแหน่งของหน้าตัดทางน้ำ ตามช่วงเวลา 1 ลูกคลื่นได้

ในการทดลองทำการวัดข้อมูลความเร็วการไหลในแต่ละตำแหน่งเป็นเวลาประมาณ 1500 วินาที หรือช่วงเวลา 3 ลูกคลื่น การที่กำหนดใช้ช่วงเวลา 3 ลูกคลื่นในการเก็บข้อมูลในแต่ละ ตำแหน่ง เพื่อเลือกข้อมูลความลึกการไหลและข้อมูลความเร็วการไหลเพียงช่วงเวลา 1 ลูกคลื่น หรือประมาณ 500 วินาที เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลในช่วงเวลานั้นๆ ต่อไป

4.1.3 ข้อมูลส่วนควบคุมการไหล

การเก็บข้อมูลในการทดลองนอกจากข้อมูลความลึกการไหล และ ข้อมูลความเร็วการไหล ในการทดลองแต่ละกรณีศึกษา ต้องทำการเก็บข้อมูลในส่วนต่างๆ ควบคู่ไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลผลต่างของระดับปรอทในมานอมิเตอร์ ซึ่งนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลเข้า แบบจำลองชลศาสตร์ ข้อมูลความลึกการไหลด้านหน้าฝายสันกว้าง ข้อมูลอัตราการไหลของชุด ระบายน้ำจากแอ่งคลื่น รวมถึงข้อมูลรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ เช่น วันที่และระยะเวลาที่ใช้ใน การทดลอง คุณสมบัติของน้ำในขณะที่ทำการทดลอง เป็นต้น

ข้อมูลผลต่างของระดับปรอทในमानอมิเตอร์ เป็นตัวกำหนดค่าอัตราการไหลในแต่ละ การทดลอง และเป็นตัวแปรที่ใช้ชี้วัดว่า ค่าอัตราการไหลในการทดลองนั้นๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดลอง โดยดูจากการที่ระดับผลต่างของปรอทไม่มีการเปลี่ยนแปลงใน ระหว่างการทดลอง ข้อมูลความลึกการไหลของน้ำด้านหน้าฝายสันกว้างเป็นตัวบ่งชี้ว่า อัตราการ ไหลทางด้านต้นน้ำไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ โดยสังเกตจากระดับน้ำ ด้านหน้าฝายสันกว้างไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับข้อมูลอัตราการไหลของชุดระบายน้ำจากแอ่ง คลื่นเป็นตัวกำหนดว่า อัตราการไหลเข้ามาในแอ่งคลื่นกับอัตราการไหลออกจากแอ่งคลื่นมีค่าเท่า กัน ในการทดลองสามารถดูได้จากเส้นกราฟค่าระดับน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ จากโปรแกรม LabVIEW ซึ่งโปรแกรมสามารถแสดงค่าความลึกการไหล และความเร็วการไหลเทียบกับเวลาผ่านทางหน้า จอคอมพิวเตอร์ โดยแสดงภาพกราฟฟิกเป็นเส้นกราฟความลึกการไหล และความเร็วการไหล เทียบกับเวลา โดยลักษณะของข้อมูลเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Real time)

4.2 การไหลลodbานประตุระบายกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ที่มีผลกระทบต่อค่าอัตราการ ไหลลodbานประตุระบาย ดังนั้นในการที่จะพิสูจน์ว่าน้ำขึ้นน้ำลงมีผลต่อค่าอัตราการไหลลodbาน ประตุระบายหรือไม่นั้น ต้องทำการศึกษาในกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง จาก นั้นนำผลการศึกษาที่ได้ เปรียบเทียบกับผลการศึกษากกรณีการไหลลodbานประตุระบายที่ได้รับ อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอน และวิธีในการวิเคราะห์หาค่าอัตราการ ไหลลodbานประตุระบาย รวมทั้งผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองชลศาสตร์ ในกรณีการไหลลodbานประตุระบายที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

4.2.1 การคำนวณอัตราการไหลลodbานประตุระบาย

ในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลลodbานประตุระบายในกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่อง จากน้ำขึ้นน้ำลง สามารถคำนวณหาได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกวัดจากถังชั่งน้ำหนักที่ติดตั้งในแบบจำลอง ชลศาสตร์บริเวณแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง เนื่องจากในการทดลองกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำ ลง ทำการควบคุมระดับน้ำด้านท้ายน้ำจากประตูควบคุมระดับน้ำที่ตำแหน่งหน้าแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง ดังนั้นจึงสามารถติดตั้งถังชั่งน้ำหนักน้ำในแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงได้ สำหรับวิธีที่สองคำนวณค่าอัตรา การไหลลodbานประตุระบายจากการหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยของหน้าตัดทั้งที่ตำแหน่งหน้า บานประตุระบาย และด้านท้ายบานประตุระบาย แล้วนำมาคูณกับความลึกการไหลและความ กว้างท้องน้ำที่หน้าตัดนั้นๆ การคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่หน้าตัดการไหลที่พิจารณา คำนวณ ได้จากสมการ 4-2 หลังจากนั้นนำค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้ทั้งที่ตำแหน่งหน้าบานประตุ

ระบาย และที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบายไปทำการคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายต่อไป สำหรับวิธีการคำนวณหาค่าอัตราการไหล ณ ตำแหน่งบานประตูระบายจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป

$$Q = \bar{V} * H * b \quad (4-2)$$

โดยที่	Q	หมายถึง	อัตราการไหลที่หน้าตัดที่พิจารณา
	\bar{V}	หมายถึง	ค่าความเร็วเฉลี่ยการไหลในหน้าตัด
	H	หมายถึง	ความลึกการไหลที่หน้าตัดที่พิจารณา
	b	หมายถึง	ความกว้างทางน้ำ

เหตุผลในการวัดอัตราการไหลทั้ง 2 วิธี เพื่อเป็นการตรวจสอบค่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีการหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยของหน้าตัดทั้งหน้าบาน และท้ายบานเทียบกับอัตราการไหลที่ได้จากการวัดโดยถังชั่งน้ำหนัก-จับเวลา ว่ามีความถูกต้องเพียงพอหรือไม่ เพราะเมื่อทำการทดลองกรณีศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายที่ได้รับที่รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำจะใช้วิธีการวัดอัตราการไหลจากถังชั่งน้ำหนักไม่ได้เพราะเป็นการไหลแบบไม่คงตัว ต้องใช้การคำนวณหาค่าอัตราการไหลจากสมการ 4-2 โดยการวัดความเร็วการไหลของหน้าตัด ณ เวลานั้นๆ เพียงวิธีการเดียว

สำหรับการหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยของหน้าตัดทางน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดวิธีการหาค่าความเร็วเฉลี่ยโดยใช้วิธีสร้างเส้นชั้นความเร็วจากข้อมูลความเร็วการไหลทั้ง 15 ตำแหน่งที่ทำการเก็บบันทึกจากเครื่องมือวัดความเร็วการไหลในแบบจำลอง เมื่อได้เส้นชั้นความเร็ว ทำการหาพื้นที่แต่ละช่วงของเส้นชั้นความเร็ว จากนั้นจึงนำไปคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ยของทางน้ำตามสมการ 4-3

$$V_{avg} = \frac{\left(V \left(\frac{i_1+i_2}{2} \right) A \left(\frac{i_1+i_2}{2} \right) + V \left(\frac{i_2+i_3}{2} \right) A \left(\frac{i_2+i_3}{2} \right) + \dots + V \left(\frac{i_n+i_{n+1}}{2} \right) A \left(\frac{i_n+i_{n+1}}{2} \right) \right)}{A_{total}} \quad (4-3)$$

โดยที่	V_{avg}	หมายถึง	ความเร็วการไหลที่หน้าตัดที่พิจารณา
	$V \left(\frac{i_1+i_2}{2} \right)$	หมายถึง	ความเร็วเฉลี่ยช่วงระหว่างเส้นชั้นความเร็ว

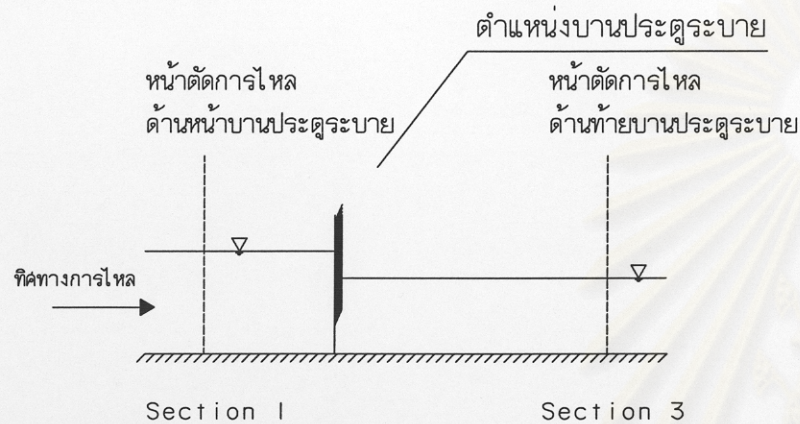
$A \left(\frac{i_1 + i_2}{2} \right)$	หมายถึง	พื้นที่ระหว่างเส้นชั้นความเร็ว
A_{total}	หมายถึง	พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของทางน้ำมีค่าเท่ากับ $(b \cdot H)$

หลังจากได้ค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยของหน้าตัดทั้งตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และตำแหน่งท้ายบานประตูระบายแล้ว นำค่าความเร็วเฉลี่ยที่คำนวณได้ คูณกับค่าความลึกการไหล และความกว้างทางน้ำดังสมการ 4-2 จะได้ค่าอัตราการไหลในหน้าตัดนั้นๆ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ มุ่งเน้นไปที่การหาค่าอัตราการไหลลดอบานประตูระบาย แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะวัดค่าความเร็วการไหล ณ ตำแหน่งบานประตูระบายได้ ดังนั้นจึงทำการวัดค่าความเร็วการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและตำแหน่งท้ายบานประตู เพื่อไปคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่หน้าบานประตูและท้ายบานประตู จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตู โดยใช้วิธีเทียบกับอัตราส่วนระยะห่าง เนื่องจากระยะห่างระหว่างหน้าตัดที่วัดความเร็วการไหลด้านหน้าบาน กับบานประตูมีค่าไม่เท่ากับระยะห่างระหว่างหน้าตัดที่วัดความเร็วการไหลด้านท้ายบาน ประตูกับบานประตู ในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูคำนวณโดยเทียบจาก สัดส่วนระยะห่าง ในการคำนวณอัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายคำนวณได้สมการ 4-4

$$Q = Q_3 + \frac{(Q_1 - Q_3)}{(L_1 + L_3)} * L_3 \quad (4-4)$$

โดยที่	Q	หมายถึง	อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบาย
	Q_1	หมายถึง	อัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย
	Q_3	หมายถึง	อัตราการไหลที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย
	L_1	หมายถึง	ระยะห่างจากตำแหน่งวัดข้อมูลด้านหน้าบานถึงบานประตูระบาย
	L_3	หมายถึง	ระยะห่างจากตำแหน่งวัดข้อมูลด้านท้ายน้ำถึงบานประตูระบาย

ในการทดลองค่าระยะห่างจากตำแหน่งวัดข้อมูลด้านหน้าบานประตูระบาย ถึงบานประตูระบายมีค่าเท่ากับ 40 เซนติเมตร และระยะห่างจากตำแหน่งวัดข้อมูลด้านท้ายบานประตูระบาย ถึงบานประตูระบายมีค่าเท่ากับ 80 เซนติเมตร สำหรับรูป 4-3 แสดงวิเคราะห์อัตราการไหล ณ ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับอัตราการไหลที่หน้าบานประตู และท้ายบานประตู รูป 4-4 แสดงการกระจายความเร็วในหน้าตัดทั้งตำแหน่งหน้าบานประตูระบายและท้ายบานประตูระบาย กรณีศึกษา Q1G1na



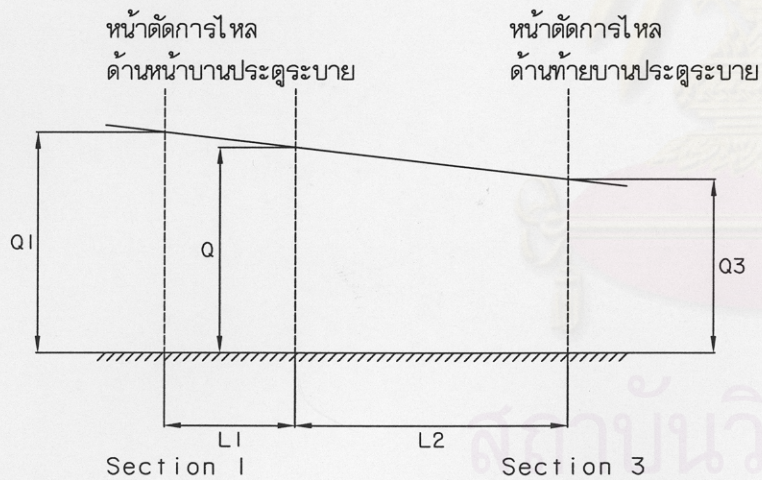
Q1 หมายถึง อัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย

Q2 หมายถึง อัตราการไหลที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย

Q หมายถึง อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบาย

L1 หมายถึง ระยะห่างระหว่างตำแหน่งหน้าตัดหน้าบานประตูระบาย ถึงบานประตูระบาย

L2 หมายถึง ระยะห่างระหว่างตำแหน่งหน้าตัดท้ายบานประตูระบาย ถึงบานประตูระบาย



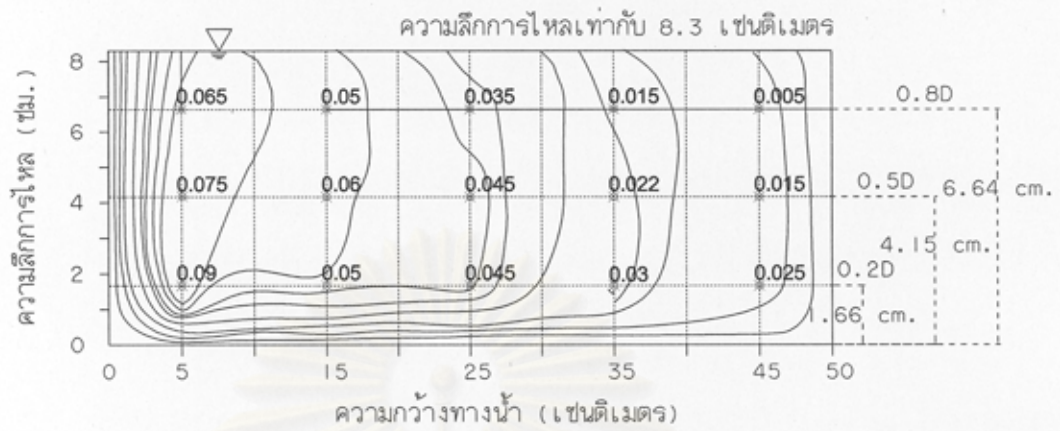
อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบาย (Q) คำนวณได้จากสมการ

$$Q = Q3 + (Q1 - Q3) / (L1 + L2) * L2$$

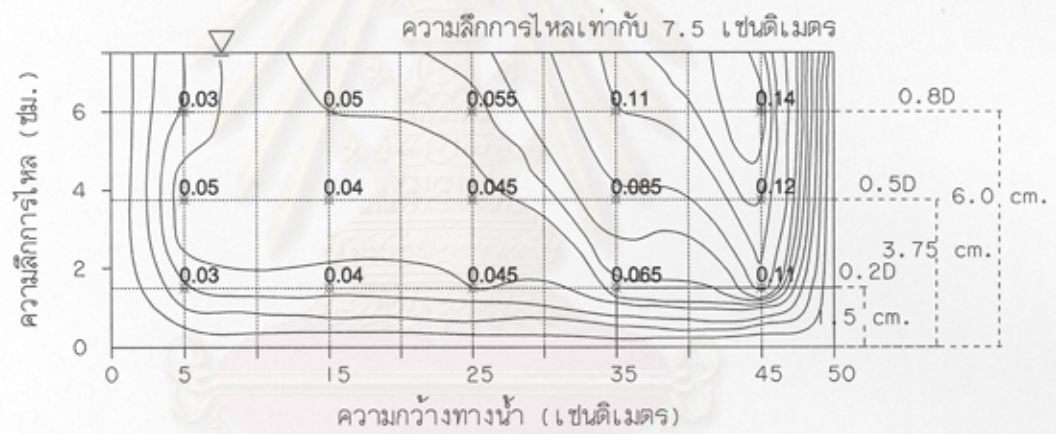
$$Q = Q3 + (Q1 - Q3) / (40 + 80) * 80$$

$$Q = Q3 + (Q1 - Q3) * 2/3$$

รูป 4-3 การคำนวณหาอัตราการไหล ณ ตำแหน่งบานประตูระบาย



(ก)



(ข)

รูป 4-4 การกระจายความเร็วในหน้าตัดทางน้ำกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้น-น้ำลง
กรณีศึกษา Q1G1nd

ก) ตำแหน่งหน้าบ้านประตูระบาย

ข) ตำแหน่งท้ายบ้านประตูระบาย

การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหล ที่ได้จากการคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ยของหน้าตัด เทียบกับ ค่าอัตราการไหลที่วัดได้จริงในแบบจำลองแสดงรายละเอียด ขั้นตอนการเปรียบเทียบ และผลการเปรียบเทียบในภาคผนวก ง

4.2.2 ผลการทดลองกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

ในการทดลองกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ กำหนดกรณี ทดลองย่อยทั้งหมด 17 กรณี โดยมีตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา 2 ตัวแปร คือ ค่าอัตราการไหล และ ระยะยกบานประตู ชุดการทดลองกำหนดช่วงอัตราการไหลตั้งแต่ 1.5 – 3.3 ลิตร / วินาที และค่า ระยะยกบานประตู ตั้งแต่ 1 – 3 เซนติเมตร

การวัดค่าอัตราการไหลกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทำการวัด 2 วิธี คือ วัด โดยถังซึ่งน้ำหนักที่ติดตั้งในอ่างคลื่น และวัดจากวิธีการคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ยของหน้าตัด ดังที่ได้กล่าวมา แต่ในการแสดงผลสำหรับกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ใช้ค่าอัตราการไหลที่วัดได้จากถังซึ่งน้ำหนักเพียงวิธีเดียว สำหรับข้อมูลความลึกการไหล ใช้ข้อมูลความลึก การไหลที่เก็บจากเครื่องวัดความลึกการไหล และเก็บบันทึกข้อมูลผ่านโปรแกรม LabVIEW จากนั้นหาเส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลเพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ผลการ ทดลองการไหลลดบานประตูระบายกรณีไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงแสดงในตาราง 4-1 สำหรับรูป 4-5 แสดงลักษณะข้อมูลที่เก็บได้จากโปรแกรม LabVIEW ซึ่งแสดงทั้งข้อมูลความเร็ว การไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบายและท้ายบานประตูระบาย ข้อมูลความลึกการไหลที่ ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ข้อมูลความลึกการไหลด้านท้ายบานประตูระบาย ข้อมูลระดับน้ำ ที่ตำแหน่งอ่างคลื่น ลักษณะและรูปแบบของข้อมูลในช่วงขั้นตอนการเตรียมการทดลองจนถึงช่วง เวลาที่เริ่มเก็บบันทึกข้อมูล รวมถึงชุดข้อมูลที่เก็บบันทึกของตำแหน่งต่างๆ ที่วัดในแบบจำลองชล ศาสตร์ รูป 4-5 เป็นข้อมูลของกรณีศึกษา Q1G1na

4.3 การไหลลดบานประตูระบายกรณีศึกษาได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

ในกรณีศึกษาการไหลลดบานประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ทางด้านท้าย น้ำ เป็นการจำลองรูปแบบการไหลลดบานประตูระบายน้ำในทางน้ำที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำ ลงทางด้านท้ายน้ำ ซึ่งเป็นลักษณะบานประตูระบายที่อยู่บริเวณใกล้ทะเล และได้รับผลกระทบ จากการขึ้นลงของน้ำทะเล ในการศึกษาคั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลลด บานประตูระบาย ซึ่งได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ รูปแบบของค่าอัตราการไหลว่า

ตาราง 4-1 ตารางบันทึกข้อมูลการทดลองกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ด้านท้ายน้ำ

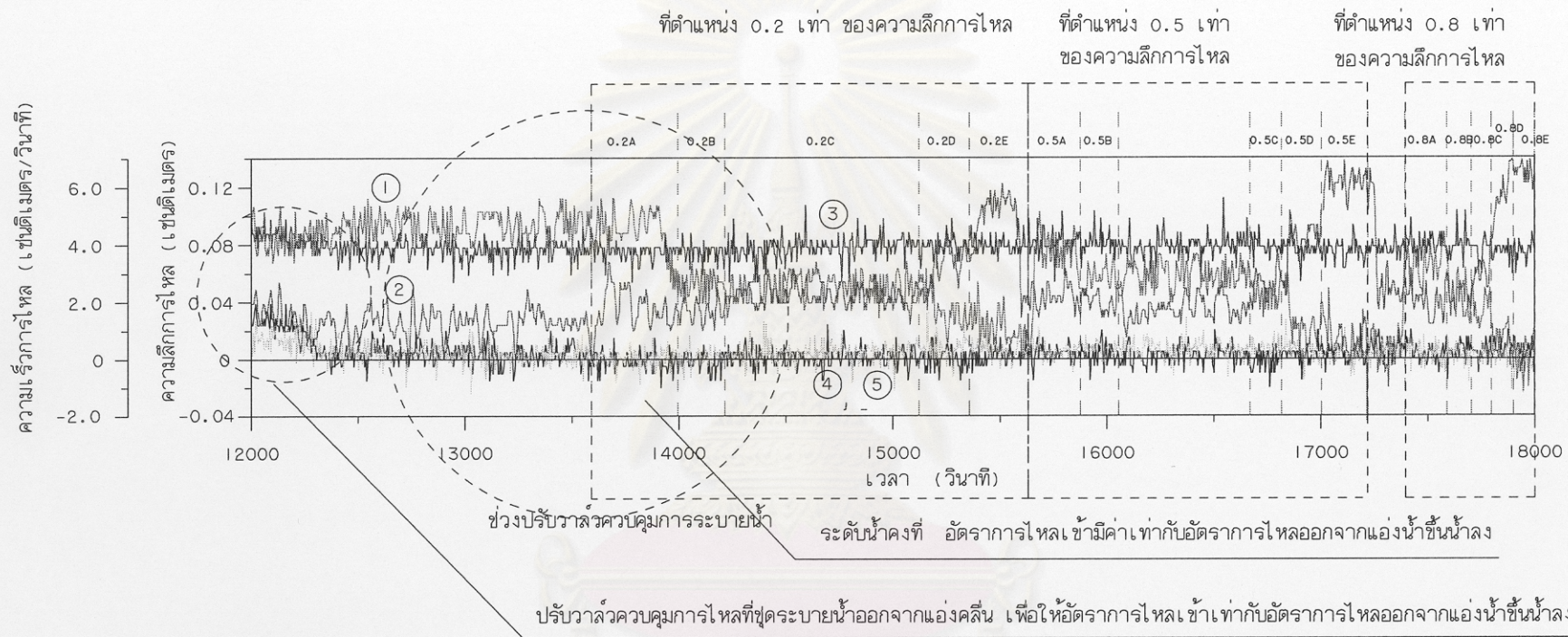
กรณีศึกษา	เครื่องชั่งน้ำหนักน้ำ								G ₀	H ₁	H ₃	H ₁ -H ₃	V ₁	V ₃	Fr ₁	Fr ₃
	ปริมาณน้ำ	เวลา			อัตราการไหล			อัตราการไหลเฉลี่ย								
		(ลิตร)	(วินาที)	(วินาที)	(วินาที)	(ลิตร/วินาที)	(ลิตร/วินาที)									
Q1G1na	200	127.2	125.9	125.8	1.57	1.59	1.59	1.584	1	9.84	8.15	1.69	3.22	3.89	0.033	0.043
Q1G2na	200								1.5	9.46	9.09	0.37	3.35	3.48	0.035	0.037
Q1G3na	200								2	9.09	8.96	0.13	3.48	3.53	0.037	0.038
Q2G1na	200	99.3	99.6	100.7	2.02	2.01	1.99	2.004	1	8.35	6.11	2.24	4.80	6.56	0.053	0.085
Q2G2na	200								1.5	7.76	6.89	0.87	5.16	5.82	0.059	0.071
Q2G3na	200								2	7.48	7.09	0.39	5.36	5.65	0.063	0.068
Q2G4na	200								2.5	7.14	7.07	0.07	5.61	5.67	0.067	0.068
Q3G1na	200	79.0	79.8	80.3	2.53	2.51	2.49	2.509	1	10.69	6.92	3.77	4.69	7.25	0.046	0.088
Q3G2na	200								1.5	9.54	8.14	1.4	5.26	6.16	0.054	0.069
Q3G3na	200								2	9.48	8.82	0.66	5.29	5.69	0.055	0.061
Q3G4na	200								2.5	9.37	9.05	0.32	5.36	5.54	0.056	0.059
Q3G5na	200								3	9.14	9.07	0.07	5.49	5.53	0.058	0.059
Q4G1na	200	61.8	62.3	62.6	3.24	3.21	3.20	3.214	1	10.55	5.28	5.27	6.09	12.18	0.06	0.169
Q4G2na	200								1.5	7.07	5.24	1.83	9.09	12.27	0.109	0.171
Q4G3na	200								2	6	5.21	0.79	10.71	12.34	0.14	0.173
Q4G4na	200								2.5	5.67	5.3	0.37	11.34	12.13	0.152	0.168
Q4G5na	200								3	10.15	9.86	0.29	6.33	6.52	0.063	0.066

หมายเหตุ na หมายถึงกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ

* การวัดอัตราการไหลวัดจากถังชั่งน้ำหนักโดยใช้ตุ้มน้ำหนักถ่วง 2 กิโลกรัม เทียบเท่ากับปริมาณน้ำ 200 ลิตร

H₁ หมายถึง ความลึกการไหลที่ตำแหน่งด้านหน้าบานประตูระบาย

H₂ หมายถึง ความลึกการไหลที่ตำแหน่งด้านท้ายบานประตูระบาย



- | | | |
|---|---|--|
| 1 ความเร็วการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย | 2 ความเร็วการไหลที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย | 3 ความลึกการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย |
| 4 ความลึกการไหลที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย | 5 ระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง | |

รูป 4-5 ลักษณะชุดข้อมูลและการเลือกช่วงการเก็บบันทึกข้อมูลจากโปรแกรม LabVIEW

มีลักษณะหรือการเปลี่ยนแปลงเช่นไร รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่พิจารณาเทียบกับค่าอัตราการไหลลดabanประตุระบาย

4.3.1 การคำนวณอัตราการไหลลดabanประตุระบาย

เนื้อหาในส่วนนี้กล่าวถึงวิธีการและขั้นตอนในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลลดabanประตุระบาย สำหรับวิธีการคำนวณอัตราการไหลลดabanประตุระบายกรณีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านทำยนน้ำ ใช้วิธีการคำนวณโดยหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยของหน้าตัด ที่ตำแหน่งหน้าบานประตุระบายและตำแหน่งทำยนบานประตุระบาย แล้วจึงนำมาคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตุระบาย โดยใช้วิธีเทียบตามอัตราส่วนตามสมการที่ 4-4 สำหรับขั้นตอนการคำนวณหาค่าอัตราการไหล เหมือนกับที่ทำการคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตุกรณีไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

4.3.2 ผลการทดลองกรณีศึกษาได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านทำยนน้ำ

ผลการทดลองการไหลลดabanประตุระบายกรณีได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงประกอบ ด้วย ค่าความเร็วการไหล และความลึกการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตุระบาย และทำยนบานประตุระบาย เทียบกับระยะเวลา ในการกำหนดรูปแบบการทดลองได้ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละตำแหน่งในหน้าตัดทางน้ำทั้ง 15 ตำแหน่ง ประมาณตำแหน่งละ 1500 วินาที หรือ เท่ากับ 3 ลูกคลื่น หลังจากนั้นพิจารณาเลือกลูกคลื่นที่ดีที่สุดมาใช้ในการวิเคราะห์ในการวิเคราะห์ความเร็วการไหลและความลึกการไหลของแต่ละตำแหน่งในหน้าตัดทางน้ำ

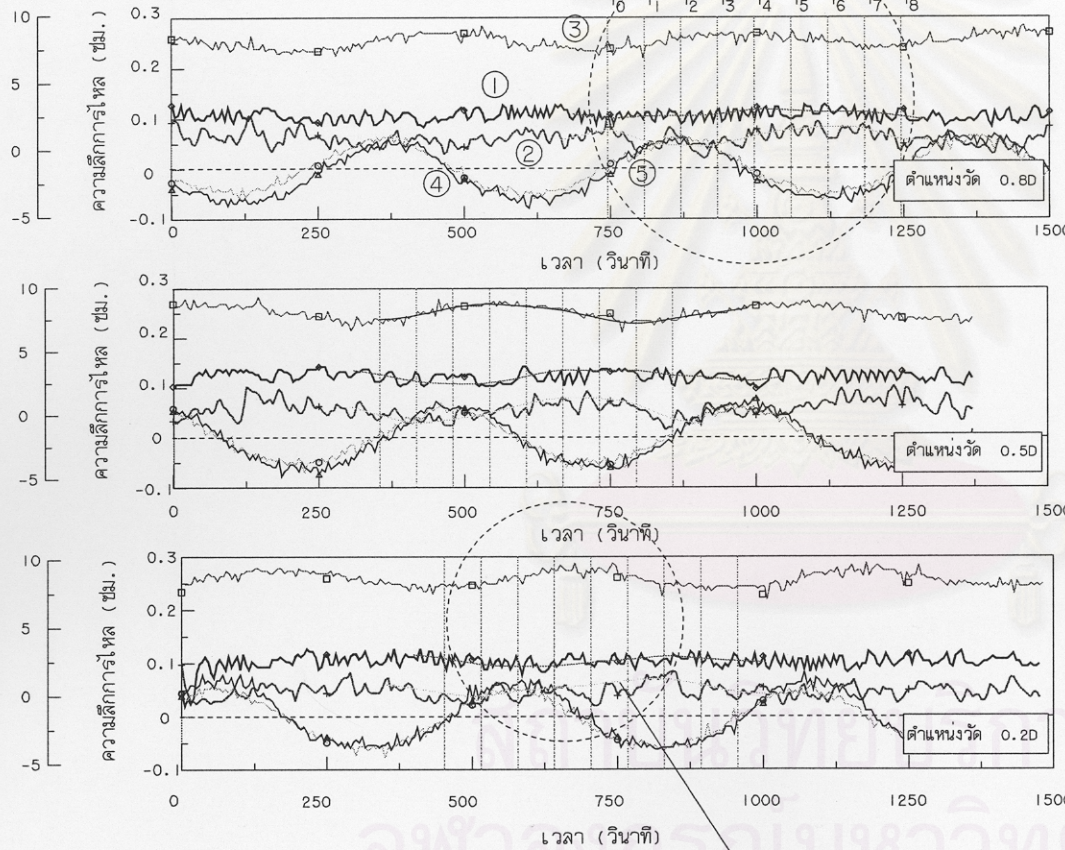
การพิจารณาเลือกลูกคลื่นที่ดีที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทำได้โดยสังเกตจากรูปแบบของข้อมูล ในการเลือกลูกคลื่นทำการเลือกลูกคลื่นที่ไม่ได้รับผลกระทบจากความผิดพลาดที่เกิดจากการทดลอง ยกตัวอย่างเช่น การเลื่อนตำแหน่งเครื่องวัดความเร็วการไหล หรือข้อผิดพลาดเกี่ยวกับการทดลองต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ รูป 4-6 แสดงการเลือกลูกคลื่นที่สมบูรณ์ที่สุด มาใช้ในการวิเคราะห์ รวมทั้งแสดงลักษณะของข้อมูลจากการทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์ที่เก็บผ่านโปรแกรม LabVIEW โดยข้อมูลที่น่าไปใช้ในการวิเคราะห์ คือข้อมูลความเร็วการไหลในตำแหน่งหน้าบานประตุระบาย และตำแหน่งทำยนบานประตุระบาย ความลึกการไหลหน้าบานประตุระบายและด้านทำยนบานประตุระบาย รวมทั้งข้อมูลระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง หลังจากเลือกได้ลูกคลื่นที่สมบูรณ์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แต่เนื่องจากข้อมูลที่เก็บได้มีค่ารบกวนค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการตัดค่ารบกวนออกเพื่อหาเส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลหรือเส้นตัวแทนข้อมูลที่เก็บได้จากแบบจำลอง เนื่องจากค่ารบกวนที่เกิดขึ้นไม่มีนัยสำคัญต่อการ

- 1 ข้อมูลความเร็วการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตู
- 2 ข้อมูลความเร็วการไหลที่ตำแหน่งท้ายบานประตู
- 3 ข้อมูลความลึกการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตู
- 4 ข้อมูลความลึกการไหลที่ตำแหน่งท้ายบาน
- 5 ข้อมูลระดับน้ำที่อ่างน้ำขึ้นน้ำลง

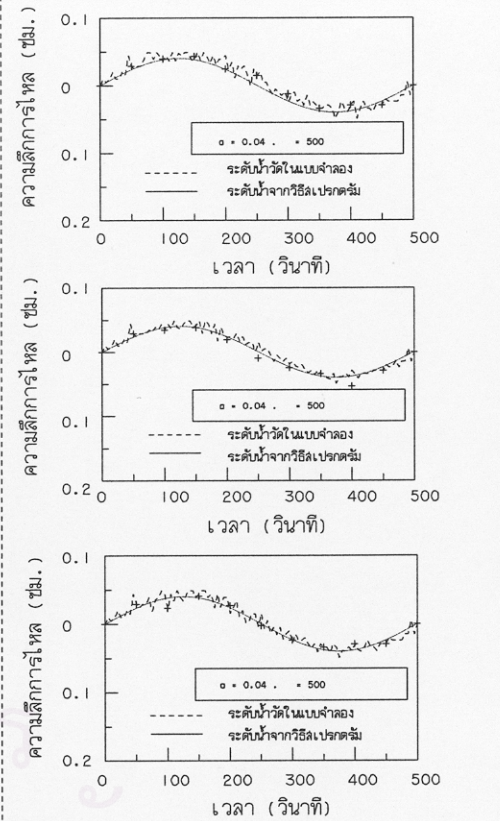
ลูกคลื่นที่เหมาะสมที่สุดในกรนำข้อมูลความเร็วการไหล
และความลึกการไหลไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ลักษณะลูกคลื่นด้วยวิธีสเปกตรัม

ความเร็วการไหล (ซม./วินาที) ความเร็วการไหล (ซม./วินาที) ความเร็วการไหล (ซม./วินาที)



ชุดข้อมูล 5



ลักษณะ เส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยสายตา
สำหรับชุดข้อมูล 1- 4

รูป 4-6 การเลือกลูกคลื่นที่เหมาะสมและการหาเส้นแนวโน้มข้อมูล

ตาราง 4-2 ข้อมูลความเร็วการไหล และข้อมูลความลึกการไหลที่ ณ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตูที่เวลาต่างๆ กรณีศึกษา a1Q1G0

ตำแหน่ง	เวลา	ความสูงคลื่น (ซม.)			ความเร็วการไหล														
		H ₁	H ₃	H ₁ -H ₃	หน้าตัดA			หน้าตัดB			หน้าตัดC			หน้าตัดD			หน้าตัดE		
					0.2D	0.5D	0.8D	0.2D	0.5D	0.8D	0.2D	0.5D	0.8D	0.2D	0.5D	0.8D	0.2D	0.5D	0.8D
ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย	t0	9.87		2.32	1.093	1.274	1.006	1.119	0.996	0.775	0.834	0.844	0.764	0.537	0.559	0.487	0.573	0.514	0.530
	t1	9.95		2.06	0.980	1.129	1.045	1.062	0.898	0.755	0.752	0.778	0.712	0.459	0.444	0.400	0.469	0.325	0.469
	t2	10.11		1.99	0.941	1.081	1.050	1.023	0.934	0.730	0.719	0.701	0.765	0.535	0.417	0.360	0.473	0.385	0.315
	t3	10.18		2.29	0.948	1.096	1.077	1.043	0.966	0.839	0.845	0.727	0.763	0.550	0.433	0.473	0.525	0.485	0.353
	t4	10.13		2.71	1.012	1.224	1.175	1.085	1.027	0.906	0.939	0.835	0.795	0.576	0.471	0.600	0.623	0.625	0.437
	t5	10.05		3.03	1.067	1.350	1.156	1.123	1.088	1.018	0.948	0.879	0.843	0.657	0.588	0.630	0.695	0.695	0.489
	t6	9.89		2.92	1.130	1.335	1.119	1.161	1.118	1.019	0.941	0.890	0.877	0.675	0.631	0.599	0.680	0.640	0.561
	t7	9.79		2.57	1.093	1.343	1.120	1.203	1.041	0.996	0.901	0.897	0.806	0.565	0.651	0.524	0.611	0.610	0.575
	t8	9.88		2.26	1.037	1.242	1.027	1.138	0.966	0.930	0.854	0.808	0.737	0.528	0.602	0.439	0.510	0.531	0.492
ตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย	t0		7.55		0.439	0.456	0.766	0.425	0.440	0.516	0.437	0.574	0.588	0.626	0.799	0.809	0.618	1.182	1.119
	t1		7.90		0.377	0.297	0.554	0.338	0.282	0.431	0.324	0.480	0.509	0.493	0.683	0.696	0.523	0.894	1.014
	t2		8.12		0.479	0.367	0.458	0.290	0.316	0.357	0.335	0.408	0.451	0.572	0.624	0.659	0.514	0.864	0.910
	t3		7.89		0.532	0.486	0.475	0.338	0.410	0.416	0.491	0.511	0.554	0.641	0.636	0.746	0.570	0.979	0.996
	t4		7.43		0.592	0.684	0.651	0.427	0.501	0.561	0.574	0.580	0.602	0.685	0.742	0.931	0.671	1.212	1.185
	t5		7.02		0.672	0.795	0.771	0.520	0.600	0.620	0.583	0.619	0.632	0.738	0.873	1.014	0.724	1.314	1.328
	t6		6.97		0.700	0.784	0.824	0.490	0.649	0.606	0.569	0.624	0.670	0.657	0.953	0.950	0.716	1.348	1.396
	t7		7.21		0.595	0.660	0.784	0.427	0.635	0.557	0.508	0.614	0.634	0.587	0.958	0.870	0.656	1.249	1.450
	t8		7.62		0.455	0.368	0.579	0.311	0.515	0.472	0.475	0.530	0.531	0.559	0.823	0.764	0.549	1.155	1.327

หมายเหตุ ความเร็วการไหลที่ได้มีหน่วยเป็นโวลต์ (ข้อมูลที่เก็บบันทึกจากโปรแกรม LabVIEW)

H₁ หมายถึง ความลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบาย H₃ หมายถึง ความลึกการไหลด้านท้ายบานประตูระบาย

H₁-H₃ หมายถึง ผลต่างระดับน้ำด้านหน้าบานประตูระบายและด้านท้ายบานประตูระบาย

วิเคราะห์ และถ้านำชุดข้อมูลที่ไม่ได้ตัดค่าลบออกไปวิเคราะห์อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความผิดพลาด

สำหรับวิธีการในการหาเส้นแนวโน้มที่เป็นตัวแทนของชุดข้อมูล หรือการตัดข้อมูลในส่วนที่ไม่มีนัยสำคัญออกไป ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีสังเกตเส้นแนวโน้มด้วยสายตา เนื่องจากข้อมูลที่เก็บมาได้มีลักษณะไม่เป็นฮาร์มอนิกที่สมบูรณ์ โดยที่ลักษณะข้อมูลความเร็วการไหลมีการเบี่ยงจากตำแหน่งศูนย์กลาง กล่าวคือ มีลักษณะไม่เป็นตามฮาร์มอนิก ซึ่งเป็นไปตามที่ Goldin (1985) กล่าวไว้ ดังนั้นการใช้วิธีการหาเส้นแนวโน้มเพื่อเป็นตัวแทนของชุดข้อมูลจึงใช้วิธีหาเส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลจากการสังเกตโดยสายตา

เมื่อนำชุดข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยการใช้วิธีสเปกตรัม รวมทั้งหาสมการรูปแบบต่างๆมาหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น สมการความสัมพันธ์แบบ Polynomial พบว่า ค่าตัวแทนชุดข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สเปกตรัม รวมทั้งหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลโดยหาสมการต่างๆมาเทียบความสัมพันธ์พบว่า รูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่ถูกต้องมากนัก โดยในการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแทนของชุดข้อมูล พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) รวมทั้งลักษณะเส้นกราฟที่พลอตออกมาได้ จากการศึกษาพบว่า ลักษณะเส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีสเปกตรัม หรือใช้สมการหาความสัมพันธ์มีลักษณะแตกต่างกับข้อมูลที่เก็บมาได้ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเมื่อหาความสัมพันธ์กับชุดข้อมูลความเร็วการไหลทั้งตำแหน่งหน้าบานประตูระบายและด้านท้ายบานประตูระบาย ส่วนค่าความลึกการไหลที่ตำแหน่งทั้งหน้าบานประตูระบาย และด้านท้ายบานประตูระบายลักษณะความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลแตกต่างค่อนข้างสูง แต่เมื่อนำวิธีวิเคราะห์โดยสเปกตรัมไปใช้กับข้อมูลระดับน้ำ พบว่าค่าความสัมพันธ์ที่ได้ค่อนข้างดี

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ในการหาตัวแทนชุดข้อมูลหรือหาเส้นแนวโน้มของค่าความเร็วการไหลทั้งตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และตำแหน่งท้ายบานประตูระบายใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยสายตา เช่นเดียวกับข้อมูลความลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบายและด้านท้ายบานประตูระบาย ก็ใช้วิธีหาเส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ด้วยสายตา ส่วนข้อมูลระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง วิเคราะห์หาเส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลโดยวิธีสเปกตรัม

ในขั้นตอนการวิเคราะห์เนื่องจากกราฟในการทดลองเป็นการไหลแบบไม่คงตัว ค่าความเร็วการไหลและความลึกการไหลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จากที่ได้กล่าวมาในการเลือกข้อมูลที่จะวิเคราะห์จะใช้ข้อมูล 1 ลูกคลื่น แล้วนำข้อมูลความเร็วการไหลที่เลือกมาแล้วของแต่ละตำแหน่งทั้ง 15 ตำแหน่งในหน้าตัด มาใช้ในการวิเคราะห์ โดยที่ในการวิเคราะห์ ช่วงเวลา 1 ลูก

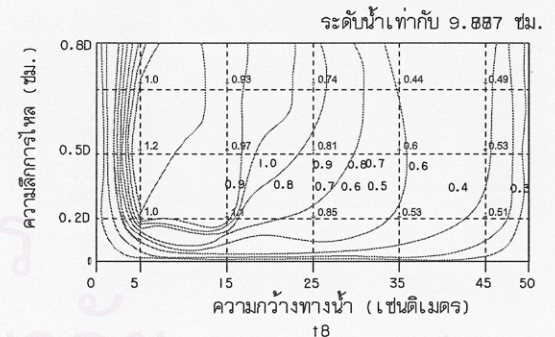
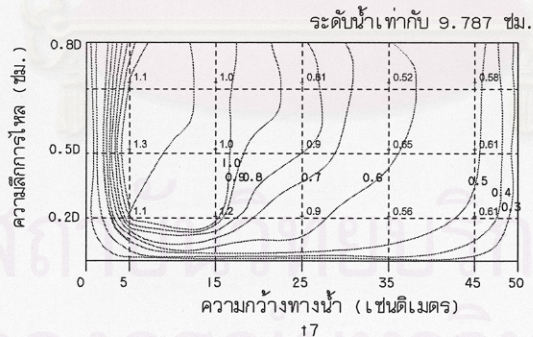
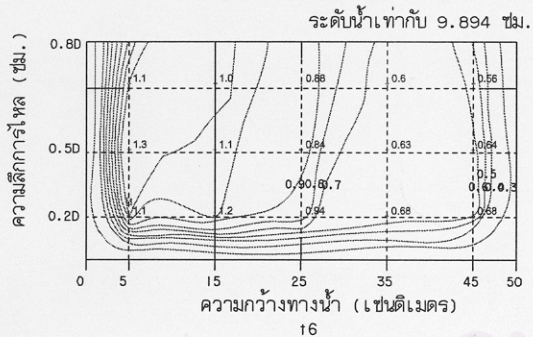
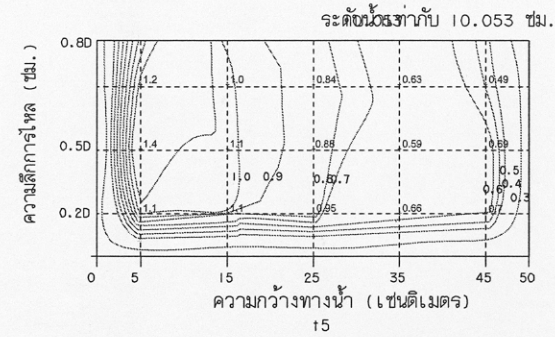
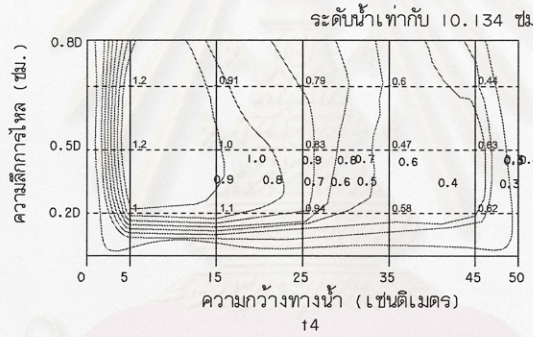
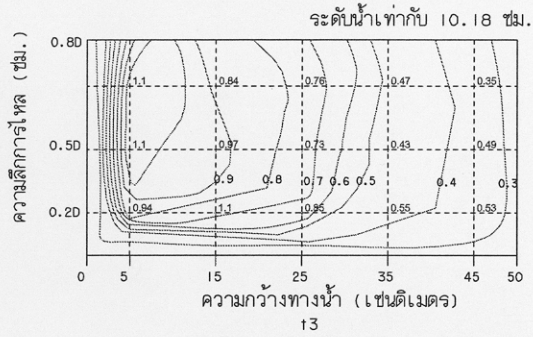
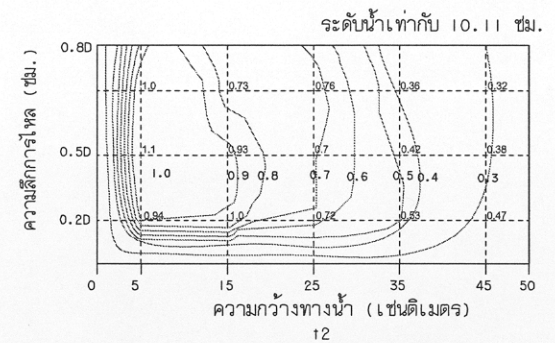
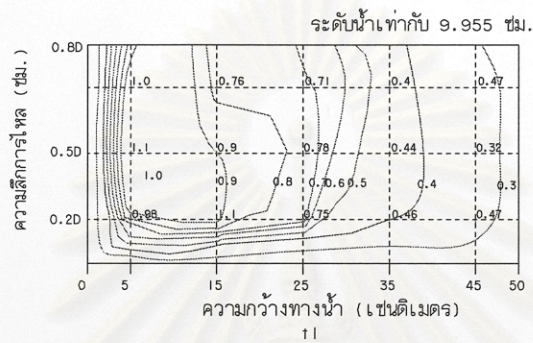
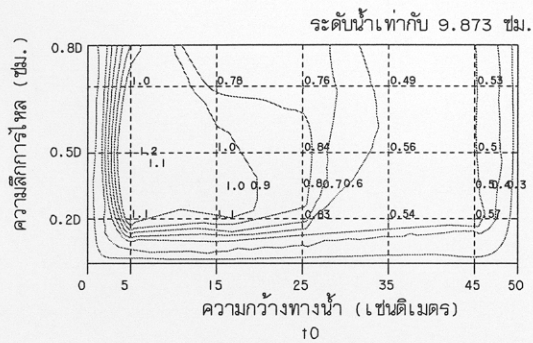
คลื่น (ประมาณ 500 วินาที) จะแบ่งออกเป็น 9 ช่วงเวลาย่อย คือตั้งแต่ $t_0 - t_8$ แล้วนำข้อมูล ความเร็วการไหลและความลึกการไหลที่เวลาต่างๆ มาใช้ในการวิเคราะห์ ในการเลือกชุดข้อมูล และการแบ่งช่วงเวลาของข้อมูลแสดงในรูป 4-6 ตารางที่ 4-2 แสดงลักษณะข้อมูลความเร็วการไหล และความลึกการไหลที่เก็บได้จากโปรแกรม LabVIEW ประกอบด้วยข้อมูลความเร็วในแต่ละ ตำแหน่งที่วัดเทียบกับระยะที่เวลาต่างๆ รูป 4-7 และรูป 4-8 แสดงการกระจายความเร็วการไหล ในหน้าตัดที่เวลาต่างๆ ที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และตำแหน่งท้ายบานประตูระบายกรณี ศึกษา a1Q1G0

เมื่อได้ข้อมูลความเร็วการไหลที่เวลาต่างๆ ($t_0 - t_8$) ทั้ง 15 ตำแหน่งในหน้าตัด ทั้งที่หน้าบาน ประตูและที่ท้ายบานประตู จากนั้นทำการหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยแล้วนำมาคูณกับความ กว้างทางน้ำและความลึกการไหลที่เวลานั้นๆ ตามสมการที่ 4-2 จะได้ค่าอัตราการไหลที่เวลา ต่างๆ ($t_0 - t_8$) ในช่วง 1 ลูกคลื่นที่ทำการพิจารณา หลังจากนั้นนำข้อมูลอัตราการไหลที่ได้ทั้งที่ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู มาวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหล ณ ตำแหน่งบานประตู ระบาย โดยใช้หลักในการวิเคราะห์เช่นเดียวกับที่ใช้ในการศึกษกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำ ขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ โดยในการวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหล ณ ตำแหน่งบานประตูระบาย คำนวณจากสมการที่ 4-4

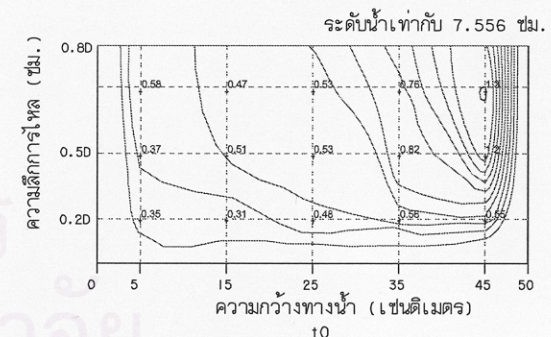
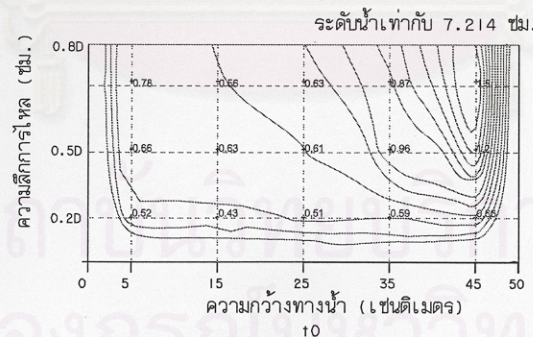
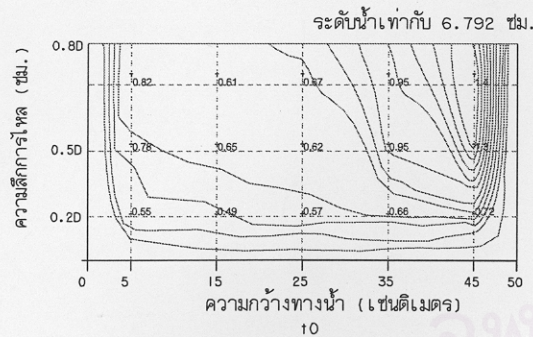
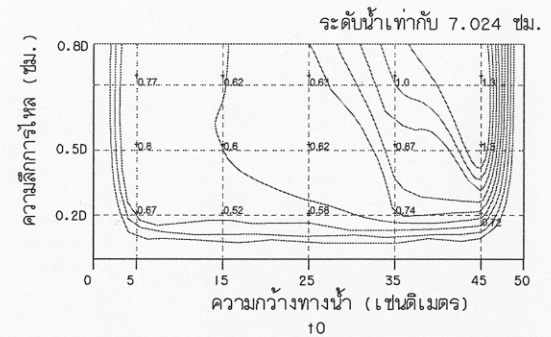
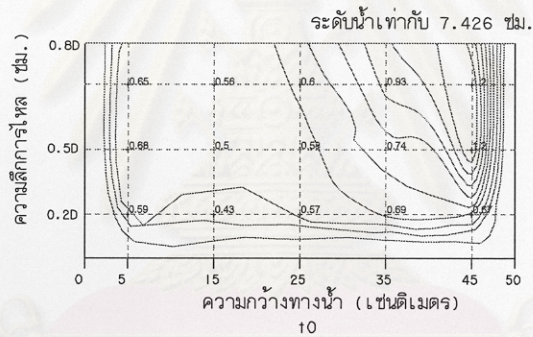
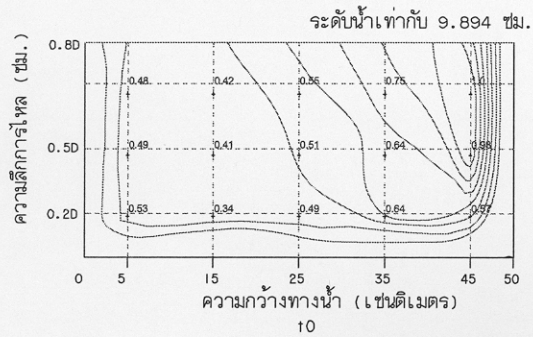
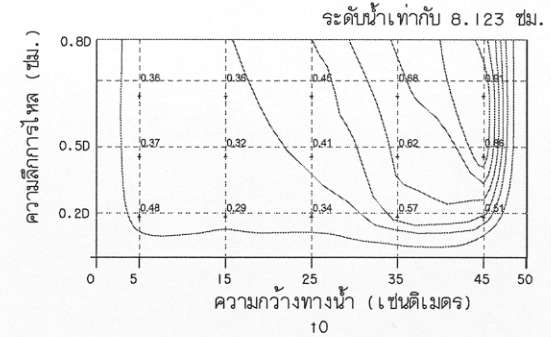
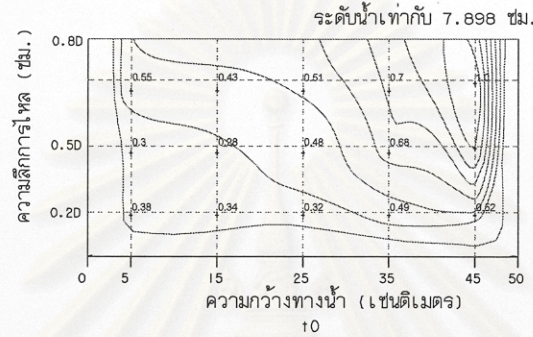
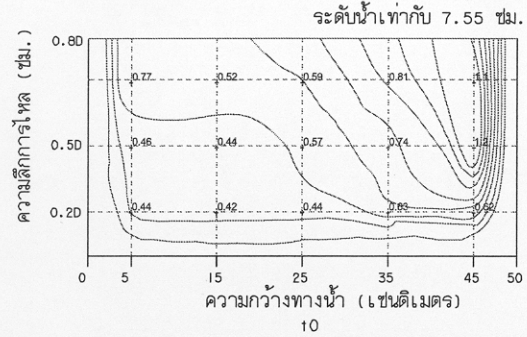
สำหรับผลการทดลองการไหลลอดบานประตูระบายกรณีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำ ลงด้านท้ายน้ำแสดงในรูป 4-9 และ 4-10 สำหรับกรณีศึกษา a1Q1G0 สำหรับผลการทดลองทุก กรณีศึกษาแสดงในภาคผนวก จ สำหรับรูป 4-11, 4-12 และ 4-13 แสดงผลการคำนวณหาค่า อัตราการไหลลอดบานประตูระบายกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูดที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

4.4 ความสัมพันธ์ของค่าระดับน้ำที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและตำแหน่งท้ายบานประตู

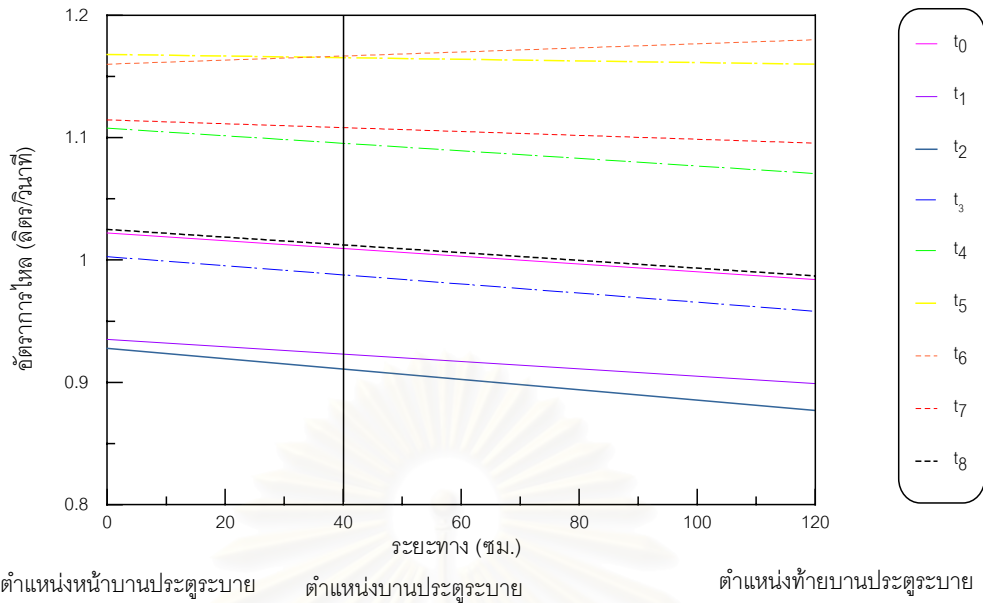
เนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย การวิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแบบ จำลองชลศาสตร์ โดยทำการวิเคราะห์เฉพาะข้อมูลที่ได้จากการทดลองในกรณีการไหลลอดบาน ประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำเพียงกรณีเดียว ในขั้นตอนการวิเคราะห์พิ จรณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทั้งตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และท้ายบานประตู ระบาย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกับตัวแปรต่างๆ ที่พิจารณา จากผลการทดลองจากแบบจำลองชลศาสตร์พบว่า ค่าระดับน้ำที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และตำแหน่งท้ายบานประตูระบายมีการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากผลกระทบจากระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง ณ ตำแหน่งแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทั้งที่ตำแหน่ง หน้าบานประตูระบาย และด้านท้ายบานประตูระบาย พบว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆ ยก



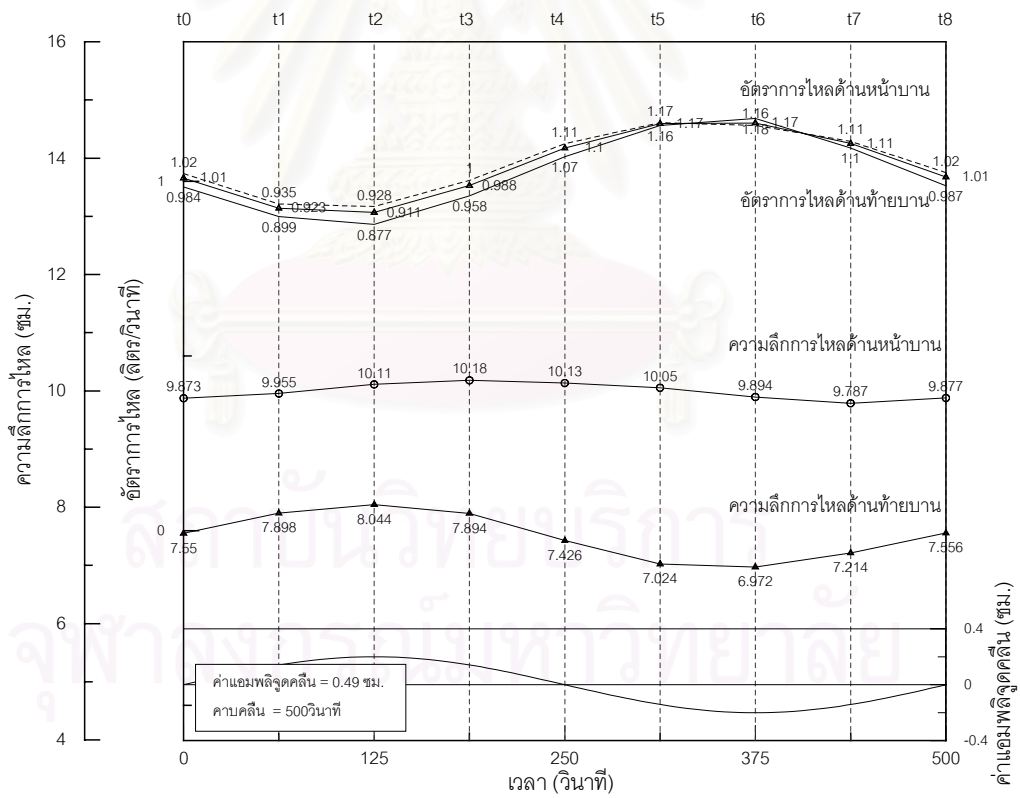
รูป 4-7 การกระจายความเร็วในหน้าตัดทางน้ำที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบายที่เวลาต่างๆ กรณีศึกษา ๑1Q1G0



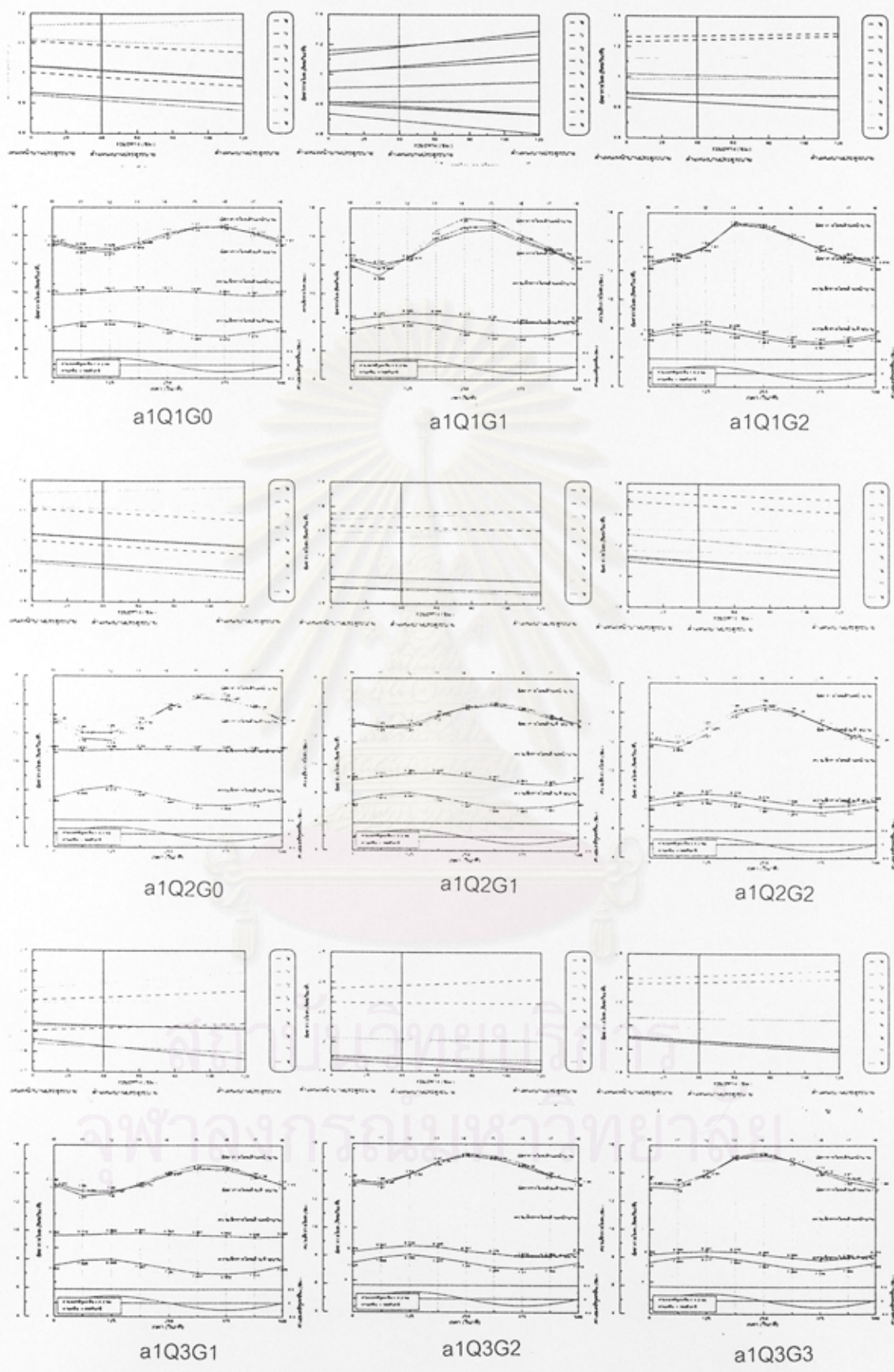
รูป 4-8 การกระจายความเร็วในหน้าตัดทางน้ำที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบายที่เวลาต่างๆ กรณีศึกษา a1d1g0



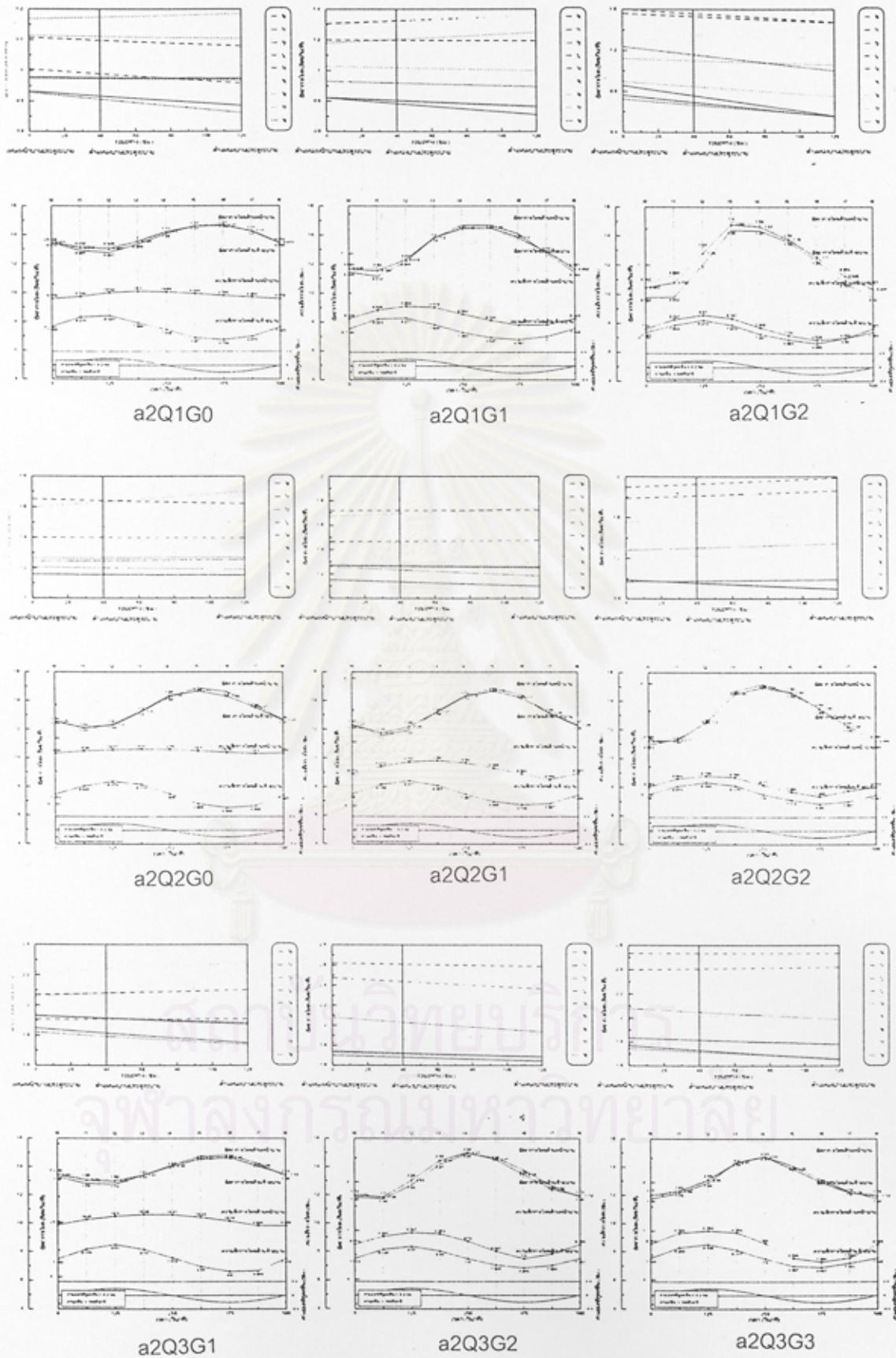
รูป 4-9 อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



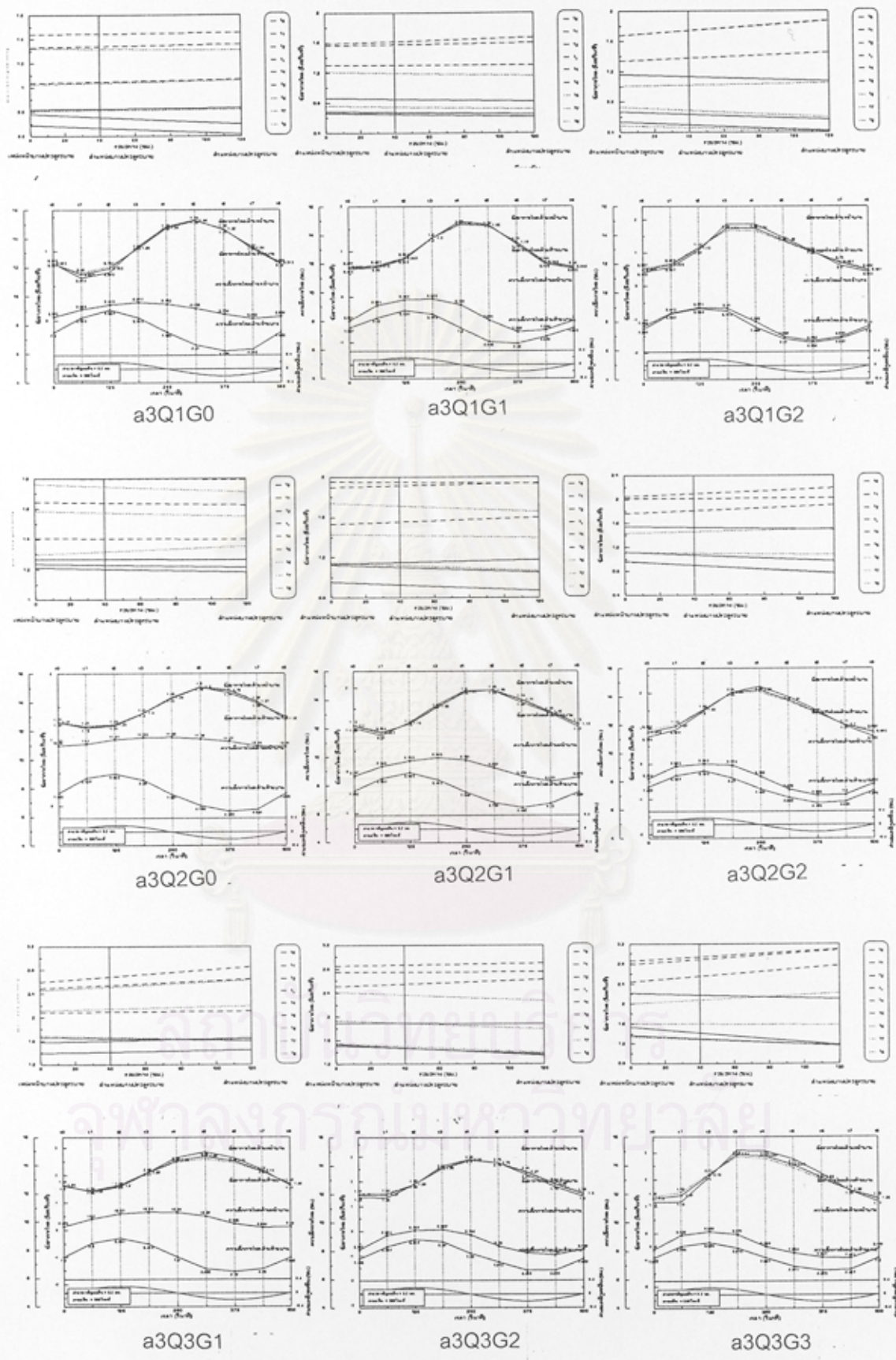
รูป 4-10 อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาทีพิจารณา กรณีศึกษา a1Q1G0



รูป 4-11 ผลการทดลองรวมกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด a1



รูป 4-12 ผลการทดลองรวมกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด a2



รูป 4-13 ผลการทดลองรวมกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด a3

ตัวอย่างเช่น ค่าระยะยกบานประตูระบาย ค่าแอมพลิจูดคลื่น และค่าอัตราการไหลทางด้านต้นน้ำ โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะแตกต่างกันไปตามนัยสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อค่าความลึกการไหล

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในการศึกษาค้างนี้ ข้อมูลระดับน้ำที่พิจารณาอยู่ในเทอมของความสัมพันธ์ระหว่างความลึกการไหลเทียบกับระยะเวลา ดังนั้นในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอันเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง จะพิจารณาในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงในเทอมความสูงของระดับน้ำ และการเปลี่ยนแปลงในเทอมของเวลา การเปลี่ยนแปลงในเทอมความสูงของระดับน้ำพิจารณาทั้งการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และการเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย สำหรับการเปลี่ยนแปลงในเทอมของเวลาจะพิจารณาจากระยะเวลาน้ำขึ้นสูงสุด น้ำลงต่ำสุด ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาในการเกิดน้ำขึ้นสูงสุด และช่วงเวลาการเกิดน้ำลงต่ำสุด โดยพิจารณาทั้งตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และด้านท้ายบานประตูระบาย สำหรับตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งในเทอมของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและการเปลี่ยนแปลงเวลาแสดงในรูป 4-14

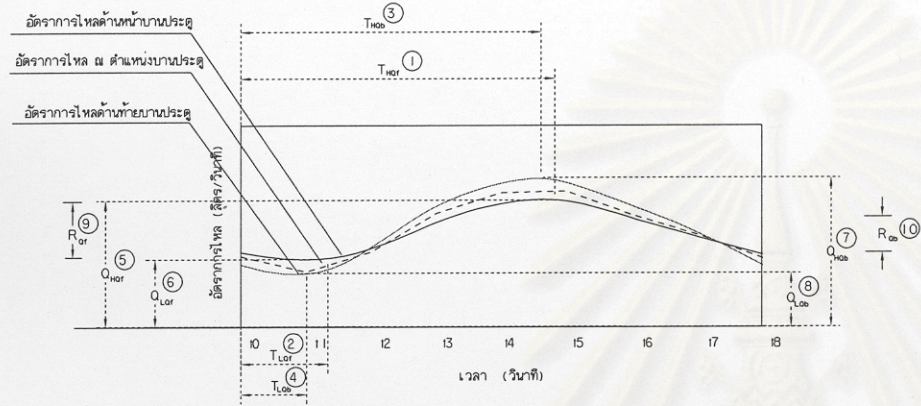
4.4.1 ความสัมพันธ์ของค่าพิสัยระดับน้ำที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบายและท้ายบานประตูระบาย

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำพบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะยกบานประตูระดับน้ำ จะมีการเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ เมื่อทำการลดระยะยกบานประตู ค่าความแตกต่างระหว่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานจะเพิ่มขึ้น ซึ่งในการศึกษาค้างนี้จะใช้ในเทอมของ พิสัยของระดับน้ำ (Range of water depth, R_H) โดยที่ค่าพิสัยน้ำของระดับน้ำสามารถคำนวณได้จาก สมการ 4-5

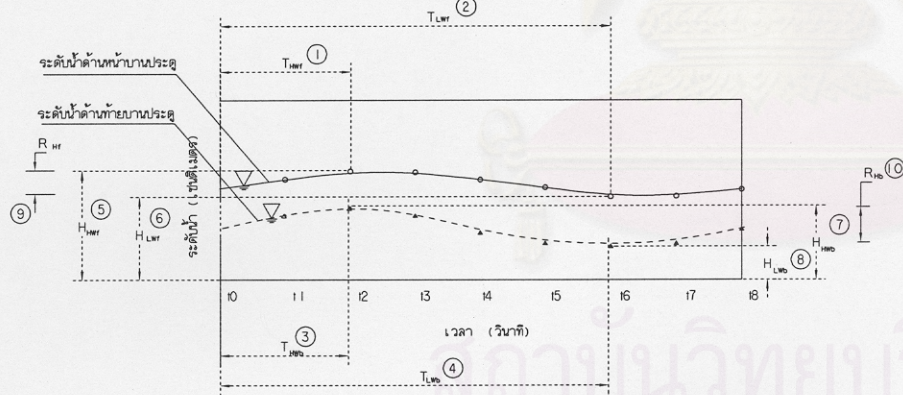
$$R_H = H_{\max} - H_{\min} \quad (4-5)$$

โดยที่ R_H	หมายถึง	ค่าพิสัยของระดับน้ำ
H_{\max}	หมายถึง	ค่าระดับน้ำสูงสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา
H_{\min}	หมายถึง	ค่าระดับน้ำต่ำสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา

ซึ่งค่าพิสัยของระดับน้ำทั้งตำแหน่งหน้าบาน และค่าพิสัยระดับน้ำที่ตำแหน่งท้ายบาน มีการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของตัวแปรต่างๆ ในการศึกษาจะแทนค่าพิสัยของระดับน้ำที่ตำแหน่งหน้าบานด้วยสัญลักษณ์ R_{Hf} สำหรับค่าพิสัยของระดับน้ำที่ตำแหน่งท้ายบานแทนค่าด้วยสัญลักษณ์ R_{Hb}



ก) ลักษณะตัวแปรในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหล



ข) ลักษณะตัวแปรในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าระดับน้ำ

รูป 4-14 ลักษณะ ของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง

- ① T_{Hor} หมายถึง ระยะเวลาอัตราการไหลสูงสุดที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ② T_{Lor} หมายถึง ระยะเวลาอัตราการไหลต่ำสุดที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ③ T_{Hob} หมายถึง ระยะเวลาอัตราการไหลสูงสุดที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู
- ④ T_{Lob} หมายถึง ระยะเวลาอัตราการไหลต่ำสุดที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู
- ⑤ Q_{or} หมายถึง อัตราการไหลสูงสุดที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ⑥ Q_{Lor} หมายถึง อัตราการไหลต่ำสุดที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ⑦ Q_{Hob} หมายถึง อัตราการไหลสูงสุดที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู
- ⑧ Q_{Lob} หมายถึง อัตราการไหลต่ำสุดที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู
- ⑨ R_{or} หมายถึง พิสัยของอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ⑩ R_{ob} หมายถึง พิสัยของอัตราการไหลที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู

- ① T_{Hr} หมายถึง ระยะเวลาระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ② T_{Lr} หมายถึง ระยะเวลาระดับน้ำต่ำสุดที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ③ T_{Hob} หมายถึง ระยะเวลาระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู
- ④ T_{Lob} หมายถึง ระยะเวลาระดับน้ำต่ำสุดที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู
- ⑤ H_{Hr} หมายถึง ระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ⑥ H_{Lr} หมายถึง ระดับน้ำต่ำสุดที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ⑦ H_{Hob} หมายถึง ระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู
- ⑧ H_{Lob} หมายถึง ระดับน้ำต่ำสุดที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู
- ⑨ R_{Hr} หมายถึง พิสัยของระดับน้ำที่ตำแหน่งหน้าบ้านประตู
- ⑩ R_{ob} หมายถึง พิสัยของระดับน้ำที่ตำแหน่งท้ายบ้านประตู

ก) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราการไหล

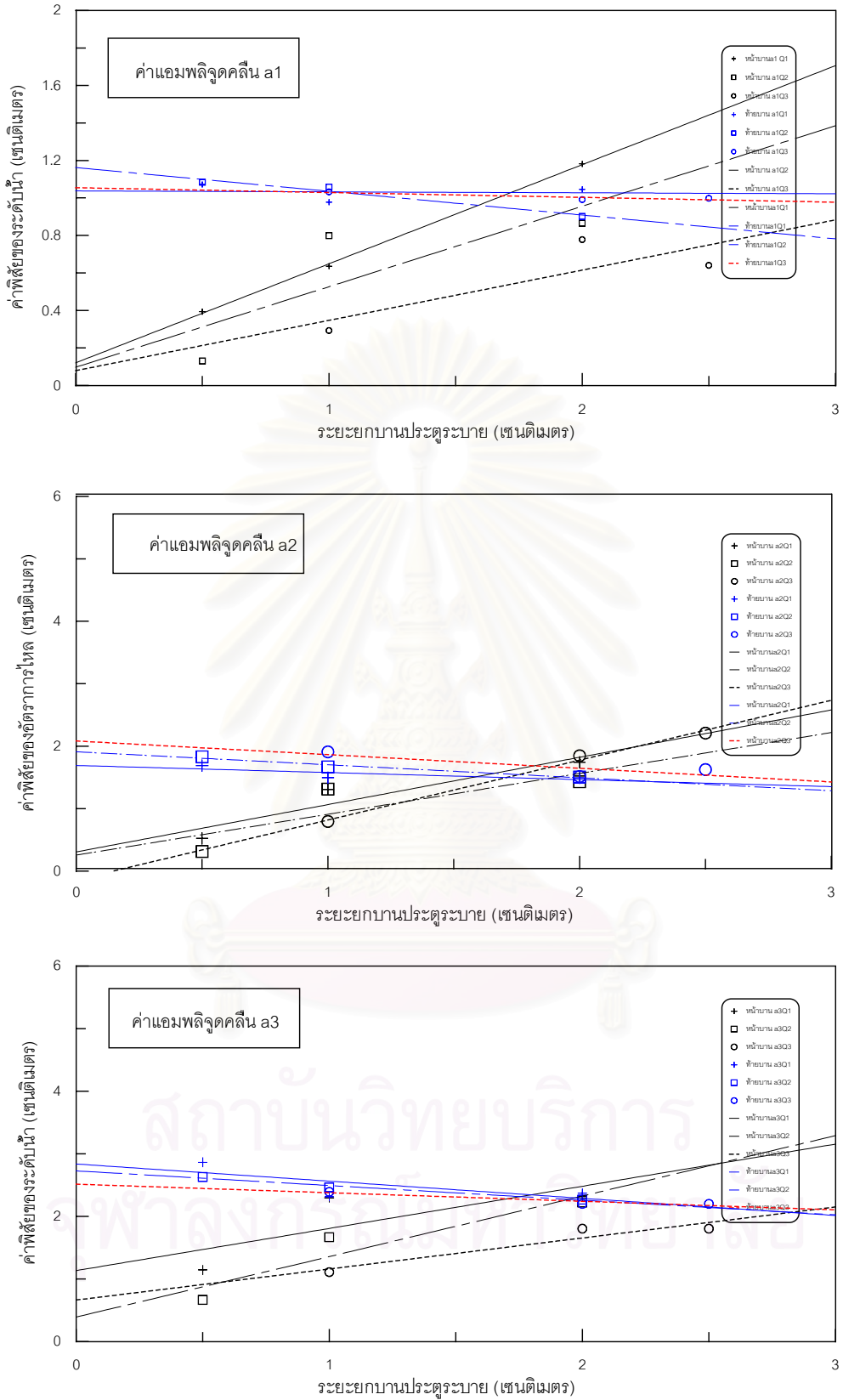
ข) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับน้ำ

ตาราง 4-3 ค่าพิสัยของความลึกการไหล กรณีศึกษาการไหลลดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง

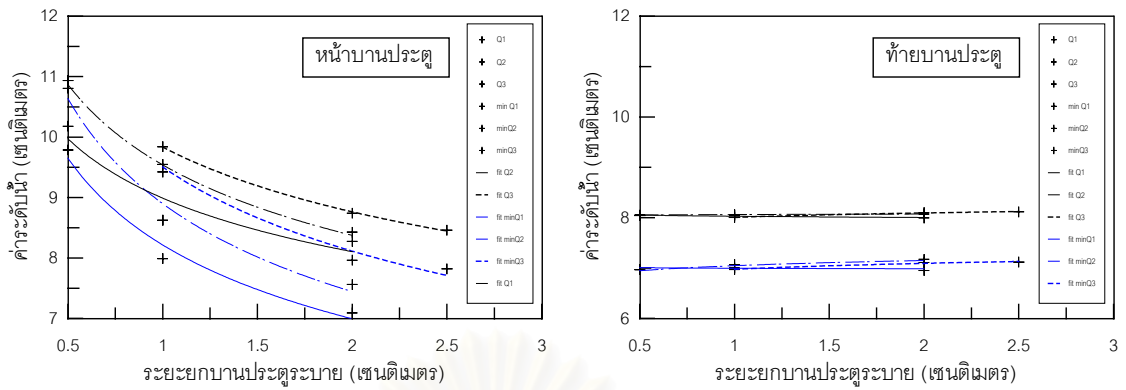
กรณีศึกษา	ค่าแอมพลิจูด 1 (a1)				กรณีศึกษา	ค่าแอมพลิจูด 2 (a2)				กรณีศึกษา	ค่าแอมพลิจูด 3 (a3)			
	ตำแหน่ง	Hmax	Hmin	Hmax-Hmin		ตำแหน่ง	Hmax	Hmin	Hmax-Hmin		ตำแหน่ง	Hmax	Hmin	Hmax-Hmin
a1Q1G0	หน้าบาน	10.180	9.787	0.394	a2Q1G0	หน้าบาน	10.103	9.578	0.525	a3Q1G0	หน้าบาน	9.577	8.433	1.143
	ท้ายบาน	8.044	6.972	1.072		ท้ายบาน	8.424	6.734	1.690		ท้ายบาน	9.059	6.195	2.864
a1Q1G1	หน้าบาน	8.626	7.990	0.636	a2Q1G1	หน้าบาน	9.098	7.791	1.307	a3Q1G1	หน้าบาน	9.535	7.239	2.296
	ท้ายบาน	8.046	7.068	0.977		ท้ายบาน	8.277	6.781	1.496		ท้ายบาน	8.736	6.420	2.315
a1Q1G2	หน้าบาน	8.274	7.092	1.182	a2Q1G2	หน้าบาน	8.570	6.828	1.742	a3Q1G2	หน้าบาน	8.971	6.653	2.318
	ท้ายบาน	7.996	6.951	1.046		ท้ายบาน	8.098	6.605	1.493		ท้ายบาน	8.906	6.536	2.370
a1Q2G0	หน้าบาน	10.937	10.807	0.130	a2Q2G0	หน้าบาน	10.611	10.296	0.314	a3Q2G0	หน้าบาน	11.577	10.911	0.666
	ท้ายบาน	8.052	6.968	1.084		ท้ายบาน	8.376	6.546	1.830		ท้ายบาน	9.022	6.392	2.629
a1Q2G1	หน้าบาน	9.422	8.623	0.799	a2Q2G1	หน้าบาน	9.820	8.506	1.313	a3Q2G1	หน้าบาน	9.945	8.277	1.668
	ท้ายบาน	8.061	7.003	1.058		ท้ายบาน	8.417	6.748	1.669		ท้ายบาน	8.905	6.442	2.462
a1Q2G2	หน้าบาน	8.427	7.561	0.865	a2Q2G2	หน้าบาน	8.788	7.358	1.430	a3Q2G2	หน้าบาน	9.253	7.033	2.220
	ท้ายบาน	8.074	7.173	0.901		ท้ายบาน	8.346	6.840	1.506		ท้ายบาน	8.764	6.495	2.268
a1Q3G1	หน้าบาน	9.841	9.548	0.293	a2Q3G1	หน้าบาน	10.624	9.829	0.795	a3Q3G1	หน้าบาน	10.693	9.584	1.109
	ท้ายบาน	8.005	6.972	1.033		ท้ายบาน	8.510	6.600	1.909		ท้ายบาน	8.851	6.460	2.391
a1Q3G2	หน้าบาน	8.742	7.964	0.778	a2Q3G2	หน้าบาน	9.347	7.500	1.847	a3Q3G2	หน้าบาน	9.509	7.706	1.803
	ท้ายบาน	8.102	7.110	0.991		ท้ายบาน	8.370	6.856	1.514		ท้ายบาน	8.819	6.619	2.200
a1Q3G3	หน้าบาน	8.461	7.820	0.641	a2Q3G3	หน้าบาน	9.494	7.285	2.209	a3Q3G3	หน้าบาน	9.509	7.706	1.803
	ท้ายบาน	8.117	7.119	0.998		ท้ายบาน	8.532	6.907	1.625		ท้ายบาน	8.819	6.619	2.200

หมายเหตุ Hmax หมายถึง ค่าความลึกการไหลสูงสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ลูกคลื่น)

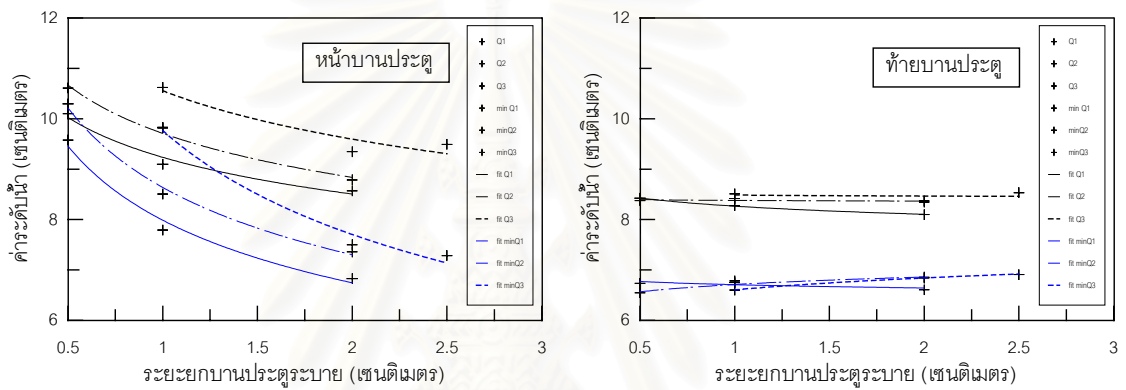
Hmin หมายถึง ค่าความลึกการไหลต่ำสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ลูกคลื่น)



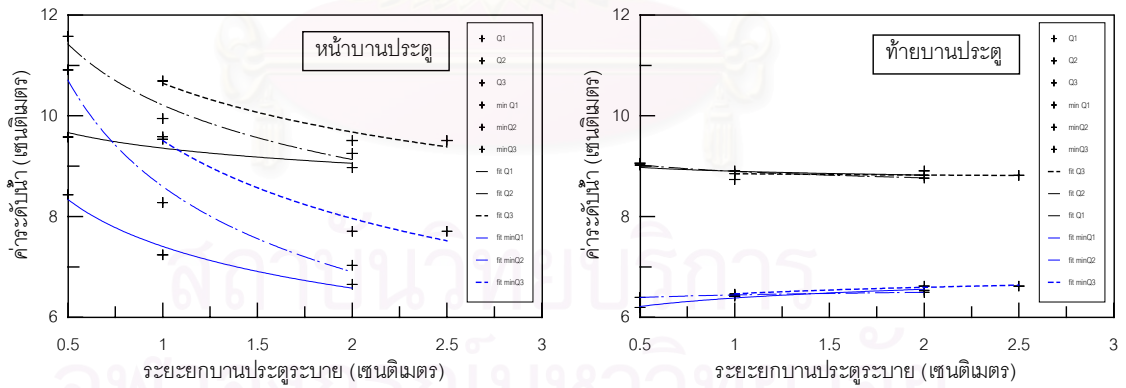
รูป 4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิสัยของระดับน้ำกับค่าระยะยกบานประตูระบาย



ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกการไหลสูงสุดและต่ำสุดเทียบกับระยะยกบานประตูกรณี แอมพลิจูด1



ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกการไหลสูงสุดและต่ำสุดเทียบกับระยะยกบานประตูกรณี แอมพลิจูด2



ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกการไหลสูงสุดและต่ำสุดเทียบกับระยะยกบานประตูกรณี แอมพลิจูด3

รูป 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่หน้าบานประตูระบายและท้ายบานประตูระบาย เทียบกับระยะยกบานประตูระบายที่ค่าแอมพลิจูดที่ 1-3 (a1-a3)

จากผลการศึกษาจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแบบจำลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพิสัยของระดับน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าระยะยกบานประตูระบายโดยที่ เมื่อระยะยกบานประตูระบายมาก ค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงจะมีค่าน้อย ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์เช่นนี้เป็นทั้งค่าพิสัยที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและตำแหน่งท้ายบานประตู ตาราง 4-3 แสดงข้อมูลค่าพิสัยของระดับน้ำในกรณีศึกษาต่างๆ รูป 4-15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิสัยของระดับน้ำกับค่าระยะยกบานประตูระบาย

4.4.2 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาการเกิดระดับน้ำสูงสุดและระยะเวลาการเกิดระดับน้ำต่ำสุด

ระยะเวลาการเกิดระดับน้ำสูงสุด (Time to Hight Water, t_{HW}) และระยะเวลาการเกิดระดับน้ำต่ำสุด (Time to Low Water, t_{LW}) เป็นตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ซึ่งค่าเวลาที่เกิดระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุดมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่ทำการพิจารณา จากการศึกษาพบว่าที่ตำแหน่งความลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบาย ค่าเวลาการเกิดน้ำขึ้นสูงสุดแปรผกผันตามระยะยกบานประตู กล่าวคือเมื่อเปิดบานมากช่วงเวลาการเกิดน้ำขึ้นสูงสุดมีมากกว่าที่ระยะยกบานประตูน้อย ส่วนค่าเวลาน้ำลงต่ำสุดเมื่อเปิดบานมากจะมีค่าน้อยกว่ากรณีที่มีการเปิดบานประตูระบายน้อย ส่วนข้อมูลของตำแหน่งท้ายบาน จากผลการศึกษาพบว่าความแตกต่างกันในแต่ละกรณีศึกษามีค่อนข้างน้อย ทำให้หาข้อสรุปที่ชัดเจนไม่ได้

4.5 ความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและตำแหน่งท้ายบานประตู

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและตำแหน่งท้ายบานประตู เทียบกับตัวแปรต่างๆ ประกอบด้วย ระยะยกบานประตู ค่าอัตราการไหล จากการศึกษาพบว่า ลักษณะความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลกับตัวแปรที่ได้กล่าวมามีหลายรูปแบบ และตัวแปรต่างๆ มีนัยสำคัญต่อค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบายและตำแหน่งท้ายบานประตูระบายที่แตกต่างกัน

ในการศึกษาพบว่า ค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย และตำแหน่งท้ายบานประตูระบายมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามกรณีศึกษาต่างๆ สำหรับรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานและท้ายบานประตู จะแสดงในรูปของการแกว่งตัวของค่าอัตราการไหล หรือพิสัยของค่าอัตราการไหล

นอกจากค่าพิสัยของค่าอัตราการไหล ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับค่าอัตราการไหลอีกหนึ่งตัวแปร คือ ค่าเวลาเกิดอัตราการไหลสูงสุด (Time to Max. Discharge) และเวลาเกิดอัตราการไหลต่ำสุด (Time to min. Discharge)

4.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิสัยของอัตราการไหลเทียบกับตัวแปรต่างๆ

การแกว่งตัวของค่าอัตราการไหล หรือพิสัยของอัตราการไหล หมายถึง ค่าอัตราการไหลสูงสุดลบด้วยค่าอัตราการไหลต่ำสุด ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 1 ลูกคลื่นที่พิจารณา ค่าการแกว่งตัวของค่าอัตราการไหลหรือค่าพิสัยของอัตราการไหล ในการศึกษาจะแทนด้วยสัญลักษณ์ (R_Q , Range of discharge) โดยที่ค่าพิสัยของค่าอัตราการไหลสามารถคำนวณได้จากสมการ 4-6

$$R_Q = Q_{\max} - Q_{\min} \quad (4-6)$$

จากผลการทดลองพบว่าทุกๆ การทดลองในการศึกษา พบว่าค่าพิสัยของอัตราการไหลที่ตำแหน่งท้ายบานประตูมีค่ามากกว่าพิสัยของอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตู โดยที่ค่าผลต่างของพิสัยระหว่างที่ตำแหน่งหน้าบานและท้ายบานจะแตกต่างกันตามค่าอัตราการไหล โดยผลต่างของค่าพิสัยแปรผันตรงตามค่าอัตราการไหล กล่าวคือ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ผลต่างของพิสัยของอัตราการไหลก็เพิ่มขึ้น โดยสังเกตได้จากรูป 4-11 ถึง 4-13 แต่เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น อัตราการไหลด้านต้นน้ำและค่าแอมพลิจูดคลื่น พบว่าค่าพิสัย มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับค่าแอมพลิจูดคลื่น สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิสัยกับค่าอัตราการไหลด้านต้นน้ำพบว่ากราฟไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ผลการคำนวณค่าพิสัยของอัตราการไหลแสดงในตาราง 4-4 รูป 4-17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิสัยของอัตราการไหลกับค่าระยะยกบานประตูระบาย

4.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการเกิดน้ำขึ้นสูงสุดและเวลาการเกิดน้ำลงต่ำสุด

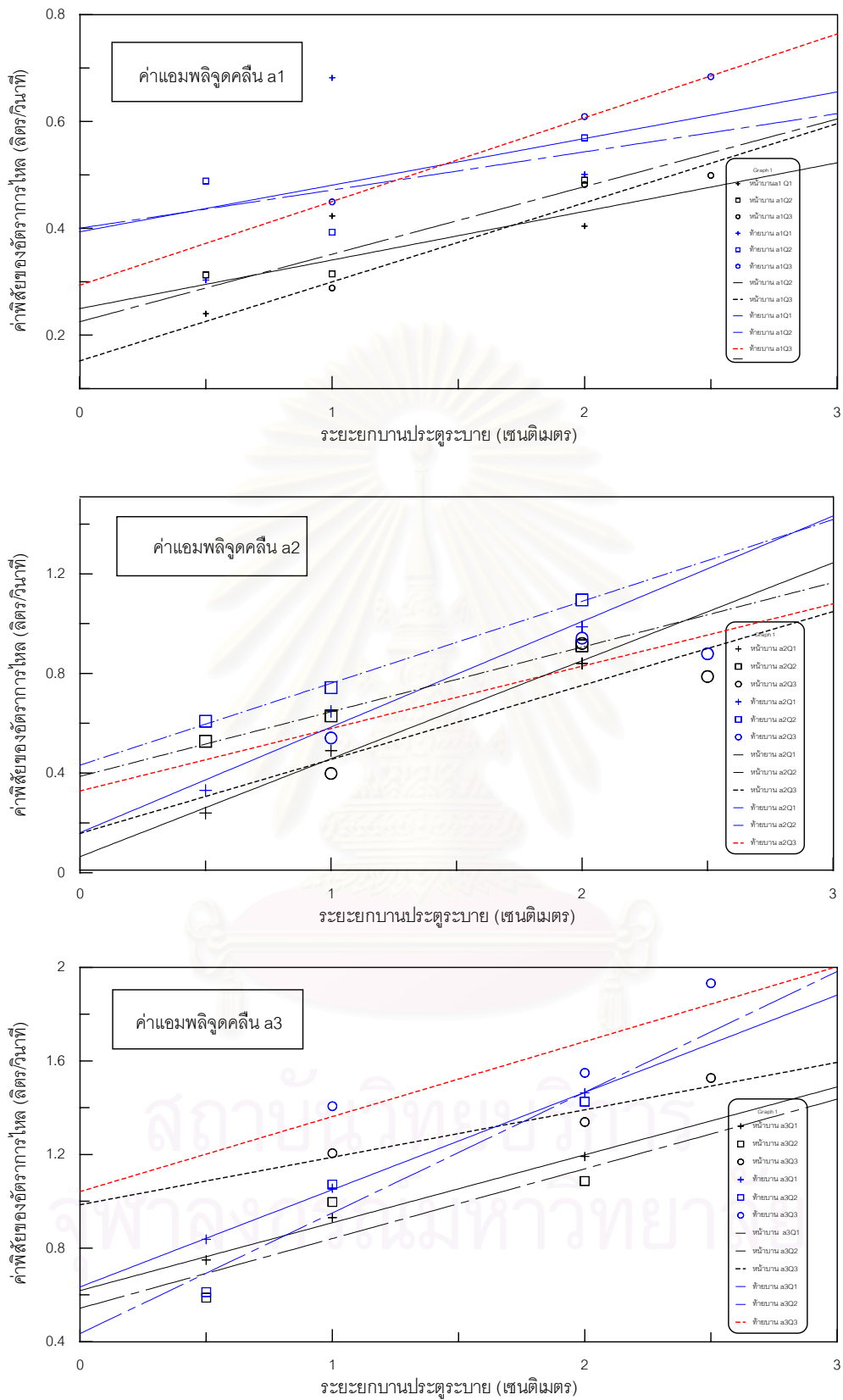
เวลาการเกิดอัตราการไหลสูงสุด หมายถึง เวลาที่ใช้ในการเกิดอัตราการไหลสูงสุดในช่วงเวลาที่ทำการพิจารณา สำหรับเวลาการเกิดอัตราการไหลต่ำสุด หมายถึง เวลาที่ใช้ในการเกิดอัตราการไหลต่ำสุดในช่วงเวลาที่ทำการพิจารณา (ช่วงเวลา 1 ลูกคลื่น หรือประมาณ 500 วินาที) พบว่าเมื่อเปิดบานประตูระบายมากช่วงเวลาน้ำขึ้นสูงสุดจะมีค่าน้อย กลับกันเมื่อเปิดบานประตูระบายน้อยค่าเวลาเกิดน้ำขึ้นสูงสุดจะมีค่ามาก ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทั้งที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู สำหรับค่าเวลาการเกิดอัตราการไหลต่ำสุด พบว่าเมื่อเปิดบานประตูระบายมากค่าเวลาการเกิดอัตราการไหลต่ำสุดน้อย เมื่อระยะเปิดบานน้อยค่าเวลาการเกิดอัตราการไหลต่ำสุดมาก

ตาราง 4-4 ค่าพิสัยอัตราการไหล ณ ตำแหน่งหน้าบานและท้ายบานประตูกรณีศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

กรณีศึกษา	ค่าแอมพลิจูด 1 (a1)				กรณีศึกษา	ค่าแอมพลิจูด 2 (a2)				กรณีศึกษา	ค่าแอมพลิจูด 3 (a3)			
	ตำแหน่ง	Qmax	Qmin	Qmax-Qmin		ตำแหน่ง	Qmax	Qmin	Qmax-Qmin		ตำแหน่ง	Qmax	Qmin	Qmax-Qmin
a1Q1G0	หน้าบาน	1.168	0.928	0.240	a2Q1G0	หน้าบาน	1.168	0.929	0.240	a3Q1G0	หน้าบาน	1.439	0.690	0.749
	ท้ายบาน	1.180	0.877	0.303		ท้ายบาน	1.209	0.878	0.330		ท้ายบาน	1.454	0.616	0.838
a1Q1G1	หน้าบาน	1.160	0.737	0.423	a2Q1G1	หน้าบาน	1.310	0.820	0.490	a3Q1G1	หน้าบาน	1.590	0.660	0.930
	ท้ายบาน	1.290	0.608	0.682		ท้ายบาน	1.360	0.712	0.648		ท้ายบาน	1.670	0.614	1.056
a1Q1G2	หน้าบาน	1.264	0.860	0.404	a2Q1G2	หน้าบาน	1.535	0.694	0.840	a3Q1G2	หน้าบาน	1.677	0.486	1.191
	ท้ายบาน	1.289	0.788	0.501		ท้ายบาน	1.581	0.594	0.987		ท้ายบาน	1.875	0.412	1.463
a1Q2G0	หน้าบาน	1.554	1.241	0.313	a2Q2G0	หน้าบาน	1.686	1.159	0.528	a3Q2G0	หน้าบาน	1.799	1.211	0.588
	ท้ายบาน	1.620	1.131	0.488		ท้ายบาน	1.762	1.154	0.608		ท้ายบาน	1.793	1.181	0.612
a1Q2G1	หน้าบาน	1.572	1.257	0.315	a2Q2G1	หน้าบาน	1.784	1.154	0.630	a3Q2G1	หน้าบาน	1.952	0.956	0.997
	ท้ายบาน	1.625	1.232	0.393		ท้ายบาน	1.845	1.102	0.743		ท้ายบาน	1.941	0.870	1.071
a1Q2G2	หน้าบาน	1.673	1.183	0.490	a2Q2G2	หน้าบาน	1.896	0.985	0.911	a3Q2G2	หน้าบาน	2.046	0.959	1.087
	ท้ายบาน	1.698	1.128	0.569		ท้ายบาน	1.988	0.893	1.095		ท้ายบาน	2.190	0.764	1.426
a1Q3G1	หน้าบาน	2.129	1.840	0.288	a2Q3G1	หน้าบาน	2.220	1.822	0.399	a3Q3G1	หน้าบาน	2.599	1.393	1.206
	ท้ายบาน	2.216	1.766	0.449		ท้ายบาน	2.280	1.739	0.541		ท้ายบาน	2.854	1.448	1.407
a1Q3G2	หน้าบาน	2.359	1.877	0.482	a2Q3G2	หน้าบาน	2.621	1.701	0.920	a3Q3G2	หน้าบาน	2.852	1.513	1.339
	ท้ายบาน	2.421	1.812	0.609		ท้ายบาน	2.589	1.647	0.942		ท้ายบาน	2.899	1.350	1.549
a1Q3G3	หน้าบาน	2.390	1.891	0.499	a2Q3G3	หน้าบาน	2.533	1.745	0.788	a3Q3G3	หน้าบาน	2.862	1.335	1.527
	ท้ายบาน	2.463	1.779	0.684		ท้ายบาน	2.534	1.655	0.879		ท้ายบาน	3.094	1.162	1.932

หมายเหตุ Qmax หมายถึง ค่าอัตราการไหลสูงสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ลูกคลื่น)

Qmin หมายถึง ค่าอัตราการไหลต่ำสุดในช่วงเวลาที่พิจารณา (1 ลูกคลื่น)



รูป 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิสัยของค่าอัตราการไหลกับค่าระยะยกบานประจําไร่

บทที่ 5

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงวิธีการและแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล การศึกษาครั้งนี้แนวทางในการวิเคราะห์จะมุ่งเน้นไปที่การหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำ ค่าความแตกต่างของค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายน้ำ ระหว่างกรณีการไหลลดบานประตูระบายน้ำที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และกรณีการไหลลดบานประตูระบายน้ำที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง รูปแบบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลเทียบกับตัวแปรที่พิจารณา การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ว่ามีนัยสำคัญกับค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำ การหาความสัมพันธ์ของค่าผลต่างของระดับน้ำด้านหน้าบานประตูระบายน้ำ และด้านท้ายบานประตูระบายน้ำ เทียบกับค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายน้ำ สุดท้ายการหาแนวทางประยุกต์ผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองในรูปแบบจำลองชลศาสตร์ มาใช้ในการปรับปรุงและปรับแก้วิธีการรวมทั้งทฤษฎีที่มีอยู่เดิม เพื่อให้การคำนวณหาค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายน้ำในกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำมีค่าถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.1 การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำ

จุดประสงค์หลักในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ การหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำ ทั้งในกรณีการไหลลดบานประตูระบายน้ำที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และในกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้ รวมทั้งศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำ

วิธีการในการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำ ในการศึกษานี้กำหนดใช้ 2 วิธีด้วยกัน เนื่องจากแต่ละวิธีวิเคราะห์มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน รวมทั้งความเหมาะสมต่อการใช้งานในลักษณะที่ต่างกัน วิธีการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีเป็นแนวทางหลักๆ และเป็นที่ยอมรับใช้ในการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายน้ำ สำหรับวิธีการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำทั้ง 2 วิธี ประกอบด้วย การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายน้ำโดยคำนวณจากสมการ Orifice flow และวิธีที่สองวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การไหล

ลดบานประตูระบายจากการคำนวณโดยใช้กราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย (Calibration curve)

เนื่องจากวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย กำหนดรูปแบบของสมการที่แตกต่างกัน ตัวแปรที่นำมาใช้ในการคำนวณที่แตกต่างกัน รวมทั้งขั้นตอนการคำนวณที่แตกต่างกัน ดังนั้นเนื้อหาในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดในการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย โดยในการศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะรูปแบบการไหลที่เป็นการไหลแบบจุ่มจมน และเป็นการไหลลดบานประตูระบายแบบบานตรงเพียงลักษณะเดียว

5.1.1 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายจากสมการ Orifice flow

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย โดยในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายสามารถคำนวณได้จาก สมการ Orifice flow สำหรับตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณของสมการ Orifice flow แสดงในรูปที่ 5-1 ก) สำหรับรูปแบบสมการ Orifice flow แสดงในสมการ 5-1

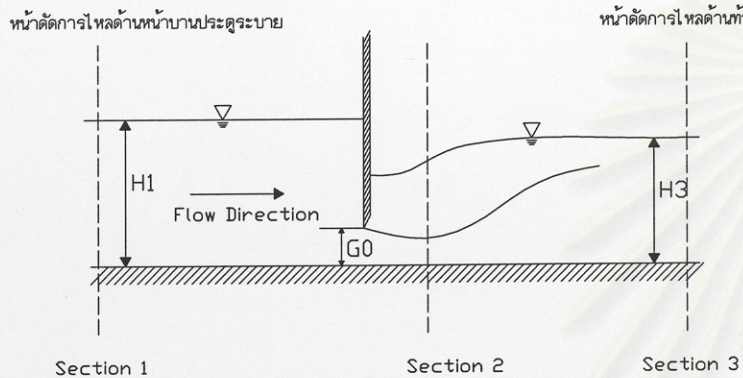
$$Q = C_d A \sqrt{(2gH_1)} \quad (5-1)$$

โดยที่ A หมายถึง พื้นที่ที่น้ำไหลลดบานประตูระบาย มีค่าเท่ากับ $b \cdot G_0$ แทนค่า $A = b \cdot G_0$ ในสมการ 5-1 จะได้

$$C_d = \frac{Q}{b \cdot G_0 \sqrt{2gH_1}} \quad (5-2)$$

โดยที่	Q	หมายถึง	ค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบาย
	b	หมายถึง	ความกว้างทางน้ำ
	G_0	หมายถึง	ระยะยกบานประตูระบาย
	g	หมายถึง	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
	H_1	หมายถึง	ความลึกการไหลหน้าบานประตูระบาย
	C_d	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย (คำนวณจากสมการ Orifice flow)

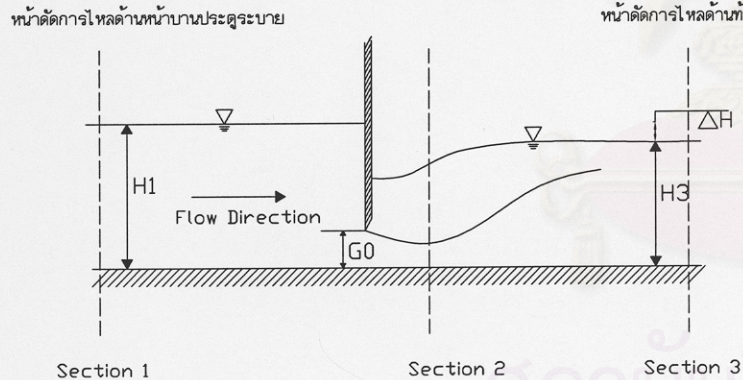
โดยทั่วไป เพื่อความสะดวกในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย ได้มีการสร้างกราฟขึ้นมา เพื่อช่วยในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย ซึ่ง



(ก)

$$Q = C_d * b * G_0 * (2gH_1)^{0.5}$$

- โดยที่ Q หมายถึง ค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบาย
 C_d หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย
 b หมายถึง ความกว้างทางน้ำ
 G_0 หมายถึง ระยะยกบานประตูระบาย
 H_1 หมายถึง ความลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบาย



(ข)

$$Q = C_s * b * H_3 * (2g\Delta H)^{0.5}$$

- โดยที่ Q หมายถึง ค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบาย
 C_s หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย
 b หมายถึง ความกว้างทางน้ำ
 H_3 หมายถึง ความลึกการไหลด้านท้ายบานประตูระบาย
 ΔH หมายถึง ความลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบาย

รูป 5-1 ลักษณะตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย

ก) สัมการ Orifice Flow ข) สัมการ U.S. Army, Corps of Engineers

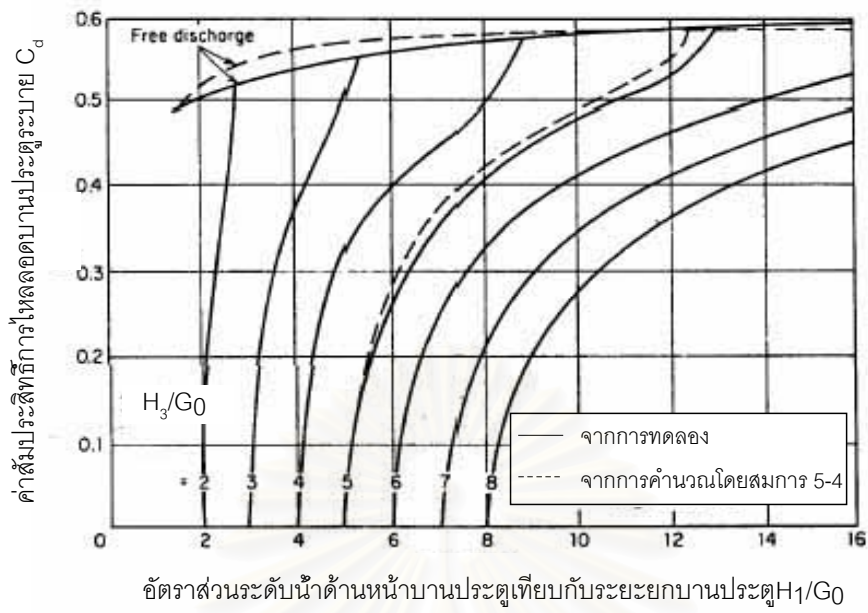
ได้มีการศึกษามาแล้ว ยกตัวอย่างเช่น กราฟของ Escande (1938), Starosolszky (1972), และกราฟของ Henry (1950) ในการศึกษาในหัวข้อนี้ ใช้กราฟของ Henry (1950) เป็นแนวทางหลักในการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายในกรณีการไหลลดบานประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และในกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

ลักษณะกราฟของ Henry (1950) เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย และค่าอัตราส่วนระดับน้ำด้านท้ายบานประตูระบายเทียบกับระยะยกบานประตู รวมทั้งค่าอัตราส่วนระดับน้ำด้านเหนือบานประตูระบายเทียบกับระยะยกบานประตู ในขั้นตอนการศึกษาของ Henry (1950) ได้ทำการทดลองในแบบจำลองทางน้ำขนาดกว้าง 1 ฟุต ไหลผ่านบานประตูระบายน้ำแบบสันคม (Sharp edge sluice gate) รูปแบบการไหลในการทดลอง มีทั้งกรณีที่เป็นการไหลแบบอิสระ และการไหลแบบจุ่มจม จากนั้นนำผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองในแบบจำลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับน้ำด้านหน้าบาน และด้านท้ายบานประตูระบายเทียบกับระยะยกบานประตูกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย ลักษณะกราฟของ Henry (1950) แสดงในรูป 5-2

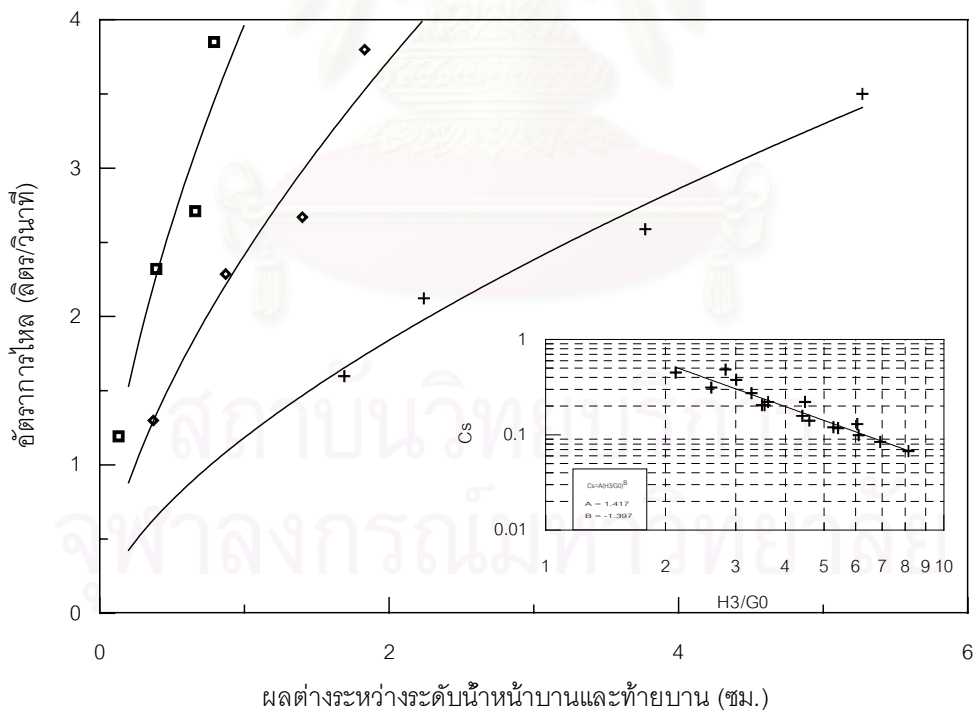
แนวทางการวิเคราะห์การไหลลดบานประตูระบายของ Henry ใช้หลักของสมการพลังงานที่หน้าตัดที่หนึ่งและหน้าตัดที่สอง และใช้หลักของสมการโมเมนตัมในการวิเคราะห์การไหลที่หน้าตัดที่สองและหน้าตัดที่สาม จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองในรูปของตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless parameter) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่อยู่ในเทอมของอัตราส่วนความลึกการไหลต่อระยะยกบานประตูระบาย ดังสมการที่ 5-3

$$C_d = f\left(\frac{H_1}{G_0}, \frac{H_3}{G_0}\right) \quad (5-3)$$

ในการศึกษาของ Henry (1950) ได้ทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองกับผลการศึกษาที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎีที่กล่าวมา ลักษณะกราฟของ Henry ในส่วนที่เป็นเส้นทึบ หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแบบจำลอง ส่วนเส้นปะเส้นแรก หมายถึงผลการศึกษาที่ได้จากการคำนวณ โดยสมการที่ 5-4 ส่วนเส้นปะที่สอง ได้จากการคำนวณโดยสมการที่ 5-6



รูป 5-2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนประตูปะบายและอัตราส่วนความลึกการไหลเทียบกับระยะยกบานของ Henry (1950)



รูป 5-3 กราฟเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนประตูปะบาย (Calbration curve)

$$C_d = K C_c \sqrt{1 - \frac{H'}{H_1}} \quad (5-4)$$

โดยที่	C_c	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การบีบอัดตัว ในการศึกษาครั้งนี้ Henry กำหนด ใช้ค่า $C_c = 0.60$
	H'	หมายถึง	ความลึกการไหลที่หน้าตัดใดๆ
	H_1	หมายถึง	ความลึกการไหลหน้าบานประตูระบาย

ค่า K จากสมการที่ 5-4 คำนวณได้จากสมการ 5-5

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{C_c b}{H_1}\right)^2}} \quad (5-5)$$

$$C_d = C_c \sqrt{1 - \frac{H_3}{H_1}} \quad (5-6)$$

5.1.2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายโดยวิเคราะห์จากกราฟปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย (Calibration Curve)

กราฟปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย สร้างขึ้นมาเพื่อทำการปรับเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย ในการสร้างกราฟปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย ทำการวัดข้อมูลที่ตำแหน่งบานประตูระบายที่ต้องการทำการปรับเทียบโดยข้อมูลที่วัดประกอบด้วย ค่าความเร็วการไหลในแต่ละตำแหน่งในหน้าตัดทางน้ำ ข้อมูลความลึกการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู รวมทั้ง ค่าระยะยกบานประตูระบาย ดังนั้นจุดประสงค์ในการสร้างกราฟปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายที่ถูกต้อง ในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลลอดผ่านบานประตูระบาย

ขั้นตอนการสร้างกราฟปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย ทำได้โดยทำการรวบรวมค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย (C_d) และค่าอัตราส่วนความลึกด้านท้ายบานเทียบกับระยะยกบานประตูระบาย โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย คำนวณได้จากสมการของ U.S. Army Corps of Engineer โดยที่ U.S. Army Engineering Waterway Experiment Station ได้พัฒนาสมการสำหรับคำนวณค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย ในกรณีที่รูปแบบการไหลเป็นการไหลแบบจุ่มจม ซึ่งสมการที่ได้ดัดแปลงมาจากสมการ

Standard orifice flow รูปแบบสมการของ U.S. Army Corps of Engineer แสดงในสมการ 5-7 ลักษณะตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณโดยสมการ U.S. Army Corps of Engineer แสดงในรูป 5-1 ข)

$$Q = C_s b H_3 \sqrt{(2g\Delta H)} \quad (5-7)$$

โดยที่	Q	หมายถึง	ค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย
	b	หมายถึง	ความกว้างทางน้ำ
	g	หมายถึง	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
	H ₃	หมายถึง	ความลึกการไหลท้ายบานประตูระบาย
	C _s	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย จากการคำนวณของ U.S. Army Corp of Engineer
	ΔH	หมายถึง	ผลต่างระดับน้ำด้านหน้าบานประตูระบายและด้านท้ายบานประตูระบาย (H ₁ -H ₃)

หลังจากคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย (C_s) นำข้อมูลที่ได้ไปพลอตกราฟหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย และค่าอัตราส่วนความลึกด้านท้ายน้ำเทียบกับระยะยกบานประตูระบาย โดยพลอตความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลในกราฟ Log-Log สเกล ลักษณะความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปของเส้นตรง โดยที่ความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลอยู่ในรูปสมการ Power regression ลักษณะความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลแสดงในสมการ 5-8

$$C_s = a \left(\frac{H_3}{G_0} \right)^b \quad (5-8)$$

โดยที่	$\frac{H_3}{G_0}$	หมายถึง	อัตราส่วนความลึกด้านท้ายน้ำเทียบกับระยะยกบานประตูระบาย
	a, b	หมายถึง	ค่าคงที่ของสมการ

เมื่อได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย กับค่าอัตราส่วนความลึกด้านท้ายน้ำเทียบกับระยะยกบานประตูระบาย ในรูปแบบสมการ Power regression นำสมการของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูที่ได้ ไปใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบายจากสมการของ U.S. Army Corps of Engineer จากนั้นนำค่าอัตราการ

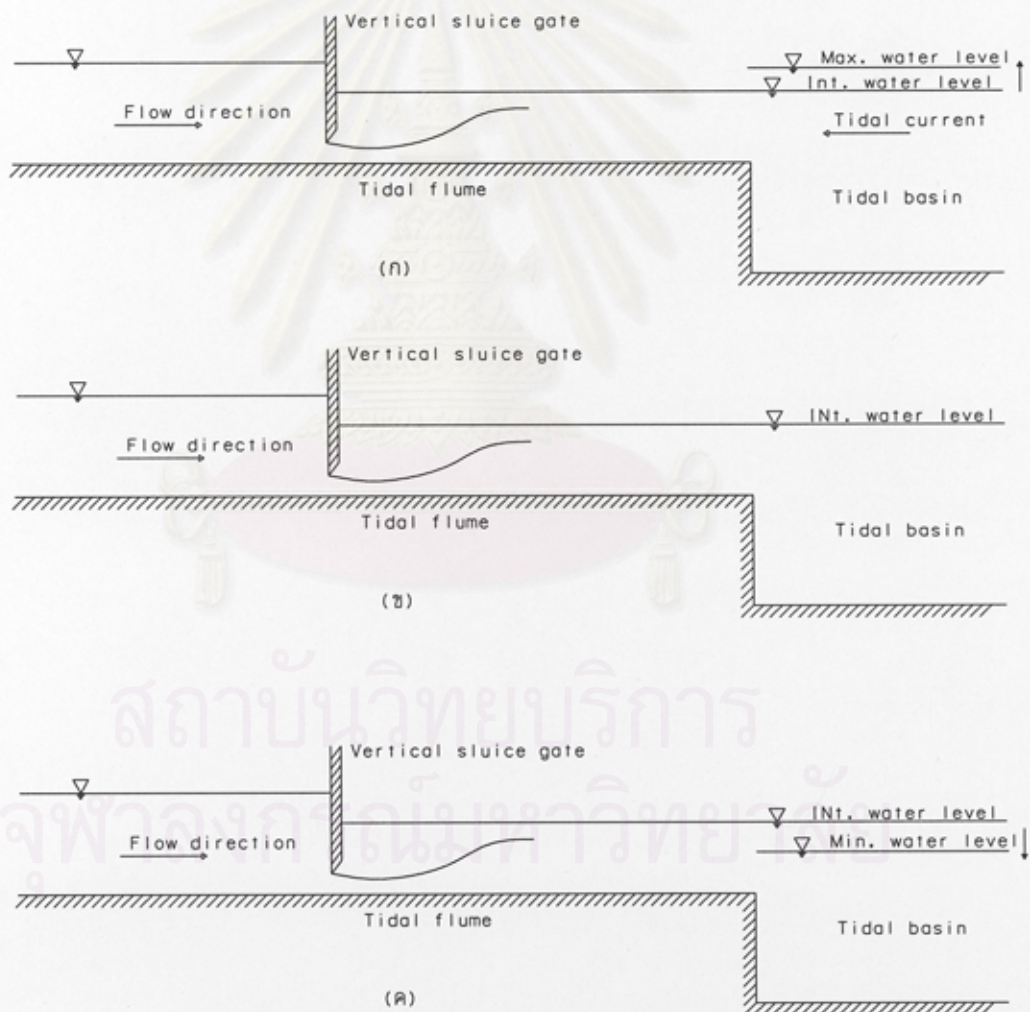
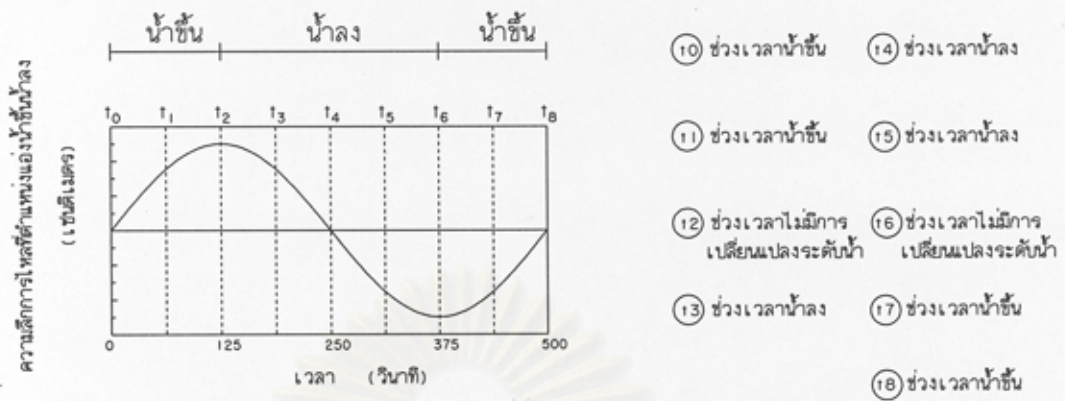
ไหลลดบานประตู่ระบายไปพลอตกราฟความสัมพันธ์เทียบกับผลต่างระหว่างระดับน้ำด้านหน้าบานประตู่และท้ายบานประตู่ ลักษณะของกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบายแสดงในรูป 5-3

5.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบาย

การศึกษาค้นคว้านี้ทำการหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบายในกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาเปรียบเทียบถึงลักษณะ และรูปแบบของความแตกต่าง ในขั้นตอนการศึกษาใช้การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบาย 2 วิธี คือ วิธีแรกใช้กราฟของ Henry (1950) ในการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบาย วิธีที่สองเปรียบเทียบจากกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบาย

ในการวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบาย ระหว่างการไหลลดบานประตู่ระบายที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ และในกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ การพิจารณารูปแบบของลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงในการศึกษาครั้งนี้ทำการพิจารณาในช่วงเวลา 1 ลูกคลื่น หรือประมาณ 500 วินาที ระดับน้ำในแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงสัมพันธ์กับเวลา โดยการขึ้นลงของระดับน้ำมีลักษณะเป็นฮาร์โมนิกอย่างง่าย ในการศึกษาทำการแบ่งช่วงเวลาที่พิจารณา 1 ลูกคลื่น (1 คาบคลื่นหรือประมาณ 500 วินาที) ออกเป็น 9 ช่วงเวลาย่อย (t_0-t_9) โดยทำการแบ่งช่วงเวลา 1 ลูกคลื่นที่พิจารณาออกเป็นช่วงเวลาน้ำขึ้น ช่วงเวลาน้ำลง และช่วงเวลาที่ไม่มีเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ รูป 5-4 แสดงการแบ่งช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง และแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลในช่วงเวลาต่างๆ

ช่วงเวลาน้ำขึ้น หมายถึง ช่วงเวลาที่ระดับน้ำในแอ่งน้ำขึ้นน้ำลงเพิ่มระดับขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ลงของถังแทนที่น้ำ ช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่มึกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal current) ไหลย้อนกลับเข้ามาในทางน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ช่วงเวลาน้ำขึ้นกำหนดให้เป็นช่วงเวลาที่ 0,1,7 และช่วงเวลาที่ 8 ช่วงเวลาน้ำลง หมายถึง ช่วงเวลาที่ระดับน้ำในแอ่งคลื่นลดระดับลง อันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ในลักษณะยกตัวขึ้นของถังแทนที่น้ำ ช่วงเวลานี้กระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงจะไหลเข้ามาในแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง ในการศึกษาครั้งนี้ ช่วงเวลา 3,4 และช่วงเวลาที่ 5 กำหนดให้เป็นช่วงเวลาน้ำลง สำหรับช่วงเวลาที่ไม่มีเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง หมายถึง ช่วงที่ถังแทนที่น้ำเคลื่อนตัวไปที่ตำแหน่งสูงสุดหรือต่ำสุด ทำให้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่แอ่งน้ำขึ้นน้ำลงในช่วงเวลานี้น้อยมาก ไม่เกิดกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำ



รูป 5-4 การแบ่งช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง และลักษณะการไหลที่ช่วงเวลาต่างๆ

ก) ช่วงเวลาน้ำขึ้น ข) ช่วงเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ

ค) ช่วงเวลาน้ำลง

ลงไหลเข้าและไหลออกจากอ่างน้ำขึ้นน้ำลง ในการศึกษาคั้งนี้กำหนดให้ช่วงเวลาที่ 2 และ 6 เป็นช่วงเวลาที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ ดังนั้นในการศึกษาคั้งนี้จะวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลตลอดบานประตูระบายโดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ เป็นหลัก

5.2.1 การวิเคราะห์ความแตกต่างจากการวิเคราะห์โดยกราฟ Henry

กราฟของ Henry มีจุดประสงค์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลตลอดบานประตูระบายสามารถใช้ได้กับการไหลแบบอิสระและการไหลแบบจุ่มจม ขั้นตอนการหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลตลอดบานประตูระบาย ทำได้โดยอ่านค่าจุดตัดระหว่างอัตราส่วนระหว่างค่าระดับน้ำด้านหน้าบานเทียบกับระยะยกบานประตู และอัตราส่วนระดับน้ำด้านท้ายบานเทียบกับระยะยกบานประตู จากนั้นอ่านค่าสัมประสิทธิ์การไหลตลอดบานประตูระบายจากในกราฟ ในการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของ Henry (1950) ไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ ซึ่งอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลตลอดบานประตูระบายที่อ่านได้จากกราฟผิดพลาด ดังนั้นเมื่อมีการไหลตลอดบานประตูระบายที่สภาพการไหลเหมือนกัน คือ มีค่าระดับน้ำด้านเหนือบานประตูระดับน้ำท้ายบานประตู และมีค่าผลต่างระหว่างระดับน้ำเหนือบานและท้ายบานประตูเท่ากัน แตกต่างกันที่กรณีหนึ่งเป็นการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ ส่วนอีกกรณีเป็นการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ ค่าอัตราการไหลตลอดบานประตูระบายที่คำนวณได้อาจมีค่าที่แตกต่างกัน

ในการศึกษาวิจัยความแตกต่างที่เกิดขึ้นทั้ง 2 กรณี ทำได้โดยนำข้อมูลจากการทดลองในแบบจำลองกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาใส่ในกราฟของ Henry จากนั้นอ่านค่าสัมประสิทธิ์การไหลตลอดบานประตูระบายที่ได้จากในกราฟของ Henry เพื่อเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลตลอดบานประตูระบายที่ได้จากการคำนวณโดยข้อมูลที่เกิดขึ้นมาจากการทดลองในแบบจำลอง จากนั้นหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างโดยที่ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลตลอดบานประตูระบายทั้ง 2 กรณีคำนวณได้จากสมการ 5-12

$$\% \text{ความแตกต่าง} = \frac{C_{d, \text{cal.}} - C_{d, \text{chart.}}}{C_{d, \text{chart.}}} \quad (5-12)$$

โดยที่ C_{cal} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายที่คำนวณได้
จากสมการ 5-1

C_{chart} หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายที่ได้จากกราฟ
ของ Henry

ในขั้นตอนการศึกษา ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายที่คำนวณได้
จากสมการ 5-1 จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแบบจำลอง โดยข้อมูลที่ประกอบด้วย ข้อมูล
ความลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบาย ความลึกการไหลด้านท้ายบานประตู และข้อมูลอัตรา
การไหลลดบานประตู ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย รวมทั้งค่า
ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย สำหรับกรณีการไหลลดบาน
ประตูระบายที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง แสดงในตารางที่ 5-1 จากผลการศึกษาพบว่า
เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลอยู่ในช่วงระหว่าง -8.606% ถึง 4.793%
โดยลักษณะความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญกับตัวแปรใดๆ ที่ทำการศึกษา รูป 5-4 แสดงการนำข้อ
มูลอัตราส่วนระดับน้ำด้านหน้าบานและด้านท้ายบานประตูเทียบกับระยะยกบานประตูระบายที่ได้
จากการทดลองมาพลอตในกราฟของ Henry เพื่ออ่านค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู
ระบาย รูป 5-5 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายกรณีไม่ได้รับ
อิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง สำหรับรูปที่ 5-6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหล
ลดบานประตูระบายระหว่างค่าที่อ่านได้จากกราฟ Henry (1950) และค่าที่ได้จากการคำนวณ
กรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

จากนั้นทำการวิเคราะห์ในกรณีการไหลลดบานประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำ
ขึ้นน้ำลง ในขั้นตอนการวิเคราะห์ทำตามช่วงเวลาที่ได้กำหนดรูปแบบการขึ้นและลงของระดับน้ำ
โดยทำการวิเคราะห์ทุกๆ กรณีศึกษาทั้ง 27 กรณี ตัวอย่างการคำนวณในกรณี a1Q1G0 แสดงใน
ตารางที่ 5-2

จากผลการศึกษา พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย ระหว่างกรณีศึกษา
การไหลในทางน้ำเปิดที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจาก น้ำขึ้นน้ำลง และกรณีที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้น
น้ำลง มีความแตกต่างกัน โดยที่ตัวแปรต่างๆ มีผลทำให้ลักษณะความแตกต่างของค่า
สัมประสิทธิ์การไหลที่ได้แตกต่างกัน รวมถึงนัยสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์
การไหลลดบานประตูมีค่าที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลของตัวแปรที่พิจารณา และค่าพหุคูณความ
แตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหล พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การ

ไหลลดบานประตู่ระบาย มีความสัมพันธ์กับค่าอัตราการไหลลดบานประตู่ระบายอย่างมีนัยสำคัญ โดยในการหาค่าความสัมพันธ์ของชุดจากผลการทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบายที่อ่านได้จากกราฟ Henry (1950) ในทุกการทดลอง โดยมีลักษณะความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่แตกต่างกันไปตามแต่ละกรณีศึกษา กล่าวคือเมื่อพิจารณาที่รูปแบบการไหลเดียวกัน การไหลในกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ ค่าอัตราการไหลลดบานประตู่ระบายจะมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับอัตราการไหลลดบานประตู่ระบายในกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง โดยที่ลักษณะความแตกต่างจะขึ้นอยู่กับค่าอัตราการไหลลดบานประตู่ระบาย ซึ่งค่าอัตราการไหลลดบานประตู่ระบายมีความสัมพันธ์กับระยะยกบานประตู่ระบาย โดยที่เมื่อระยะยกบานประตู่ระบายมาก ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลค่อนข้างสูง และเมื่อระยะยกบานประตู่ระบายน้อย พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบายน้อย

สำหรับวิธีในการหาค่านัยสำคัญของตัวแปรต่างๆที่พิจารณาทำได้โดยการหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple regression analysis) โดยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่เกิดขึ้น เทียบกับ ตัวแปรที่พิจารณา ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าระยะยกบานประตู่ระบาย ค่าแอมพลิจูดคลื่น และค่าอัตราการไหล ในขั้นตอนการวิเคราะห์กำหนดวิธีการเลือกค่าตัวแปรที่พิจารณาเข้าสมการถดถอยโดยวิธี Stepwise ซึ่งจะช่วยในการหานัยสำคัญของตัวแปรที่พิจารณา จากผลการศึกษาพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่เกิดขึ้นมีผลมาจากตัวแปรค่าอัตราการไหล รวมทั้งค่าระยะยกบานประตู่ ส่วนค่าแอมพลิจูดมีผลต่อค่าความแตกต่างน้อยมาก ถือว่าไม่มีนัยสำคัญกับค่าความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบาย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจะพบว่า เมื่อค่าอัตราการไหลลดบานประตู่ระบายรวมทั้งค่าระยะยกบานประตู่ระบายมีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

ดังนั้นจากผลการศึกษสามารถสรุปได้ว่าค่าความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบายแปรผันตรงกับค่าอัตราการไหลลดบานประตู่ระบาย และค่าระยะยกบานประตู่ ส่วนค่าแอมพลิจูดคลื่น ไม่มีนัยสำคัญกับค่าความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบาย ลักษณะความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดแสดงในรูปที่ 5-11 ถึง 5-13 โดยแสดงผลการศึกษาในแต่ละค่าแอมพลิจูดที่กำหนด สำหรับรูปที่ 5-14 ถึง 5-17 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างตามความสัมพันธ์กับระยะเวลา

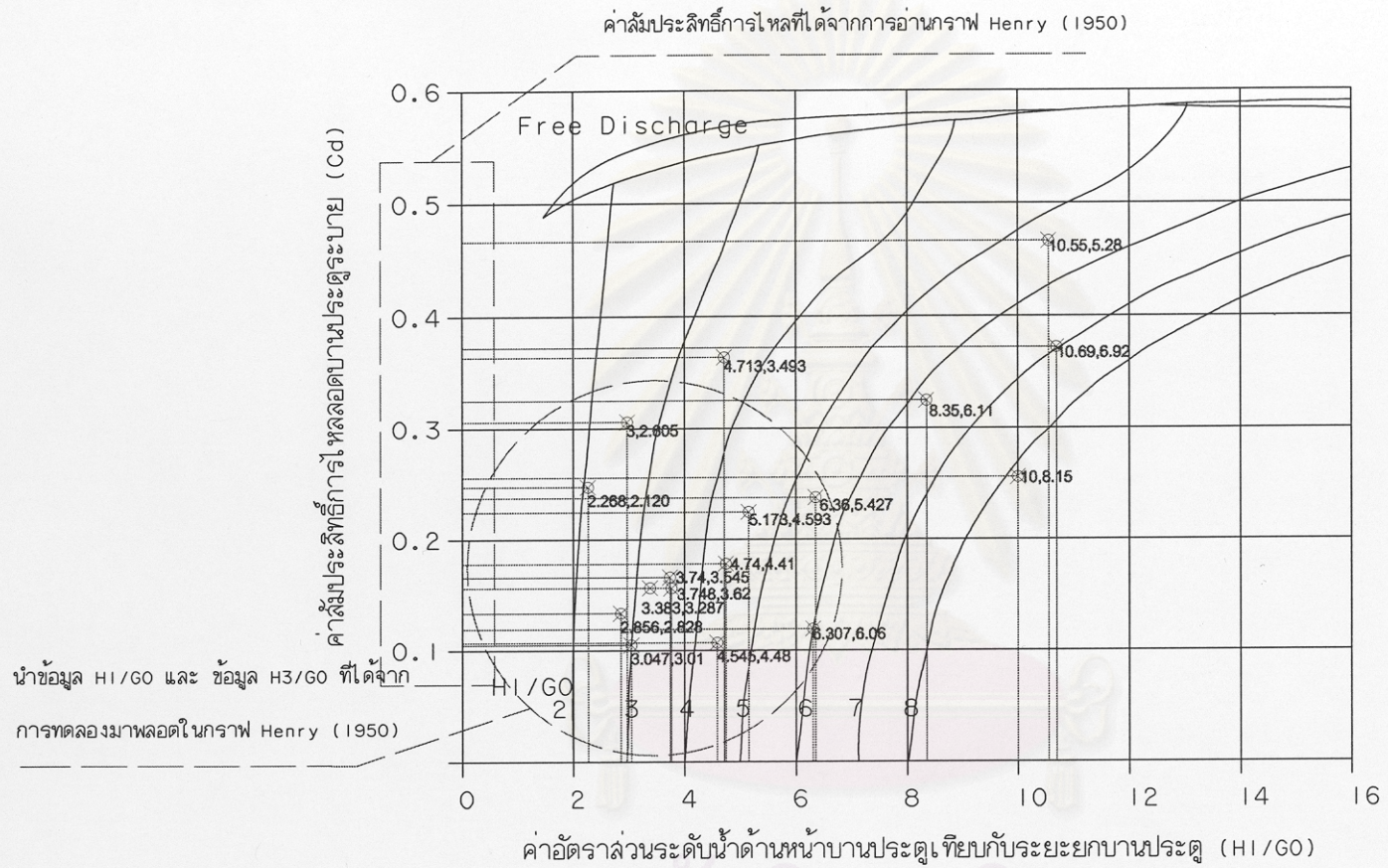
ตาราง 5-1 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

กรณีศึกษา	Q (ลิตร/วินาที)	G ₀ (ซม.)	H ₁ (ซม.)	H ₃ (ซม.)	H ₁ -H ₃ (ซม.)	(H ₁ -H ₃)/G ₀ (ซม.)	H ₁ /G ₀	H ₃ /G ₀	V ₁ (ซม./วินาที)	V ₃ (ซม./วินาที)	Fr ₁	Fr ₃	Cdcal	Cdgraph	%different
Q1G1na	1.585	1	9.84	8.15	1.69	1.69	9.84	8.15	3.222	3.890	0.033	0.044	0.228	0.245	-7.39
Q1G2na		1.5	9.46	9.09	0.37	0.25	6.31	6.06	3.351	3.487	0.035	0.037	0.155	0.148	4.59
Q1G3na		2	9.09	8.96	0.13	0.06	4.55	4.48	3.487	3.538	0.037	0.038	0.119	0.113	4.79
Q2G1na	2.004	1	8.35	6.11	2.24	2.24	8.35	6.11	4.800	6.560	0.053	0.085	0.313	0.324	-3.47
Q2G2na		1.5	7.76	6.89	0.87	0.58	5.17	4.59	5.165	5.817	0.059	0.071	0.217	0.223	-2.98
Q2G3na		2	7.48	7.09	0.39	0.20	3.74	3.55	5.358	5.653	0.063	0.068	0.165	0.166	-0.23
Q2G4na		2.5	7.14	7.07	0.07	0.03	2.86	2.83	5.613	5.669	0.067	0.068	0.135	0.133	1.52
Q3G1na	2.506	1	10.69	6.92	3.77	3.77	10.69	6.92	4.689	7.244	0.046	0.088	0.346	0.376	-8.61
Q3G2na		1.5	9.54	8.14	1.4	0.93	6.36	5.43	5.254	6.158	0.054	0.069	0.244	0.238	2.72
Q3G3na		2	9.48	8.82	0.66	0.33	4.74	4.41	5.287	5.683	0.055	0.061	0.184	0.178	3.19
Q3G4na		2.5	9.37	9.05	0.32	0.13	3.75	3.62	5.350	5.539	0.056	0.059	0.148	0.159	-7.18
Q3G5na		3	9.14	9.07	0.07	0.02	3.05	3.02	5.484	5.526	0.058	0.059	0.125	0.118	5.43
Q4G1na	3.215	1	10.55	5.28	5.27	5.27	10.55	5.28	6.096	12.180	0.060	0.169	0.447	0.466	-4.34
Q4G2na		1.5	7.07	5.24	1.83	1.22	4.71	3.49	9.096	12.273	0.109	0.171	0.364	0.364	0.11
Q4G3na		2	6	5.21	0.79	0.40	3.00	2.61	10.718	12.343	0.140	0.173	0.296	0.306	-3.22
Q4G4na		2.5	5.67	5.3	0.37	0.15	2.27	2.12	11.342	12.134	0.152	0.168	0.244	0.247	-1.44
Q4G5na		3	10.15	9.86	0.29	0.10	3.38	3.29	6.336	6.522	0.063	0.066	0.152	0.156	-2.83

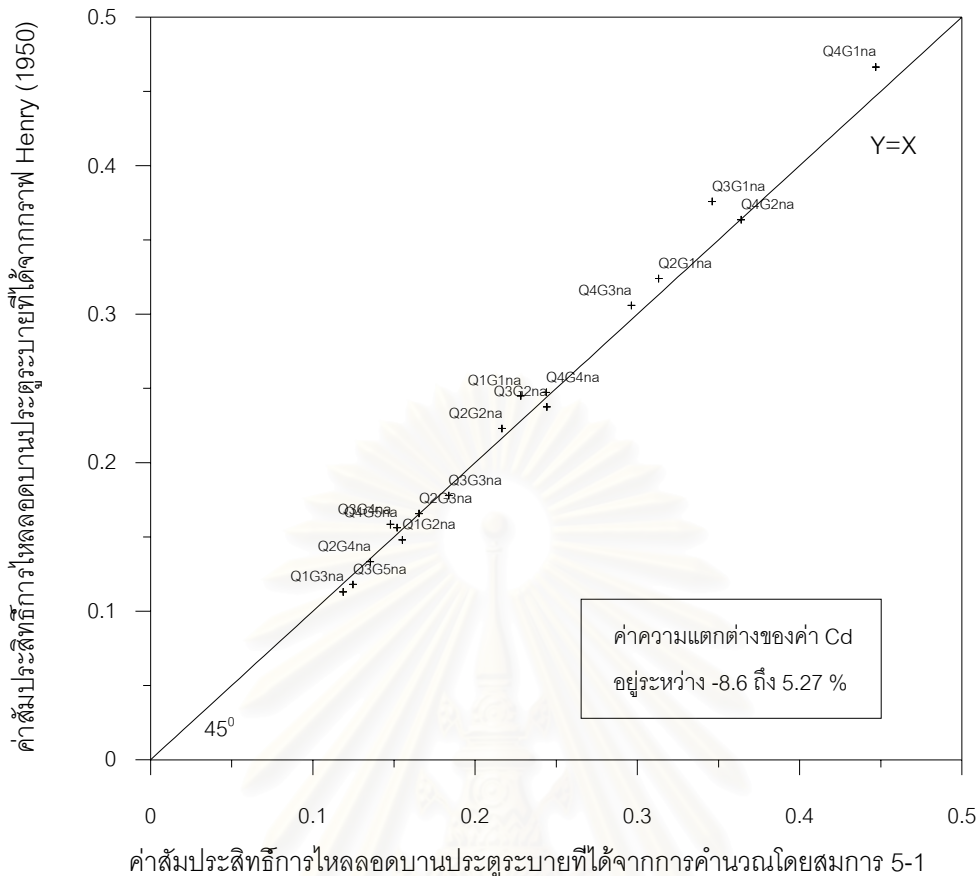
หมายเหตุ Cdcal หมายถึง ค่าสปส.การไหลที่ได้จากการคำนวณจากสมการ $Cd = Q/A(2gH_1)^{.5}$

Cdgraph หมายถึง ค่าสปส.การไหลลอดบานประตูที่ได้จากการอ่านค่าจากกราฟของ Henry (1950)

ลักษณะการไหลเป็นการไหลแบบจุ่มจมน้ำทั้งหมดแบบจุ่มจมน้ำทั้งหมด

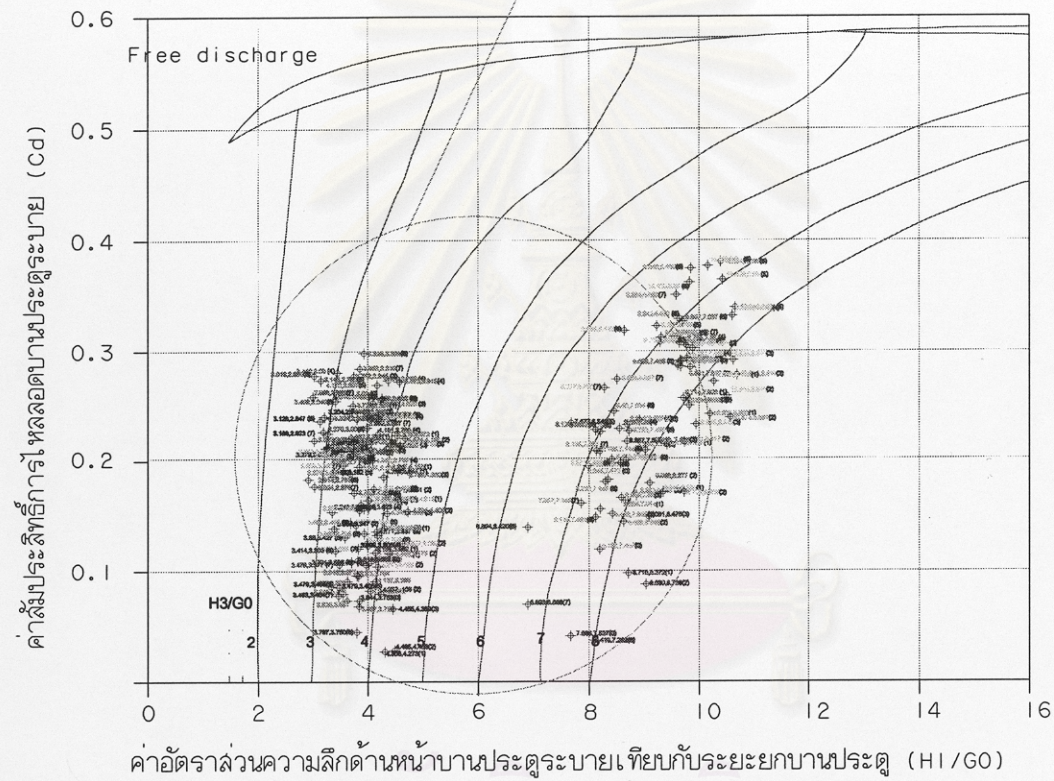


รูป 5-5 การพลอตข้อมูลผลการทดลองกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงเพื่อหาค่า % ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย



รูป 5-6 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตู่ระบาย ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณ และค่าที่อ่านจากกราฟ Henry (1950) กรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ

กรณีศึกษาการไหลลดบานประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้น-น้ำลงด้านท้ายน้ำ
 ทั้ง 27 กรณีศึกษา



รูป 5-7 แสดงการนำข้อมูลความลึกการไหลที่ตำแหน่งหน้าบานประตูและด้านท้ายบานประตูมาพลอตในกราฟ Henry (1950) เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย

ตาราง 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายกรณีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ กรณีศึกษา a1Q1G1

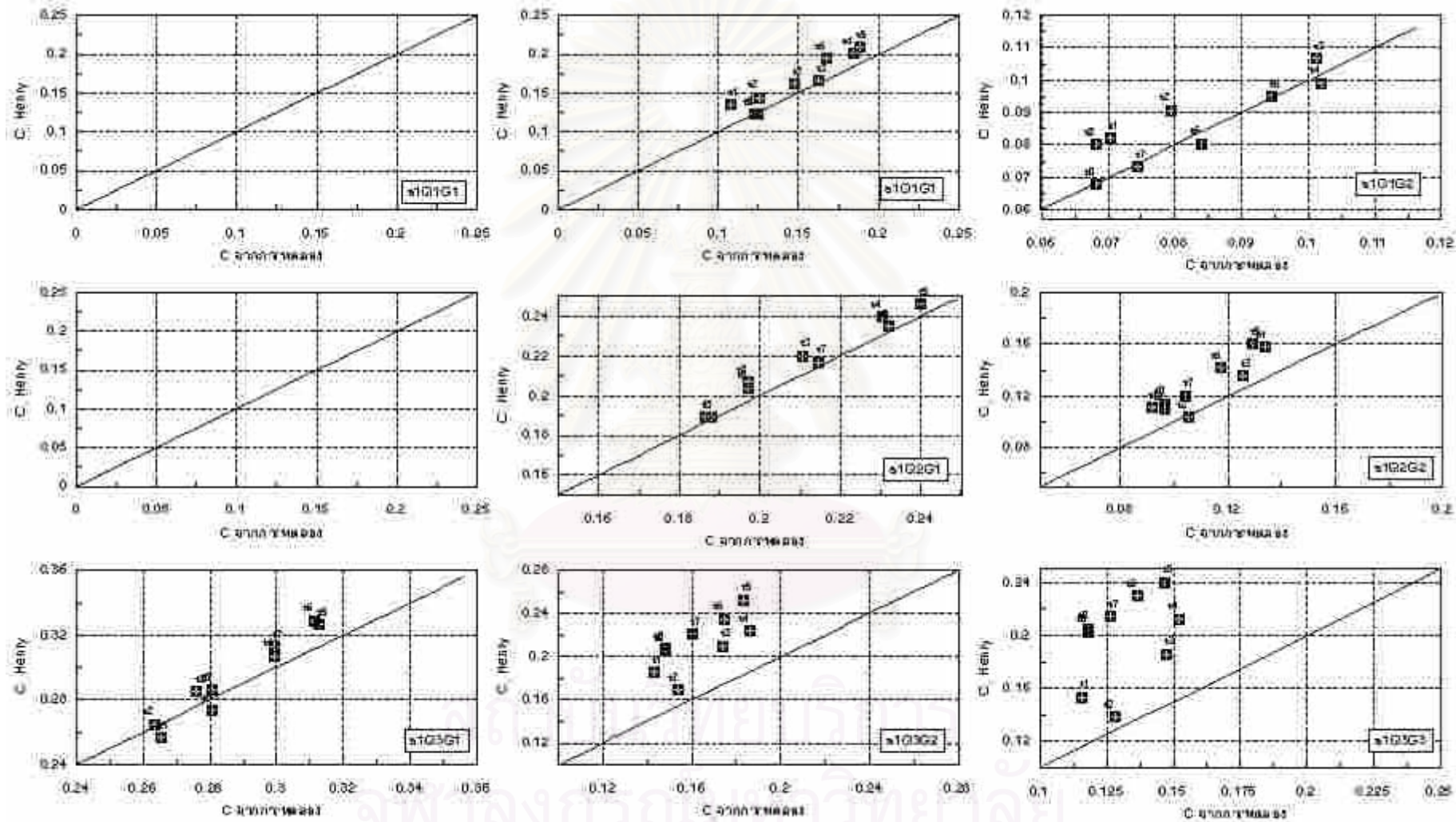
เวลา	รูปแบบ	H ₁ (ซม.)	H ₃ (ซม.)	H ₁ -H ₃ (ซม.)	a (ซม.)	H ₁ /G ₀	H ₃ /G ₀	Q _{mea.} (ลิตร/วินาที)	V ₁ (ซม./วินาที)	V ₂ (ซม./วินาที)	Fr ₁	Fr ₂	Cdcal	Cdchart	% ความแตกต่าง
t0	น้ำขึ้น	8.192	7.487	0.705	0.000	8.192	7.487	0.790	1.929	2.111	0.215	0.246	0.125	0.124	0.543
t1	น้ำขึ้น	8.423	7.861	0.562	0.283	8.423	7.861	0.694	1.648	1.766	0.181	0.201	0.108	0.135	-20.007
t2	น้ำนิ่ง	8.626	8.046	0.580	0.400	8.626	8.046	0.819	1.898	2.035	0.206	0.229	0.126	0.145	-12.886
t3	น้ำลง	8.599	7.830	0.769	0.283	8.599	7.830	1.057	2.457	2.699	0.268	0.308	0.163	0.166	-2.171
t4	น้ำลง	8.413	7.406	1.007	0.000	8.413	7.406	1.183	2.813	3.196	0.310	0.375	0.184	0.201	-8.445
t5	น้ำลง	8.220	7.144	1.076	-0.283	8.220	7.144	1.193	2.903	3.341	0.323	0.399	0.188	0.209	-9.864
t6	น้ำนิ่ง	7.990	7.068	0.922	-0.400	7.990	7.068	1.047	2.620	2.962	0.296	0.356	0.167	0.1952	-14.349
t7	น้ำขึ้น	8.000	7.142	0.858	-0.283	8.000	7.142	0.924	2.309	2.587	0.261	0.309	0.147	0.161	-8.592
t8	น้ำขึ้น	8.169	7.491	0.678	0.000	8.169	7.491	0.777	1.901	2.074	0.212	0.242	0.123	0.123	-0.247
														MAX	0.543
														MIN	-20.007

หมายเหตุ Cdcal หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายที่ได้จากการคำนวณจากสมการ 5-1

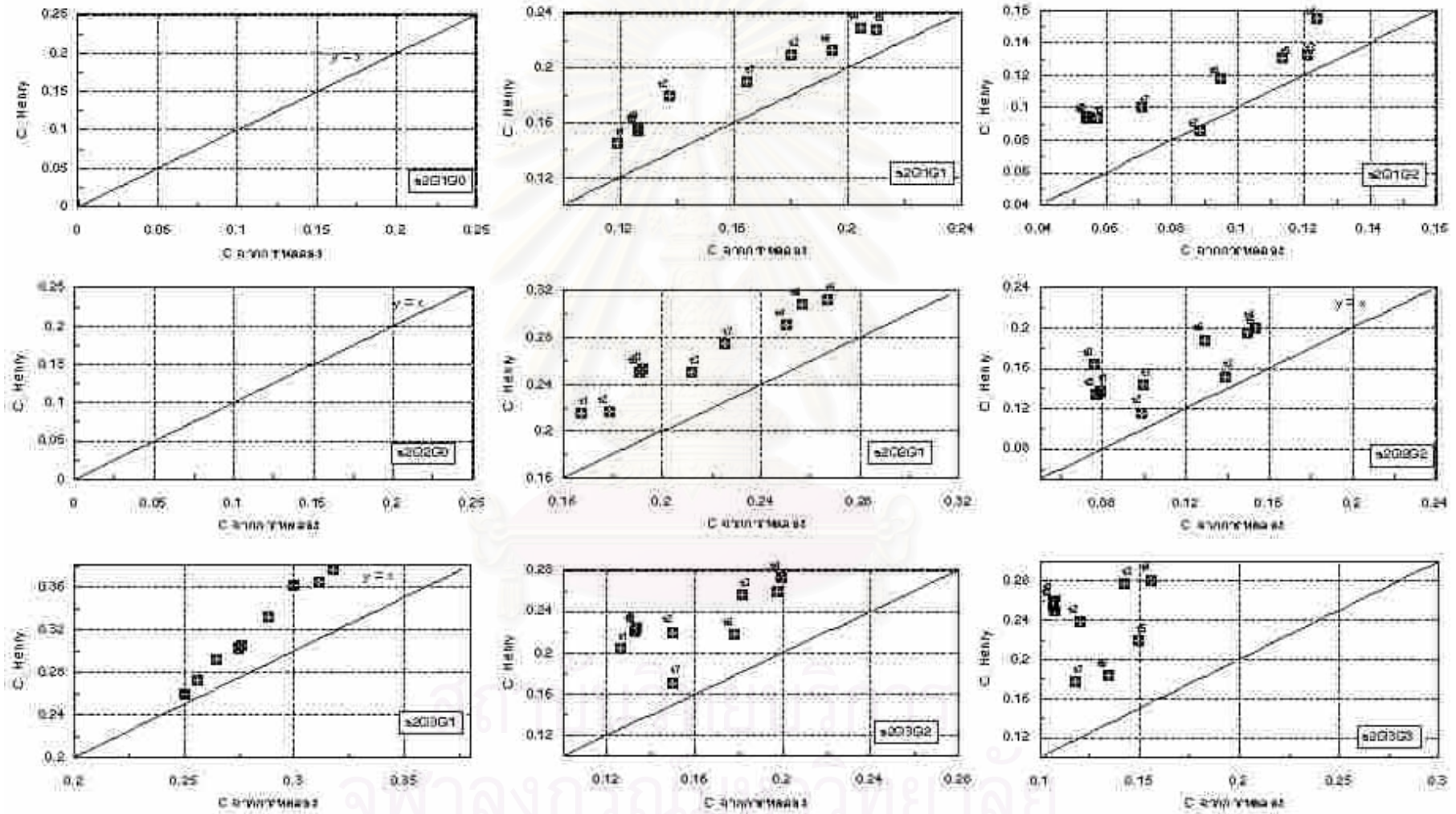
Cdchart หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายที่ได้จากchart ของ Henry (1950)

a หมายถึง ค่าแอมพลิจูดคลื่น คำนวณจากสมการ $a = a_0 \sin(2\pi(22/7)/T * X)$ โดยที่ค่า a หมายถึงค่าแอมพลิจูดคลื่น T หมายถึง คาบคลื่น X หมายถึง ช่วงเวลาที่พิจารณา โดยที่ a = 0.49 ซม. คาบคลื่นมีค่าประมาณ 500 วินาที

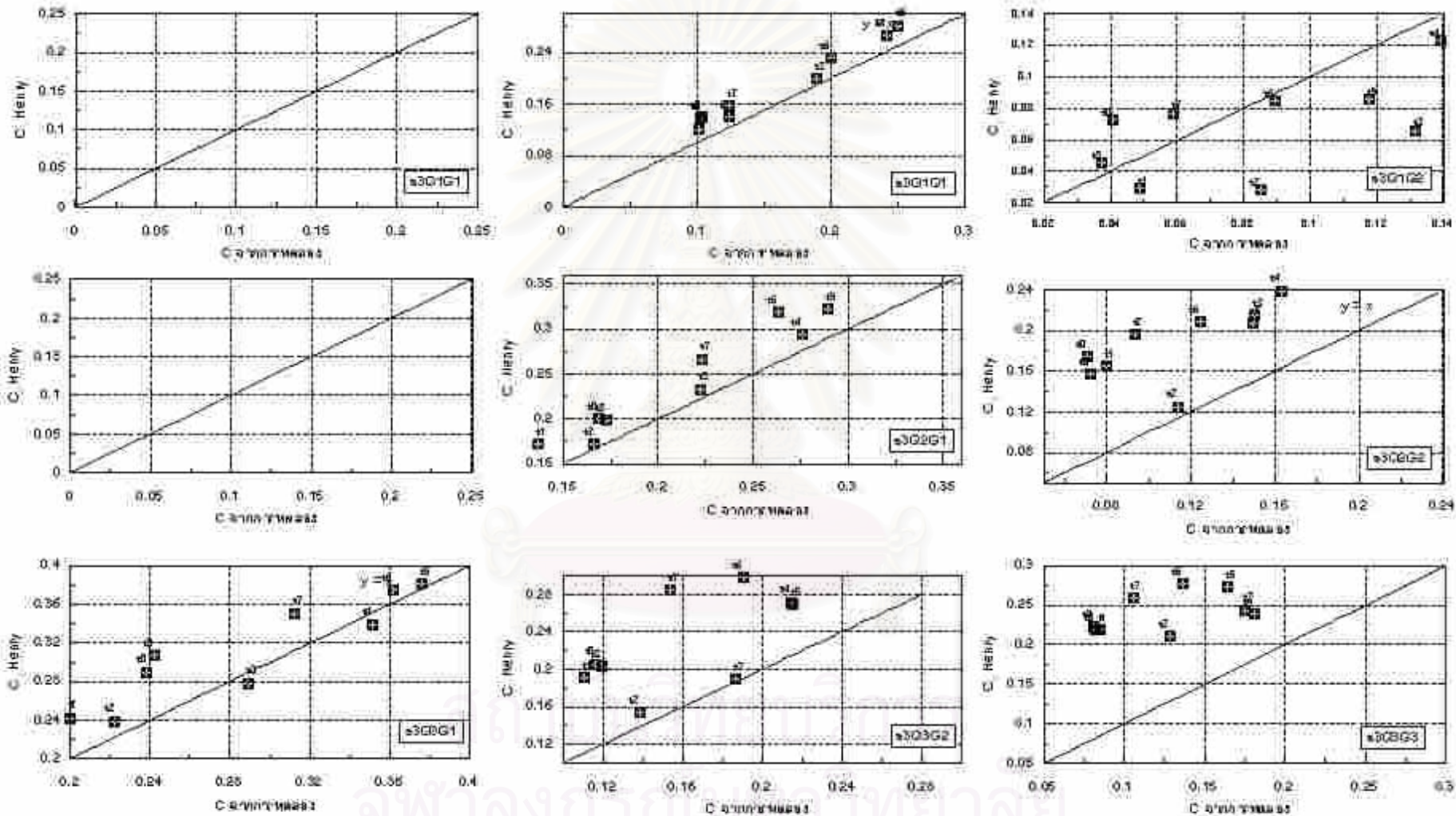
% ความแตกต่าง หมายถึง ค่าความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายที่ได้จากการคำนวณและอ่านจากกราฟ Henry (1950) คำนวณได้จากสมการ 5-12



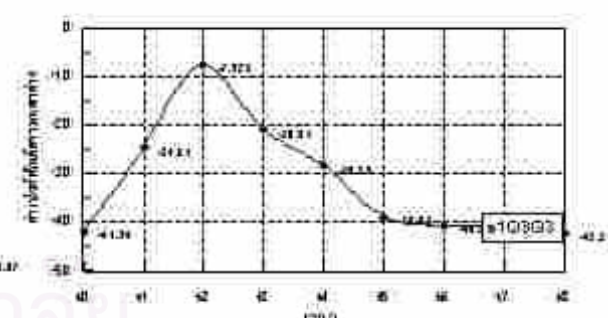
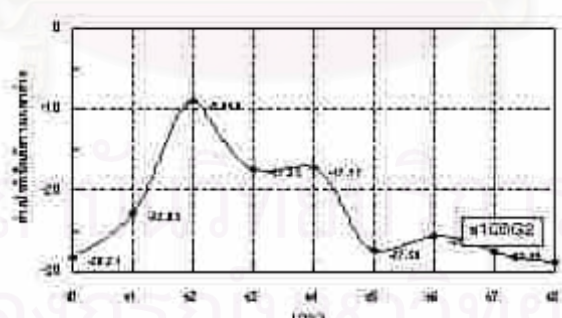
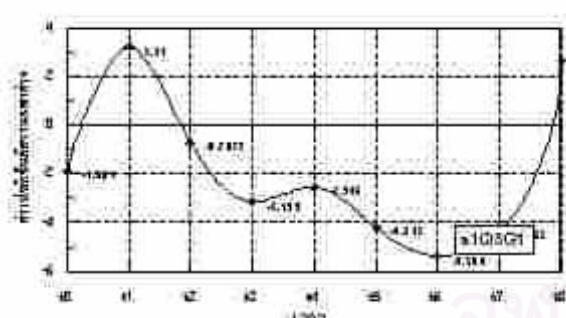
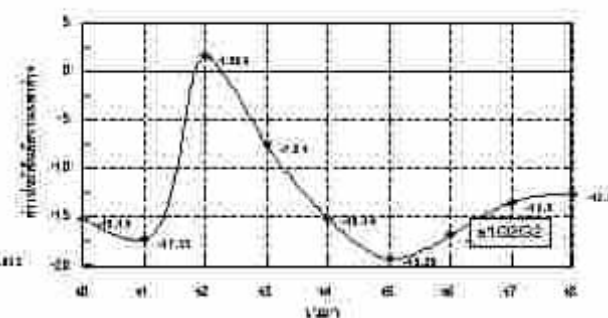
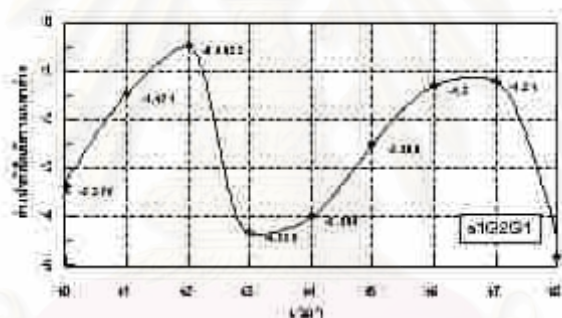
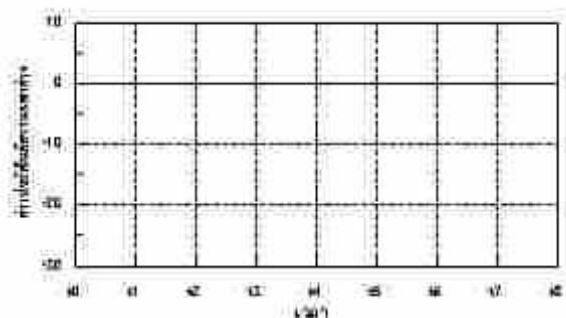
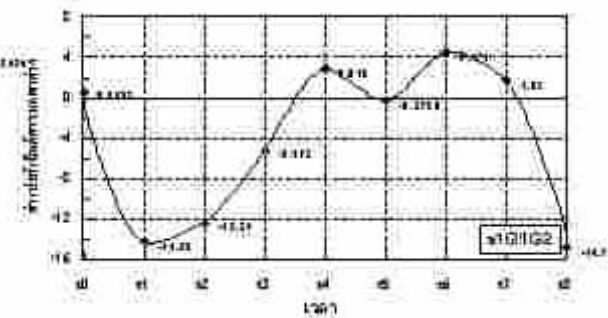
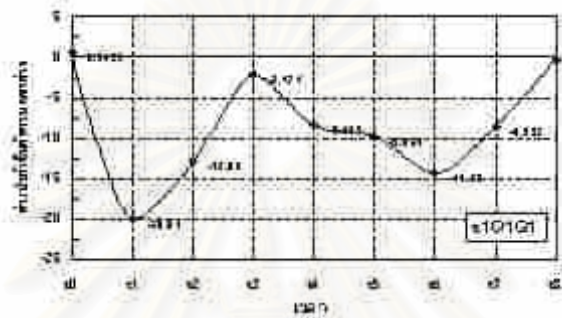
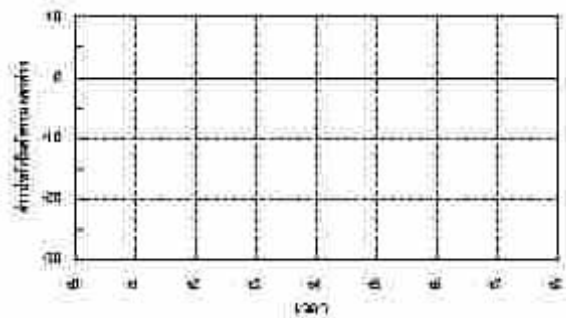
รูป 5-8 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอบานประจวบกับกราฟ Henry (1950) กรณีศึกษา a1



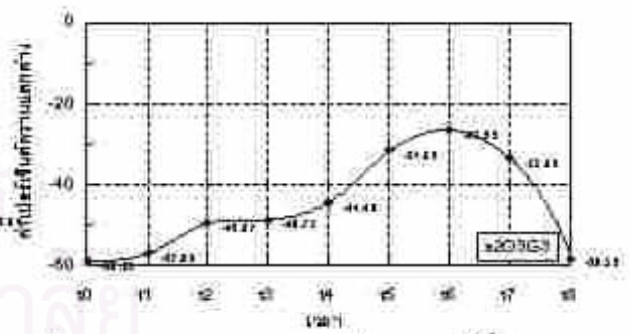
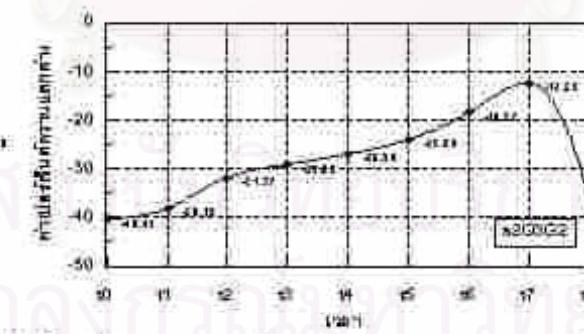
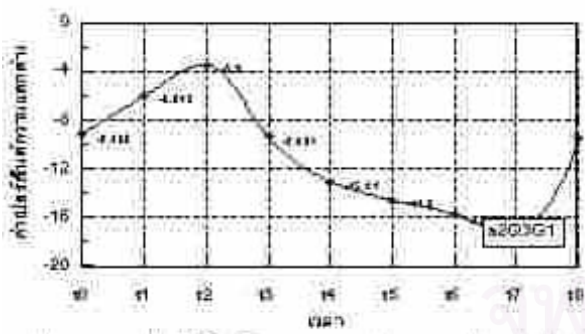
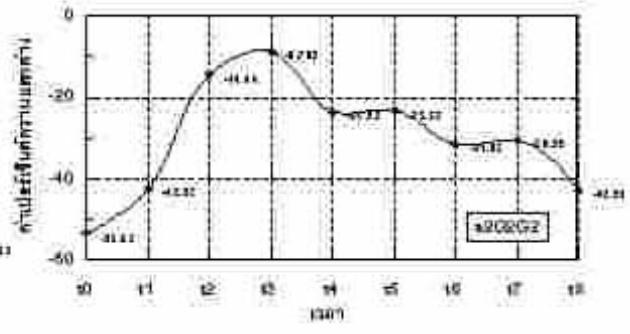
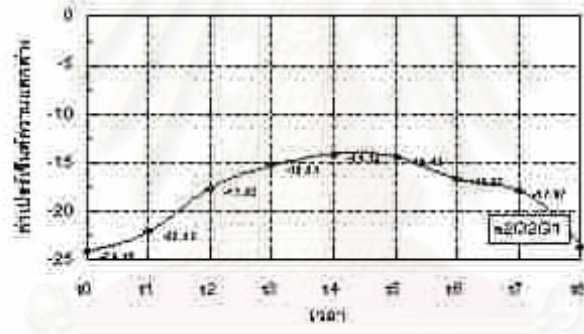
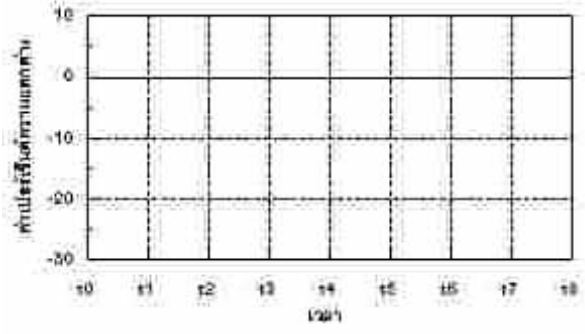
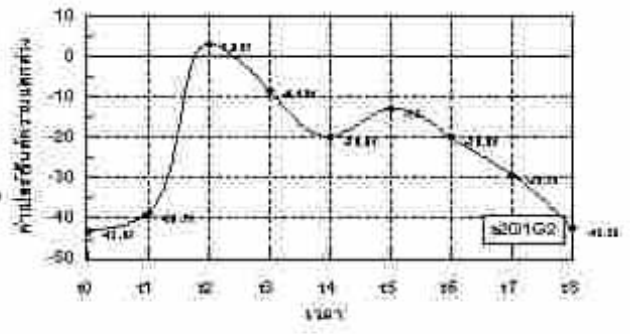
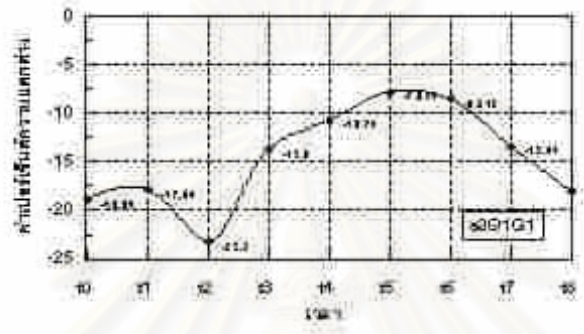
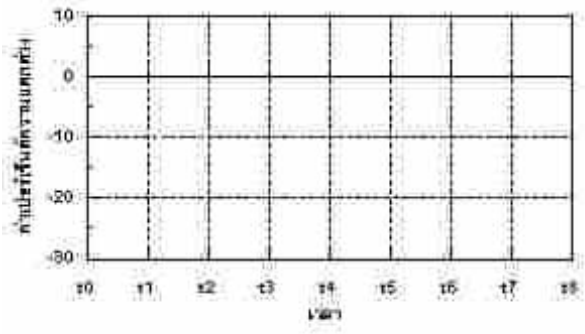
รูป 5-9 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดตามประจําประเภทย่อยจากการทดลองเทียบกับกราฟ Henry (1950) กรณีศึกษา ๑2



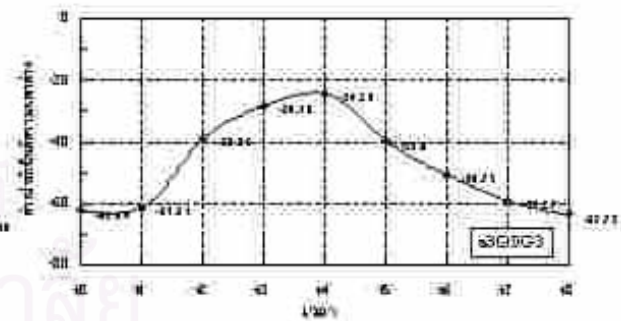
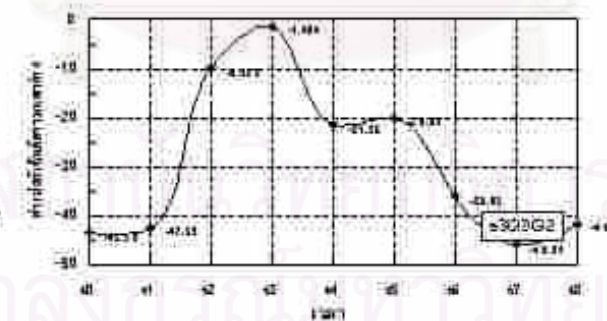
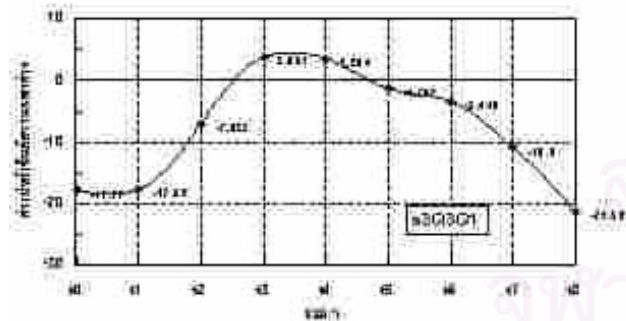
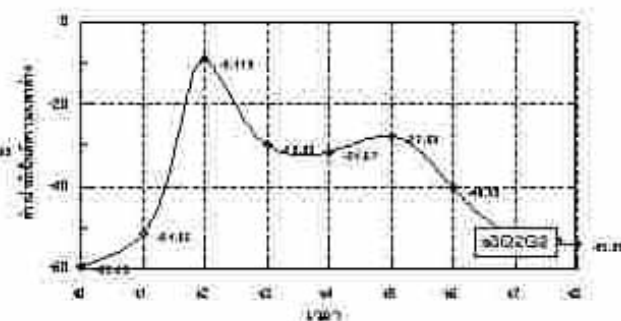
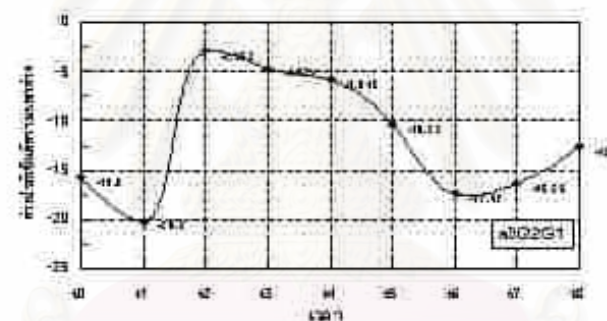
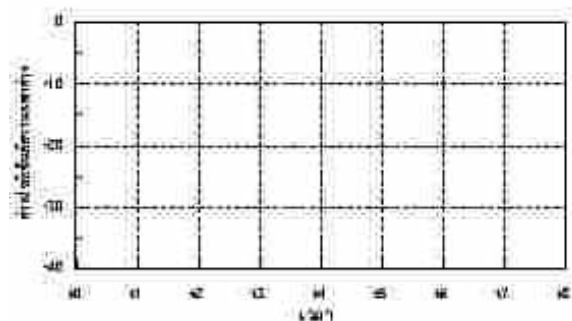
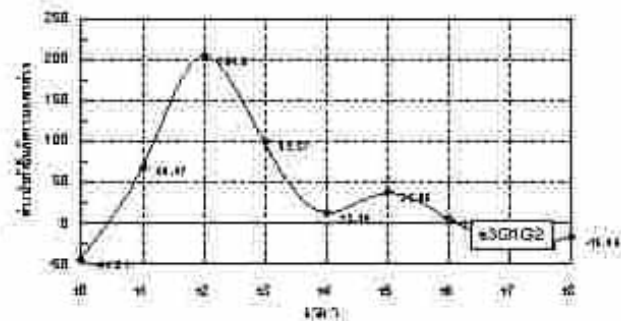
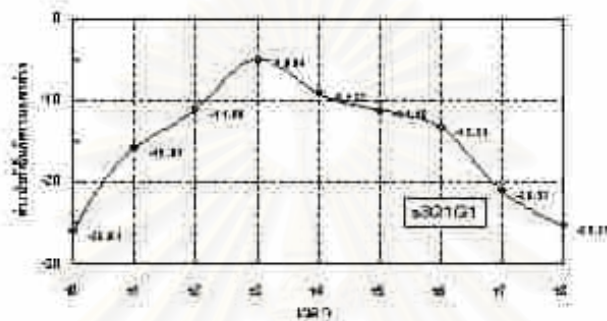
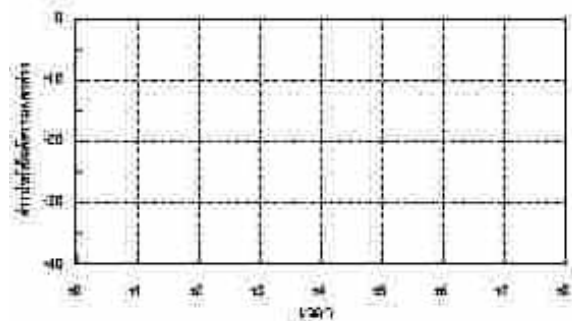
รูป 5-10 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประจวบจกการทดลองเทียบกับกราฟ Henry (1950) กรณีศึกษา a3



รูป 5-11 เปรียบเทียบความเค้นแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลของคานาประตูระบายจากกราฟทดลองกับกราฟ Henry (1950) ตามเวลาดำเนินการ [กรณีศึกษา a1]



รูป 5-12 เปรอริเซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลของงานประตู่ระบายจากการทดลองกับกราฟ Henry (1950) ตามเวลาต่างๆ กรณีศึกษา a2



รูป 5-13 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลของบานประตูระบายจากกราฟทดลองกับกราฟ Henry ตามเขตต่างๆ กรณีศึกษา a3

5.2.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างจากกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย (Calibration curve)

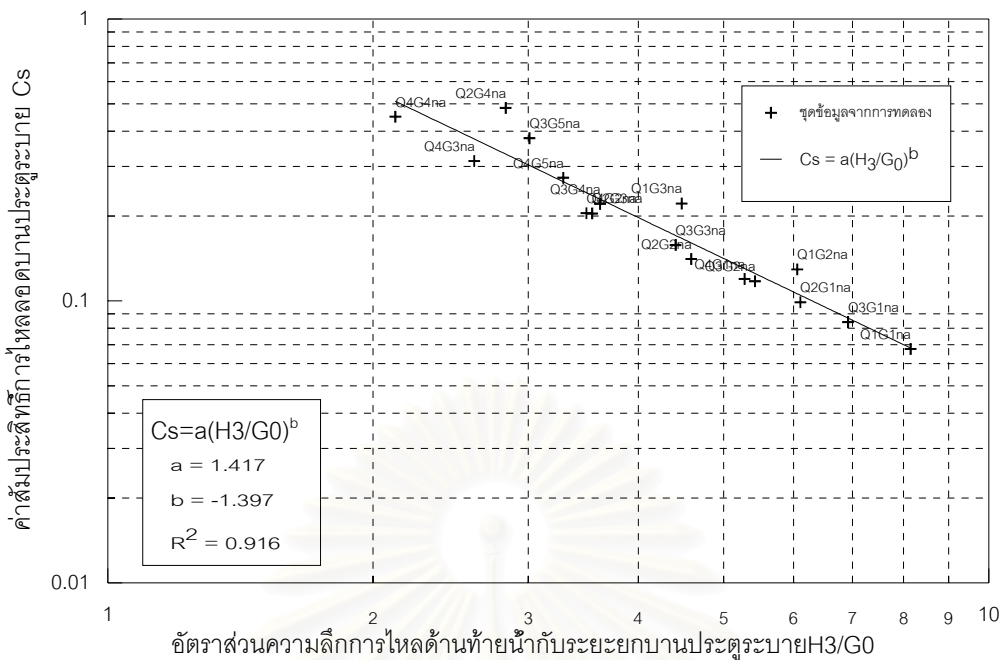
ในการวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย ระหว่างกรณีการไหลลดบานประตูระบายกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้วิธีสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากการทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์ ในกรณีที่เป็นการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายที่คำนวณจากสมการ 5-7 และค่าอัตราส่วนระดับน้ำด้านท้ายบานเทียบกับระยะยกบานประตูระบาย (H_3/G_0) จากนั้นนำข้อมูลที่เก็บได้ มาพลอตหาความสัมพันธ์ในกราฟมาตราส่วน Log-Log โดยลักษณะความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล จะอยู่ในรูปสมการที่ 5-8 จากการทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์กรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงพบว่าค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย และค่าอัตราส่วนระดับน้ำด้านท้ายบานเทียบกับระยะยกบานประตูมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5-13

$$C_s = 1.417 \left(\frac{H_3}{G_0} \right)^{-1.397} \quad (5-13)$$

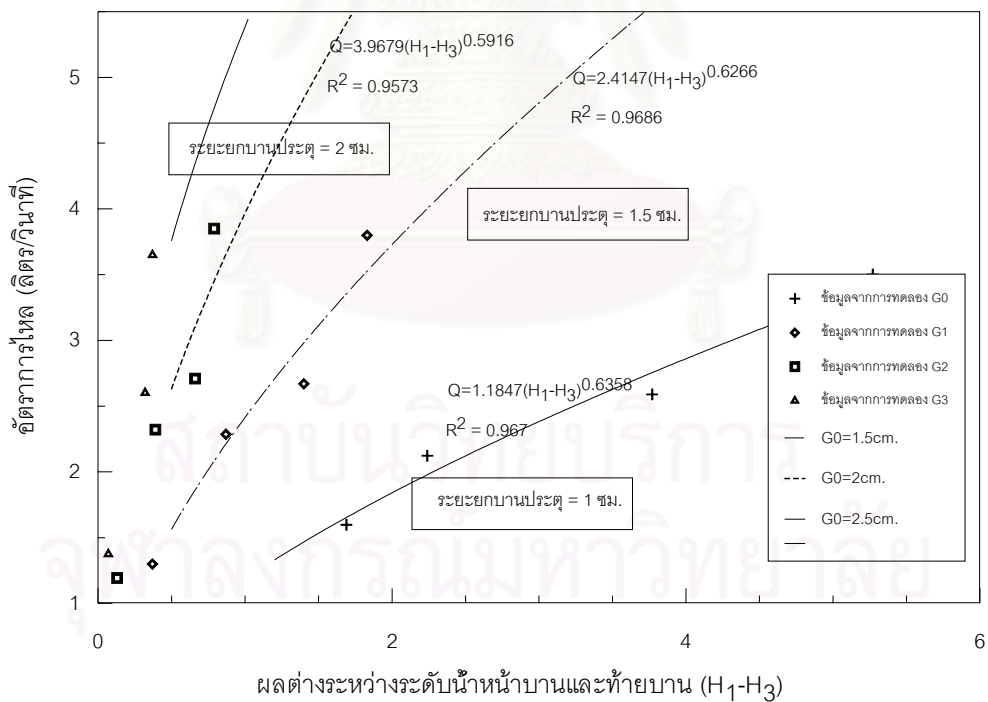
จากนั้นทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบาย และค่าผลต่างของระดับน้ำด้านหน้าบานประตูระบายและด้านท้ายบานประตูระบาย โดยในการคำนวณค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบาย คำนวณจากสมการที่ 5-7 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายคำนวณจากสมการที่ 5-13 โดยในการสร้างกราฟ ทำการสร้างกราฟเทียบกับระยะยกบานประตูระบาย ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้กำหนดระยะยกบานประตูระบาย กรณีการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง 5 ค่า คือที่ระยะ 1, 1.5, 2, 2.5 และ ที่ระยะ 3 เซนติเมตร จากนั้นศึกษาหาความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล โดยที่ลักษณะความสัมพันธ์อยู่ในรูปสมการ Power Regression สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลลดบานประตูเทียบกับผลต่างของระดับน้ำด้านหน้าบาน และท้ายบานประตูมีค่าดังสมการที่ 5-14 ถึง 5-18 การสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายแสดงในรูป 5-14 และ รูป 5-15

$$\text{ที่ระยะยกบานประตู 1 ซม.} \quad Q = 1.185(H_1 - H_3)^{0.6358} \quad (5-14)$$

$$\text{ที่ระยะยกบานประตู 1.5 ซม.} \quad Q = 2.4147(H_1 - H_3)^{0.6266} \quad (5-15)$$



รูป 5-14 กราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบายกรณีศึกษา
ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง



รูป 5-15 กราฟอัตราการไหลลดบานประตูระบายเทียบกับผลต่างของระดับน้ำ
ด้านหน้าบานและท้ายบานประตูระบายที่ระยะยกบานต่างๆ

$$\text{ที่ระยะยกบานประตู 2 ซม.} \quad Q = 3.9697(H_1 - H_3)^{0.5916} \quad (5-16)$$

$$\text{ที่ระยะยกบานประตู 2.5 ซม.} \quad Q = 5.384(H_1 - H_3)^{0.5177} \quad (5-17)$$

เมื่อได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบายเทียบกับผลต่างของระดับน้ำหน้าบานประตูและท้ายบานประตูระบายที่ระยะยกบานต่างๆ นำค่าสมการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในกรณีการศึกษาที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง โดยทำการศึกษาค่าความแตกต่างของค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย

ในการคำนวณหาความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 กรณี ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาในเทอมของค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย โดยพิจารณาจากอัตราการไหลลอดบานประตูระบายที่คำนวณได้จากสมการที่ 5-14 ถึง 5-17 เทียบกับค่าอัตราการไหลที่วัดได้จริงในแบบจำลอง ในการหาความแตกต่างของค่าอัตราการไหลสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5-18

$$\% \text{ความแตกต่าง} = \frac{Q_{cs \text{ cal.}} - Q_{cs \text{ chart.}}}{Q_{cs \text{ chart.}}} \quad (5-18)$$

โดยที่ $Q_{cs \text{ cal}}$ หมายถึง ค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบายที่ได้จากการคำนวณได้จากสมการ 5-1

$Q_{cs \text{ chart}}$ หมายถึง ค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบายที่ได้จากการคำนวณโดยใช้กราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตู

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่คำนวณได้มีค่าเป็นค่าลบ หมายถึง เมื่อรูปแบบการไหลเหมือนกัน ค่าอัตราการไหลในกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าน้อยกว่าการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และจากการวิเคราะห์หาปัจจัยสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษาพบว่า ค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย และ ค่าระยะยกบานประตูระบายมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ส่วนค่าแอมพลิจูดคลื่นไม่มีนัยสำคัญต่อค่าความแตกต่างของค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย สำหรับวิธีการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ทำการศึกษาใช้วิธีการเดียวกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยวิธีใช้กราฟของ Henry (1950) ตามที่ได้กล่าวมา ผลการทดลองกรณีเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายโดยวิธีสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายแสดงในตารางที่ 5-3 รูปที่ 5-16 ถึง 5-18 แสดงผลการศึกษาในแต่ละค่าแอมพลิจูดที่กำหนด สำหรับรูปที่ 5-19 ถึง 5-21 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลตามความสัมพันธ์กับระยะเวลา

ตาราง 5.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายจากกราฟ calibration curve กับค่าที่วัดได้ในแบบจำลอง

เวลา	รูปแบบ	H ₁	H ₃	H ₁ -H ₃	a	H ₁ /G ₀	H ₃ /G ₀	Q _{mea.}	V ₁	V ₃	Fr ₁	Fr ₃	Q _{cs}	% ความแตกต่าง
		(ซม.)	(ซม.)	(ซม.)	(ซม.)			(ลิตร/วินาที)	(ซม./วินาที)	(ซม./วินาที)				
t0	น้ำขึ้น	8.192	7.487	0.705	0.000	8.192	7.487	0.790	1.929	2.111	0.215	0.246	0.949	-16.72
t1	น้ำขึ้น	8.423	7.861	0.562	0.283	8.423	7.861	0.694	1.648	1.766	0.181	0.201	0.821	-15.47
t2	น้ำนิ่ง	8.626	8.046	0.580	0.400	8.626	8.046	0.819	1.898	2.035	0.206	0.229	0.838	-2.33
t3	น้ำลง	8.599	7.830	0.769	0.283	8.599	7.830	1.057	2.457	2.699	0.268	0.308	1.003	5.36
t4	น้ำลง	8.413	7.406	1.007	0.000	8.413	7.406	1.183	2.813	3.196	0.310	0.375	1.190	-0.58
t5	น้ำลง	8.220	7.144	1.076	-0.283	8.220	7.144	1.193	2.903	3.341	0.323	0.399	1.241	-3.87
t6	น้ำนิ่ง	7.990	7.068	0.922	-0.400	7.990	7.068	1.047	2.620	2.962	0.296	0.356	1.125	-6.97
t7	น้ำขึ้น	8.000	7.142	0.858	-0.283	8.000	7.142	0.924	2.309	2.587	0.261	0.309	1.075	-14.10
t8	น้ำขึ้น	8.169	7.491	0.678	0.000	8.169	7.491	0.777	1.901	2.074	0.212	0.242	0.925	-16.07
													MAX	5.36
													MIN	-16.72

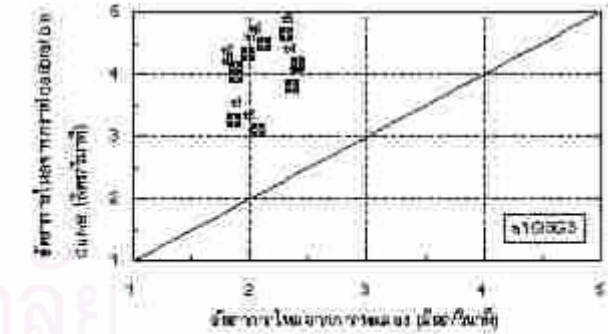
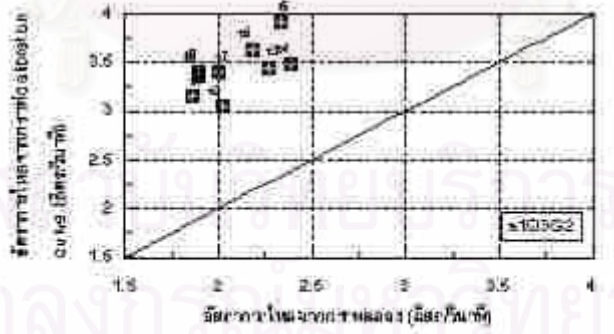
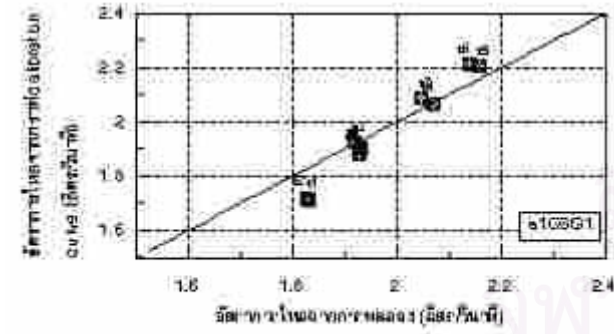
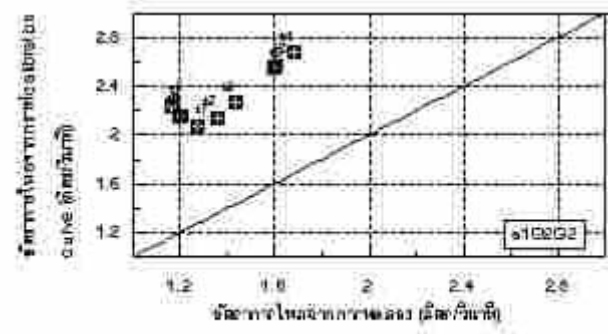
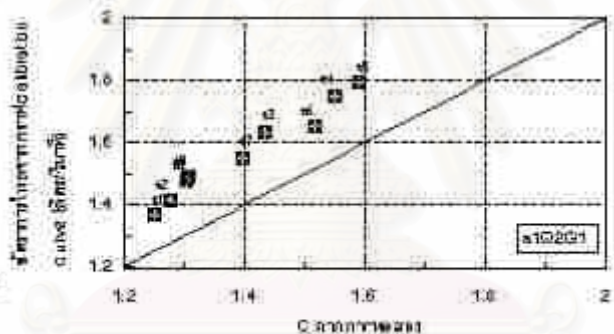
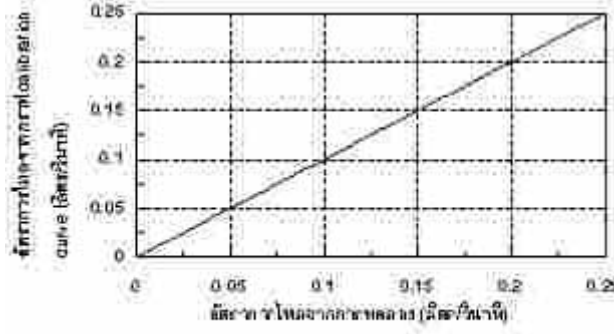
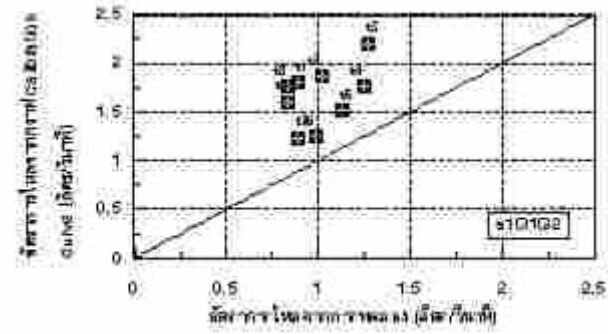
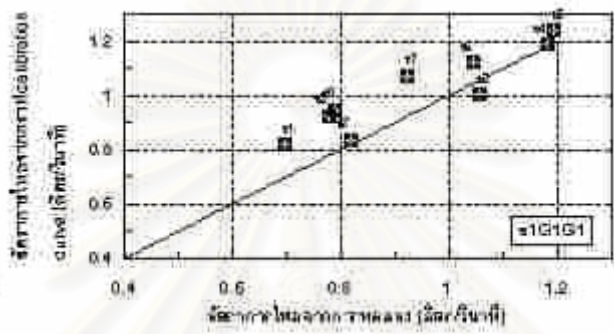
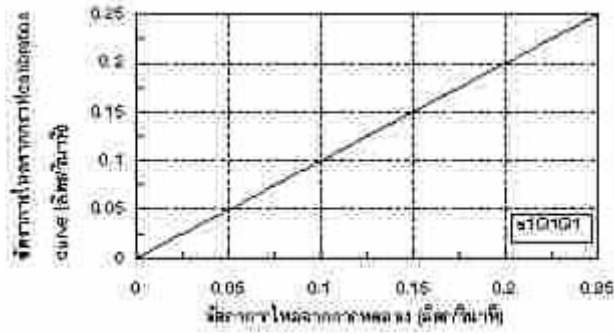
หมายเหตุ Q_{cs} หมายถึง ค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายที่ได้คำนวณได้จากวิธี Calibration curve

Q_{mea} หมายถึง ค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายที่วัดได้ในแบบจำลอง

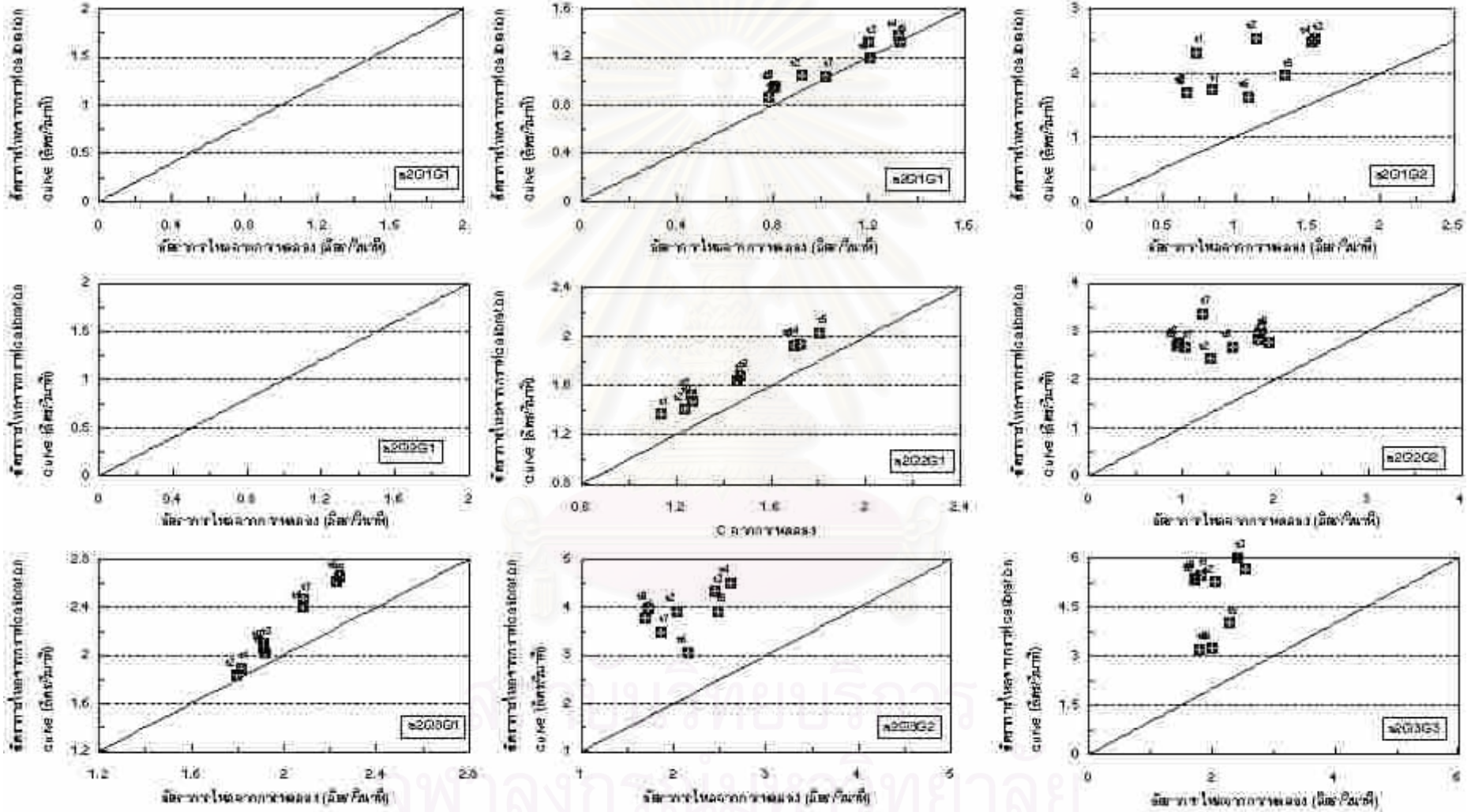
% ความแตกต่าง หมายถึง ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบาย คำนวณได้จากสมการ 5-18

การทดลองกรณีศึกษา a1Q1G1

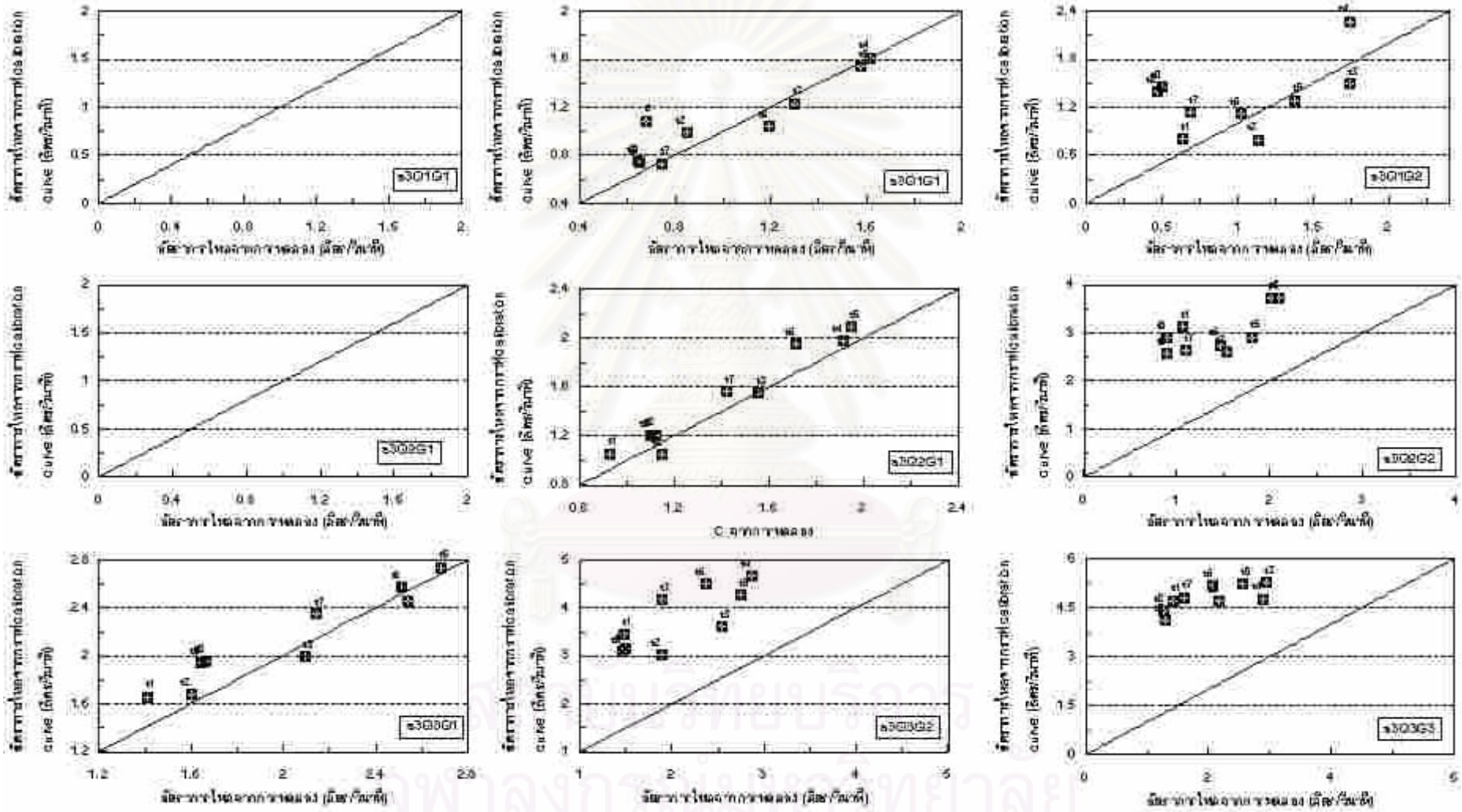
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



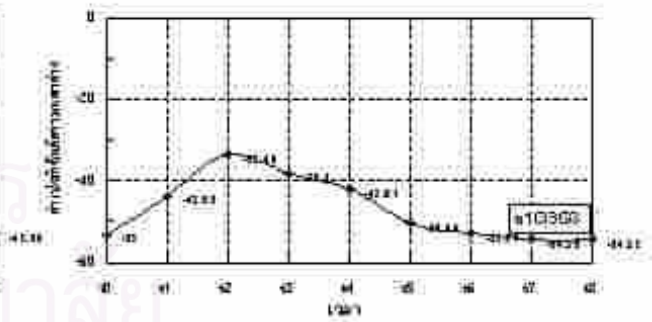
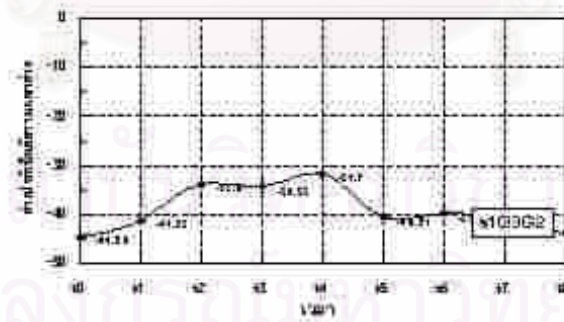
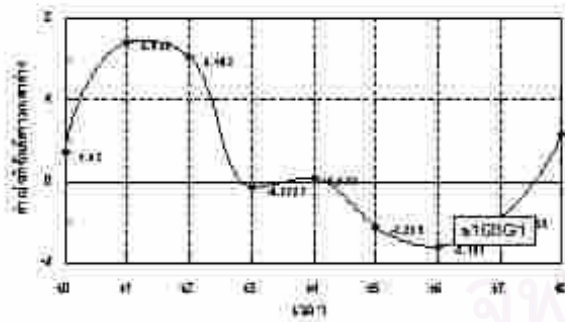
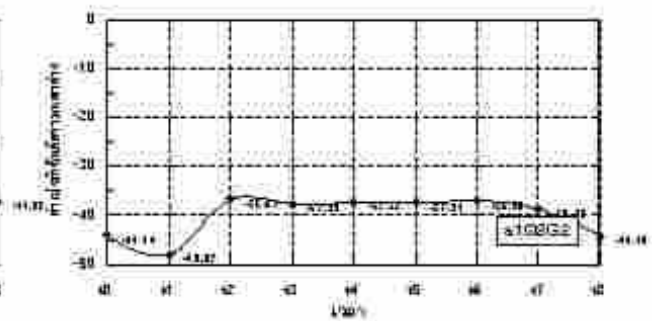
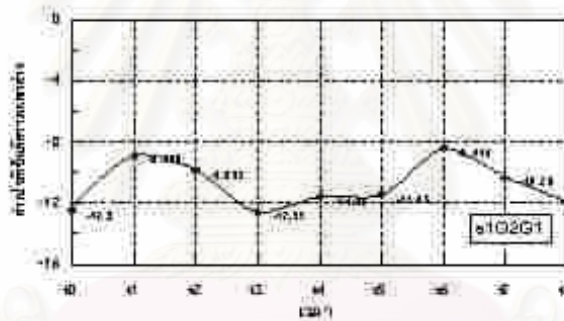
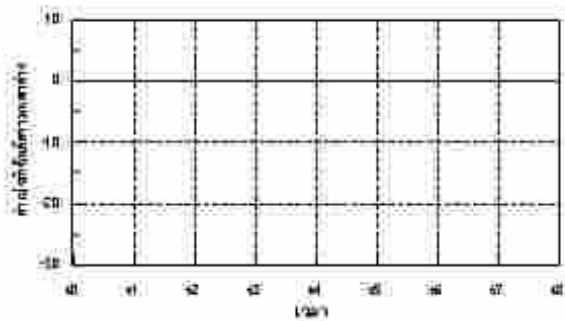
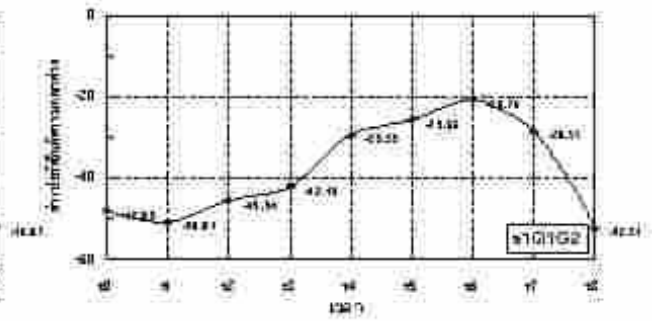
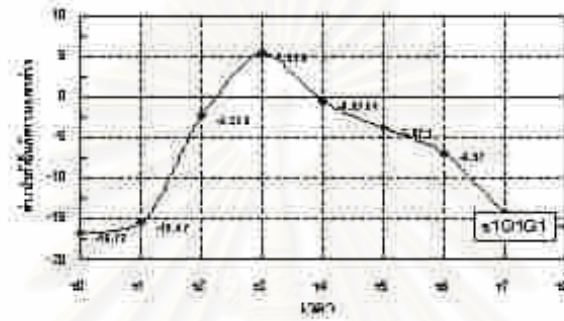
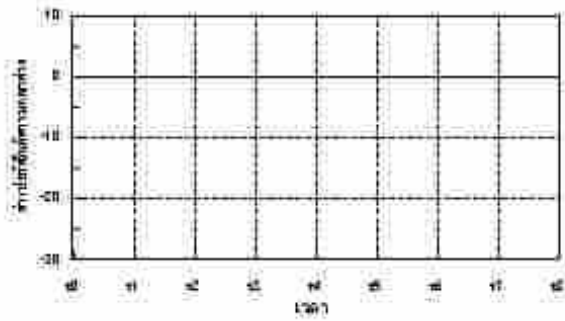
รูป 5-16 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลจากการทดลองในแบบจำลองกับค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้จาก Calibration Curve กรณีศึกษา ๑1



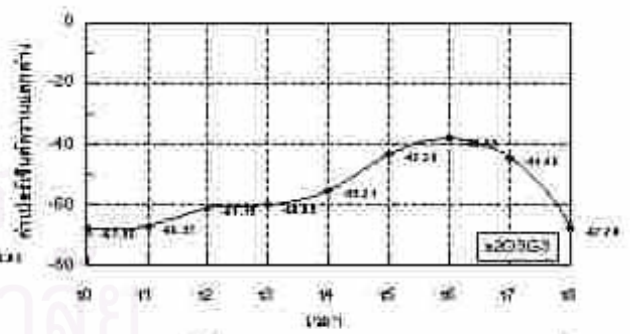
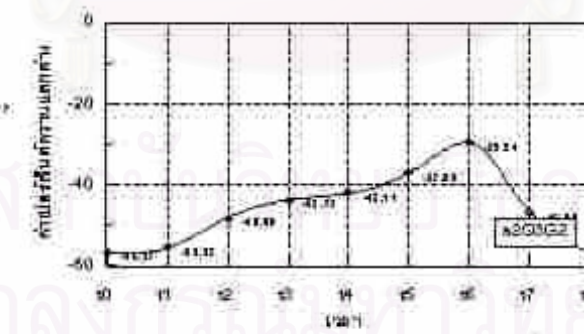
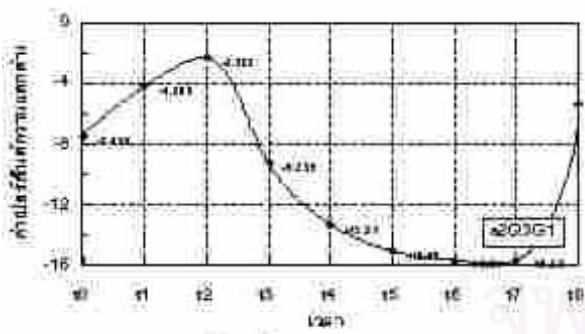
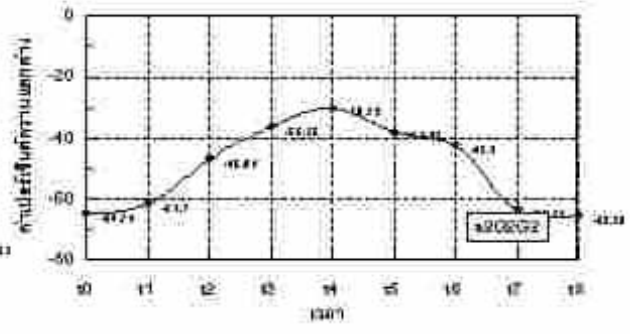
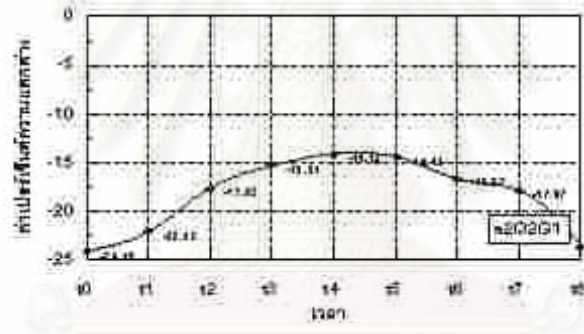
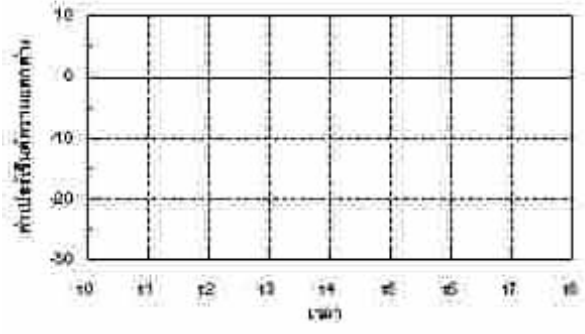
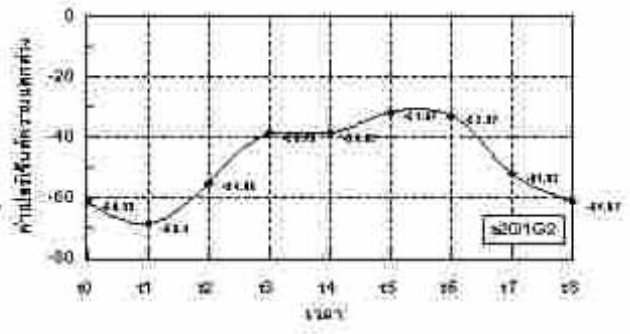
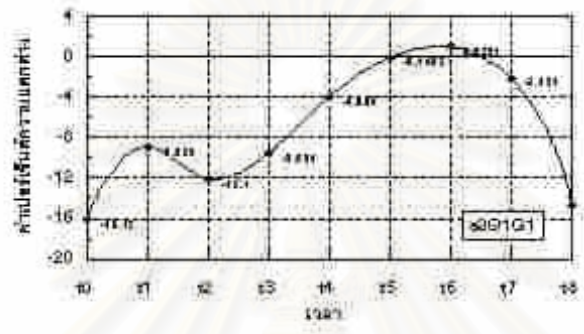
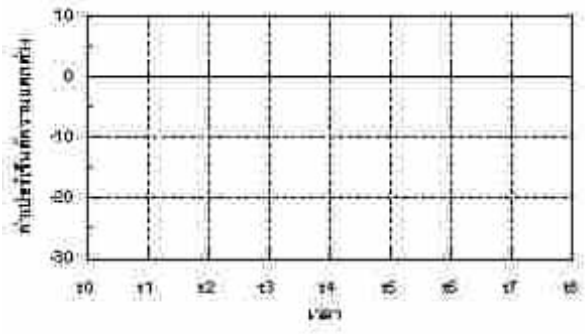
รูป 5-17 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าขีดจำกัดการไหลจากการทดลองในแบบจำลองกับค่าขีดจำกัดการไหลที่คำนวณได้จาก Calibration Curve กรณีศึกษา a2



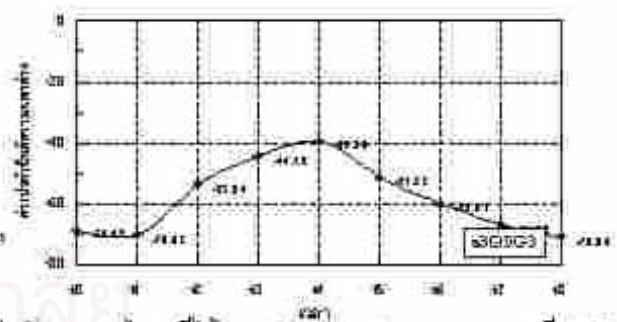
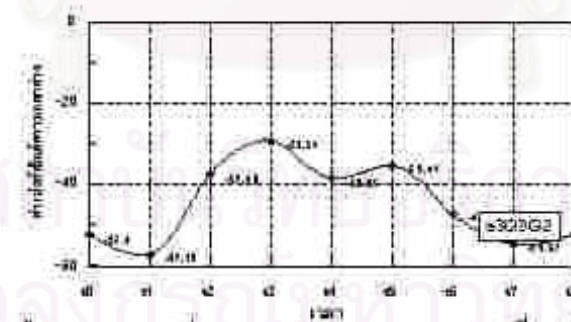
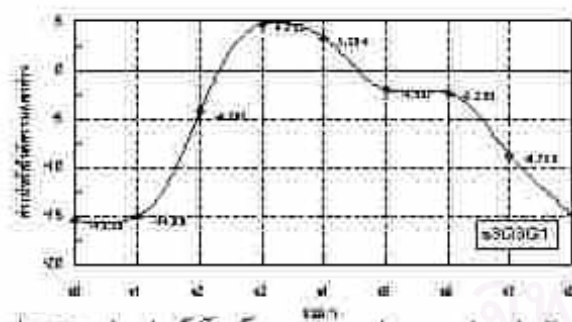
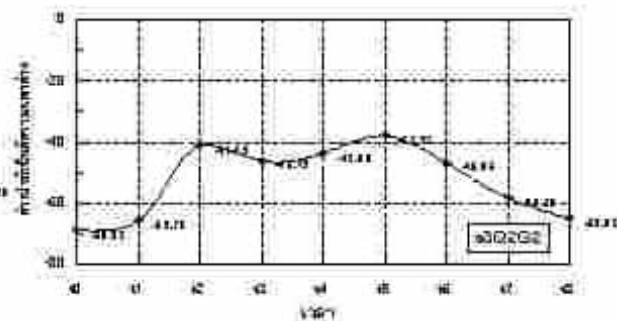
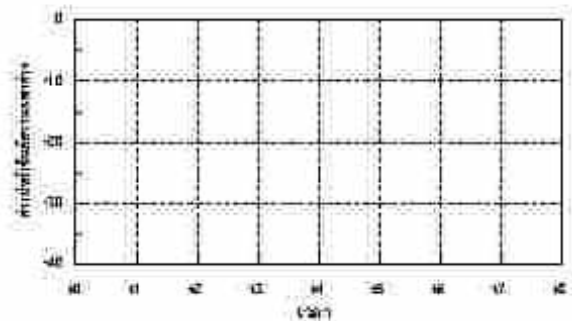
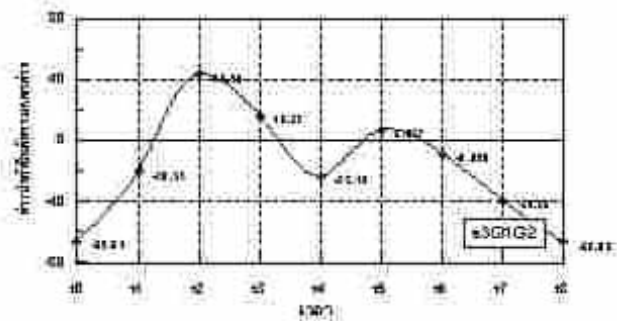
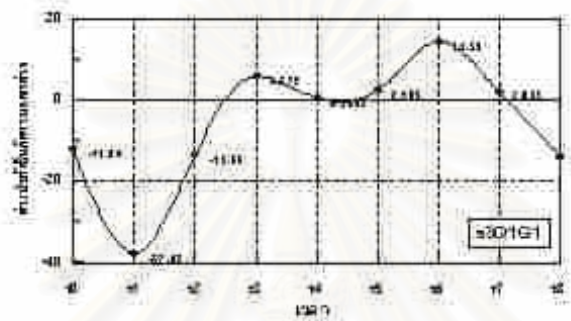
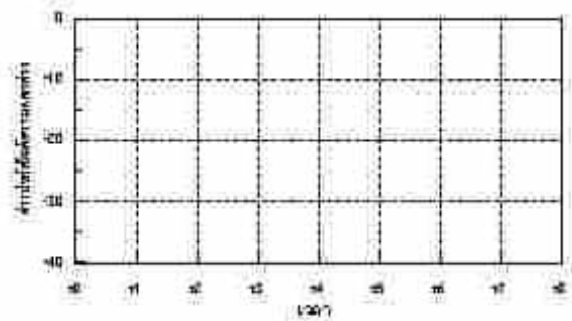
รูป 5-18 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลจากการทดลองในแบบจำลองกับค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้จาก Calibration Curve กรณีศึกษา a3



รูป 5-19 ค่าเปอร์เซ็นต์ความยาวเส้นแตกต่างระหว่างค่าอัตราการใช้หลอดบานประตู่ระบายจากการทดลองเทียบกับค่าอัตราการใช้หลอดที่ได้จาก Calibration curve กรณีส (a1)



รูป 5-20 ค่าเปอร์เซ็นต์การแยกตัวแตกต่างระหว่างค่าอัตราการผลิตจากกราฟทดลองเทียบกับค่าอัตราการผลิตที่ได้จาก Calibration curve กรณี (a2)



รูป 5-21 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราการไหลลดทอนมาตรฐานบวจากผลการทดลองเทียบกับค่าอัตราการไหลที่ได้จาก Calibration curve กรณี (a3)

5.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย กับ ค่าระดับน้ำ โดยตัวแปรในเทอมของค่าระดับน้ำในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาในรูปของผลต่าง ระดับน้ำด้านหน้าบาน และท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบาน ในการศึกษานี้แทนด้วย ค่า $(H_1 - H_3)/H_1$ ในขั้นตอนการศึกษาทำการเปรียบเทียบถึงพฤติกรรมของค่าสัมประสิทธิ์การไหล ลอดบานประตูระบายที่ได้จากกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิ พลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

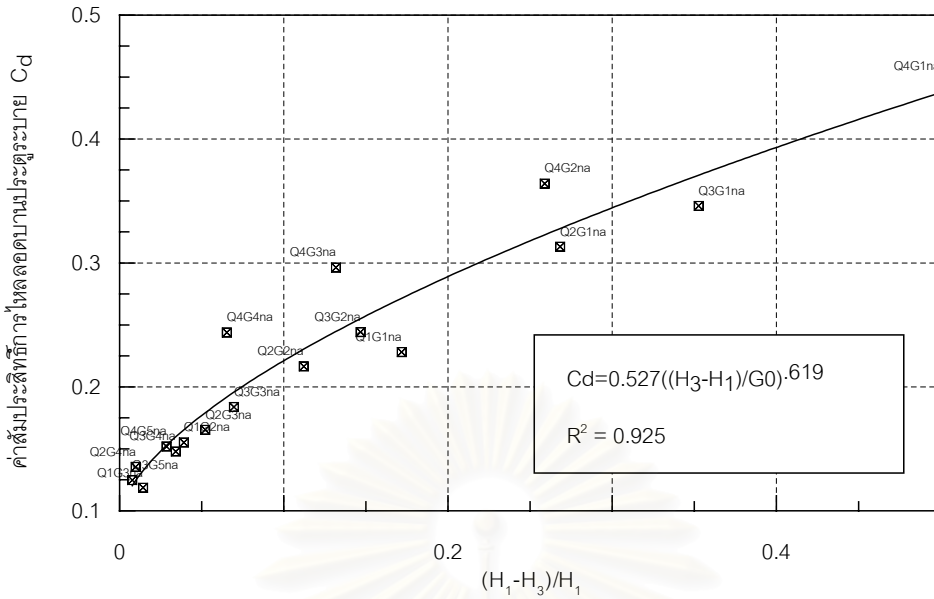
สำหรับกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ในขั้นตอนการศึกษาทำการรวบรวมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย (คำนวณจากสมการ Orifice flow) และค่าผลต่าง ระดับน้ำด้านหน้าบานและท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบาน แล้วนำมาหาความสัมพันธ์ โดยรูปแบบของความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล แสดงในสมการ 5-19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างค่าผลต่างความลึกการไหลของน้ำด้านหน้าบานและท้ายบานประตูระบายเทียบกับความ ลึกการไหลด้านหน้าบานประตูระบายอยู่ในรูปสมการ Power regression ดังแสดงในรูป 5-22

$$Cd = a \frac{(H_1 - H_3)^b}{H_1} \quad (5-19)$$

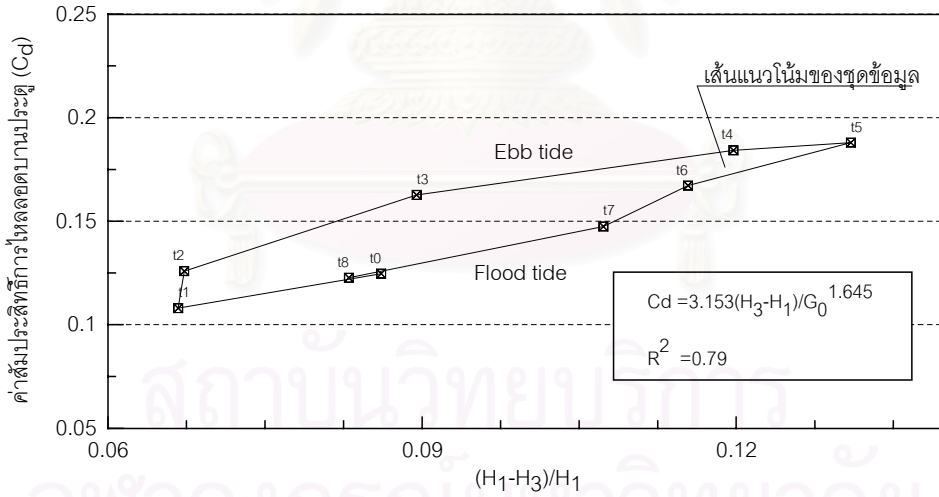
โดยที่ ค่า a, และ b เป็นค่าคงที่ของสมการ จากผลการทดลองกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่อง จากน้ำขึ้นน้ำลงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลอยู่ในรูปสมการ 5-20

$$Cd = 0.527 \frac{(H_1 - H_3)^{0.619b}}{H_1} \quad (5-20)$$

จากนั้นทำการวิเคราะห์ในกรณีการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ โดยในการศึกษาทำการหาความสัมพันธ์ในแต่ละกรณีการทดลองย่อยทั้ง 27 กรณี โดยใช้ข้อมูลที่ แบ่งตามช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลง ($t_0 - t_8$) สำหรับผลการศึกษากรณีการทดลอง a1Q1G1 แสดงในรูป 5-23 สำหรับรูป 5-24 ถึง 5-27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตู ระบายเทียบกับอัตราส่วน $(H_1 - H_3)/H_1$ สำหรับกรณีศึกษาค่าแอมพลิจูดที่ 1 ถึงค่าแอมพลิจูดที่ 3



รูป 5-22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานกับระดับน้ำด้านหน้าบาน $(H_1-H_3)/H_1$ ต่อค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูละบายกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง



รูป 5-23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานกับระดับน้ำด้านหน้าบาน $(H_1-H_3)/H_1$ ต่อค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูละบายกรณีศึกษาได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง กรณีศึกษา a1Q1G1

จากผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลที่ได้มีแนวโน้มลักษณะเป็นวงรอบ ในทุกกรณีศึกษา ข้อมูลในช่วงน้ำขึ้นจะอยู่ที่ ณ ตำแหน่ง ส่วนบนของวงรอบ และ ช่วงเวลาน้ำลงจะอยู่ บริเวณส่วนล่างของวงรอบ โดยลักษณะวงรอบจะวนกลับมาบรรจบกัน ณ จุดเดิมตลอด คือที่เวลา t_0 และ t_8 จากนั้นทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลโดยใช้สมการที่ 5-19 ในการหาความสัมพันธ์ พบว่าความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลมีลักษณะที่ไม่ดีมากเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง โดยลักษณะความสัมพันธ์จะยิ่งแตกต่างเมื่อเพิ่มค่าแอมพลิจูดคลื่นและ ค่าระยะยกบานประตูระบาย

สำหรับการเปรียบเทียบผลการศึกษากับกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง พบว่า ลักษณะชุดข้อมูลจะอยู่ต่ำกว่ากรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ในทุกๆการทดลองย่อย ดังแสดงในรูป 5-27

จากผลการศึกษาที่ได้พบว่าเมื่อได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ค่าสัมประสิทธิ์การไหลจะมีค่าลดลง แต่ค่าความสัมพันธ์อื่นๆ ยังไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจน เนื่องจากลักษณะกราฟที่ได้ไม่ให้ความสัมพันธ์ที่ชัดเจน ในการศึกษาจึงทำการแบ่งการวิเคราะห์หรือออกเป็นกรณีวิเคราะห์ในช่วงเวลาน้ำขึ้น และการวิเคราะห์ในช่วงเวลาน้ำลง และในการวิเคราะห์พยายามจัดรูปตัวแปรที่ทำการศึกษา ให้อยู่ในเทอมตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless parameter) โดยค่าตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วยค่าระยะยกบานประตูระบาย และค่าแอมพลิจูดคลื่น ในการวิเคราะห์ตัวแปรไร้มิติสำหรับค่าระยะยกบานประตูระบายในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาในเทอมของอัตราส่วนความลึกการไหลเฉลี่ยเทียบกับระยะยกบานประตูระบาย (D/G_0) และค่าแอมพลิจูดคลื่นในเทอมของค่าความชันคลื่น (Wave steepness) โดยที่ค่า D/G_0 ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 3.75-15 สำหรับค่าความชันคลื่นสามารถคำนวณได้จากสมการ 5-21

$$\text{ความชันคลื่น} = \frac{H}{L} \quad (5-21)$$

โดยที่ H หมายถึง ความสูงคลื่นมีค่าเท่ากับ $2a$
 L หมายถึง ความยาวคลื่น

ในการศึกษาครั้งนี้รูปแบบการไหลในทางน้ำเป็นการไหลในน้ำตื้นทุกกรณีศึกษา ดังนั้นค่าความยาวคลื่นในการทดลองครั้งนี้สามารถคำนวณได้จากสมการ 5-22

$$\text{ความยาวคลื่น} = \sqrt{(g \cdot D)} \cdot T \quad (5-22)$$

โดยที่	g	หมายถึง	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
	D	หมายถึง	ความลึกการไหลเฉลี่ย
	T	หมายถึง	คาบเวลาคลื่น

ผลการศึกษาเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงโดยแบ่งตามพฤติกรรมของระดับน้ำด้านท้ายน้ำพบว่า ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดอดบานประจวบกับอัตราส่วน $(H_1-H_3)/H_1$ มีลักษณะความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลที่แตกต่างจากรูปแบบความสัมพันธ์แบบ Power regression ซึ่งเป็นรูปแบบความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลของกรณีการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง แสดงในรูป 5-28 และ รูป 5-29

จากผลการศึกษาบ่งชี้ว่าเมื่อการไหลได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดอดบานประจวบจะมีการเปลี่ยนแปลง โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าลดลง และรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลและค่าระดับน้ำไม่เป็นไปตามรูปแบบของสมการที่ 5-19 ซึ่งเป็นลักษณะความสัมพันธ์ของค่าอัตราการไหลเทียบกับค่าระดับน้ำเนื่องจากปรกติ ค่าอัตราการไหลจะเป็นฟังก์ชันของค่าระดับน้ำ โดยที่การไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นการไหลผ่านฝาย หรือการไหลลดอดบานประจวบ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลและค่าระดับน้ำจะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของ $Q = kH^x$ แต่ในการศึกษาค้างนี้พบว่าเมื่อการไหลมีลักษณะที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหลและค่าระดับน้ำสอดคล้องกันเป็นอย่างดี แต่เมื่อได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงพบว่า ค่าความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง โดยในการพิจารณาความเปลี่ยนแปลงสังเกตได้จากลักษณะของกราฟ รวมทั้งค่าตัวแปรทางสถิติ ยกตัวอย่างเช่น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเมื่อการไหลได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำจะมีผลกระทบต่อค่าอัตราการไหลลดอดบานประจวบ รวมทั้งมีผลต่อแนวทางในการวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลลดอดบานประจวบ และจากรูป 5-28 และรูป 5-29 เมื่อสังเกตจากลักษณะกราฟความสัมพันธ์ของกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้ไม่สามารถอธิบายถึงลักษณะความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลในรูปแบบสมการใดสมการหนึ่งได้ ดังนั้นผลการศึกษาที่ได้จึงแสดงในลักษณะเส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล โดยจากลักษณะของเส้นแนวโน้มสามารถอธิบายได้ว่า ลักษณะความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดอดบานประจวบ มีการเปลี่ยนแปลงตามพฤติกรรมของระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง กล่าวคือ เส้นกราฟความสัมพันธ์มีการเคลื่อนไหวในลักษณะ เข้าใกล้เส้นกราฟความสัมพันธ์ของการทดลองกรณีไม่มีน้ำขึ้นน้ำลงในช่วงแรกและมีการผายออก ก่อนที่จะกลับมาใกล้อีกครั้งในช่วงท้ายซึ่งจากพฤติกรรมเช่นนี้ พบว่ามีความสัมพันธ์กับลักษณะของกราฟค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างทั้ง

วิธีเปรียบเทียบกับกราฟ Henry (1950) และเปรียบเทียบโดยวิธีการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย

เมื่อพิจารณาตามช่วงเวลาน้ำขึ้นและน้ำลงตามรูปที่ 5-28 และ 5-29 เมื่อรูปแบบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำด้านท้ายน้ำเป็นช่วงน้ำขึ้น เส้นกราฟในกรณีที่ค่าความชันคลื่นมากจะอยู่ต่ำกว่าเส้นกราฟที่ได้จากการทดลองที่ค่าความชันคลื่นน้อย อาจกล่าวได้ว่าค่าอัตราการไหลในช่วงเวลาน้ำขึ้นแปรผกผันกับค่าความชันคลื่น ในทางกลับกันเมื่อเป็นช่วงเวลาน้ำลง ค่าอัตราการไหลจะแปรผันตรงตามค่าความชันคลื่น

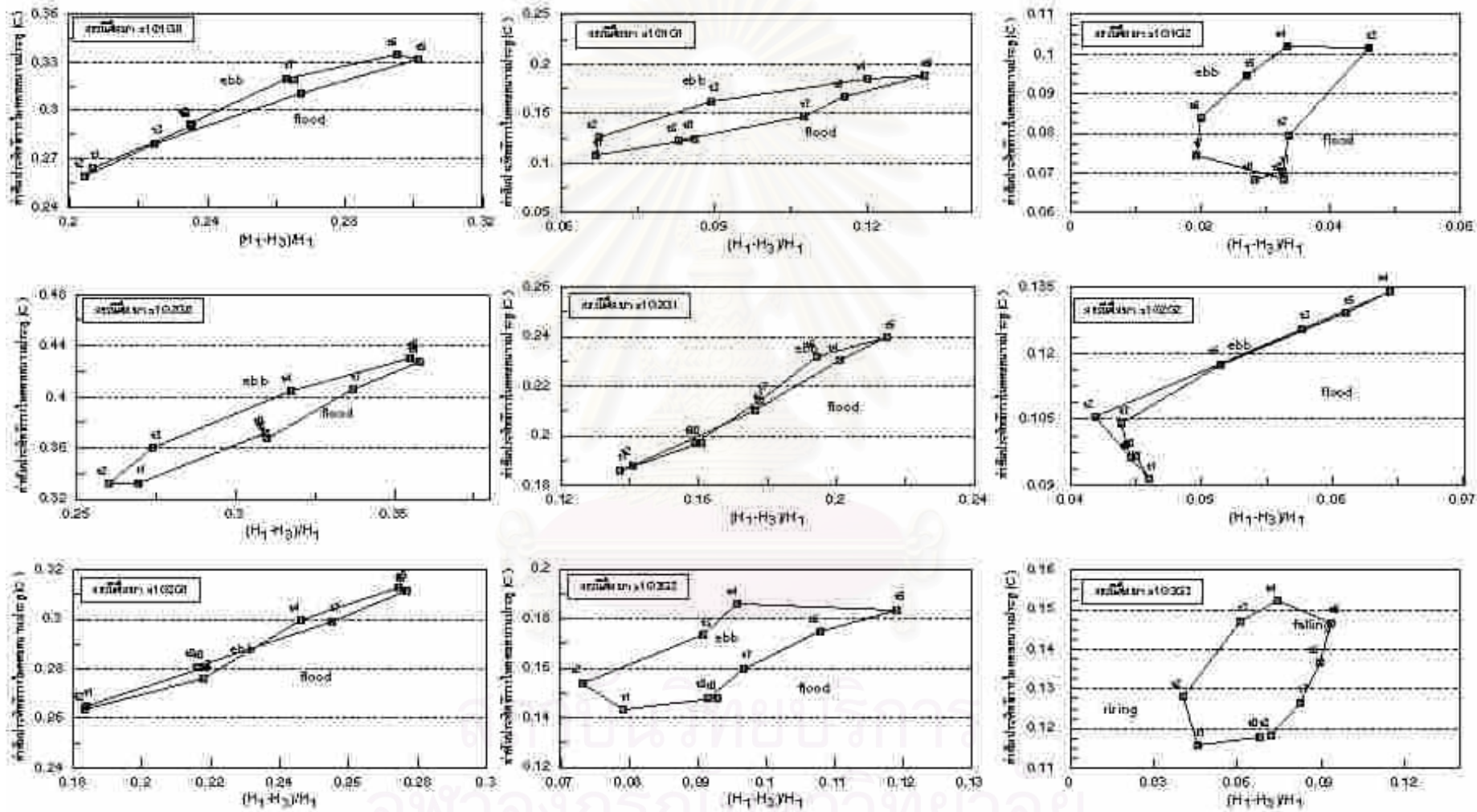
เมื่อพิจารณาในเทอมของระยะยกบานประตูระบาย หรือในเทอมของค่าอัตราส่วนความลึกการไหลเฉลี่ยเทียบกับระยะยกบานประตูระบาย พบว่าเมื่ออัตราส่วน D/G_0 มีค่ามากลักษณะเส้นแนวโน้มจากการทดลองกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงจะเคลื่อนตัวเข้าหาเส้นแนวโน้มกรณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง สำหรับกรณีที่ค่าอัตราส่วน D/G_0 มีค่าน้อย พบว่าลักษณะเส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลจะมีลักษณะห่างจากเส้นแนวโน้มของกรณีที่ไม่มีได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง จากผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาในหัวข้อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบาย

5.4 วิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลลอดบานประตูระบายภายในช่วงเวลาที่พิจารณา

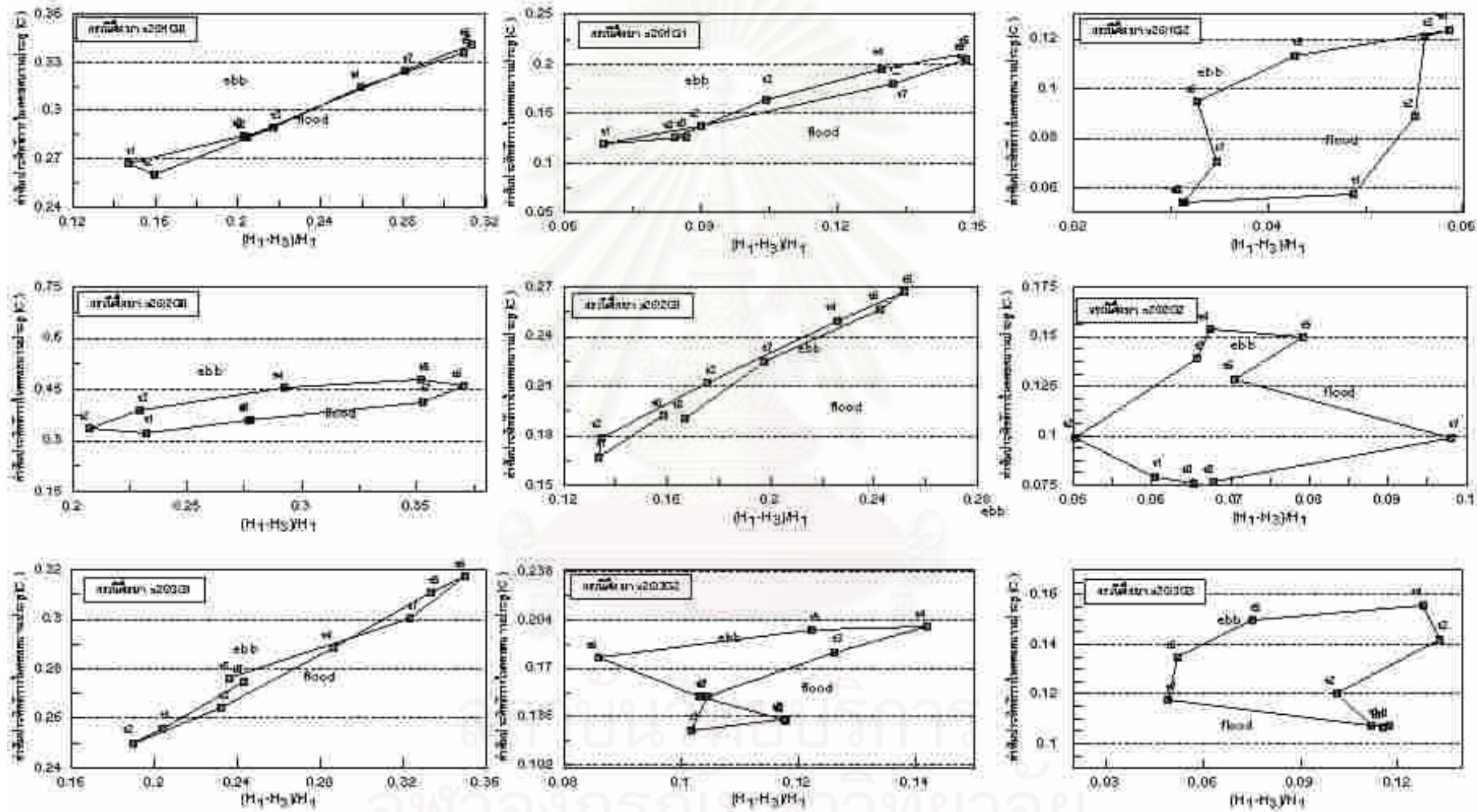
เนื้อหาในบทที่ผ่านมากล่าวถึงเฉพาะค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย เทียบกับช่วงระยะเวลาต่างๆ รวมทั้งค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบายเทียบกับลักษณะพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่ตำแหน่งแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง เนื้อหาในบทนี้จะพิจารณาถึงปริมาณน้ำที่ไหลลอดบานประตูระบาย โดยพิจารณาตามช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำด้านท้ายน้ำครบ 1 ลูกคลื่น หรือประมาณ 500 วินาที

ในการศึกษาทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่ไหลลอดบานประตูระบาย ในกรณีที่คำนวณจากวิธีหาค่าความเร็วเฉลี่ยในหน้าตัดหรือการวัดจริงในแบบจำลองชลศาสตร์ เทียบกับปริมาณน้ำไหลลอดบานประตูระบายที่คำนวณได้จากการอ่านค่าสัมประสิทธิ์การไหลลอดบานประตูระบายจากกราฟ Henry (1950) เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆที่พิจารณา

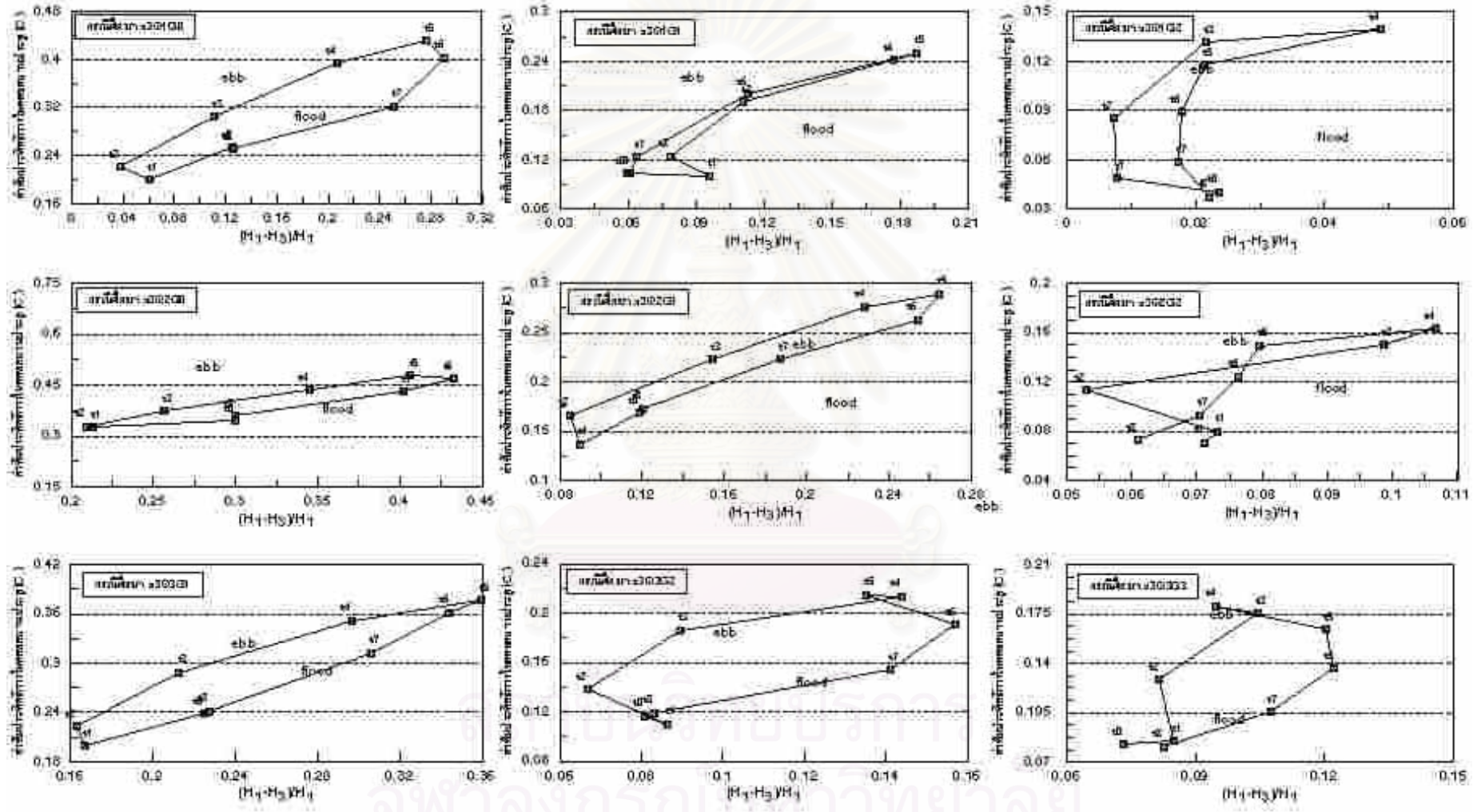
ในขั้นตอนการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลอดบานประตูระบาย ในช่วงเวลาที่พิจารณาทำได้โดยอินทิเกรตหาพื้นที่ใต้เส้นกราฟของค่าอัตราการไหลเทียบกับเวลา โดยขั้นตอนการ



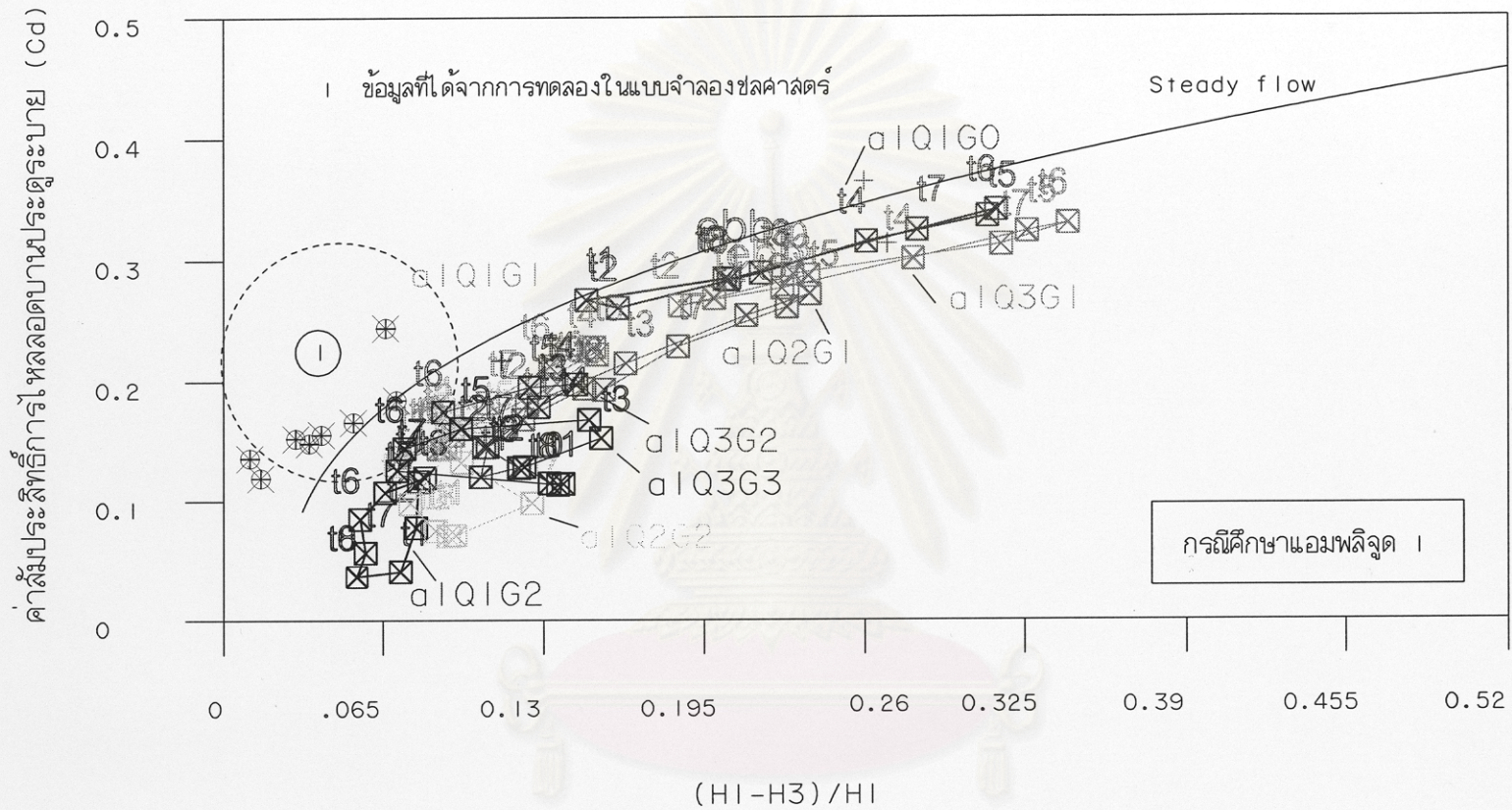
รูป 5-24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C_d กับผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานประตูเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบาน กรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด 1 (a1)



รูป 5-25 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C กับผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานประตู่เทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบาน กรณีศึกษาค่าแอมพลิจูด 2 (a2)

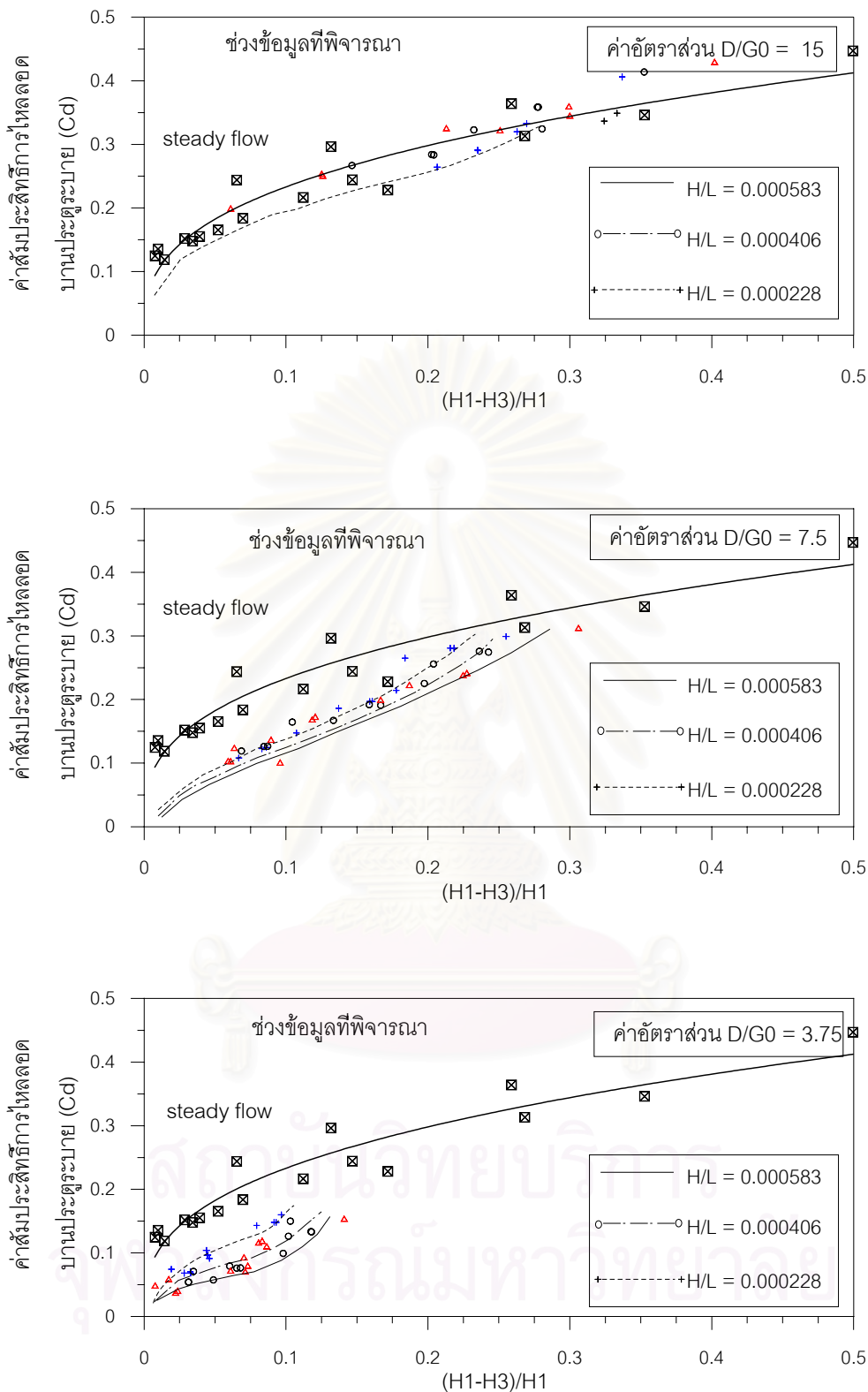


รูป 5-26 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\frac{H_1 - H_3}{H_1}$ กับผลต่างระดับน้ำหน้าบานและท้ายบานเปรียบเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบาน กรณีศึกษาท่าแอมพิจูด 3 (a3)

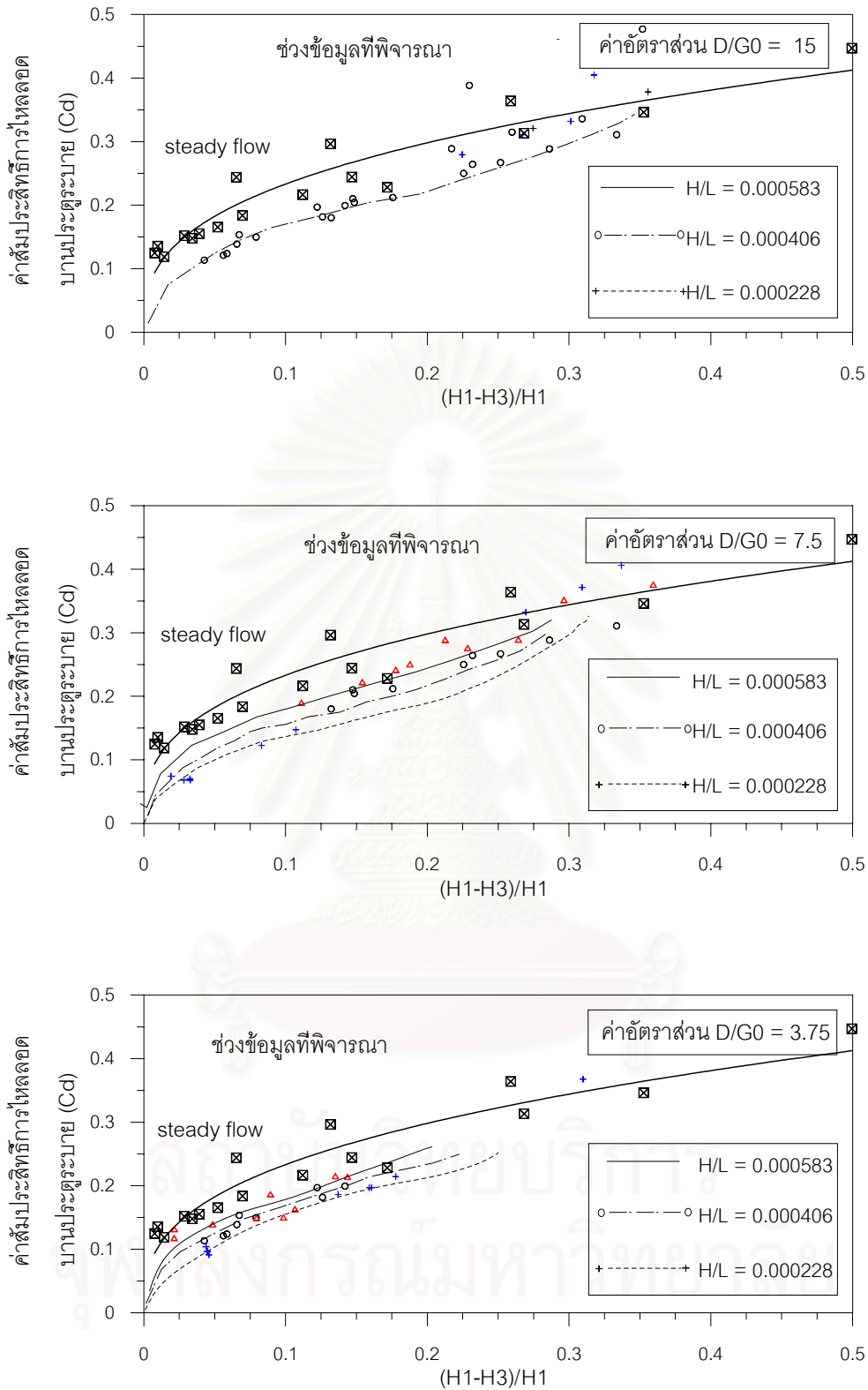


รูป 5-27 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดขนาดประทุระบายกรณีศึกษาแอมพลิจูดที่ 1

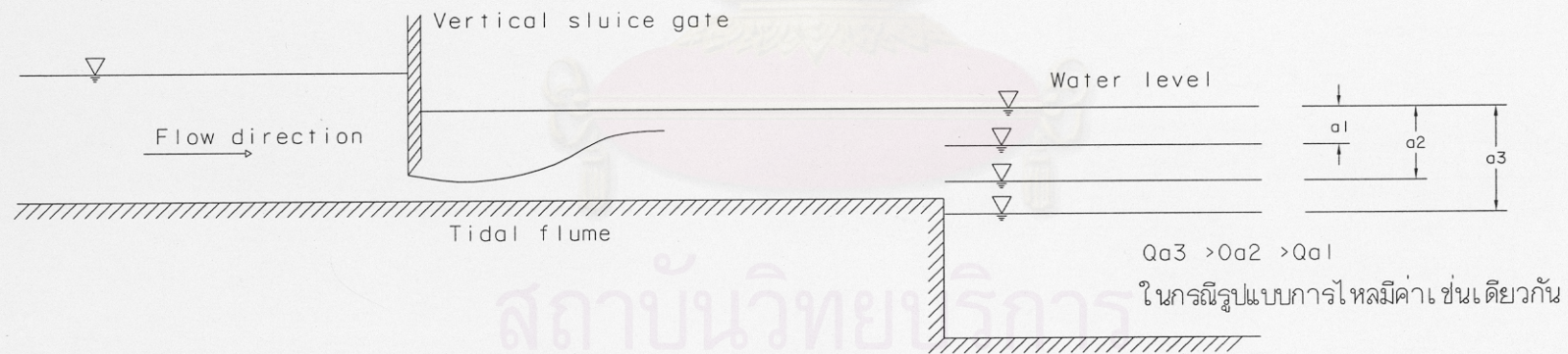
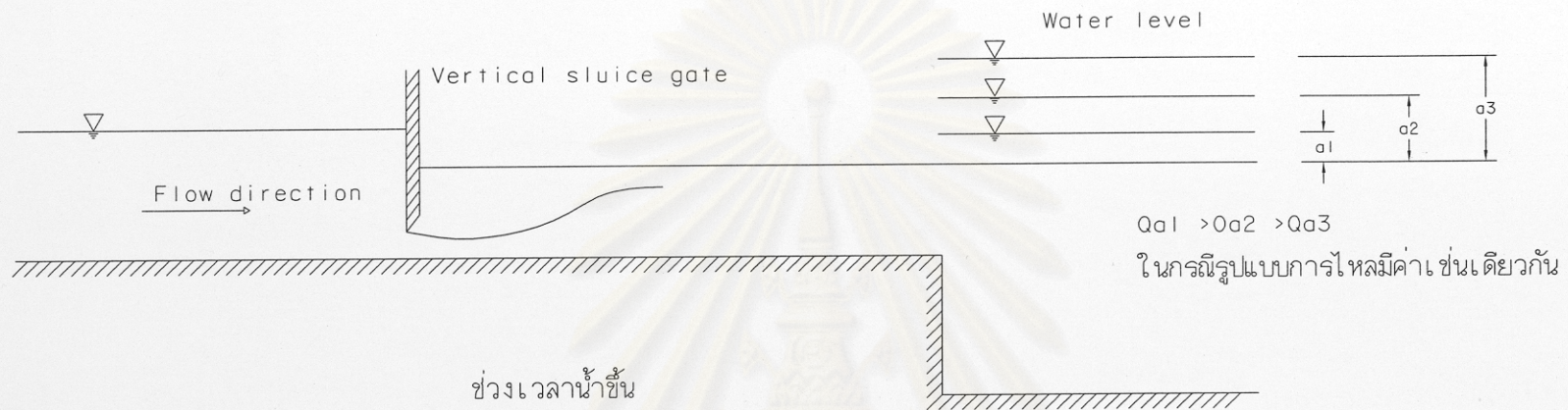
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5-28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างระดับน้ำด้านหน้าและท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบานกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย กรณีการไหลอยู่ในช่วงน้ำขึ้น



รูป 5-29 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าผลต่างระดับน้ำด้านหน้าและท้ายบานเทียบกับระดับน้ำด้านหน้าบานกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประตูระบาย กรณีการไหลอยู่ในช่วงน้ำลง

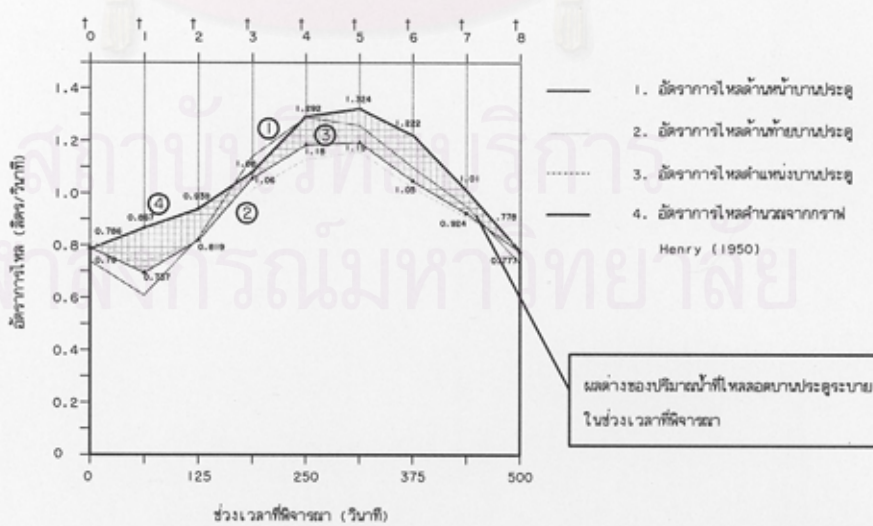
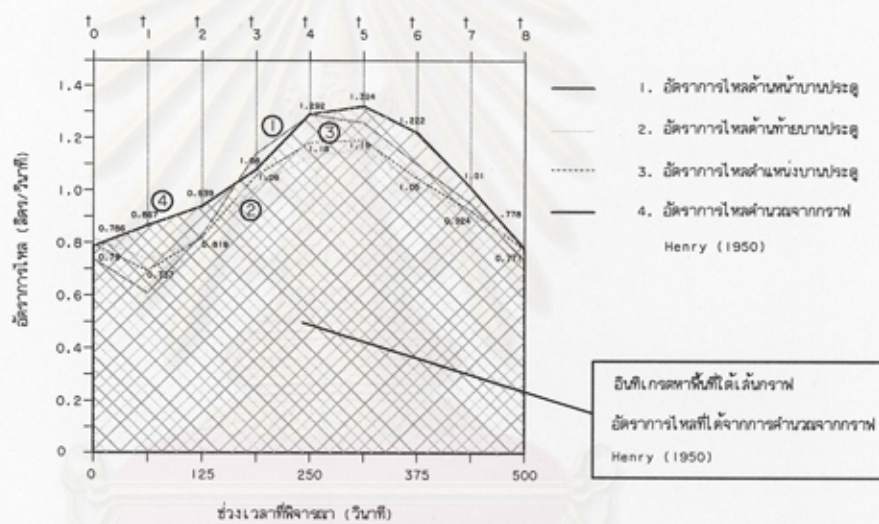
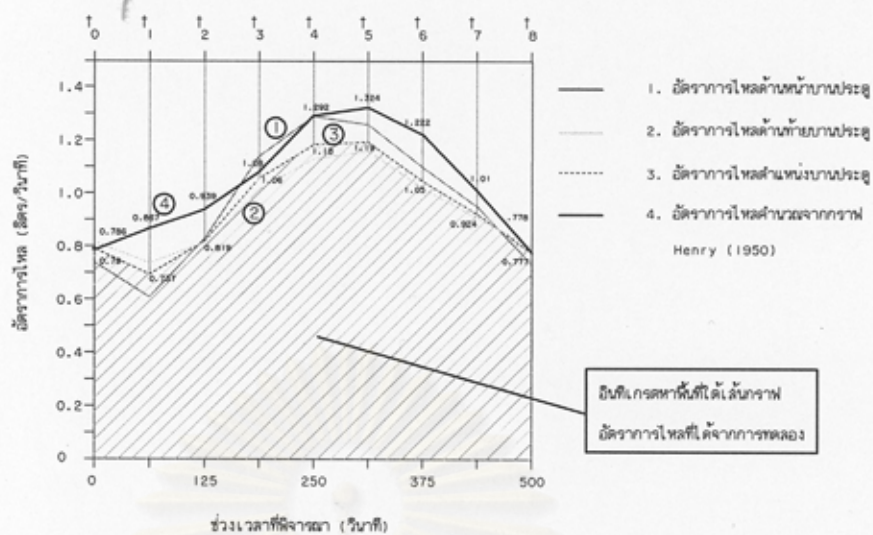


รูป 5-30 พฤติกรรมของค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายที่ช่วงเวลาน้ำขึ้นและช่วงเวลาน้ำลง

คำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ ทั้งวิธีคำนวณอ้างอิงจากกราฟของ Henry (1950) และค่า อัตราการไหล ณ ตำแหน่งบานประตูระบายที่วัดได้จริงในแบบจำลอง แสดงในรูป 5-30 โดยในขั้นตอนการหาพื้นที่ทำการคำนวณหาพื้นที่ใต้เส้นกราฟอัตราการไหล ณ ตำแหน่งบานประตูระบาย และอัตราการไหลที่คำนวณจากกราฟ Henry (1950) และหาผลต่างของปริมาณน้ำที่ไหลลodbานประตูระบายในช่วงเวลาที่พิจารณาจากทั้ง 2 วิธี รวมทั้งทำการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ไหลลodbานประตูระบายจากทั้ง 2 วิธี สำหรับผลการศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ศึกษาแสดง ในตาราง 5-4

จากผลการศึกษาพบว่าในทุกๆ กรณีศึกษาที่ทำการพิจารณา ปริมาณน้ำที่ไหลลodbานประตูระบายในช่วงเวลาที่ทำการพิจารณา เมื่อทำการคำนวณโดยอ้างอิงจากกราฟ Henry (1950) มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำที่วัดได้จริงจากการทดลอง โดยในการศึกษาครั้งนี้แสดงในรูปของค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ไหลลodbานประตูระบาย ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ 5-23

จากข้อมูลในตาราง 5-4 และผลการศึกษาที่ผ่านมา สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ ปริมาณน้ำที่ไหลลodbานประตูระบายเมื่อคำนวณอ้างอิงจากกราฟของ Henry (1950) จะมีค่ามากกว่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านจริงโดยเทียบตามช่วงเวลาเดียวกัน (ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาที่ 1 ลูกคลื่น หรือประมาณ 500 วินาที) และค่าความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ไหลผ่านบานประตูระบาย มีความสัมพันธ์กับค่าระยะยกบานประตูระบาย และค่าแอมพลิจูดคลื่น กล่าวคือ เมื่อระยะยกบานประตูระบายมาก และค่าแอมพลิจูดคลื่นมาก อัตราการไหลลodbานประตูระบายเมื่อคำนวณอ้างอิงจากกราฟของ Henry (1950) จะมีค่าแตกต่างจากปริมาณน้ำที่ไหลลodbานประตูระบายจริงมาก ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาในหัวข้อที่ผ่านมา



(ค)

รูป 5-30 การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลอดบนประดูระบายตามช่วงเวลาพิจารณา

ตาราง 5-4 ปริมาณน้ำที่ผ่านบานประตูระบายในช่วงเวลาที่พิจารณา

โดยวิธีคำนวณจากกราฟ Henry (1950) และจากการวัดในแบบจำลอง

กรณีศึกษา	ปริมาณน้ำที่ผ่านบานประตูระบาย		ผลต่างของค่า อัตราการไหล	%ความแตกต่าง จากทั้ง 2 วิธี	อัตราการไหล กราฟ Henry -1950	อัตราการไหล จากการวัด ในแบบจำลอง
	กราฟ Henry (1950)	วัดในแบบจำลอง				
	(ลิตร)	(ลิตร)				
a1Q1G1	532.6	481.4	51.20	10.64	1.065	0.963
a1Q1G2	537.9	516.5	21.34	4.13	1.076	1.033
a1Q2G1	725.7	707.0	18.71	2.65	1.451	1.414
a1Q2G2	814.6	707.1	107.45	15.20	1.629	1.414
a1Q3G1	1019.1	995.5	23.53	2.36	2.038	1.991
a1Q3G2	1362.4	1058.3	304.20	28.75	2.725	2.117
a2Q1G1	621.6	536.3	85.31	15.91	1.243	1.073
a2Q1G2	698.3	556.3	141.96	25.52	1.397	1.113
a2Q2G1	892.7	736.8	155.87	21.15	1.785	1.474
a2Q2G2	1000.4	727.6	272.82	37.50	2.001	1.455
a2Q3G1	1216.6	1004.1	212.54	21.17	2.433	2.008
a2Q3G2	1516.6	1060.0	456.56	43.07	3.033	2.120
a3Q1G1	617.1	538.0	79.14	14.71	1.234	1.076
a3Q1G2	0.0	0.0	0.00	0.00	0.000	0.000
a3Q2G1	828.2	733.7	94.52	12.88	1.656	1.467
a3Q2G2	1239.0	748.9	490.08	65.44	2.478	1.498
a3Q3G1	1106.5	1040.9	65.60	6.30	2.213	2.082
a3Q3G2	1395.8	1080.1	315.63	29.22	2.792	2.160

หมายเหตุ ช่วงเวลาที่ทำการพิจารณาเท่ากับ 1 ลูกคลื่น หรือประมาณ 500 วินาที

ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านหน้าตัดคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟของ

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลเทียบกับเวลา

ในการศึกษาพิจารณาข้อมูลทั้งหมด 18 กรณีศึกษา จากกรณีศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

ทั้งหมด 27 กรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

6.1.1 สรุปการศึกษาและการทดลอง

1. ในการศึกษาพฤติกรรมการไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองกายภาพทางชลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ ทำการศึกษาในกรณีการไหลลอดบานประตูระบายที่มีลักษณะเป็นแบบบานยกตรง (Vertical lift or sluice gate) ซึ่งเป็นรูปแบบของบานประตูระบายน้ำที่ใช้ในการควบคุมการรูก้ำของน้ำเค็มที่พบเห็นเป็นส่วนมาก และสภาวะการไหลเป็นแบบจุ่มจม โดยการศึกษาพฤติกรรมการไหลลอดบานประตูระบายดังกล่าวได้แบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยการศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายที่ไม่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากแม่น้ำ ซึ่งมีลักษณะการไหลเป็นแบบคงตัว (Steady flow) เพื่อนำผลการศึกษาดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการตรวจสอบผลว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาหรือไม่อย่างไร อีกส่วนหนึ่งของการศึกษาก็คือ การศึกษาภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง และหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการไหลลอดบานประตูระบายดังกล่าวกับคุณลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของลำน้ำ

2. แนวทางในการศึกษา กำหนดใช้วิธีการทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์เพื่อหาถึงอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ที่มีผลต่อค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบายน้ำ ขั้นตอนการศึกษาได้ทำการศึกษาวิจัยในแบบจำลองชลศาสตร์ที่จำลองลักษณะของทางน้ำที่ได้รับ และไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้กำหนด 3 ตัวแปร ประกอบด้วย ค่าอัตราการไหล ค่าระยะยกบานประตูระบาย รวมทั้ง ค่าแอมพลิจูดคลื่น โดยที่ ค่าอัตราการไหลที่ทำการทดลองอยู่ในช่วง 1-3 ลิตร/วินาที ค่าระยะยกบานประตูตั้งแต่ 0.5 ถึง 3 เซนติเมตร และค่าแอมพลิจูดคลื่นตั้งแต่ 0.49 เซนติเมตร ถึง 1.25 เซนติเมตร ในการออกแบบชุด ได้พยายามรักษาสภาพการไหลในแบบจำลองทางกายภาพให้ใกล้เคียงกับสภาพการไหลจริงในแม่น้ำที่มีการติดตั้งบานประตูระบายน้ำแบบบานยกตรง โดยให้ค่า Froude number ของการไหลในแบบจำลองอยู่ในช่วง Froude number ของแม่น้ำธรรมชาติ สำหรับตัวแปรอื่นๆ กำหนดให้มีค่าคงที่ เช่นลักษณะทางกายภาพของทางน้ำ ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning's n) ค่าความลาดชันท้องน้ำและความยาวลำน้ำจากประตูถึงปากแม่น้ำ และค่าคาบเวลาคคลื่นกำหนดให้คงที่ กรณีศึกษาในการศึกษาวิจัยคั้งนี้ แบ่งเป็นการไหลลอดบานประตูระบาย

ที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง 17 กรณี และการไหลลดทอนประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง 27 กรณี รวมกรณีศึกษาในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 44 กรณีศึกษา

3. ในการวิเคราะห์หาอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหลลดทอนประตูระบาย ทำการวิเคราะห์ค่าอัตราการไหลลดทอนประตูระบายโดยพิจารณาในเทอมของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนประตูระบาย สำหรับแนวทางการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนประตูระบาย ในการศึกษาค้างนี้ กำหนดใช้ 2 แนวทางคือ วิเคราะห์สัมประสิทธิ์การไหลจากการทดลองเทียบกับกราฟ Henry (1950) และวิเคราะห์โดยวิธีสร้างกราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนประตูระบาย (Calibration curve) โดยทำการศึกษาทั้งในกรณีการไหลลดทอนประตูระบายที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง และในกรณีการไหลลดทอนประตูระบายที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

6.1.2 สรุปผลการศึกษา

1. ผลการศึกษากการไหลลดทอนประตูระบายน้ำแบบบานยกตรง ภายใต้การไหลแบบคงตัวและสภาวะการไหลแบบจุ่มจมนั้น พบว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา Henry (1950), U.S. Army, Corps of Engineers จากการพิจารณาสัมประสิทธิ์การไหลในช่วงประมาณ 0.13 ถึง 0.45 ระยะการเปิดบานประตูในช่วงประมาณ 9.5% ถึง 30% (เทียบกับความลึกน้ำเหนือบานประตู, H₁) ค่าแอมพลิจูดคลื่น (เทียบกับความยาวคลื่น, H/L) มีค่าในช่วง 0.000228 ถึง 0.000583

2. จากผลการศึกษาวิจัยเพื่อพิจารณาผลกระทบเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านทำนน้ำต่อค่าอัตราการไหลลดทอนประตูระบาย สามารถบ่งชี้ได้ว่าเมื่อการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านทำนน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนประตูระบาย ในกรณีที่ระยะยกบานประตูเท่ากับ และผลต่างระหว่างระดับน้ำเหนือบานและทำนบนประตูเท่ากัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลต่างระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การไหลดังกล่าว ในช่วงข้อมูลที่ทดลองอยู่ในช่วง -8.6% ถึง 5.4% ค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดทอนประตูจะมีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล ระยะยกบานประตู และค่าระดับน้ำ ไม่เป็นไปตามสมการที่ 5-19 ซึ่งสมการที่ 5-19 เป็นลักษณะความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเทียบกับระดับน้ำ เนื่องจากปรกติค่าอัตราการไหลจะเป็นฟังก์ชันกับค่าระดับน้ำ ($Q = f(H)$) โดยที่การไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ที่เป็นหน้าตัดควบคุม (control section) ไม่ว่าจะเป็นการไหลผ่านฝายหรือการไหลลดทอนประตูระบาย ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหล ค่าระดับน้ำ สามารถอธิบายได้ในรูปความสัมพันธ์ของ $Q = kH^x$ ซึ่งเป็นลักษณะของความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการ Power

regression แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อการไหลเป็นลักษณะที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง อีกนัยหนึ่งกล่าวคือเป็นการไหลคงตัว ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการไหล และค่าระดับน้ำสอดคล้องกัน แต่เมื่อได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงพบว่า ค่าความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลง จากลักษณะของกราฟความสัมพันธ์รวมทั้งค่าตัวแปรทางสถิติ ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ (R^2) สามารถสรุปได้ว่าเมื่อการไหลได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ จะมีผลกระทบต่อค่าอัตราการไหลลดบานประจําประตูระบาย รวมทั้งมีผลต่อแนวทางในการวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลลดบานประจํา และรูปแบบของความสัมพันธ์ไม่เป็นไปตามรูปแบบความสัมพันธ์เช่นเดียวกับกรณีการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง

3. ในขั้นตอนการศึกษาเมื่อพิจารณาถึงกรณีรวมทั้งหมดโดยไม่มีการแบ่งลักษณะของการขึ้นและลงของระดับน้ำ พบว่าลักษณะความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลไม่มีความชัดเจนเพียงพอที่จะอธิบายถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ดังนั้นในขั้นตอนการวิเคราะห์ได้พยายามที่จะแบ่งรูปแบบการไหลโดยเป็นช่วงเวลาน้ำขึ้น และช่วงเวลาน้ำลง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะของความสัมพันธ์มีลักษณะที่ดีขึ้น สามารถหานัยสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่พิจารณาได้

4. จากผลการศึกษาที่แสดงใน รูป 5-28 และรูป 5-29 ซึ่งเป็นการศึกษาโดยแบ่งตามลักษณะการขึ้นลงของระดับน้ำในแอ่งน้ำขึ้นน้ำลง เมื่อสังเกตจากลักษณะกราฟความสัมพันธ์ของกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง พบว่าลักษณะของกราฟที่ได้ไม่สามารถระบุถึงลักษณะความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลในรูปแบบสมการใดสมการหนึ่งได้ ดังนั้นผลการศึกษาที่ได้จึงแสดงในลักษณะเส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล ซึ่งเส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลสามารถอธิบายได้ว่า ลักษณะความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การไหลลดบานประจําประตูระบายมีการเปลี่ยนแปลงตามพฤติกรรมของระดับน้ำด้านท้ายบาน กล่าวคือ เส้นกราฟความสัมพันธ์มีการเคลื่อนตัวเข้าใกล้และออกห่างเส้นกราฟตัวแทนของกรณีการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง โดยลักษณะในการเคลื่อนตัวขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลงค่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ

5. จากรูป 5-28 และ 5-29 พบว่าเมื่อเป็นช่วงเวลาน้ำขึ้น กรณีที่ค่าความชันคลื่นสูงเส้นแนวโน้มของชุดข้อมูลจะเคลื่อนที่เข้าหาเส้นแนวโน้มในกรณีที่เป็นการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง หมายถึง เมื่อสภาวะการไหลเหมือนกันและรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเป็นช่วงเวลาน้ำขึ้น เมื่อความชันคลื่นสูงหรือพูดอีกนัยหนึ่งคือเมื่อค่าแอมพลิจูดคลื่นสูง ค่าอัตรา

การไหลจะมีค่าต่ำกว่าเมื่อค่าแอมพลิจูดคลื่นน้อยกว่า ในทางกลับกันเมื่อเป็นช่วงเวลาน้ำลง เมื่อค่าแอมพลิจูดสูงค่าอัตราการไหลจะมีค่ามากกว่าเมื่อค่าแอมพลิจูดต่ำ

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะในการทดลอง

1. ในขั้นชุดการทดลองเมื่อทำการเปรียบเทียบสัดส่วนของความชันคลื่นที่ได้จากการทดลองเมื่อเทียบกับของจริงพบว่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากว่าถ้าต้องการให้ค่าความชันคลื่นมีค่าใกล้เคียงกับของจริงต้องทำการเพิ่มค่าคาบเวลาคลื่นเพิ่มออกไป ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ในแต่ละการทดลองใช้เวลาในการวัดข้อมูลค่อนข้างนาน เนื่องจากกำหนดตำแหน่งวัดความเร็วการไหลในหน้าตัดทางน้ำเท่ากับ 15 ตำแหน่ง และจำนวนเครื่องมือวัดมีจำกัด จึงต้องทำการวัดต่อเนื่องที่ละตำแหน่ง ซึ่งแต่ละการทดลองจะใช้เวลาประมาณ 8-10 ชั่วโมง รวมทั้งในการศึกษาครั้งนี้พยายามใช้ค่าคาบคลื่นสูงสุดที่ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงสามารถสร้างได้ ดังนั้นในการศึกษาให้ได้ข้อมูลที่มากขึ้นครอบคลุมคุณลักษณะน้ำขึ้นน้ำลงที่กว้างขึ้นจึงควรเพิ่มค่าคาบเวลาคลื่นในการทดลองออกไป

2. จากการศึกษาพบว่ามาตราส่วนที่ใช้ในการทดลองค่อนข้างเล็กดังนั้นเมื่อต้องการเปรียบเทียบตัวแปรที่ต้องการความละเอียดค่อนข้างสูง ยกตัวอย่างเช่นเปรียบเทียบค่าพิสัยความลึก หรือค่าระดับน้ำอาจทำให้ข้อมูลที่ได้อาจเกิดความผิดพลาด

3. ในการแบ่งช่วงเวลาใน 1 ลูกคลื่น ควรทำการแบ่งช่วงเวลาให้มากกว่าที่ได้ทำในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ทำการแบ่งช่วงเวลาเพียงแค่ 9 ค่า เมื่อทำการวิเคราะห์โดยแยกวิเคราะห์ตามแต่ละช่วงเวลาทำให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีไม่มากเพียงพอ และในการแบ่งช่วงเวลาควรพิจารณาในลักษณะความสูงที่แอ่งน้ำขึ้นน้ำลงเทียบกับค่าระดับน้ำทะเลกลาง หรือค่าความลึกเฉลี่ยเพิ่มเข้าไป เพื่อให้สามารถอธิบายถึงพฤติกรรมต่างๆ ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นสำหรับรูปแบบในการแบ่งช่วงเวลาแสดงในรูป 6-1

6.4.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผลการศึกษา

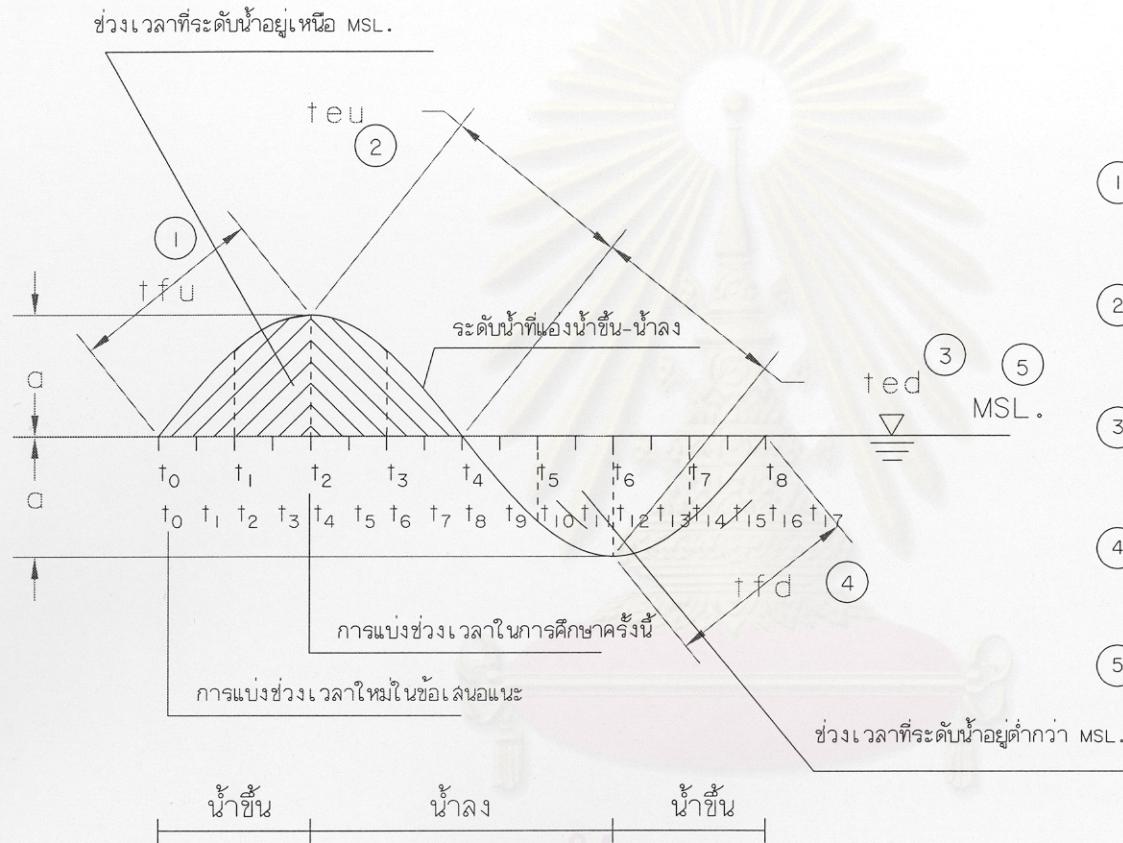
1. เมื่อต้องการคำนวณค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบายสำหรับบานประตูระบายที่อยู่ในตำแหน่งที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง เมื่อใช้เกณฑ์หรือวิธีการในการคำนวณค่าอัตราการไหลลดบานประตูระบาย จากผลการศึกษาพบว่าค่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณกับค่าอัตราการไหลที่ไหลลดจริงอาจมีค่าไม่เท่ากัน โดยที่ค่าอัตราการไหลที่คำนวณหรือออก

แบบไว้จะมีค่าน้อยกว่าค่าอัตราการใช้ไฟที่ไหลผ่านจริง รวมถึงเมื่อวิเคราะห์หาค่าอัตราการใช้ไฟ
ลดบานประตูระบายโดยวิธีใช้กราฟเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การใช้ไฟลดบานประตู

2. ค่าตัวแปรที่สำคัญอีกหนึ่งตัวแปรที่ควรนำมาพิจารณาด้วยก็คือ ค่าความยาวของ
ตำแหน่งที่ตั้งบานประตูระบายกับปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นตัวแปรที่น่าสนใจในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง
ของค่าอัตราการใช้ไฟโดยทำการศึกษาเทียบกับ ระยะห่างระหว่างบานประตูระบายถึงปากแม่น้ำ
ซึ่งสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปช่วยอ้างอิงในการตัดสินใจเลือกตำแหน่งที่ตั้งเขื่อน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



- ① ช่วงเวลาน้ำขึ้นที่ระดับน้ำอยู่เหนือ MSL.
- ② ช่วงเวลาน้ำลงที่ระดับน้ำอยู่เหนือ MSL.
- ③ ช่วงเวลาน้ำลงที่ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่า MSL.
- ④ ช่วงเวลาน้ำขึ้นที่ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่า MSL.
- ⑤ ระดับน้ำทะเลปานกลาง

รูป 6-1 การแบ่งช่วงเวลาน้ำขึ้น-น้ำลงย่อย เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง MSL.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กีรติ ลีวัจนกุล. ชลศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.

ชลประทาน, กรม. ข้อเสนอด้านเทคนิค โครงการศึกษาแนวทางการดำเนินการประดูระบายน้ำ อุทกวิทยาประสิทธิ์. กรุงเทพมหานคร: ร้อยจ แอนด์ แอสโซซิเอทส์, พอล คอนซัลแตนท์ และ แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น, 2544.

ชลประทาน, กรม. ข้อเสนอด้านเทคนิค โครงการศึกษาผลกระทบด้านชลศาสตร์และสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดทำประชาพิจารณ์ โครงการประดูระบายน้ำแม่น้ำท่าจีน. กรุงเทพมหานคร: ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์ แมเนจเม้นท์, 2544.

ซัชชัย หอมสุต. ชลศาสตร์การไหลในทางน้ำเปิดที่มีเขื่อนกั้นภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ชัยพันธุ์ รักวิจัย. ชลศาสตร์ของทางน้ำเปิด. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

รังสรรค์ วีระภรณ์พิมล . การคำนวณหาปริมาณน้ำไหลผ่านประดูระบายน้ำ กรณีการไหลแบบจุ่มจม (Submerge Flow) . การสัมมนาเชิงปฏิบัติการทางอุทกวิทยา กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน , 2537

เล็ก ประภาสัจจะเวทย์ . การสอบวัดอาคารชลศาสตร์ขนาดใหญ่ . การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 5 , 2542

ศุภกร ศิริพจนกุล. ชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

อดิศักดิ์ เขียวพัฒน์. ชลศาสตร์ของการไหลลดประดูระบายโดยแบบจำลองชลศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ภาษาอังกฤษ

- Ahmad, E. Mathematical Modeling of Unsteady Flow in a Tidal Reach of the Bang Pakong River, Thailand. Thesis. No. WM-79-29. Thailand: Asian Institute of Technology, 1980.
- Akihiro Tominaga and Iehisa Nezu. Velocity Profile in Steep Open-Channel. Journal of Hydraulic Engineering. 118, 1(1992): 73-90.
- Ashish J. Mehta B. Joshi. Tidal Inlet Hydraulics. Journal of Hydraulic Engineering. 114, 11(1988): 1321-1328.
- Beng, K.E. Superposition of Tidal and Flood Waves in Estuary. Thesis No. WM-80-7 Thailand: Asian Institute of Technology, 1981.
- Chao-Lin. Velocity Distribution in Open Channel Flow. Journal of Hydraulic Engineering. 115, 5(1989): 576-593.
- Chow, V.T. Open-Channel Hydraulics. USA: McGraw-Hill Book, 1959.
- Godin, G. Modification of river tides by the discharge. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering. 111, 2(1985): 257-274.
- Godin, G. Tidal hydraulics of Saint John River. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering. 117, 1(1991): 19-28.
- Helmut Kobus. Hydraulic Modelling. Hamburg. Verlag Paul Parey, 1980.
- Henderson, F.M. Open Channel Flow. New York: Macmillan, 1966.
- Horikawa, K. Coastal Engineering: An Introduction to Ocean Engineering. Japan: University of Tokyo Press, 1978.
- Hughes, S.A. Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering. Singapore: JBW Printer and Binders, 1966.
- Ippen, A.T. Estuary and Coastline Hydrodynamics. New York: McGraw-Hill Book, 1966.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). Study on the Bang Pakong Diversion Dam Project. Thailand: Team Consulting engineering and management (Thailand) and Sanyu Consultants (Thailand), 2001.
- Joe C. Willis. Near-Bed Velocity Distribution. Journal of Hydraulic Engineering. 111, 5(1985): 741-753.

- Kandula, V.M. Sarma. Velocity Distribution in Smooth Rectangular Open Channels. Journal of Hydraulic Engineering. 109, 6(1983): 270-289.
- Kawachi, T., and Minami, I. Effect of Inland-Water Release on Secondary Undulation in Tidal Channels. Trans. JSIDRE (1979): 24-32.
- Linsley, R.K., Franzini, J.B., Freyberg, D.L., and Tchobanoglous, G. Water Resources Engineering – Fourth Edition. Singapore: McGraw-Hill Book, 1992.
- Massic, W.W. Coastal Engineering Volume 1 - Introduction. Netherlands: Delft University of Technology, 1976.
- Patchanok, S. The Interaction Between Tide and Salinity Barriers. Thesis. No.WM-1-05. Thailand: Asian Institute of Technology, 2002.
- Phuc, T.V. Interaction of Tide and River Flow. Thesis. No. WM-85-54. Thailand: Asian Institute of Technology, 1985.
- Royal Irrigation, Department. The Feasibility on the Agricultural Water Development Project of Bang Pakong River Basin. Thailand, 1990.
- Sawaragi, T. Coastal Engineering-Waves, Beaches, Wave-Structure Interactions. Development in Geotechnical Engineering, 78. Japan: Development of Civil Engineering, Osaka University, 1995.
- Silvester, R. Coastal Engineering, 2 -Sediment, Estuary, Tides, Effluents and Modeling. Development in Geotechnical Engineering. Vol.4B. Amsterdam Oxford, New York: Elsevier Scientific, 1974.
- Sorensen, R.M. Basic Coastal Engineering. Singapore: John Wiley and Son, 1991.
- Trien, H.N. Effects of Tidal Barrier on Estuarine Hydrodynamics and Sedimentation. Thesis. No. WA-87. Thailand: Asian Institute of Technology, 1987.
- Ulrich Lemmin and Thierry Rolland. Acoustic Velocity Profiler for Laboratory and Field Studies. Journal of Hydraulic Engineering. 123,12(1997): 1089-1098
- US. Army Corps, of Engineers. Coastal Engineering Manual, Part 3 –Distribution Restriction Statement. Washington: Development of the US. Army Corp of Engineers, 1998.
- US. Army Corps of Engineers. Tidal Hydraulics-Engineering Manual. Washington,DC: Department of the US. Army Corp of Engineering, 1991.

- US. Development of the Interior, Department. Hydraulic Laboratory Techniques.
Colorado: Department of the US. Department of the Interior, 1980.
- Vidhaya Samaharn. The Analysis of Flow Discharge under the Influence of Strong Tides
in the Existing Chao Phraya Down Stream and the Chaophraya II Plan, 1980.
- Vongvisessomjai, S. Interaction of tide and river flow. Journal of Waterway, Port,
Coastal, and Ocean Engineering. 115, 1(1989): 86-104.
- Whaiching, L. A Variable Grid Model of Flow near Tidal Barrier. Thesis. No. WA-89-11.
Thailand: Asian Institute of Technology, 1969.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ลักษณะทั่วไปของประตูระบายน้ำ

ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง ลักษณะทั่วไปของประตูน้ำที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ โดยทั่วไปลักษณะบานประตูระบายประเภทนี้เป็นแบบบานตรง นอกจากลักษณะทั่วไปของบานประตูระบาย เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึง ภาพรวมของโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้น การควบคุมการเปิดปิดบานประตูระบาย รวมทั้งรูปแบบและเกณฑ์ในการควบคุมการเปิด-ปิด บานประตูระบายสำหรับบานประตูระบายลักษณะนี้มีอยู่หลายแห่ง ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้กล่าวถึงบานประตูระบายจำนวน 3 แห่ง ประกอบด้วย เขื่อนบางปะกง ประตูระบายน้ำอุทกวิภาคประสิทธิ์ และประตูกันน้ำเค็มแม่น้ำท่าจีน

ก-1 ลักษณะทั่วไปของประตูระบายน้ำบางปะกง

โครงการเขื่อนทด่น้ำบางปะกงเป็นส่วนหนึ่งของแผนพัฒนาลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งได้ทำการศึกษาไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 วัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อป้องกันการรุกคืบของน้ำเค็มเข้าไปในพื้นที่เหนือเขื่อนในช่วงฤดูแล้ง และเก็บกักน้ำไว้ใช้อุปโภคและบริโภคในช่วงเชื่อมต่อฤดูแล้งและฤดูฝน และระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง

แต่จากการทดลองปิดบานประตูระบายน้ำในเดือนมกราคม 2543 พบว่าได้เกิดผลกระทบขึ้น กล่าวคือทางด้านท้ายเขื่อนเมื่ออยู่ในช่วงน้ำลงระดับน้ำในแม่น้ำบางปะกงจะลดต่ำกว่าปกติ ทำให้เกิดการพังทลายของตลิ่ง และเมื่อเป็นช่วงเวลาน้ำขึ้นจะเกิดปัญหาน้ำทะเลหนุนสูงทำให้น้ำในแม่น้ำบางปะกงไหลป่าเข้าท่วมในพื้นที่ข้างเคียง สำหรับด้านเหนือเขื่อนพบว่าเกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ ดังนั้นกรมชลประทานจึงเปิดบานประตู เพื่อให้ น้ำไหลขึ้นและลงตามธรรมชาติ จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมน้ำในแม่น้ำบางปะกงได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ในปัจจุบันได้มีการวางแผนในการควบคุมการเปิด-ปิดบานประตูระบายน้ำใหม่จากที่เคยใช้เพียงแค่เปิดหรือปิดบานเพียงอย่างเดียว โดยมีหลักการควบคุมการเปิดปิดบานกล่าวโดยสรุปดังนี้ คือ มีการพยากรณ์การขึ้นลงของระดับน้ำทะเลโดยใช้ข้อมูลจากกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ และข้อมูลจากระบบโทรมาตร และใช้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดบานให้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสัมพันธ์กับ

ระดับน้ำด้านท้ายน้ำในแต่ละวัน โดยมีการปรับบานให้ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านสัมพันธ์กับระดับน้ำในแต่ละชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบข้อมูลและการปรับแก้การเปิด-ปิดบานประตูระบาย โดยใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงจากระบบโทรมาตร ทุกๆ 5 นาที ซึ่งระบบจะคำนวณพื้นที่หน้าตัดของการไหลและระยะเวลาเปิดบาน พร้อมทั้งสั่งการให้มีการเปิด-ปิดบานประตูโดยอัตโนมัติ

ลักษณะโครงการเขื่อนทดน้ำบางปะกงตั้งอยู่ที่กึ่งกลางของแม่น้ำบางปะกง

จำนวนช่องระบาย	5	ช่อง
ความกว้างต่อหนึ่งช่องระบาย	30.00	ม.
ชนิดของบานระบายขนาด		
FLOOD GATE	10.00x30.00ม.	จำนวน 4 ช่อง
REGULATING GATE	6.90x30.00ม.	จำนวน 2 ช่อง
	3.10x30.00ม.	จำนวน 2 ช่อง
ระยะห่างจากปากแม่น้ำ	62	กม.
ระดับเก็บกักสูงสุด	+0.70	ม.รทก.
ระดับเก็บกักต่ำสุด	-1.00	ม.รทก.
ระดับธรณี ปตร.	-9.80	ม.รทก.
ปริมาณน้ำนองสูงสุดผ่าน ปตร. (รอบ 100 ปี)	1,576	ลบม./วินาที
ความจุที่ระดับเก็บกัก -1.00 ม.รทก.	67.7	ล้าน ลบ.ม.

ก-2 ลักษณะทั่วไปของประตูระบายน้ำท่าจีน

แม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำสำคัญสายหนึ่งในทุ่งราบภาคกลางซึ่งในปัจจุบันมีปัญหาเช่นเดียวกับลุ่มน้ำอื่นๆ ได้แก่ ปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็ม ปัญหาน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ ปัญหาคุณภาพน้ำ และปัญหาอุทกภัย เป็นต้น

กรมชลประทานได้ทำการศึกษาความเหมาะสม โครงการประตูระบายน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบน (Site Vi) ที่บ้านบางระกำ ตำบลบางระกำ อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม และประตูระบายน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง (Site 1-A) บ้านท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

ปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็มเข้ามาในแม่น้ำท่าจีน ได้เคลื่อนตัวสูงขึ้นจากเดิมที่อยู่แต่ตัวเมืองสมุทรสาคร ต่อมาได้เคลื่อนตัวเข้าสู่อำเภอบ้านแพ้ว อำเภอกะพุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร อำเภอ

สามพราน จังหวัดนครปฐม และอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ทำความเสียหายให้แก่พื้นที่เกษตรกรรมสองฝั่งของแม่น้ำท่าจีน เนื่องจากมีปริมาณน้ำไม่เพียงพอที่จะผลักดัน

นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่องน้ำเสียจากโรงงาน และพื้นที่เลี้ยงสุกรในเขตโครงการพระยาบวร ลือ โครงการพระพิมล และโครงการภาษีเจริญ ซึ่งต่างก็ทิ้งน้ำเสียลงในแหล่งน้ำธรรมชาติและไหลลง ในแม่น้ำท่าจีนในที่สุด กรมชลประทานจึงได้พิจารณาเห็นสมควรที่จะทำการก่อสร้างประตูระบายน้ำ ปิดกั้นแม่น้ำท่าจีน

แต่ในปัจจุบันโครงการก่อสร้างประตูระบายน้ำแม่น้ำท่าจีนยังไม่ได้ทำการก่อสร้างเนื่องจากเกรงว่าจะเกิดปัญหาเช่นเดียวกับกรณีประตูระบายน้ำเขื่อนบางปะกง

รายละเอียดประตูระบายน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง

จำนวนช่องระบาย	6	ช่อง
ความกว้างต่อหนึ่งช่องระบาย	30.00	ม.
ระดับเก็บกักสูงสุด	+0.50	ม.รทก.
ระดับเก็บกักต่ำสุด	-1.00	ม.รทก.
ระดับธรณี ปรต.	-9.80	ม.รทก.
ระดับหลังกำแพงข้างและถนนภายในหัวงาน	+3.70	ม.รทก.
ปริมาณน้ำนองสูงสุดผ่าน ปรต. (รอบ 100 ปี)	1,576	ลบม./วินาที
ความจุที่ระดับเก็บกัก -1.00 ม.รทก.	67.7	ล้าน ลบ.ม.

ชนิดของบานระบายขนาด

FLOOD GATE	11.60x30.00ม.	จำนวน 4 ช่อง
REGULATING GATE	8.80x30.00ม.	จำนวน 2 ช่อง
	2.80x30.00ม.	จำนวน 2 ช่อง

ประตูระบายน้ำแม่น้ำท่าจีนตอนบน (Site VI)

รายละเอียดประตูระบายน้ำแม่น้ำท่าจีน

จำนวนช่องระบาย	6	ช่อง
ความกว้างต่อหนึ่งช่องระบาย	12.50	ม.
ระดับเก็บกักสูงสุด	+0.80	ม.รทก.
ระดับเก็บกักต่ำสุด	+0.00	ม.รทก.
ระดับธรณี ปรต.	-1.00	ม.รทก.
ระดับหลังกำแพงข้างและถนนภายในหัวงาน	+4.25	ม.รทก.

ปริมาณน้ำนองสูงสุดผ่าน ประตู. (รอบ 100 ปี)	732	ลบม./วินาที
ชนิดของบานระบายขนาด	บานตรง GIRDER TYPE 12.50x13.00 ม.	

ก-3 ลักษณะทั่วไปของประตูทกวิภาคประสิทธิ์

ลักษณะทั่วไปของโครงการ

จำนวนช่องระบาย	10	ช่อง
ความกว้างต่อหนึ่งช่องระบาย	20.00	ม.
ชนิดของบานระบายขนาด		
FLOOD GATE	9.00x20.00ม.	จำนวน 6 ช่อง
REGULATING GATE	3.50x20.00ม.	จำนวน 2 ช่อง
	5.50x20.00ม.	จำนวน 2 ช่อง
ระยะห่างจากปากแม่น้ำ	7	กม.
ระดับเก็บกักสูงสุด	+0.30	ม.รทก.
ระดับเก็บกักต่ำสุด	-0.30	ม.รทก.
ระดับธรณี ประตู.	-7.00	ม.รทก.
ปริมาณน้ำนองสูงสุดผ่าน ประตู. (รอบ 50 ปี)	1,727	ลบม./วินาที
ความจุที่ระดับเก็บกัก -1.00 ม.รทก.	67.7	ล้าน ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

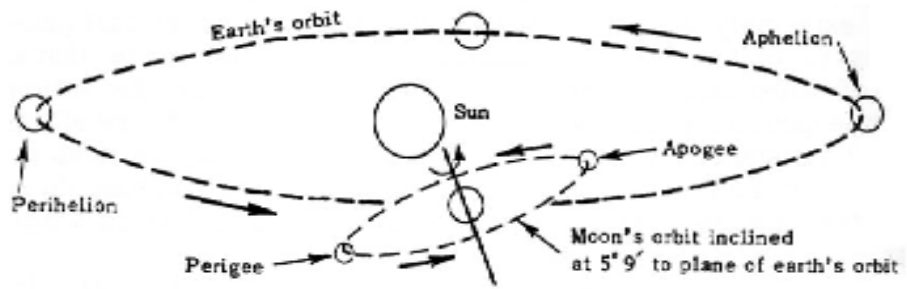
ภาคผนวก ข

การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง นิยามลักษณะคลื่น และการวิเคราะห์สเปกตรัม

ข-1 การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง

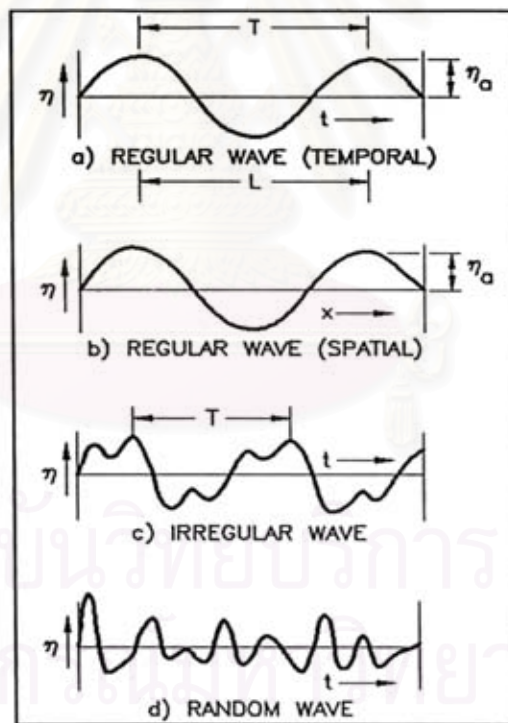
น้ำขึ้นน้ำลงเกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ถึงแม้ว่าดวงอาทิตย์จะมีมวล 27 ล้านเท่าของดวงจันทร์ แต่ดวงอาทิตย์ อยู่ห่างจากโลก 93 ล้านไมล์ ส่วนดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลกเพียง 240,000 ไมล์ ดังนั้นดวงจันทร์ จึงส่งแรงดึงดูดมายังโลกมากกว่าดวงอาทิตย์ และน้ำที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์จะสูงเพียง ร้อยละ 46 ของระดับน้ำที่สูงจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์ น้ำซึ่งเป็นของเหลว เมื่อถูกแรงดึงดูดจากดวงจันทร์ ในขณะที่ดวงจันทร์โคจรผ่านบริเวณนั้น น้ำก็จะสูงขึ้น ไปในทิศทางเดียวกับที่ดวงจันทร์ปรากฏ และบนผิวโลกในด้านตรงข้ามกับดวงจันทร์ น้ำจะสูงขึ้นด้วย เพราะอำนาจดึงดูดของดวงจันทร์ กับของโลกไปรวมกันในทิศทางนั้น และในตำแหน่งที่คนเห็นดวงจันทร์อยู่สุดลับขอบฟ้า บริเวณนั้นน้ำจะลดลงมากที่สุด จึงเท่ากับว่ามีน้ำขึ้นน้ำลง 2 แห่งบนโลกในเวลาเดียวกัน น้ำจะขึ้นสูงเต็มที่ทุกๆ 12 ชั่วโมงโดยประมาณ และหลังจากน้ำขึ้นเต็มที่แล้ว ระดับน้ำจะเริ่มลดลง ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง แต่เนื่องจากดวงจันทร์หมุนรอบโลกจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก หนึ่งรอบกินเวลาประมาณ 29 วัน น้ำขึ้นและน้ำลงจึงช้ากว่าวันก่อน ไปประมาณ 50 นาที หรือพูดนัยหนึ่งว่า ใน 1 วัน หรือ 24 ชั่วโมง 50 นาที น้ำจะสูงขึ้นและลดลง 2 ครั้ง

ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำสูงสุดกับระดับน้ำต่ำสุด แต่ละแห่งบนโลกจะไม่เท่ากัน ซึ่งสาเหตุประการหนึ่งเกิดจากตำแหน่งของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ เมื่อโลกและดวงจันทร์กับดวงอาทิตย์ มาอยู่ในแนวเดียวกัน ไม่ว่าจะดวงจันทร์หรือดวงอาทิตย์จะอยู่ข้างเดียว หรือคนละข้างกับโลก น้ำจะสูงขึ้นกว่าปกติ เรียกว่า น้ำเกิด (Spring Tide) ซึ่งจะเกิดขึ้นเดือนละ 2 ครั้ง คือใกล้วันขึ้น 15 ค่ำ และวันแรม 15 ค่ำ และเมื่อใดที่ดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ อยู่ในแนวตั้งฉาก ซึ่งกันและกัน ระดับน้ำจะไม่สูงขึ้น แต่จะอยู่ในระดับเดิม ไม่ขึ้นไม่ลง เรียกว่า น้ำตาย จะเกิดขึ้นเดือนละ 2 ครั้ง เช่นเดียวกับน้ำเกิด (Spring Tide) คือใกล้วันขึ้น 8 ค่ำ และวันแรม 8 ค่ำ ระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ ดังแสดงในรูป ข-1 และรูป ข-2



ที่มา T. Ippen, 1966

รูป ข-1 ระบบโลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์



ที่มา T. Ippen, 1966

รูป ข-2 คลื่นไม่สม่ำเสมอและองค์ประกอบคลื่นในทะเล

ข-2 นิยามและลักษณะคลื่น แบบ Simple Harmonic

ลักษณะของคลื่นโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ คลื่นสม่ำเสมอ และคลื่นไม่สม่ำเสมอ โดยที่คลื่นสม่ำเสมอ (Regular wave หรือ Simple harmonic wave) เป็นคลื่นที่มีขนาดคลื่นขนาดเดียว ดังรูป ข-3 ซึ่งจะกล่าวถึงลักษณะคลื่นใน 2 มิติ คือในแกน X และแกน Z โดยมีนิยามของตัวแปรต่างๆ เสนอในรูปแบบสมการ wave profile สำหรับคลื่นสม่ำเสมอ โดยทั่วไปมักจะแสดงดังนี้

$$\eta = a \cos(kx - \sigma t) = \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t) \quad (\text{ข-1})$$

คลื่นไม่สม่ำเสมอ (Irregular wave) เช่น คลื่นในทะเลหรือในแม่น้ำธรรมชาติ เป็นคลื่นที่เกิดจากคลื่นหลายชนิดประกอบกัน ทั้งคลื่นที่มีรูปแบบความสูงคลื่นและคาบคลื่นคงที่ (regular wave) และคลื่นที่มีรูปแบบไม่แน่นอน (Random wave) ในการวิเคราะห์คลื่นจึงต้องแยกคลื่นแต่ละตัวออกมาพิจารณา ตามรูปแบบของคลื่นแต่ละตัว คือมีความสูงคลื่นและคาบคลื่นแน่นอน โดยแยกคลื่นที่มีรูปแบบที่ไม่แน่นอนออกไป ทั้งนี้สำหรับการทดลองในแบบจำลองที่เข้าใจว่าสามารถสร้างให้คลื่นสม่ำเสมอได้ อาจมีคลื่นที่ไม่มีรูปแบบรวมอยู่ด้วยเนื่องจากคลื่นในธรรมชาติและขนาดของแบบจำลอง

วิธีหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์แยกคลื่น คือการวิเคราะห์สเปกตรัมลักษณะของคลื่นแบบ Simple Harmonic อย่างง่ายมีลักษณะดังรูปที่ ข-3 ซึ่งจะกล่าวถึงใน 2 มิติ คือ ในแกน X และแกน Z โดยมีนิยามของตัวแปรต่างๆ ดังนี้

d = ความลึกของน้ำจากระดับน้ำเฉลี่ย (Mean water level) ถึงก้นทะเล

$\eta(x, t)$ = ระยะแนวตั้งของการแทนที่ของผิวน้ำเหนือระดับน้ำเฉลี่ยที่จุด x เวลา t

a = แอมพลิจูดของคลื่น

H = ความสูงคลื่น = $2a$

L = ความยาวคลื่น

T = ช่วงเวลาคลื่น

C = ความเร็วที่คลื่นเคลื่อนที่ = L/T

k = จำนวนคลื่น = $2\pi/L$

σ = ความถี่เชิงมุมของคลื่น = $2\pi/T$

ข-3 การวิเคราะห์สเปกตรัม

การวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum analysis) เป็นการพิจารณาในแง่ความถี่ของข้อมูลที่เกิดขึ้นเป็นวงจร (Cyclicities) ในที่นี้วงจร หมายถึง รอบของการเกิดเหตุการณ์ ซึ่งเป็นผลจากการเคลื่อนตัวของโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ โดยมีวงจรพื้นฐาน 1 วัน 7 วัน 15 วัน 30 วัน 1 ปี หรืออาจรวมวงจรอื่นๆ เช่น หลายอาทิตย์ หลายเดือน หลายปี ขึ้นอยู่กับกระบวนการที่เกิดขึ้นว่าได้รับอิทธิพลจากอะไร ในทางชลศาสตร์และสมุทรศาสตร์ วงจรสำคัญได้แก่ การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งน้ำขึ้นน้ำลงเป็นคลื่นยาว (Long wave) ที่ก่อให้เกิดการสูงขึ้นและลดต่ำลงของระดับน้ำทะเล และส่งผลต่อเนื่องเข้าไปในบริเวณปากแม่น้ำด้วย ความยาวคลื่นและคาบของน้ำขึ้นน้ำลงใหญ่กว่าคลื่นธรรมดา

รูปแบบของข้อมูลแบบวงจรโดยทั่วไป จะเสนอในรูปความสัมพันธ์ของระดับผิวน้ำ ซึ่งเป็นผลรวมของคลื่นแต่ละวงจร (Yevjevich, 1972) ดังสมการ ข-2

$$x_t = a_0 + \sum_{i=1}^m [a_i \cos(2\pi f_i t) + b_i \sin(2\pi f_i t)] + e_t \quad (\text{ข-2})$$

โดยที่ x_t = ระยะในแนวดิ่งจากผิวน้ำถึงจุดอ้างอิง

$$f_i = \frac{i}{N}, \text{ เป็นความถี่ลำดับที่ } i$$

$$N = 2m + 1, m = \text{จำนวนข้อมูล}$$

$$a_0 = \bar{x}, \text{ ค่าเฉลี่ยของ } x_t$$

$$a_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N x_t \cos(2\pi f_i t)$$

$$b_i = \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N x_t \sin(2\pi f_i t)$$

$$e_t = \text{ค่าสุ่ม (random)}$$

การสร้างกราฟของค่าสเปกตรัม $S(f_i)$ ที่แต่ละความถี่ หรือ spectrum density ช่วยให้สามารถพิจารณาคลื่นที่เกิดขึ้นทั้งหมดของข้อมูล และคลื่นที่มีนัยสำคัญในเบื้องต้นได้

$$S(f_i) = \frac{N}{2} (a_i^2 + b_i^2) = \frac{C_i^2}{2} \quad (\text{ข-3})$$

โดยที่

$C =$ แอมพลิจูดคลื่น

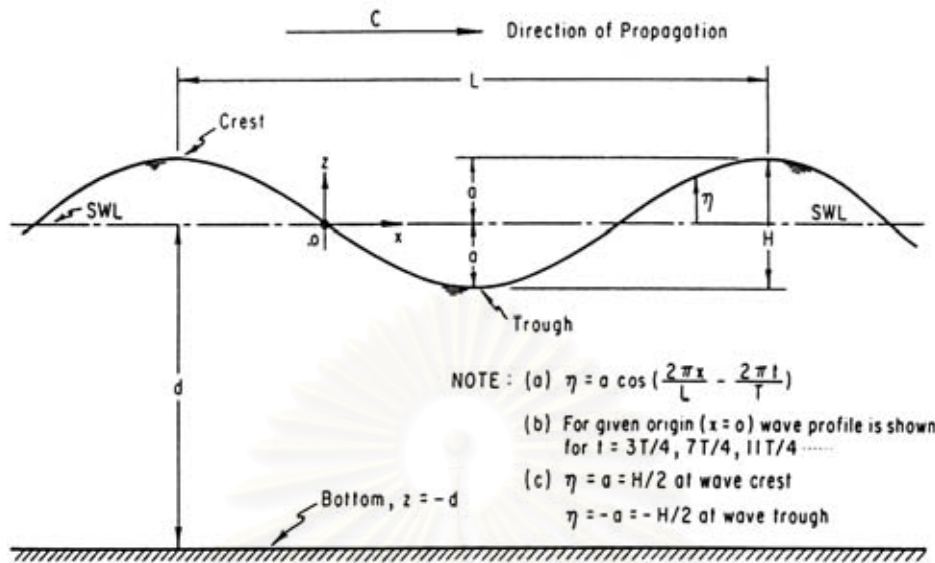
$$\text{Var}(x_t) = \sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^m S(f_i) \quad (1-4)$$

การวิเคราะห์หา phase คลื่น สามารถหาได้จากสมการ

$$\delta = \tan^{-1} \left(\frac{b_i \sin(2\pi f_i t)}{a_i \cos(2\pi f_i t)} \right) \quad (1-5)$$

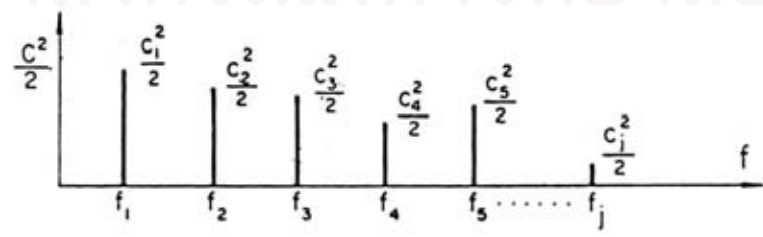
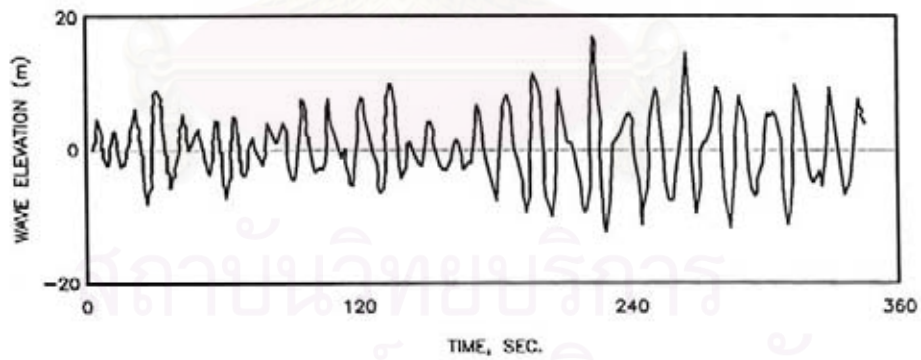


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่มา US.CERC,1984

รูป ข -3 นิยามและค่าตัวแปรต่างๆ ของคลื่น



ที่มา T. Ippen,1966

รูป ข -4 การวิเคราะห์สเปกตรัมของข้อมูลวงจร

ภาคผนวก ค

การเตรียมการทดลองและการปรับเทียบอุปกรณ์

ในการศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง ทำการศึกษาโดยใช้แบบจำลองกายภาพ สร้างขึ้น ณ ห้องปฏิบัติการชลศาสตร์และชายฝั่งทะเลภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการสร้างแบบจำลองเพื่อจำลองสภาพและพฤติกรรมการไหลลอดบานประตู ในการศึกษาจำลองสภาพการไหลทั้งในกรณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงและในกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงทางด้านท้ายน้ำ

ขั้นตอนการทดลองทำการเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไป โดยทั่วไปก่อนเริ่มต้นการทดลองต้องทำการปรับเทียบเครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อให้ข้อมูลที่เก็บบันทึกมีความถูกต้องแม่นยำ สำหรับเครื่องมือวัดที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ประกอบด้วย เครื่องวัดความสูงคลื่น เครื่องวัดความเร็วกระแส น้ำ เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบเวเนจูรีมิเตอร์ เครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัด รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิง (Manning 's n) ของทางน้ำ

นอกจากการปรับเทียบเครื่องมือวัดต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมา ในการเตรียมการทดลองต้องทำการปรับเทียบอุปกรณ์ต่างๆ ของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา ในการทดลองครั้งนี้ทำการปรับเทียบพื้นผิววางน้ำ และชุดทำน้ำขึ้นน้ำลง

ค-1 การปรับเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่น

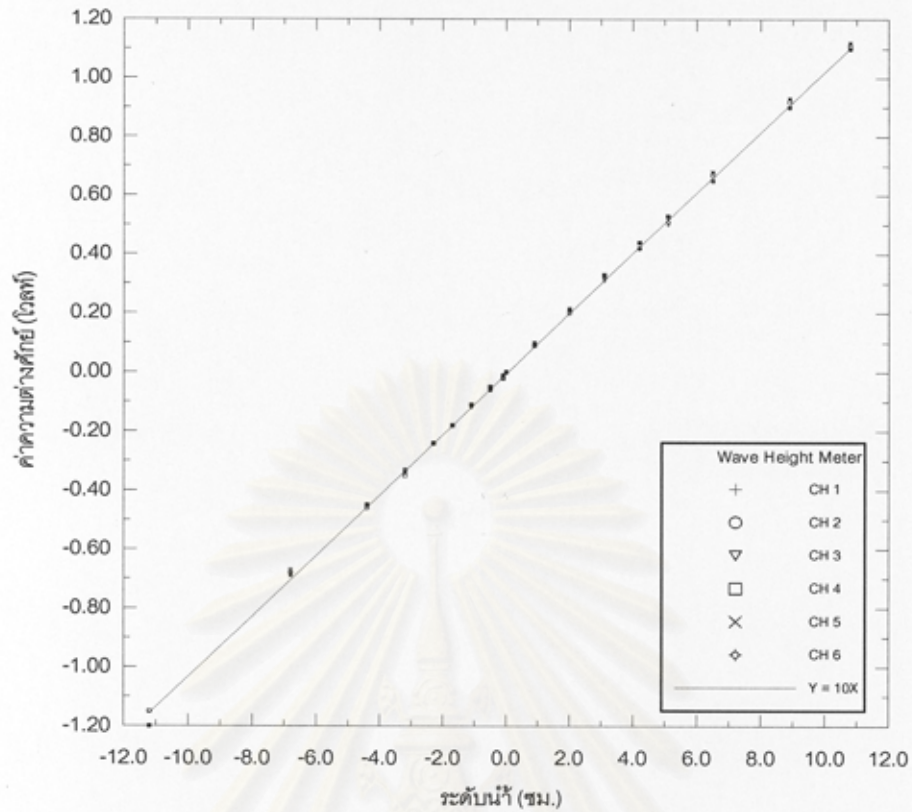
เครื่องมือวัดความสูงคลื่น (wave height meter) ในการศึกษาค้างนี้ใช้เครื่องมือวัดความสูงคลื่นแบบที่ใช้ในแบบจำลอง ของบริษัท Kennek รุ่น K-281 A พร้อมชุดบันทึกข้อมูล ใช้วัดความสูงคลื่นในแบบจำลอง ในการทดลองใช้เครื่องมือวัดความลึกการไหล 6 ตัว โดยรายละเอียดในการติดตั้งแสดงในบทที่ 3 สำหรับหลักการวัดความจุไฟฟ้าบนเส้นลวดรับสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงตามระดับน้ำ แล้วส่งสัญญาณไปยังเครื่องแสดงผลให้แปลงค่าสัญญาณเป็นค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ซึ่งสามารถส่งสัญญาณเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกและประมวลผลข้อมูล ช่วงข้อมูลที่เครื่องทำการประมวลผลได้อยู่ระหว่างช่วง ± 2.5 โวลต์ การปรับเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่น แสดงในตาราง ค-1 , รูป ค -1 จากผลการปรับเทียบสรุปได้ว่า เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลงไป 1 ซม. ค่าความต่างศักย์จะเปลี่ยนไปเท่ากับ 0.1 โวลต์

ตาราง ค-1 การเปรียบเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่น (Wave Height meter)

ระดับน้ำ (ซม.)	ค่าความต่างศักย์ของเครื่องมือวัดความสูงคลื่น (โวลท์)					
	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH 6
-6.8	-0.68	-0.68	-0.67	-0.68	-0.69	-0.69
-4.4	-0.45	-0.46	-0.45	-0.45	-0.45	-0.46
-3.2	-0.33	-0.33	-0.34	-0.35	-0.34	-0.33
-2.3	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.23
-1.7	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18	-0.17
-1.1	-0.11	-0.11	-0.12	-0.11	-0.11	-0.11
-0.5	-0.05	-0.06	-0.06	-0.05	-0.05	-0.05
-0.1	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01
0.9	0.09	0.095	0.09	0.09	0.1	0.095
2	0.21	0.2	0.21	0.21	0.215	0.21
3.1	0.31	0.32	0.32	0.33	0.33	0.33
4.2	0.42	0.42	0.42	0.44	0.44	0.44
5.1	0.5	0.51	0.52	0.53	0.53	0.52
6.5	0.65	0.65	0.65	0.67	0.68	0.67
8.9	0.9	0.9	0.9	0.92	0.93	0.915

หมายเหตุ ในการทดลองใช้เครื่องมือวัดความสูงคลื่น 6 ชุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป ค-1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับน้ำที่อ่านได้จากเครื่องวัดความลึกการไหลกับระดับ:

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค-2 การปรับเทียบเครื่องวัดความเร็วกระแสไฟฟ้า

เครื่องวัดความเร็วการไหล รุ่น ACM-200D (Current Meter) ใช้วัดความเร็วกระแสไฟฟ้าในแบบจำลอง เครื่องวัดความเร็วการไหลสามารถวัดความเร็วการไหลได้ 2 แกน คือ ในแนวแกนตั้งฉากกับทิศทางการไหล (แกน X) และแนวแกนขนานกับทิศทางการไหล (แกน Y) แต่ในการทดลองจะทำการเก็บบันทึกเฉพาะข้อมูลความเร็วการไหลในแนวแกนขนานกับทิศทางการไหลเพียงค่าเดียว

เครื่องวัดความเร็วการไหล รุ่น ACM 300-D ใช้วัดความเร็วกระแสไฟฟ้าในแบบจำลอง เครื่องวัดความเร็วการไหลสามารถวัดความเร็วการไหลได้ 3 แกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z โดยที่ความเร็วในแนวแกน Z หมายถึงความเร็วในแนวตั้งของหน้าตัด ในการทดลองจะทำการเก็บบันทึกเฉพาะข้อมูลความเร็วการไหลในแนวแกนขนานกับทิศทางการไหลเพียงค่าเดียว

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือวัดความเร็วการไหลทั้ง 2 รุ่น จะทำการส่งสัญญาณไปยังเครื่องแสดงผลให้แปลค่าสัญญาณเป็นความต่างศักย์ไฟ ซึ่งสามารถส่งสัญญาณเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกและประมวลผลข้อมูล การปรับเทียบเครื่องวัดความเร็วกระแสไฟฟ้า แสดงในตาราง ข ผลการปรับเทียบแสดงให้เห็นว่าเมื่อความเร็วเปลี่ยนแปลงไป 1 ซม.ต่อวินาที ค่าความต่างศักย์จะเปลี่ยนไปเท่ากับ 0.02 โวลต์ สำหรับวิธีการปรับเทียบเครื่องวัดความเร็วกระแสไฟฟ้าได้รับความอนุเคราะห์จากกรมชลประทาน ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ตาราง ค-2 แสดงข้อมูลในการปรับเทียบเครื่องวัดความเร็วการไหล รูป ค-2 แสดงการปรับเทียบเครื่องมือวัดความเร็วการไหลที่กรมชลประทาน รูป ค-3 กราฟปรับเทียบเครื่องมือวัดความเร็วการไหล

ค-3 การปรับเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์

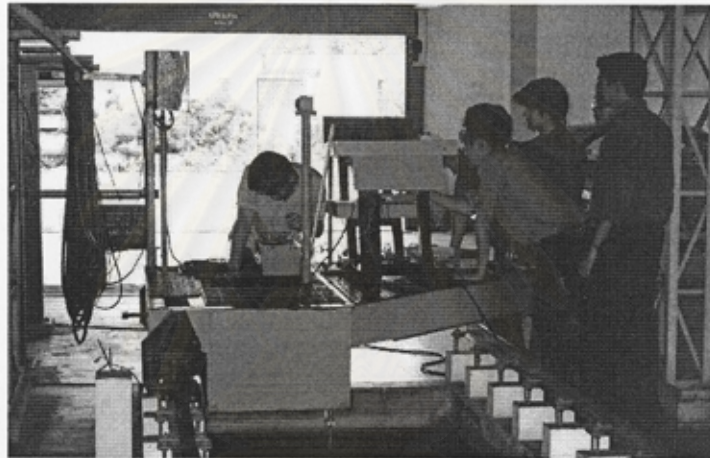
ในการกำหนดชุดการทดลองได้กำหนดค่าอัตราการไหลที่ใช้ในการทดลอง 3 ค่า ในการที่จะปล่อยน้ำให้ได้ค่าใกล้เคียงอัตราการไหลตามที่ได้กำหนดไว้ ต้องปล่อยน้ำผ่านเครื่องวัดอัตราการไหล ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์ โดยติดตั้งเวนจูรีมิเตอร์ที่ตำแหน่งด้านหน้าวาล์วควบคุมอัตราการไหล

ในการปรับเทียบเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์ ทำการวัดผลต่างของระดับปรอทในमानอมิเตอร์เทียบกับค่าอัตราการไหลที่ได้จากถังชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของเวนจูรีมิเตอร์ (C_0) โดยสามารถคำนวณหาค่าอัตราการไหลผ่านเวนจูรีมิเตอร์ได้จากสมการ ค-1

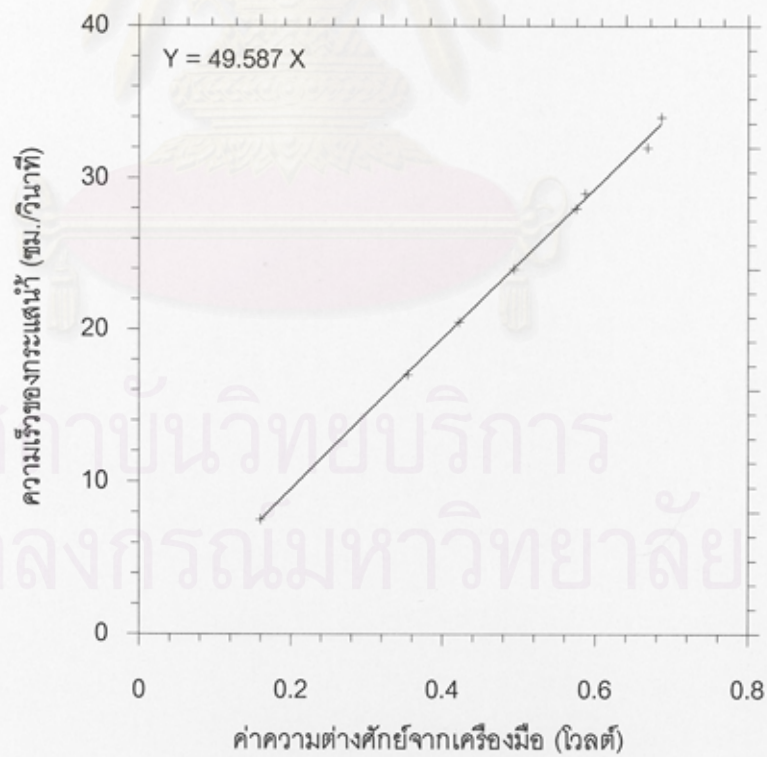
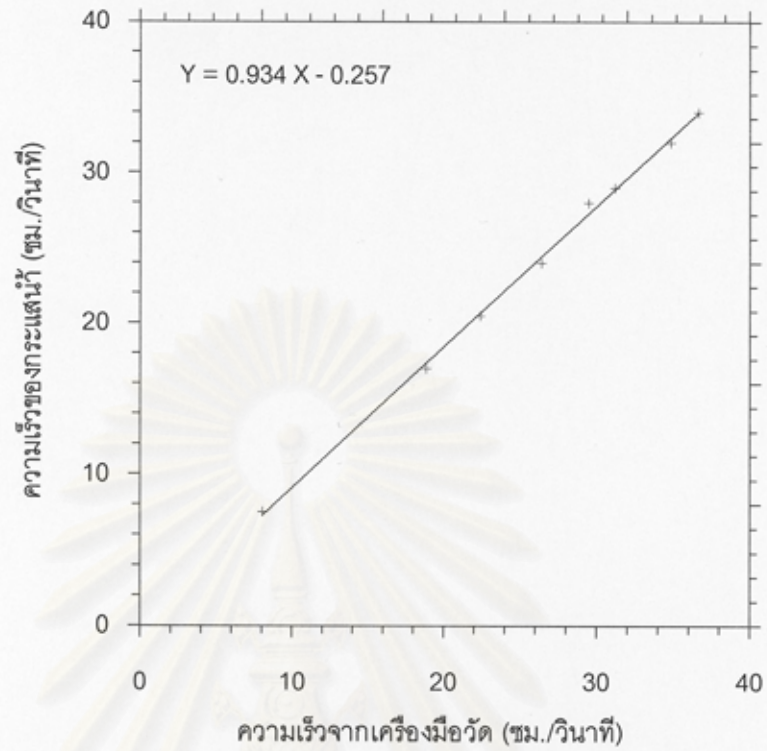
ตาราง ค-2 การเปรียบเทียบเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ

เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ ALEC แกน X				
ระยะทาง (ชม.)	เวลา (วินาที)	ความเร็วรถ (ชม./วินาที)	ความเร็ว Current Meter (ชม/วินาที)	ค่าความต่างศักย์ (โวลต์)
1200	91.53	13.11	14.00	0.256
1200	159.66	7.52	8.50	0.176
1200	64.56	18.59	21.50	0.432
1200	62.94	19.07	23.00	0.455
1200	55.09	21.78	25.00	0.514
1200	48.78	24.60	28.00	0.572
1200	40.58	29.57	34.00	0.682
1200	36.13	33.21	39.00	0.773

เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ ALEC แกน Y				
ระยะทาง (ชม.)	เวลา (วินาที)	ความเร็วรถ (ชม./วินาที)	ความเร็ว Current Meter (ชม/วินาที)	ค่าความต่างศักย์ (โวลต์)
1200	148.98	8.05	7.50	0.16
1200	63.66	18.85	17.00	0.354
1200	53.56	22.40	20.50	0.422
1200	45.46	26.40	24.00	0.494
1200	40.73	29.46	28.00	0.575
1200	38.5	31.17	29.00	0.587
1200	34.45	34.83	32.00	0.668
1200	32.74	36.65	34.00	0.686



รูป ค-2 การปรับเทียบเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ
ณ กรมชลประทาน ปากเกร็ด จ.นนทบุรี



รูป ค-3 การปรับเทียบเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ รุ่น ACM- แกน Y

$$Q = C_d A_2 \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]^{-1/2} \sqrt{2g\Delta H} \quad (\text{ค-1})$$

$$C_d = Q/A_2 / \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]^{-1/2} / \sqrt{2g\Delta H} \quad (\text{ค-2})$$

โดยที่ A_2 หมายถึง พื้นที่หน้าตัดที่ 2 ของเวนจูรีมิเตอร์ (เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10.36 เซนติเมตร)
 A_1 หมายถึง พื้นที่หน้าตัดที่ 1 ของเวนจูรีมิเตอร์ (เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.83 เซนติเมตร)
 ΔH หมายถึง ผลต่างของระดับน้ำในมานอมิเตอร์

โดยที่ ค่า ΔH สามารถคำนวณได้จากสมการ (ค-3)

$$\Delta H = \Delta H_{\text{ปรอท}} \left(\frac{S_{\text{ปรอท}}}{S_{\text{น้ำ}}} - 1 \right) \quad (\text{ค-3})$$

จากการเปรียบเทียบโดยทำการทดลองในช่วงอัตราการไหลระหว่าง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลของเวนจูรีมิเตอร์เฉลี่ย ($C_{d,avg}$) มีค่าเท่ากับ 0.896 ตาราง ค-3 แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์ รูป ค-4 แสดง กราฟเปรียบเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์

ค-4 การเปรียบเทียบเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำ

ในขั้นตอนการทดลอง เนื่องจากการทดลองเป็นระบบเปิด มีน้ำเข้าและมีการระบายน้ำออกจากแบบจำลอง ในการระบายน้ำออกได้ทำการติดตั้งวาล์วควบคุมการไหลออก และเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำ ในการทดลองเมื่อทำการปรับวาล์วควบคุมการไหลออกจนกระทั่งอัตราการไหลเข้ามีค่าเท่ากับอัตราการไหลออก (พิจารณาจากระดับน้ำในตำแหน่งต่างๆ ในทางน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง) ก็ทำการวัดอัตราการไหลที่จุดระบายน้ำออก โดยวัดจากเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัด

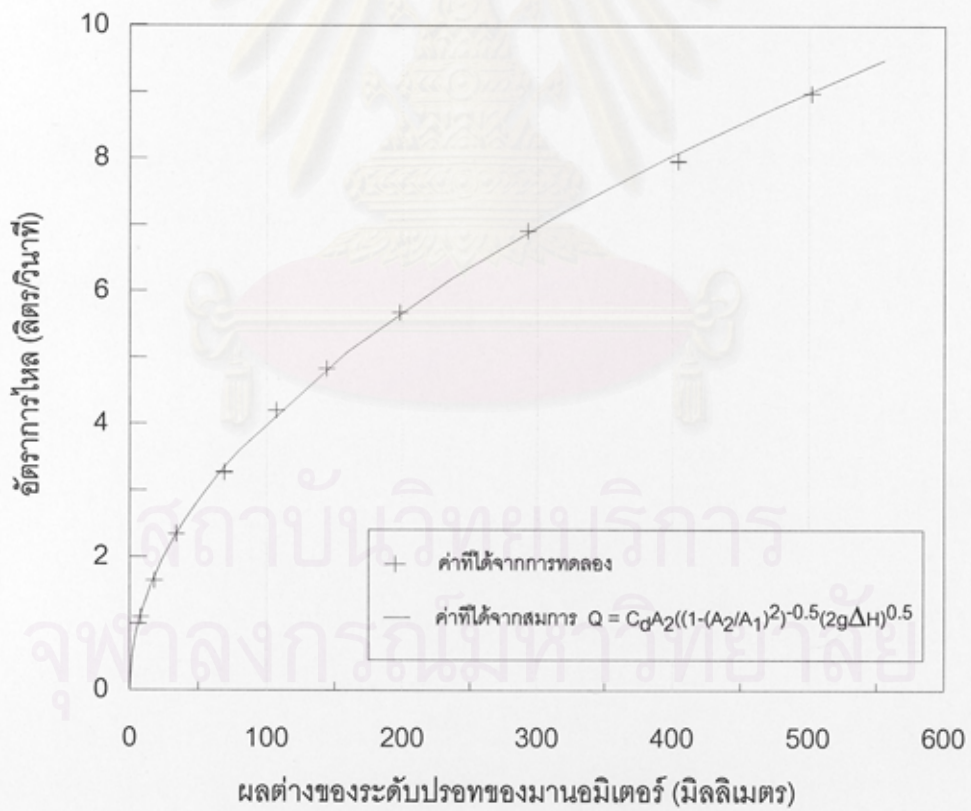
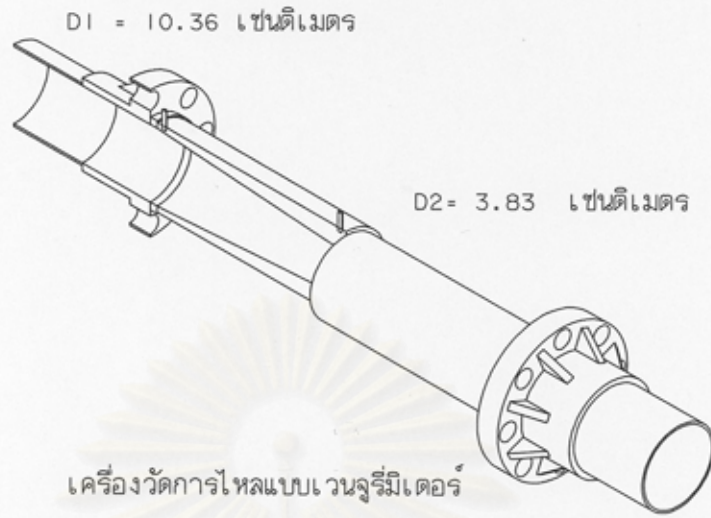
ตาราง ค-3 การเปรียบเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์

ครั้งที่	เวนจูรีมิเตอร์				เครื่องชั่งน้ำหนัก				ค่าสัมประสิทธิ์ Cd ของ เวนจูรีมิเตอร์
	H1ปรอท	H2ปรอท	H2-H1	ΔH น้ำ	น้ำหนัก	เวลา	อัตราการไหล	อัตราการไหลเฉลี่ย	
	(มม.)	(มม.)	(มม.)	(เมตร)	(กิโลกรัม)	(วินาที)	(ลิตร/วินาที)	(ลิตร/วินาที)	
1	448	456	8	0.101	200	157.35	1.110		0.896
					200	157.24	1.090		
					200	157.12	1.100	1.100	
2	442	460	18	0.227	200	121.86	1.641		0.863
					200	121.14	1.651		
					200	121.57	1.645	1.646	
3	433	467	34	0.428	200	85.89	2.329		0.895
					200	84.99	2.353		
					200	85.26	2.346	2.343	
4	416	485	69	0.869	200	61.4	3.257		0.88
					200	61.36	3.259		
					200	60.92	3.283	3.267	
5	396	503	107	1.348	200	48.11	4.157		0.905
					200	47.27	4.231		
					200	47.53	4.208	4.199	
6	377	521	144	1.814	200	41.76	4.789		0.897
					200	41.15	4.860		
					200	41.37	4.834	4.828	
7	350	548	198	2.495	200	35.79	5.588		0.899
					200	34.77	5.752		
					200	35.2	5.682	5.674	
8	303	596	293	3.692	200	29.2	6.849		0.901
					200	28.77	6.952		
					200	28.85	6.932	6.911	
9	247	651	404	5.09	200	25.14	7.955		0.887
					200	25.24	7.924		
					200	24.98	8.006	7.962	
10	198	700	502	6.325	200	22.51	8.885		0.904
					200	22.33	8.957		
					200	21.99	9.095	8.979	
หมายเหตุ							Cd เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ	0.896	

ค่าสัมประสิทธิ์ Cd ของ venturimeter คำนวณจากสมการ $Cd = Q/A_2(1-(A_2/A_1)^2)^{-1/2}/((2gH)^{0.5})$

D_1 เวนจูรีมิเตอร์ = 10.12 เซนติเมตร D_2 เวนจูรีมิเตอร์ = 3.38 เซนติเมตร

กำหนดค่าความถ่วงจำเพาะของปรอทมีค่าเท่ากับ 13.6



รูป ค-4 การปรับเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรีมิเตอร์

การปรับเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำ ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องชั่งน้ำหนักน้ำ ในการอ่านค่าอัตราการไหลของเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำใช้การจับเวลาเทียบกับปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน โดยที่เข็มของมาตรวัดหมุนครบ 1 รอบเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน 100 ลิตร ในขั้นตอนการปรับเทียบทำการทดลองช่วงอัตราการไหลตั้งแต่ 0.5 – 10 ลิตร/วินาที ผลการปรับเทียบแสดงในตาราง ค-4 กราฟเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำกับถังน้ำหนักแสดงในรูป ค-5

ค-5 การปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิง

ในขั้นตอนเตรียมการทดลองทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำที่ใช้ในการทดลอง โดยในการปรับเทียบทำการวัดหน้าข้างการไหล (flow profile) ของทางน้ำเทียบกับวิธีการคำนวณโดยวิธีการคำนวณหน้าการไหลโดยวิธี tandard step method แล้วทำการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์แมนนิงจากโปรแกรม ในการปรับเทียบทำการวัดค่าความลึกการไหลทุกๆ ระยะ 0.5 เมตร ตามความยาวทางน้ำ จากผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิง (Manning's n) มีค่าเท่ากับ 0.009 ซึ่งใกล้เคียงกับลักษณะทางน้ำที่เป็นพลาสติกใส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค-4 การเปรียบเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัด

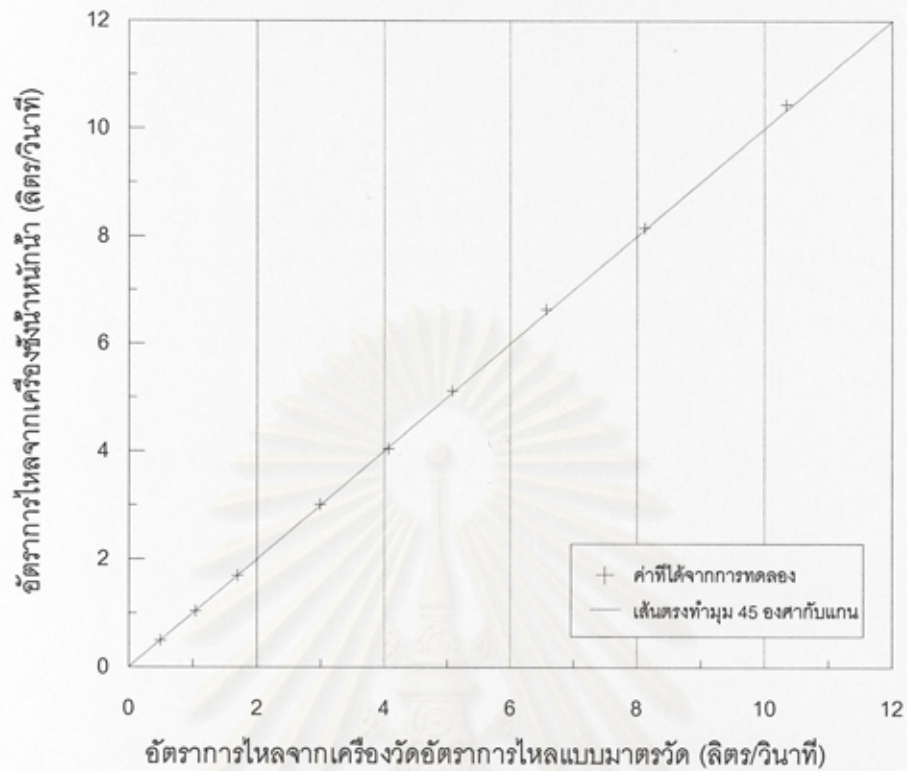
ครั้งที่	เครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัด				เครื่องชั่งน้ำหนัก				%ความแตกต่าง
	ปริมาณน้ำ	เวลา	อัตราการไหล	อัตราการไหลเฉลี่ย	น้ำหนัก	เวลา	อัตราการไหล	อัตราการไหลเฉลี่ย	
	(ลิตร)	(วินาที)	(ลิตร/วินาที)	(ลิตร/วินาที)	(กิโลกรัม)	(วินาที)	(ลิตร/วินาที)	(ลิตร/วินาที)	
1	20	40.18	0.498		100	201.59	0.496		-0.374
	20	40.08	0.499		100	201.19	0.497		
	20	40.11	0.499	0.498	100	201.32	0.497	0.497	
2	20	19.14	1.045		100	96.22	1.039		-0.446
	20	19.21	1.041		100	96.09	1.041		
	20	19.09	1.048	1.045	100	96.17	1.040	1.040	
3	20	12.02	1.664		100	58.53	1.709		0.437
	20	11.66	1.715		100	59.15	1.691		
	20	11.81	1.693	1.691	100	58.97	1.696	1.698	
4	50	16.64	3.005		100	33.14	3.018		0.795
	50	16.74	2.987		100	33.24	3.008		
	50	16.81	2.974	2.989	100	33.2	3.012	3.013	
5	50	12.28	4.072		100	24.71	4.047		-0.582
	50	12.35	4.049		100	24.59	4.067		
	50	12.24	4.085	4.068	100	24.87	4.021	4.045	
6	50	9.89	5.056		100	19.49	5.131		0.879
	50	9.81	5.097		100	19.53	5.120		
	50	9.84	5.081	5.078	100	19.54	5.118	5.123	
7	50	7.59	6.588		200	30.03	6.660		1.059
	50	7.57	6.605		200	30.22	6.618		
	50	7.68	6.510	6.568	200	30.14	6.636	6.638	
8	50	6.11	8.183		200	24.47	8.173		0.442
	50	6.21	8.052		200	24.53	8.153		
	50	6.15	8.130	8.122	200	24.55	8.147	8.158	
9	50	4.79	10.438		200	19.05	10.499		1.052
	50	4.85	10.309		200	19.36	10.331		
	50	4.87	10.267	10.338	200	19.02	10.515	10.448	

หมายเหตุ

ในการอ่านค่าปริมาณน้ำจากเครื่องวัดน้ำแบบมาตรวัด 1 รอบเครื่องวัดมีค่าเท่ากับ 100 ลิตร

ตั้งแต่การทดลองที่ 5 การหาค่าอัตราการไหลจากเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัด ทำการอ่านปริมาณน้ำ
เพิ่มจาก 20 ลิตร เป็น 50 ลิตร

ตั้งแต่การทดลองที่ 7 เปลี่ยนคัมถ่วงน้ำหนักในการชั่งหาอัตราการไหลของน้ำจาก 100 กิโลกรัม เป็น 200 กิโลกรัม



รูป ค-5 การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลจากเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัด
 กับการวัดอัตราการไหลโดยวิธีซึ่งนำหน้า

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหล

ในการศึกษาการไหลลอดบานประตูระบายภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง มุ่งเน้นไปที่การหาอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงที่มีผลต่อค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย และพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบาย ในการศึกษาทำการทดลองทั้งในกรณีการไหลที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงด้านท้ายน้ำ และกรณีที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง สำหรับการคำนวณหาค่าอัตราการไหลลอดบานประตูระบาย คำนวณโดยวิธีการหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยของหน้าตัด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้าตัดที่ทำการวัด จากนั้นจึงนำมาผลที่ได้มาคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบาย สำหรับวิธีการคำนวณได้กล่าวโดยละเอียดในบทที่ 4

สำหรับกรณีการไหลที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ในการคำนวณหาค่าอัตราการไหลที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่ง สามารถหาได้จากการคำนวณค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยของหน้าตัดแล้วนำมาคูณกับความกว้างทางน้ำและความลึกการไหล นอกจากนี้วิธีหาค่าอัตราการไหลจากการหาความเร็วการไหลเฉลี่ย ในการศึกษารณีไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงสามารถหาค่าอัตราการไหลได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำที่ติดตั้งอยู่บริเวณด้านท้ายของแบบจำลองน้ำขึ้นน้ำลง

ดังนั้นเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหล ที่ได้จากการคำนวณหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยจากข้อมูลความเร็วการไหลทั้ง 15 ตำแหน่งในหน้าตัดทางน้ำที่ทำการพิจารณา เพื่อนำวิธีการคำนวณหาค่าอัตราการไหลโดยวิธีการหาค่าความเร็วเฉลี่ยของหน้าตัดไปใช้ในกรณีศึกษาที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งไม่สามารถวัดค่าอัตราการไหลได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำได้

ในขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลทำการทดลองทั้งหมด 6 การทดลองย่อย โดยมีค่าอัตราการไหลอยู่ในช่วงระหว่าง 1.03 – 2.14 ลิตร/วินาที สภาพการไหลเป็นแบบคงตัว และเป็นการไหลแบบจุ่มจม ซึ่งก่อนที่จะทำการวัดต้องเตรียมการทดลองให้เรียบร้อยยกเว้นคือไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำด้านท้ายน้ำ เมื่อทำการเตรียมระบบเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มทำการเก็บบันทึกข้อมูลรายละเอียดการเตรียมระบบกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 3 สำหรับผลการศึกษารณีเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลจากทั้ง 2 วิธี แสดงในตาราง ง-1 รูป ง-1 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่ได้

จากการคำนวณเทียบกับค่าอัตราการไหลจากการวัดในแบบจำลอง และค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลจากทั้ง 2 วิธี

สำหรับการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสามารถคำนวณได้จาก สมการ ง-1 จากผลการศึกษาพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้จากทั้ง 2 วิธี มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง $-2.1 - 5.2$ เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าค่าอัตราการไหลที่คำนวณจากวิธีหาความเร็วเฉลี่ย มีค่าใกล้เคียงกับค่าอัตราการไหลที่วัดได้จริงจากในแบบจำลอง ดังนั้นในการศึกษารณีที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง จะใช้การวัดค่าอัตราการไหลแบบหาค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยในหน้าตัด

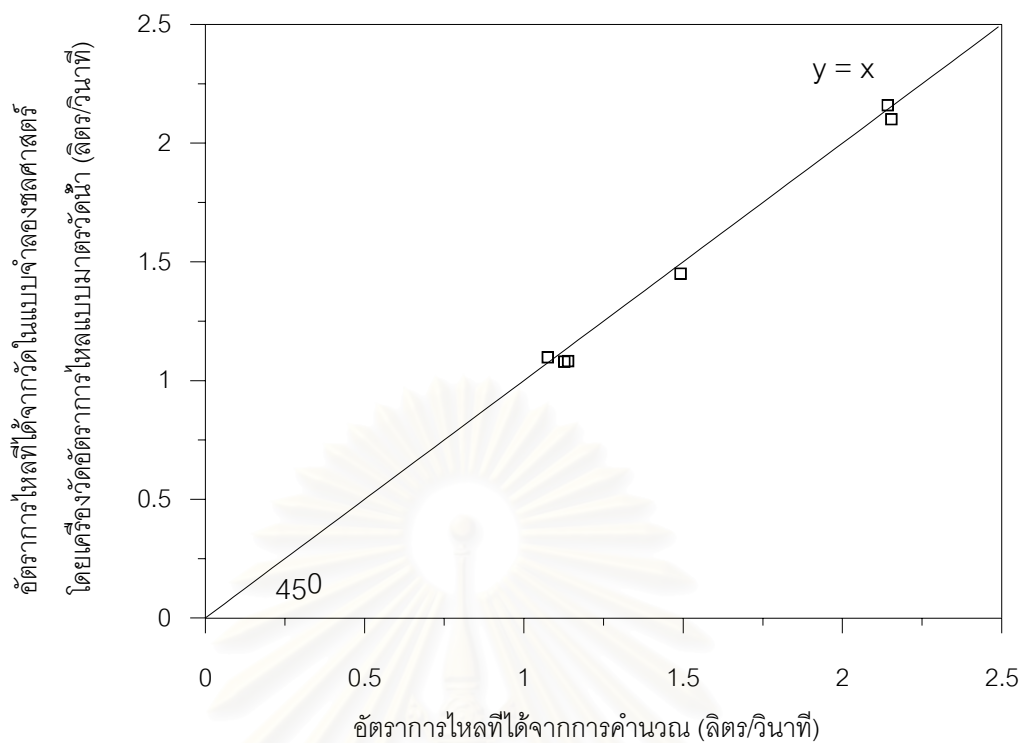
$$\% \text{แตกต่าง} = \frac{\text{อัตราการไหลจากการวัดในแบบจำลอง} - \text{อัตราการไหลจากการคำนวณ}}{\text{อัตราการไหลจากการวัดในแบบจำลอง}} \quad (\text{ง-1})$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-1 การเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่ได้จากการคำนวณโดยหาค่าความเร็วเฉลี่ยของหน้าตัดเปรียบเทียบกับอัตราการไหล

ลำดับ	ความเร็วการไหล (ชม./วินาที)															ความเร็ว การไหลเฉลี่ย (ชม./วินาที)	ความลึก การไหล (ชม.)	อัตราการไหล	อัตราการไหล จากเครื่องวัด อัตราการไหล	เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่าง
	Section A			Section B			Section C			Section D			Section E							
	0.2D	0.5D	0.8D	0.2D	0.5D	0.8D	0.2D	0.5D	0.8D	0.2D	0.5D	0.8D	0.2D	0.5D	0.8D					
1	4.10	4.30	4.10	3.50	3.30	3.60	3.30	3.30	3.00	2.10	2.90	2.00	2.10	2.20	2.00	2.3	9.8	1.127	1.080	4.352
2	4.95	4.80	4.75	3.80	3.50	3.70	3.50	3.70	3.60	3.00	3.05	2.60	2.30	2.00	2.10	2.59	8.3	1.075	1.098	-2.108
3	5.40	5.10	5.00	5.10	5.10	5.00	4.20	4.60	4.20	4.00	3.80	3.60	2.40	2.20	2.30	2.92	7.8	1.139	1.082	5.250
4	6.10	5.50	5.40	6.40	6.53	6.08	5.40	5.40	5.18	5.40	4.95	4.50	3.60	3.38	3.15	3.51	8.5	1.492	1.450	2.879
5	9.20	9.80	8.00	9.80	10.10	9.50	8.50	8.50	7.50	7.25	6.75	6.00	4.25	4.50	4.00	5.19	8.3	2.154	2.101	2.515
6	8.10	9.00	7.90	9.00	9.20	9.00	6.90	7.10	6.90	6.00	6.20	5.00	3.50	3.60	3.40	4.76	9	2.142	2.160	-0.833

หมายเหตุ ความกว้างทางน้ำมีค่าเท่ากับ 50 เซนติเมตร
 ค่าอัตราการไหลมีหน่วย ลิตร/วินาที
 อัตราการไหลที่ได้จากการวัดในแบบจำลองวัดโดยเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดน้ำที่ติดตั้งบริเวณด้านท้ายอ่างน้ำขึ้น-น้ำลง
 ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าอัตราการไหลคำนวณได้จากสมการ ค-1
 รูปแบบการไหลทุกการทดลองเป็นการไหลแบบจุ่มจม และเป็นกรไหลแบบคงตัว
 ตำแหน่งในการวัดอยู่ที่ตำแหน่ง 0.30 จากตำแหน่งบานประตู



รูป ง-1 กราฟเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลระหว่างการคำนวณโดยวิธีการ
หาความเร็วเฉลี่ยในหน้าตัด และการวัดในแบบจำลองชลศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

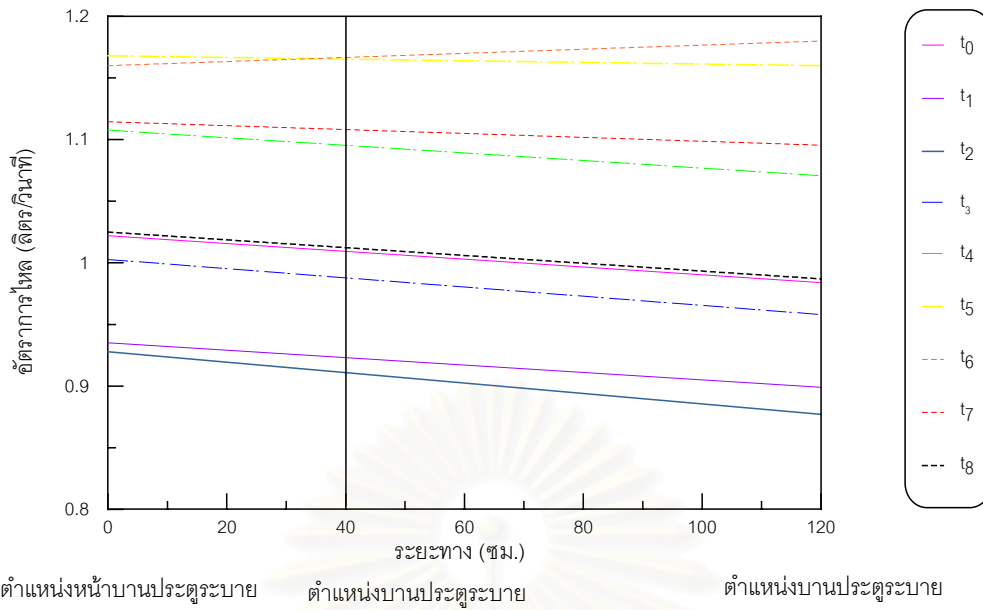
ผลการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงลักษณะของผลการทดลองกรณีการไปที่ได้รับอิทธิพลเนื่องจาก น้ำขึ้นน้ำลง ทั้ง 27 กรณีศึกษา โดยผลการทดลองประกอบด้วยค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่งหน้า บานประตูระบาย อัตราการไหลที่ตำแหน่งท้ายบานประตูระบาย และค่าอัตราการไหลที่ตำแหน่ง บานประตูระบาย รวมทั้งค่าความลึกการไหลทั้งตำแหน่งหน้าบานประตูระบายและด้านท้ายบาน ประตูระบาย และค่าระดับน้ำที่ตำแหน่งแ่งน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นลักษณะของข้อมูลที่ เทียบกับเวลา (ในการศึกษาแบ่งช่วงเวลาออกเป็น 9 ช่วง, t_0-t_8)

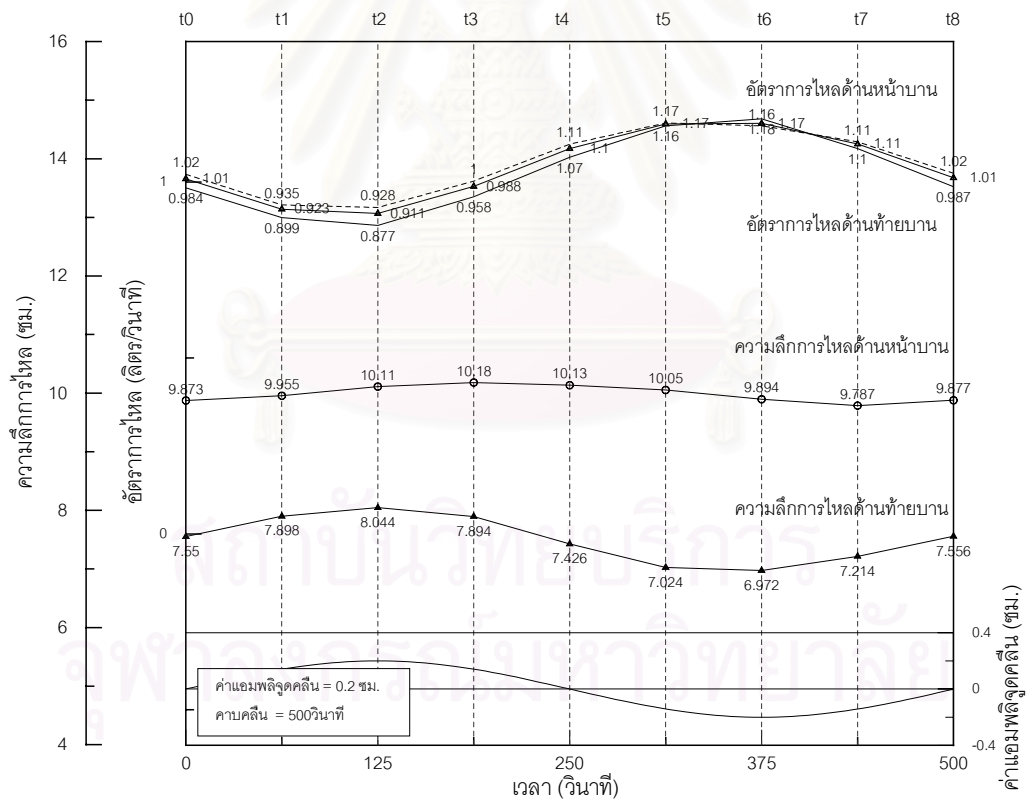
สำหรับเนื้อหาในส่วนที่สอง ประกอบด้วยผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่ได้จากการ ทดลองเทียบกับค่าอัตราการไหลที่คำนวณอ้างอิงจากกราฟ Henry (1950) โดยแสดงตามค่าแอม พลิจูดคลื่นที่ทำการศึกษา



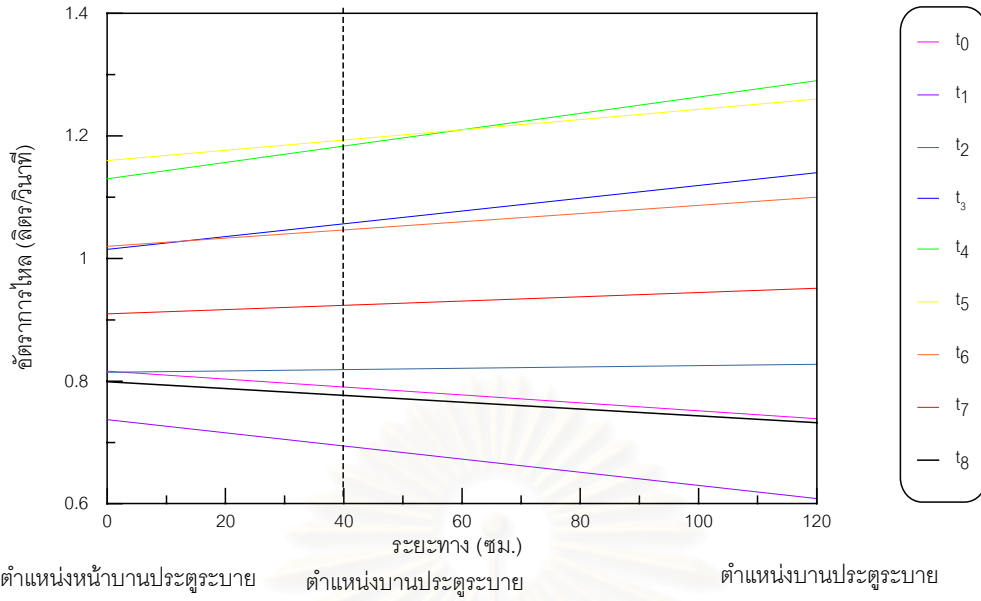
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



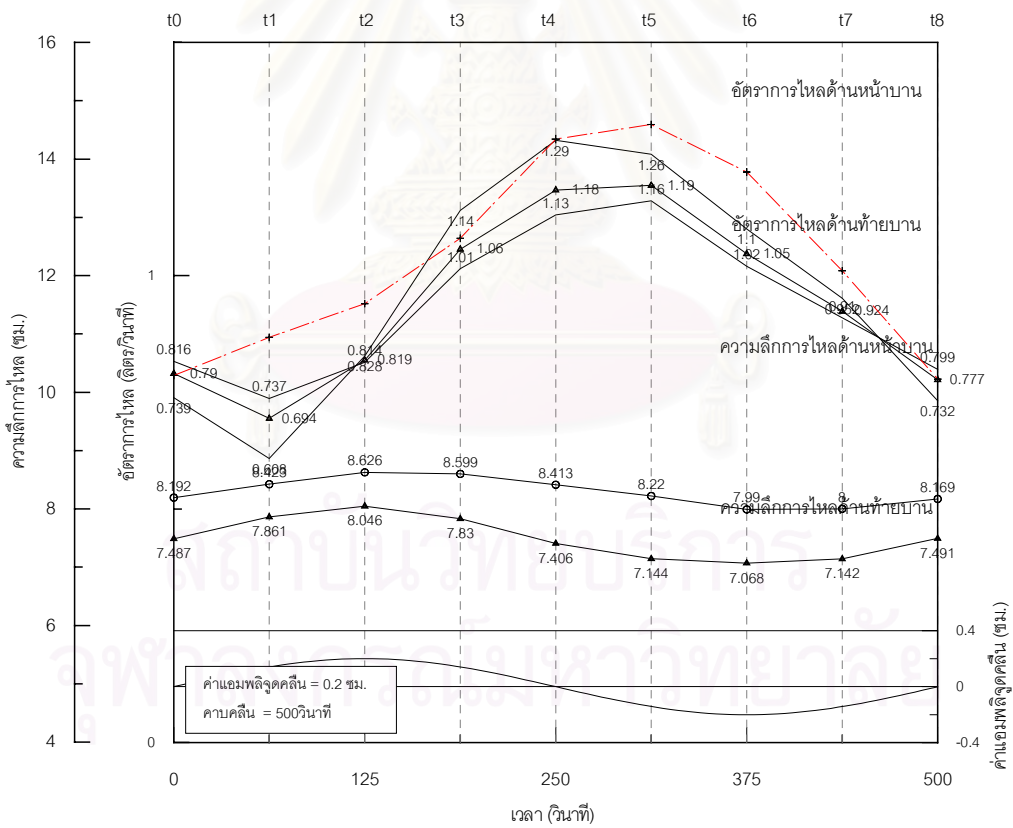
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



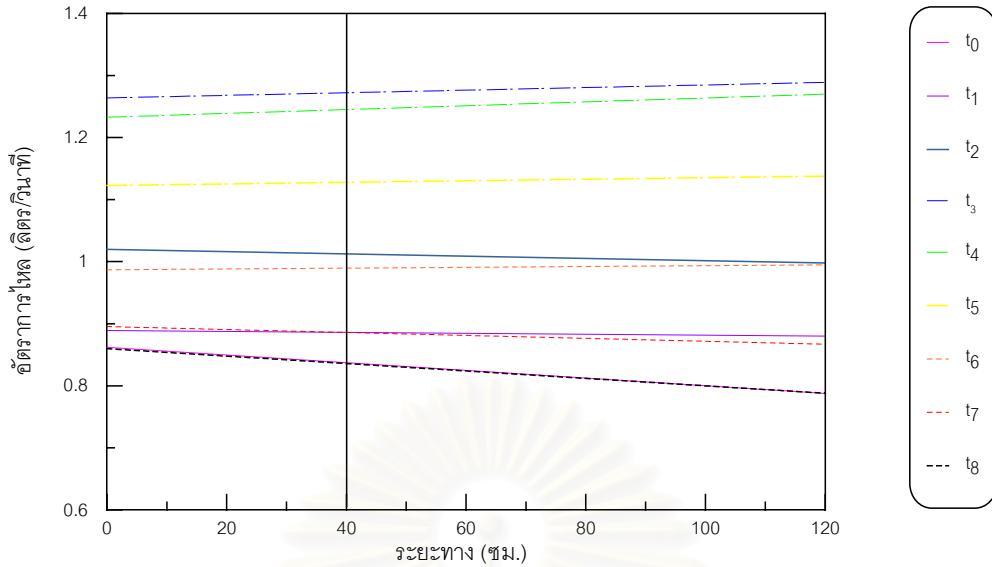
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาพิจารณา กรณีศึกษา a1Q1G0



ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

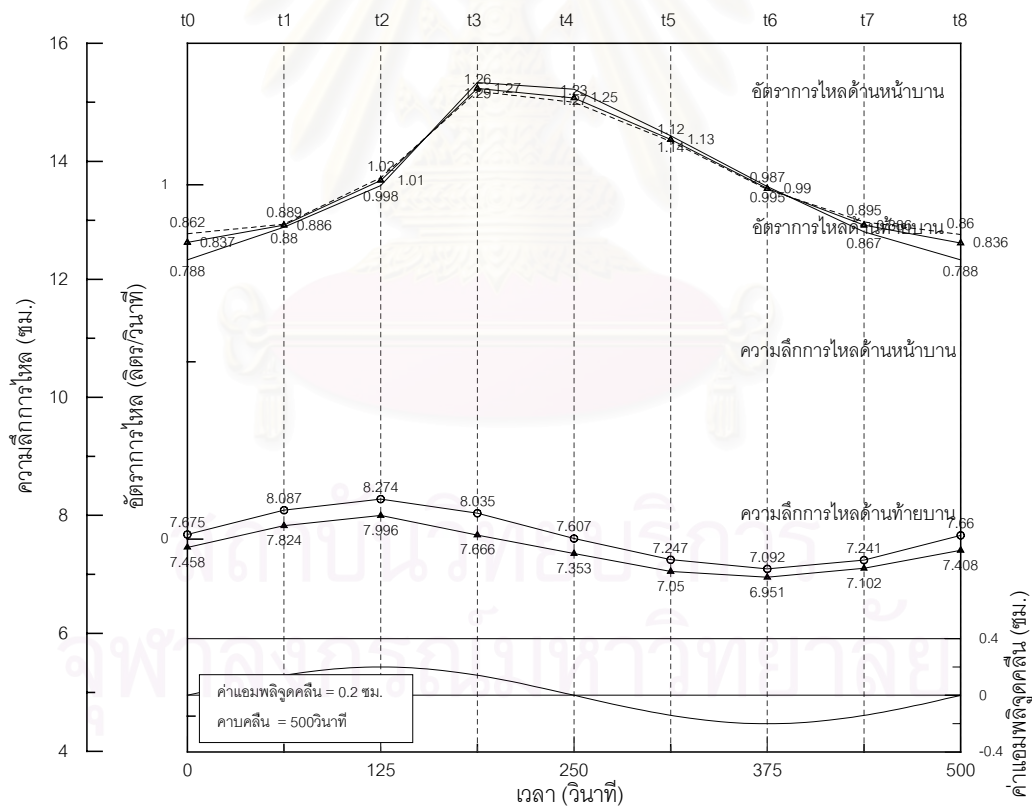


ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a1Q1G1

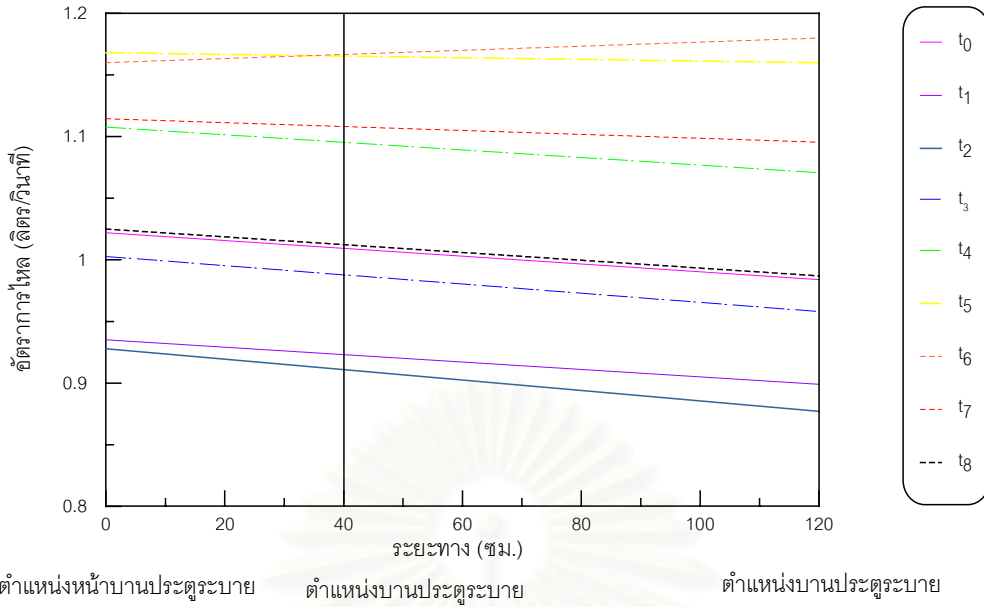


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

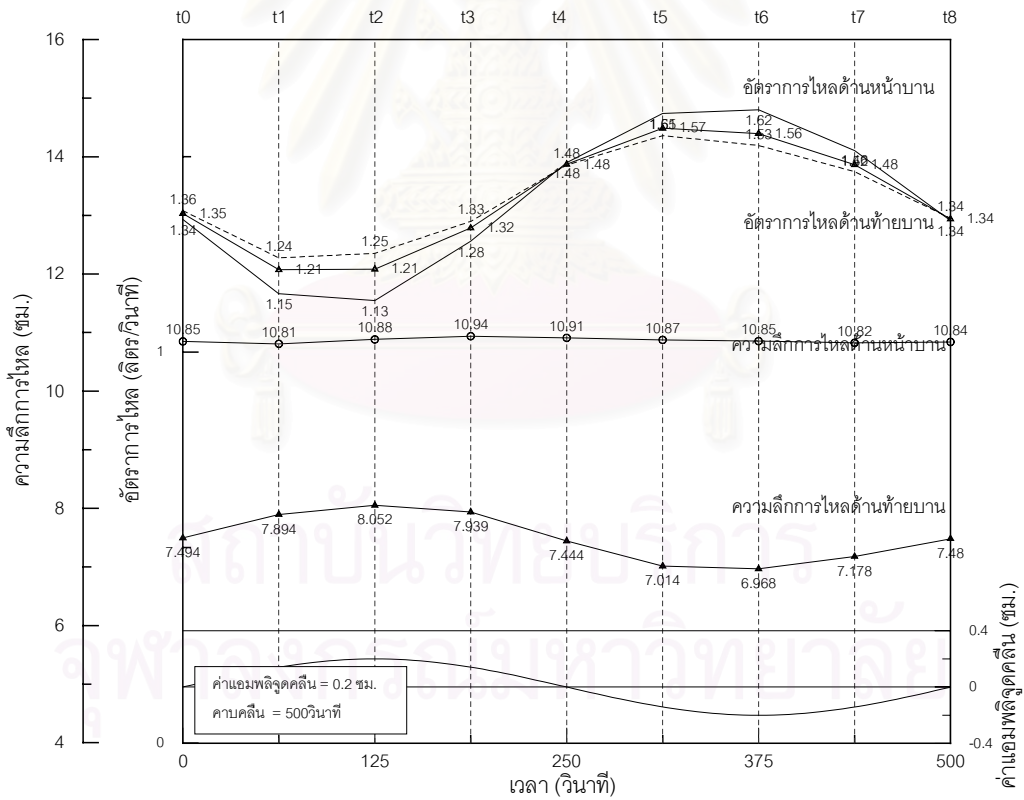
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



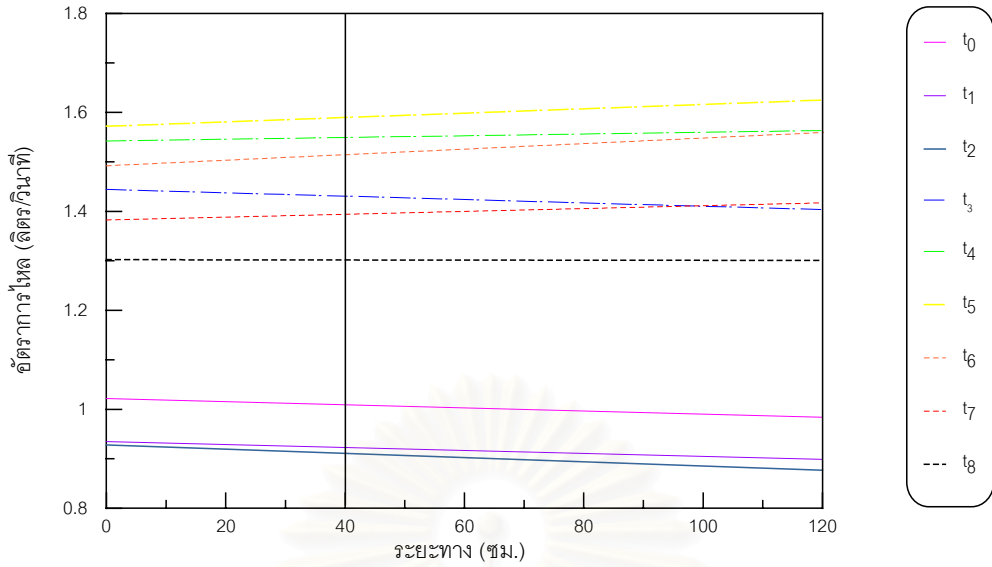
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a1Q1G2



ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

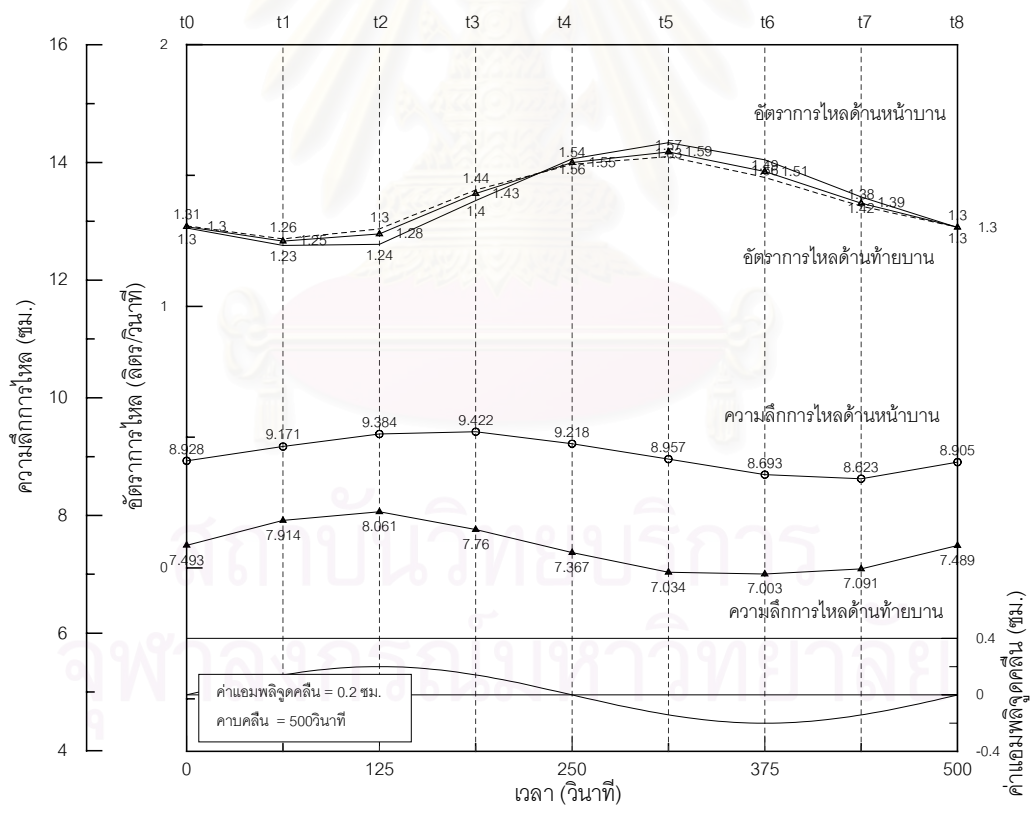


ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาพิจารณา กรณีศึกษา a1Q2G0

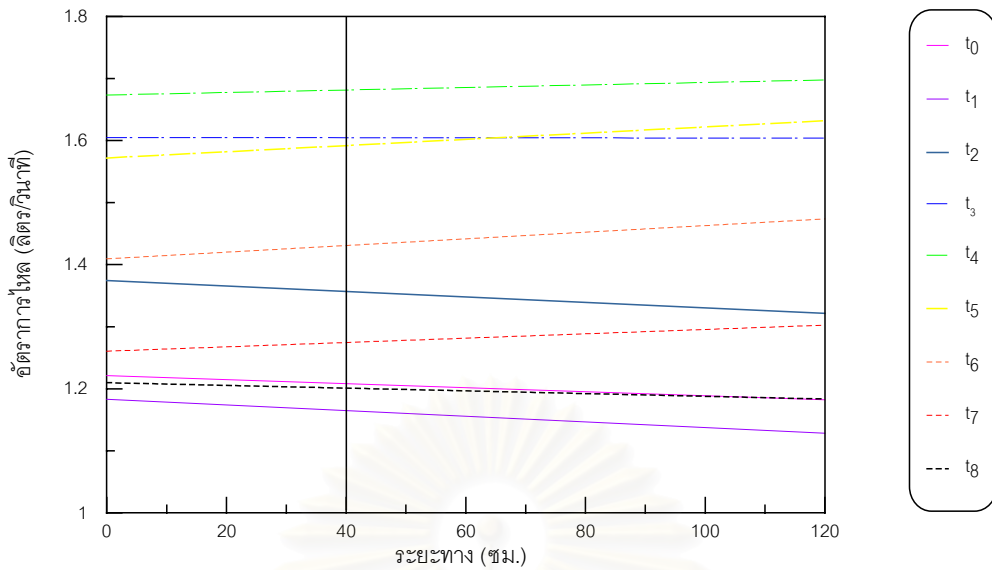


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

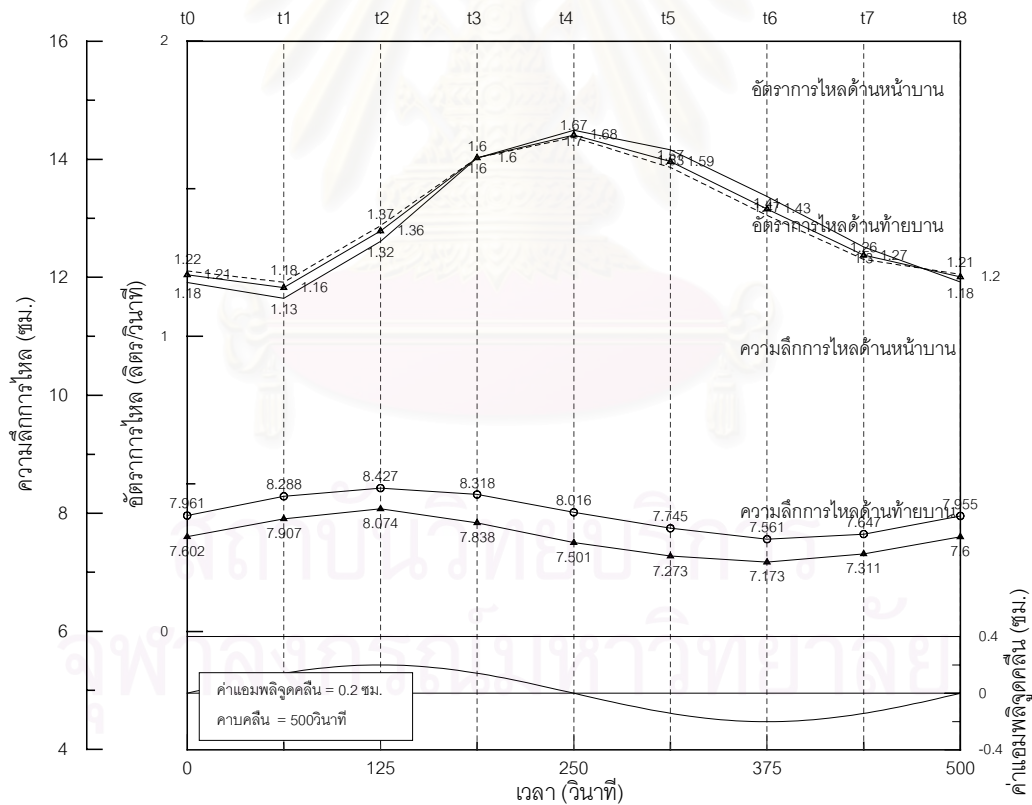


ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a1Q2G1

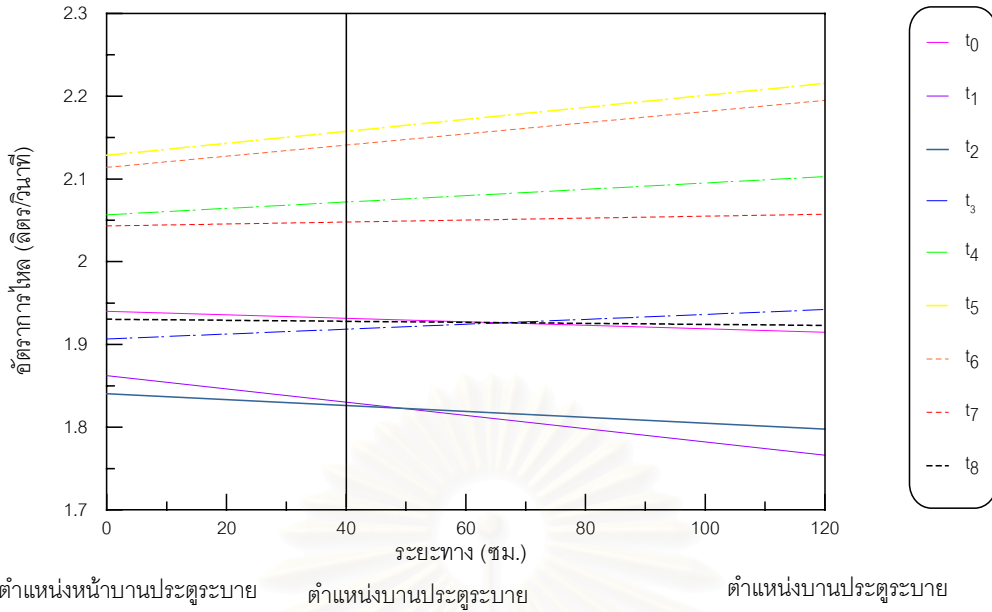


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

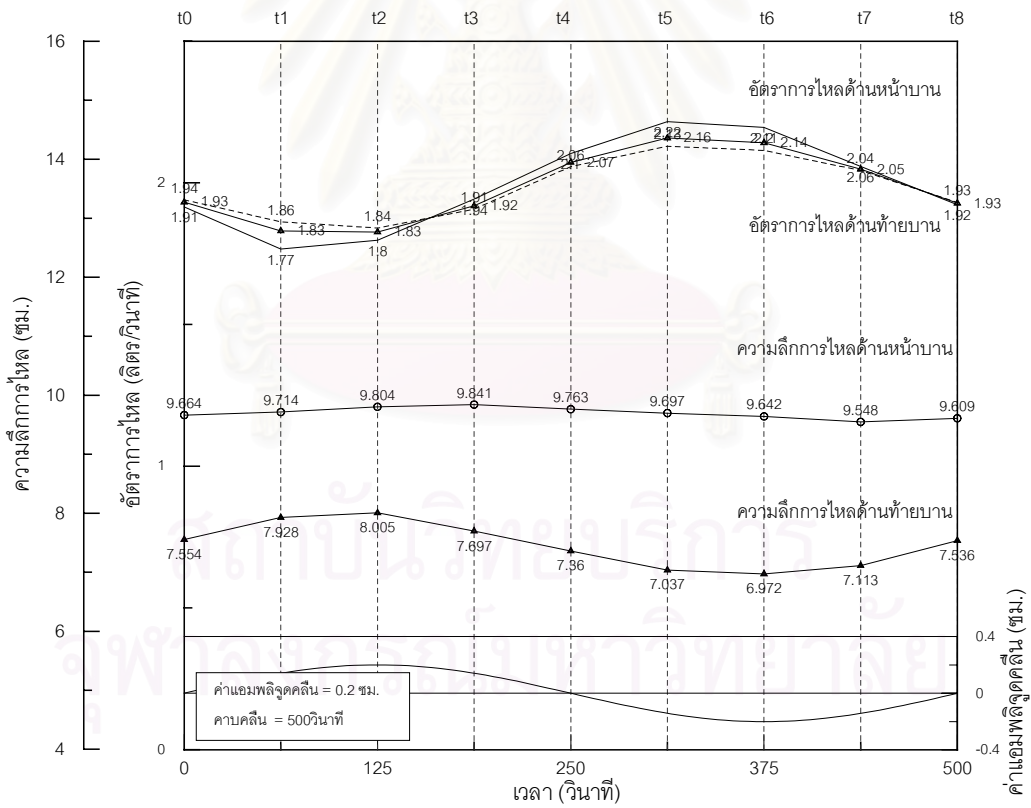
ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



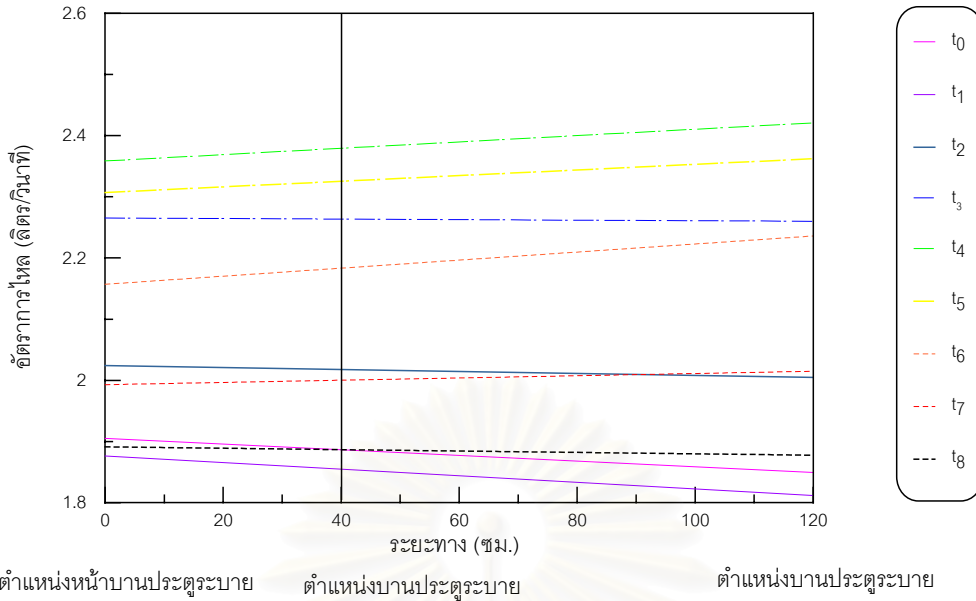
ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาพิจารณา กรณีศึกษา a1Q2G2



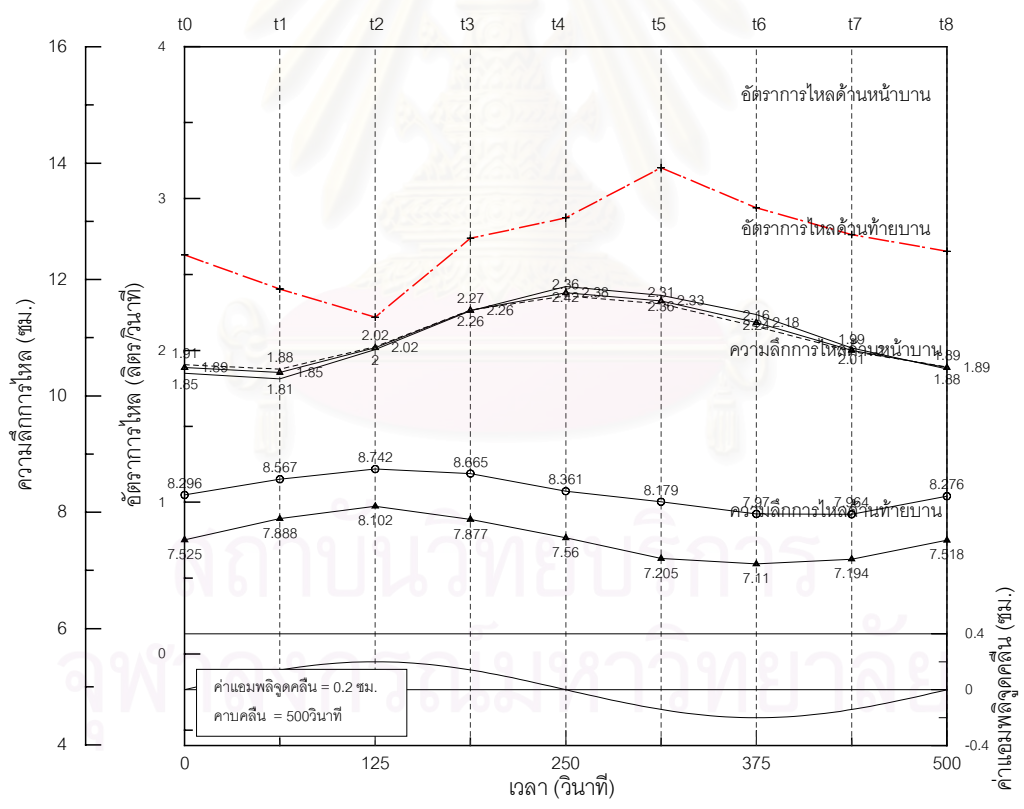
ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



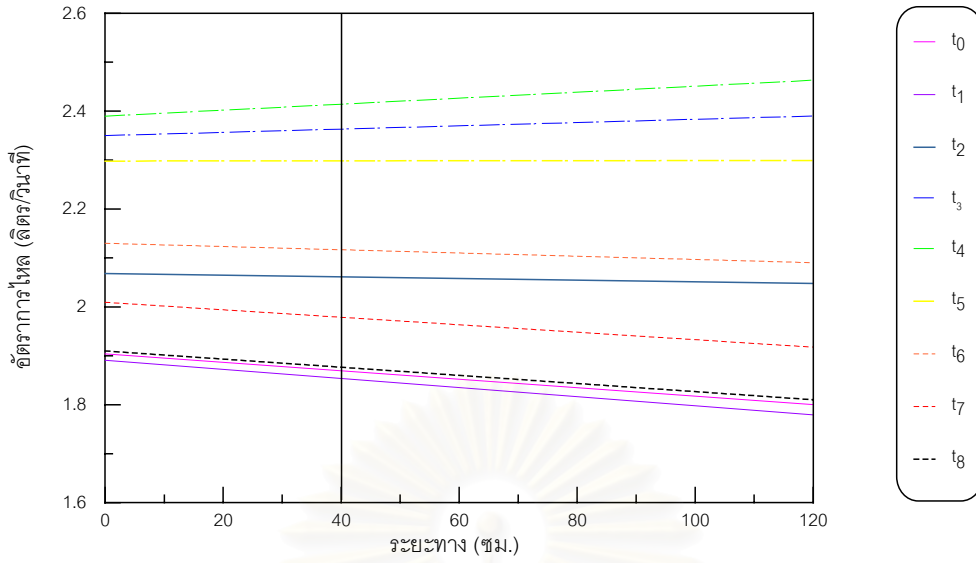
ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a1Q3G1



ภาคผนวก จ อัตรากาไรไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

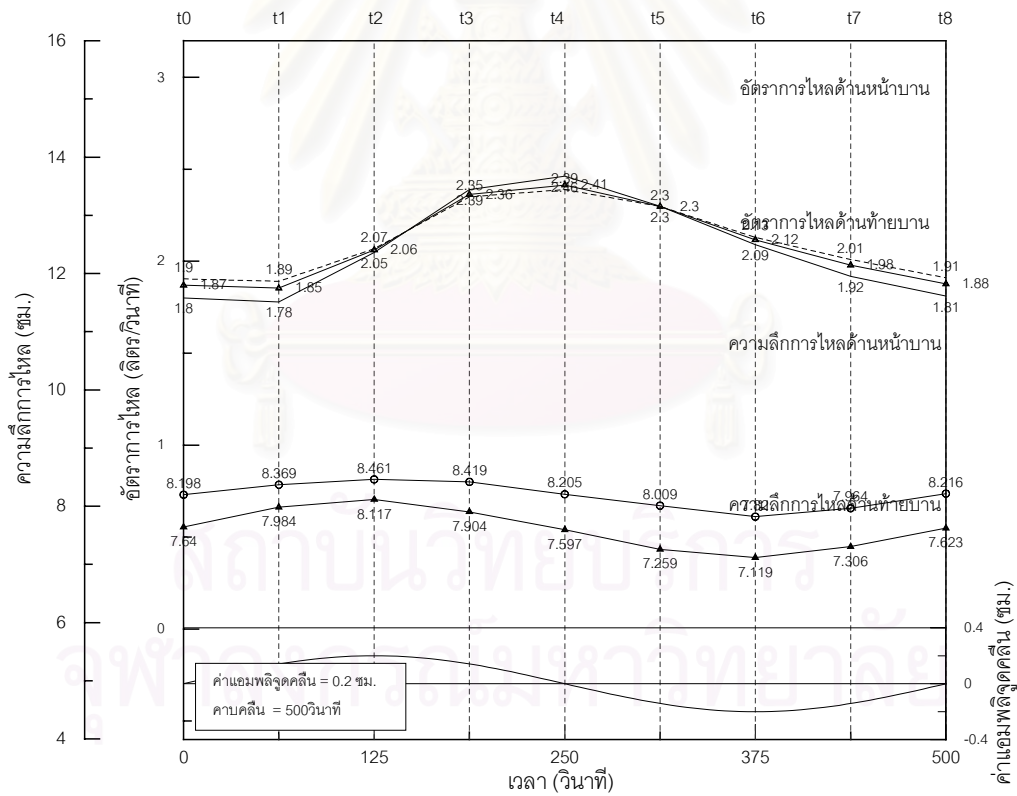


ภาคผนวก จ อัตรากาไรไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาทีพิจารณา กรณีศึกษา a1Q3G2

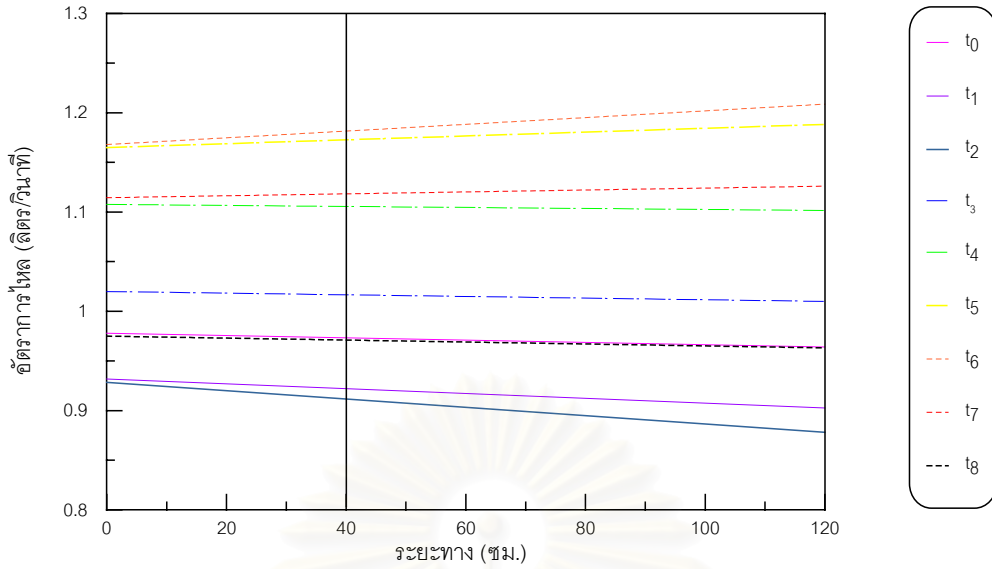


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

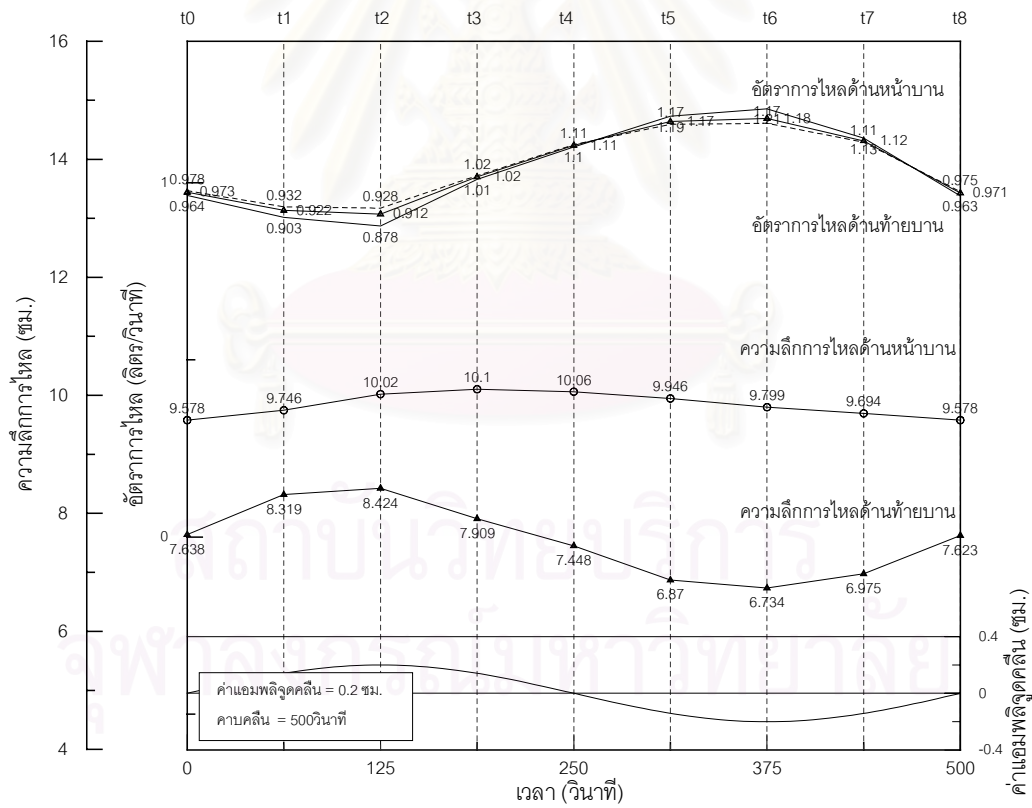


ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a1Q3G3

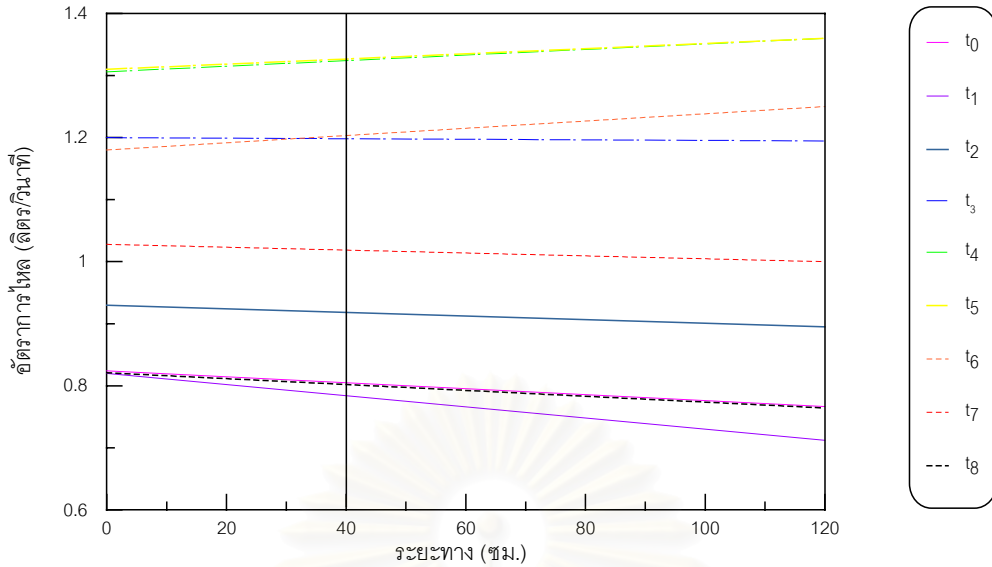


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

ภาคผนวก จ อัตราการใช้ที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

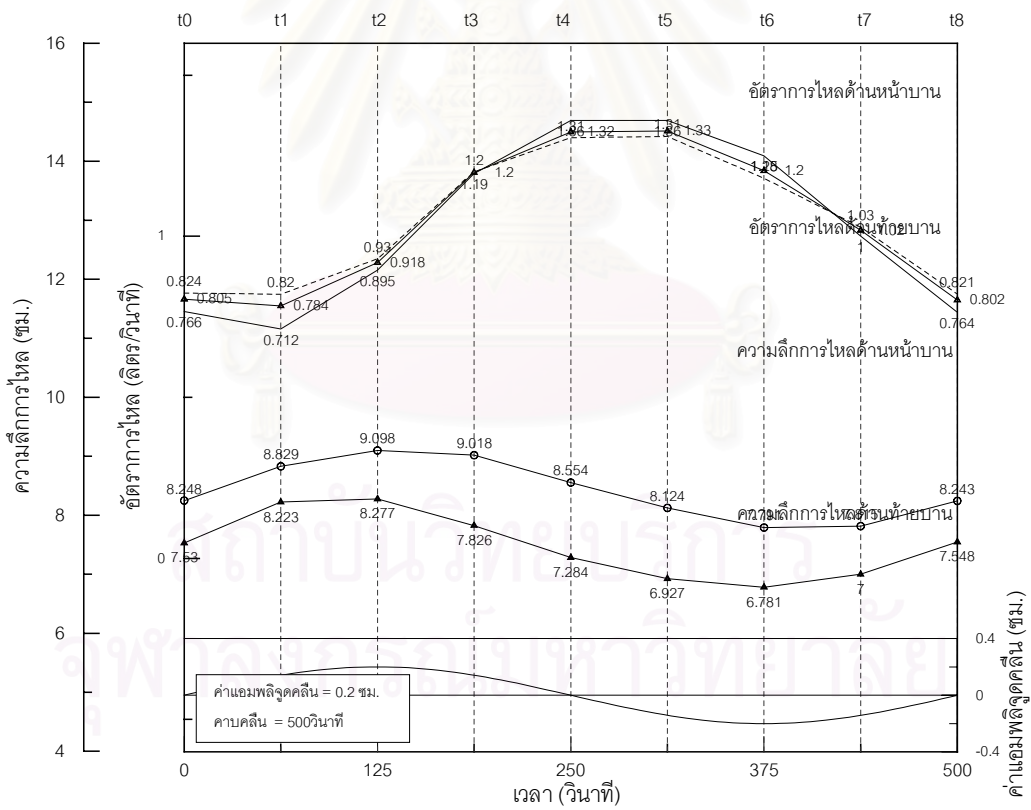


ภาคผนวก จ อัตราการใช้ที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a2Q1G0

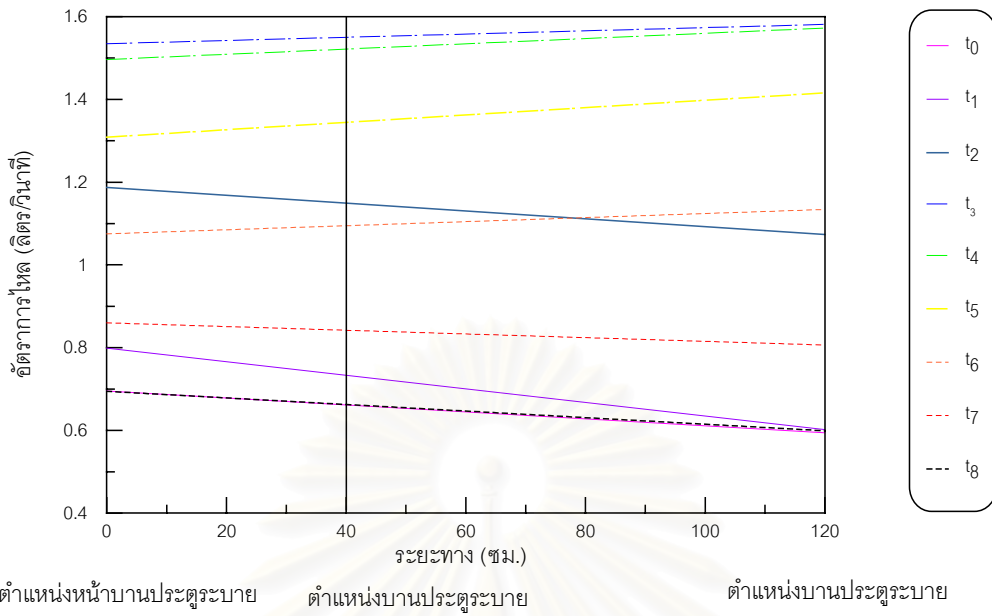


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

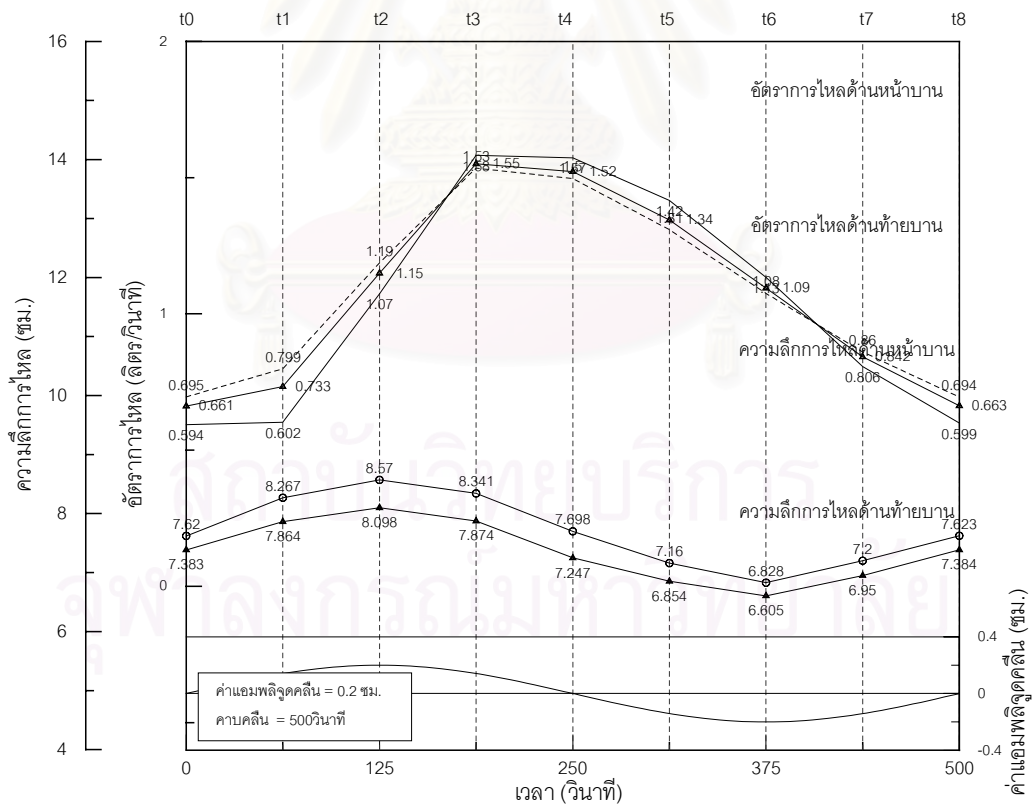
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



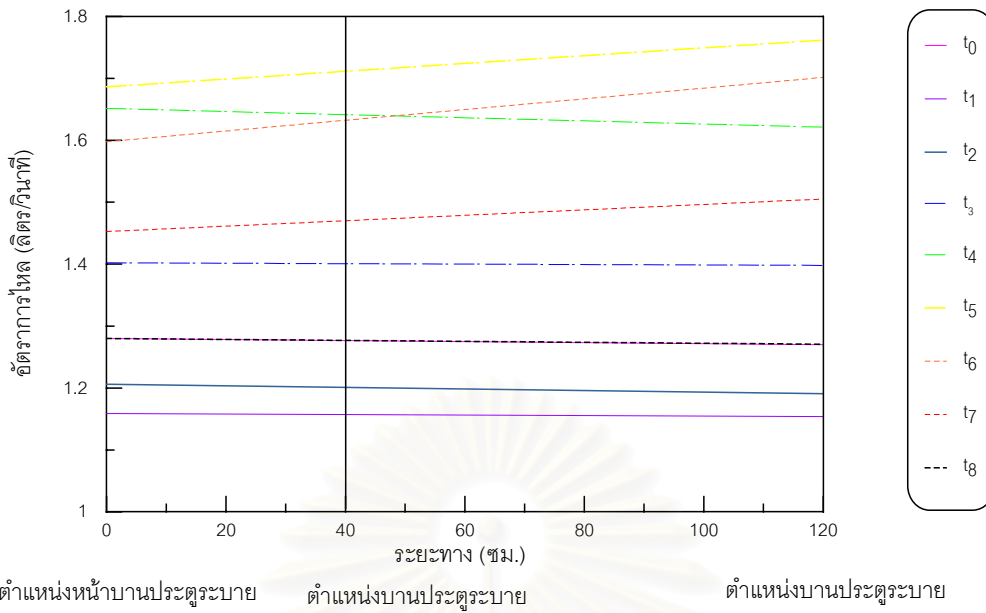
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a2Q1G1



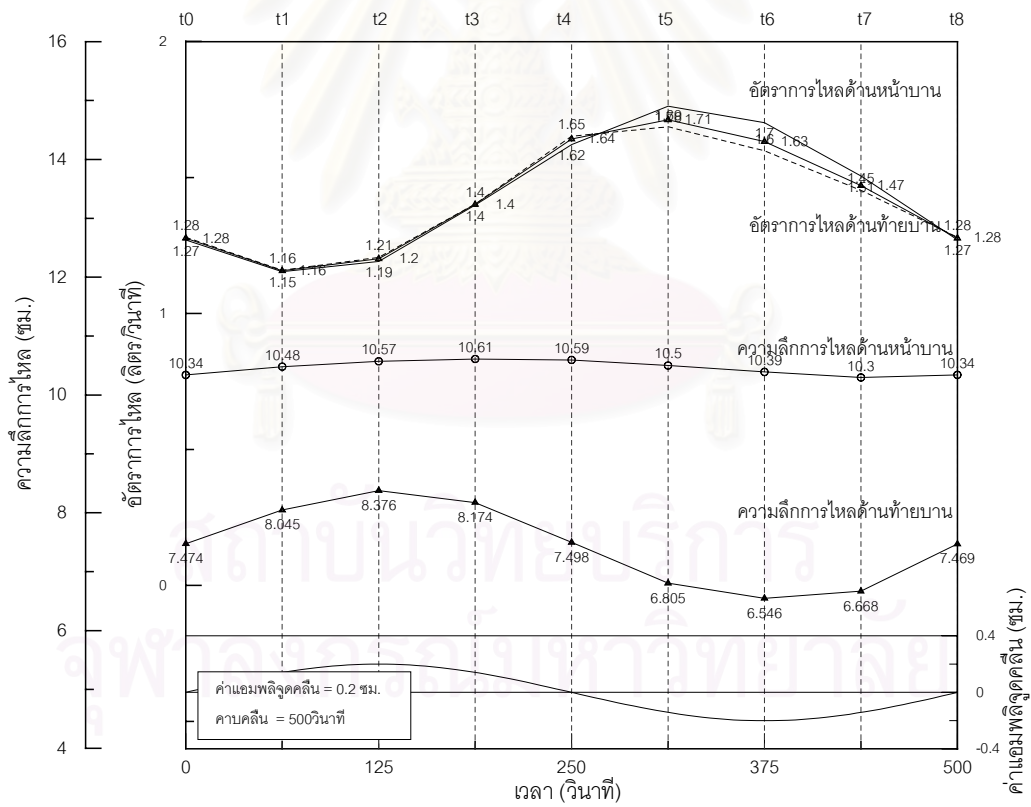
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



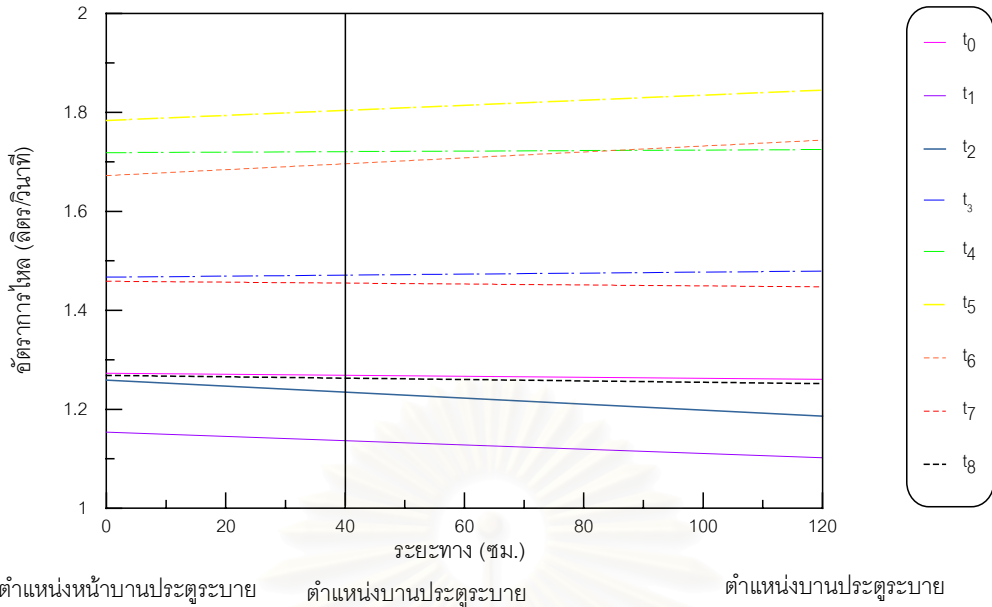
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาพิจารณา กรณีศึกษา a2Q1G2



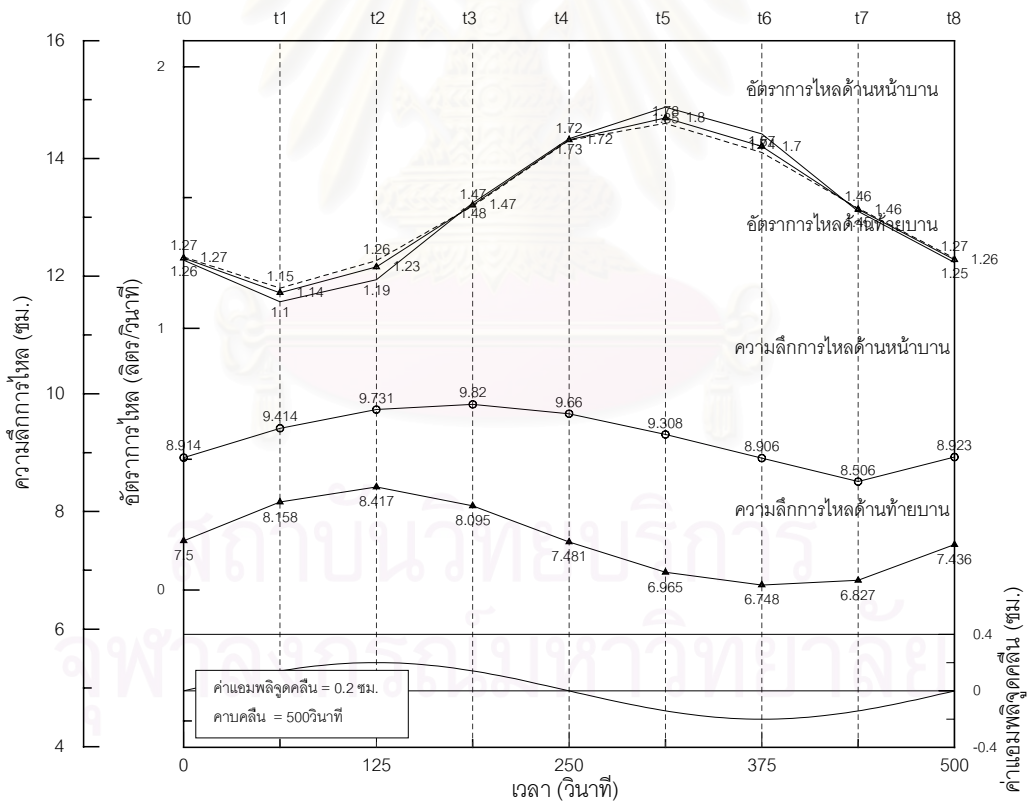
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



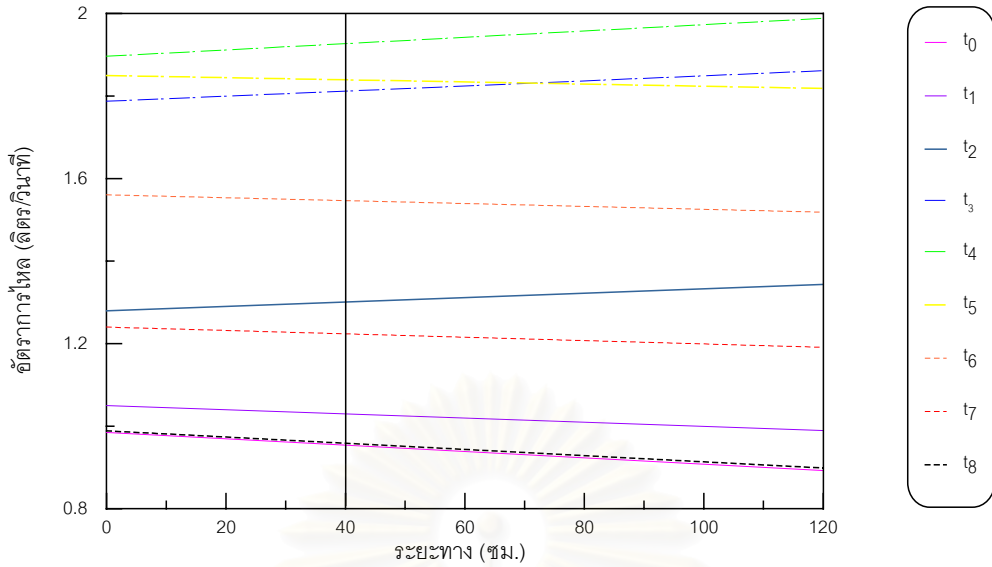
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาทีพิจารณา กรณีศึกษา a2Q2G0



ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

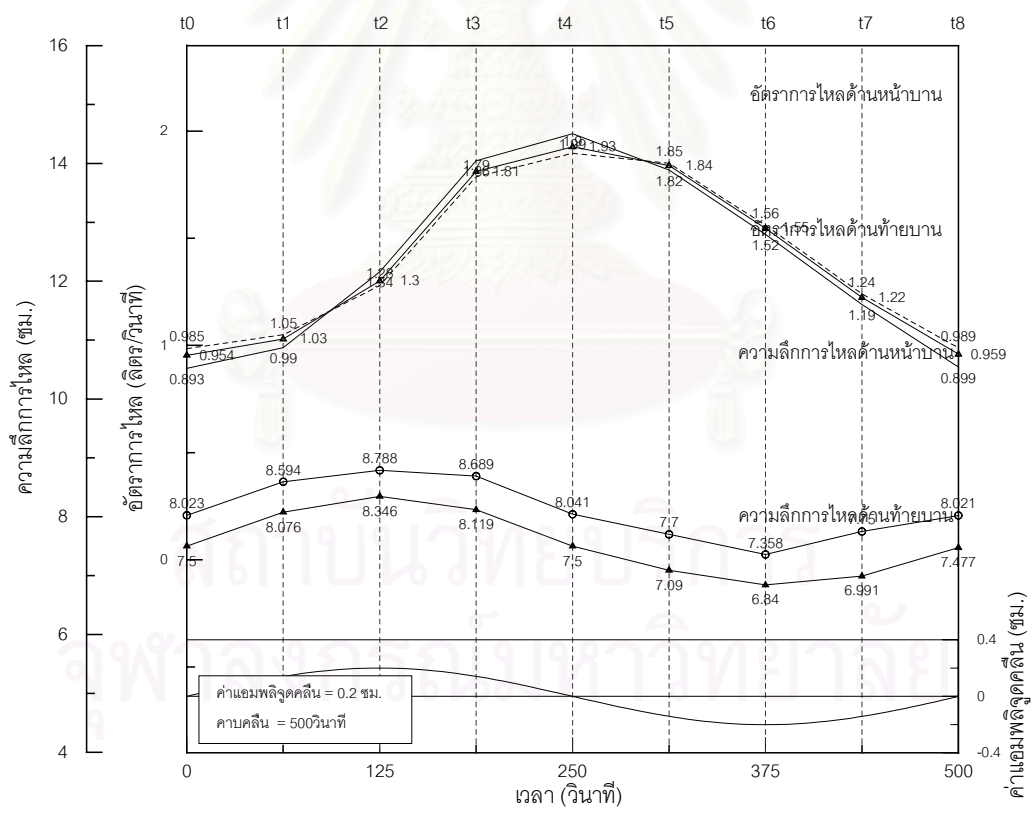


ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาพิจารณา กรณีศึกษา a2Q2G1

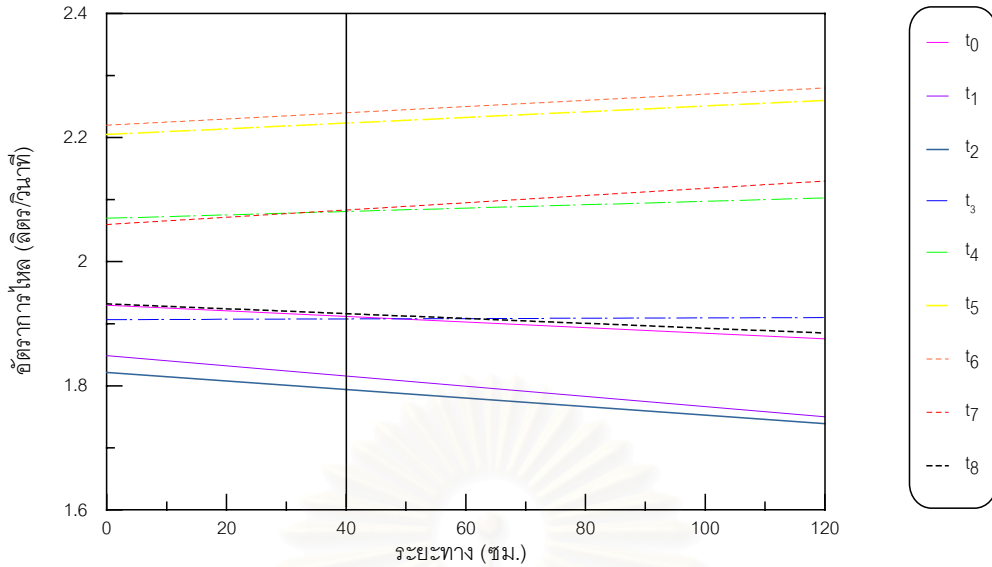


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

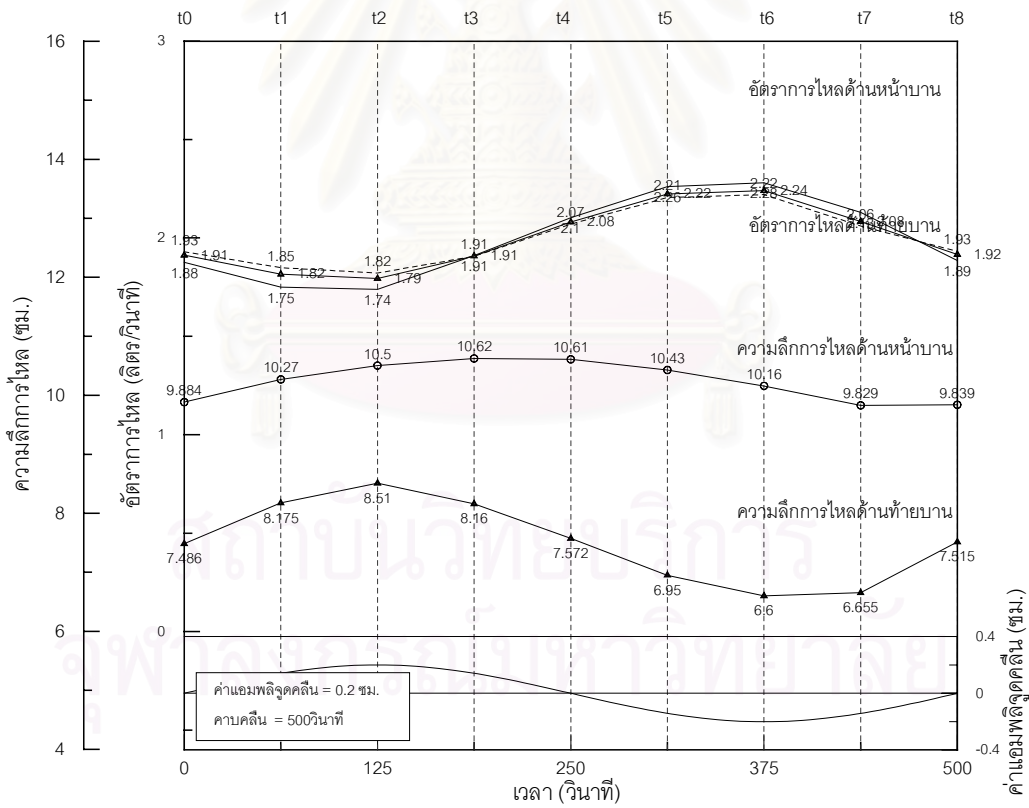


ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a2Q2G2

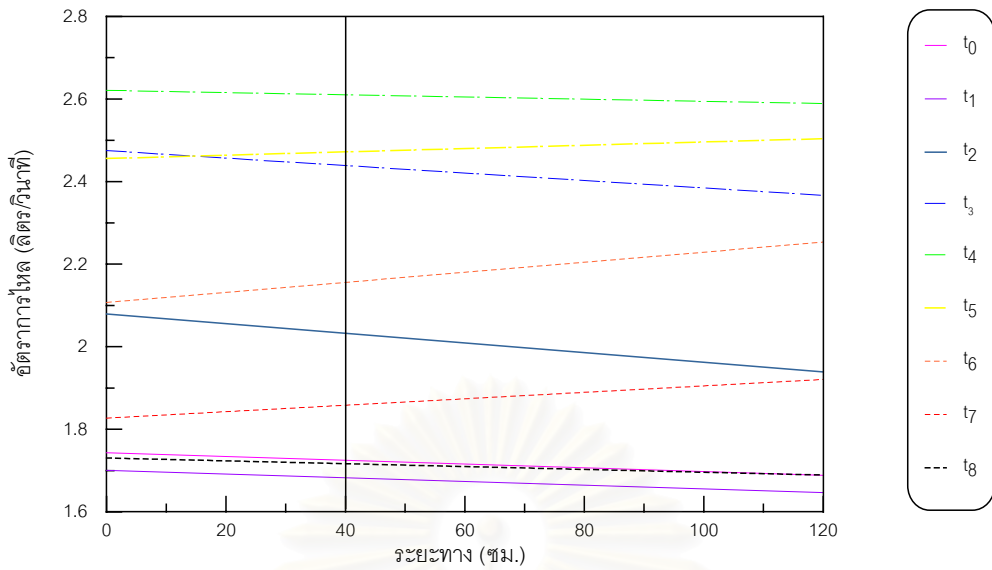


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

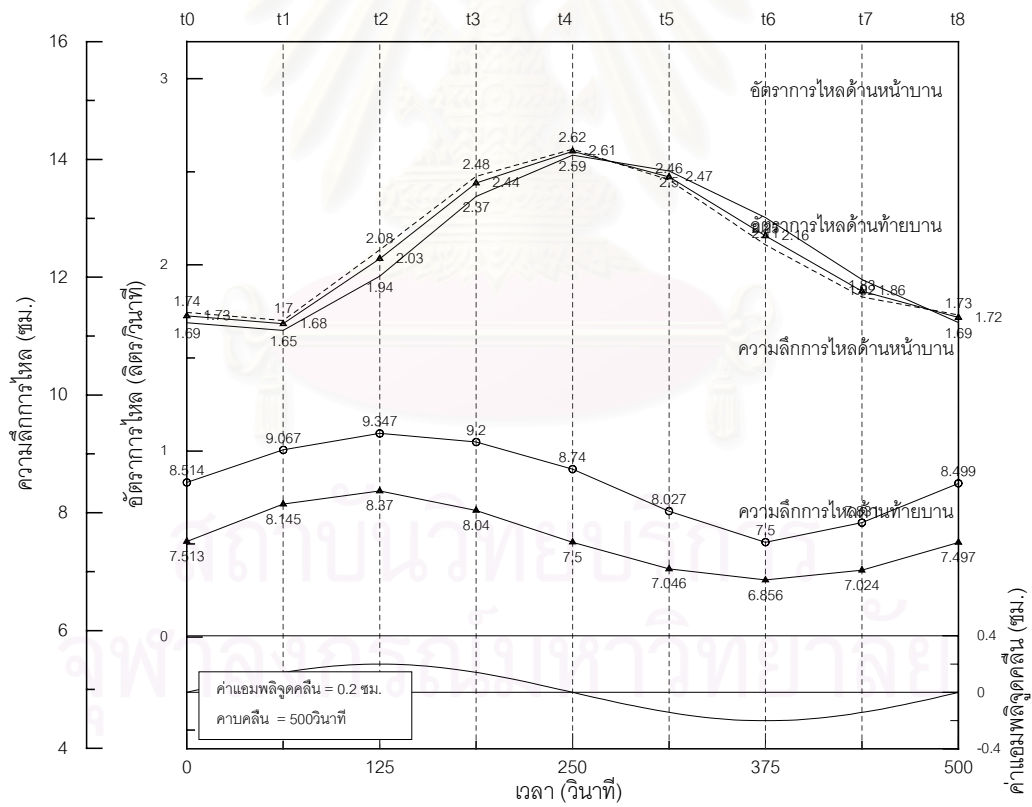


ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a2Q3G1



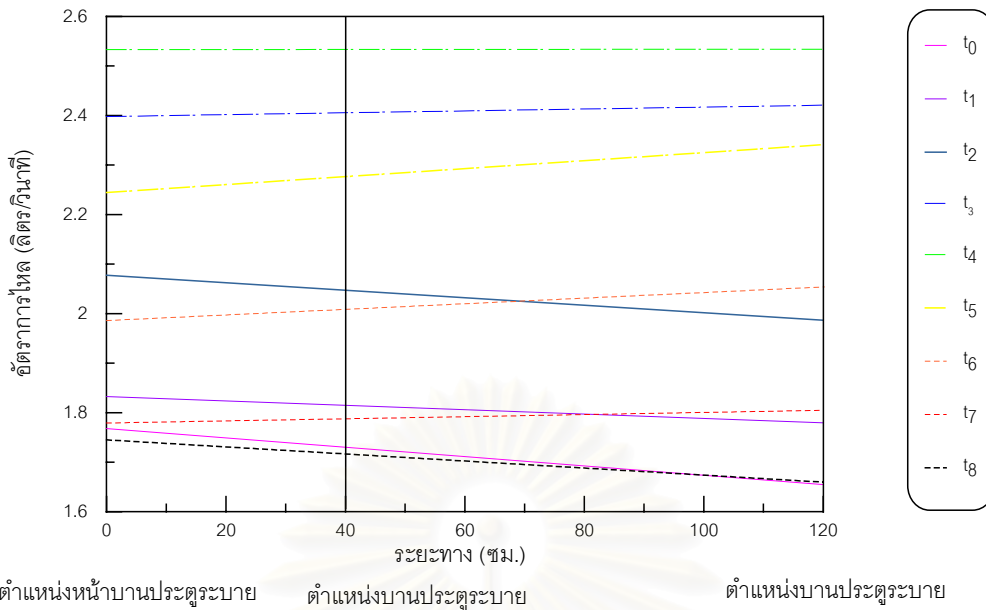
ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ ตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

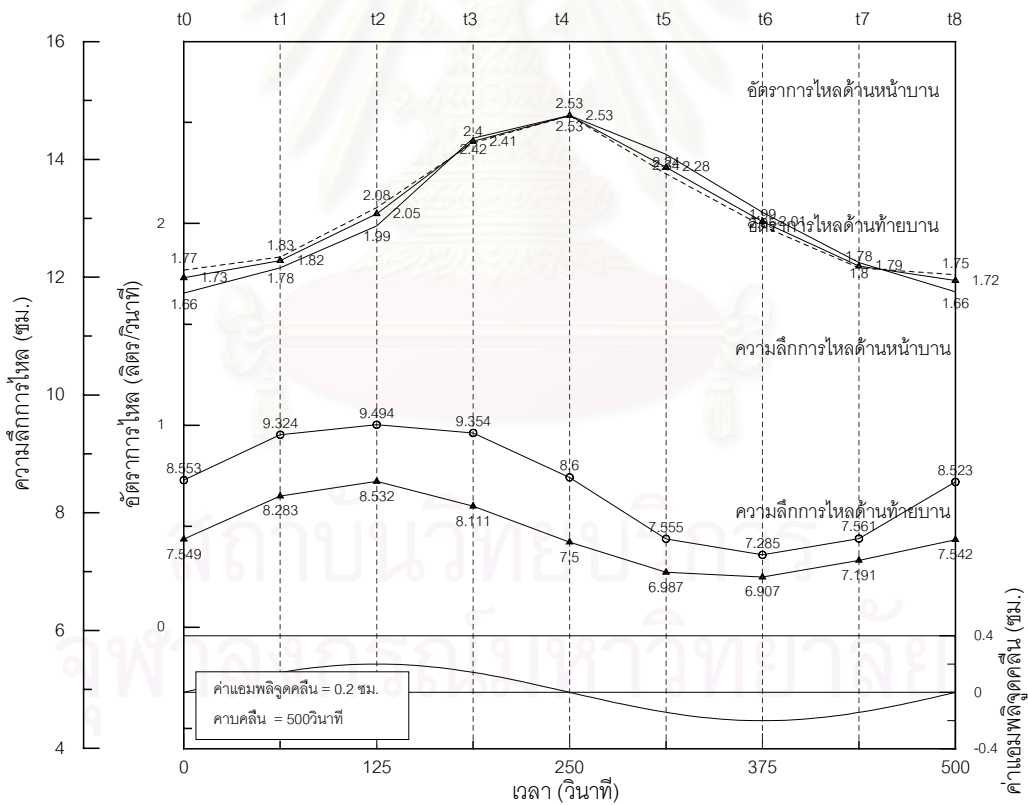


ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับ

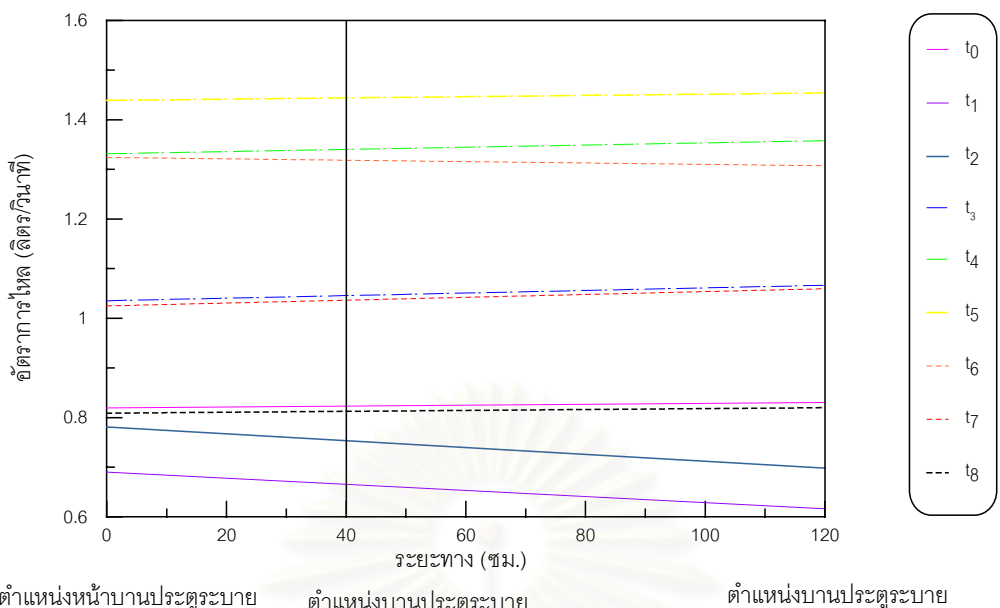
ช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a2Q3G2



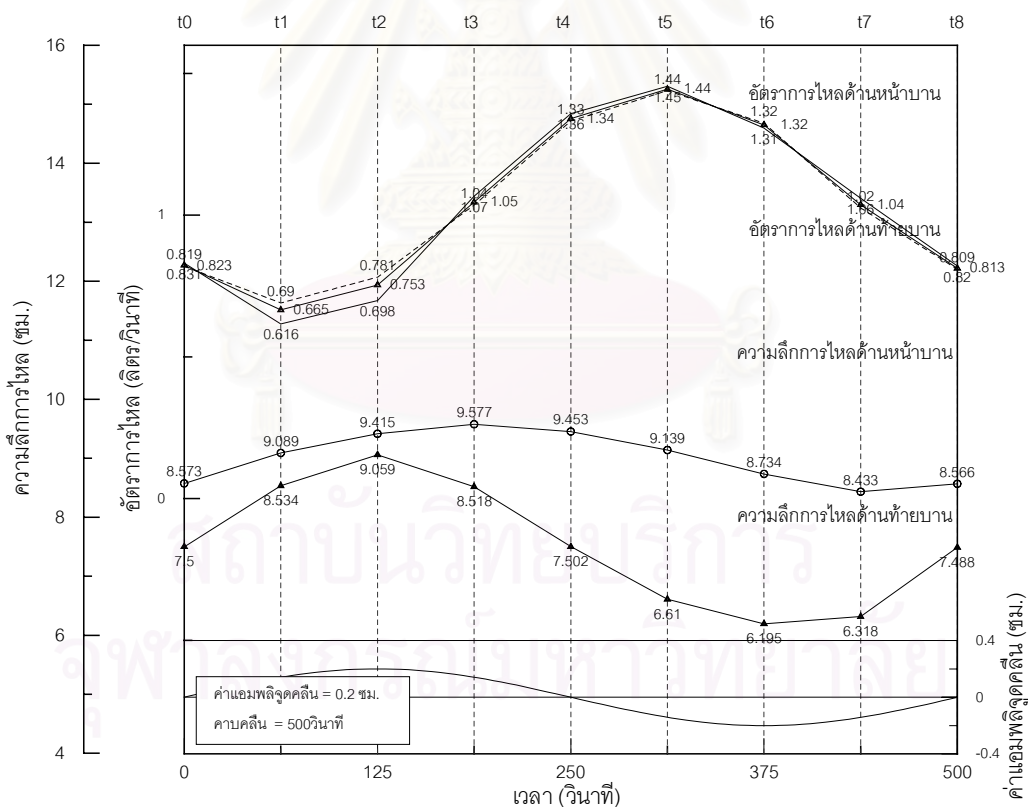
ภาคผนวก จ อัตราการใช้ที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



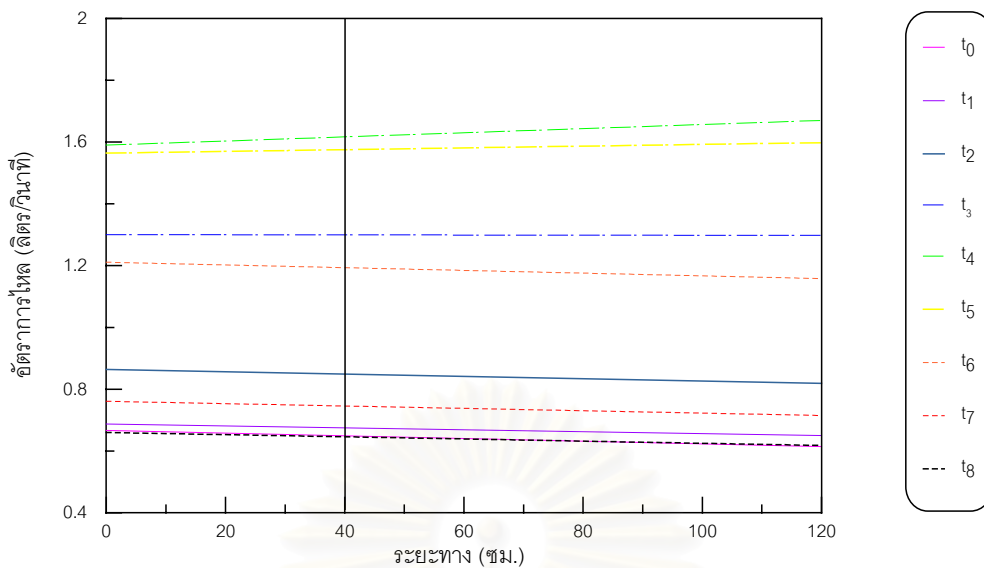
ภาคผนวก จ อัตราการใช้ที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาที่ใช้พิจารณา กรณีศึกษา a2Q3G3



ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

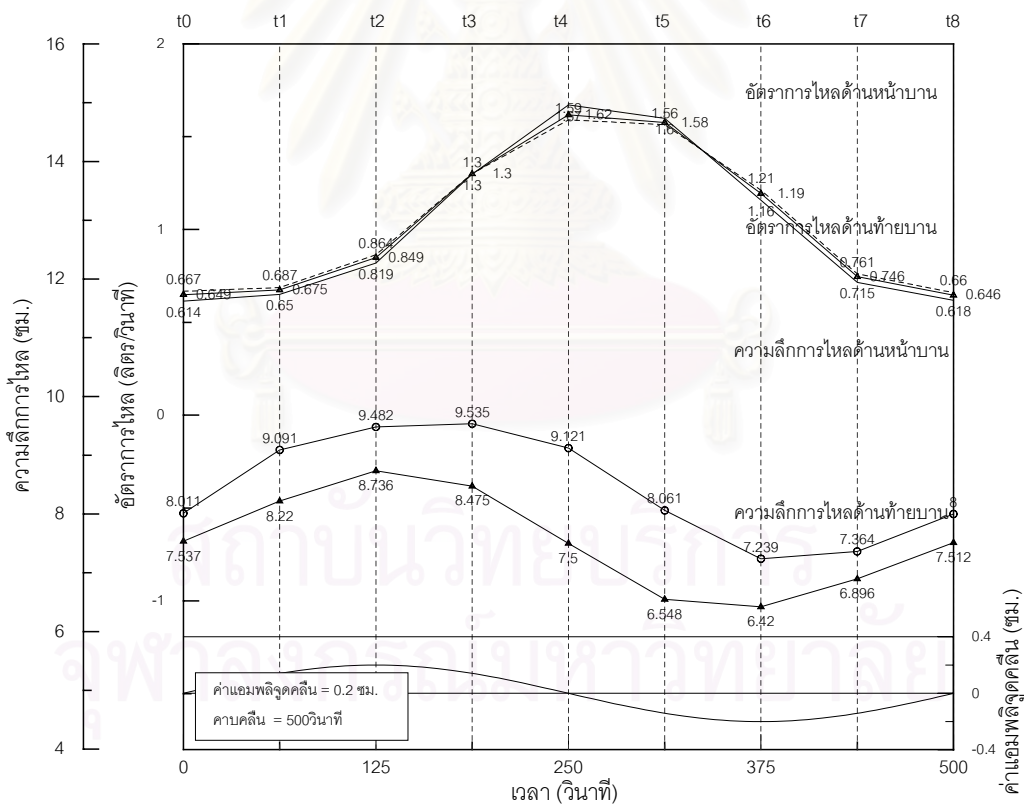


ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาทีพิจารณา กรณีศึกษา a3Q1G0

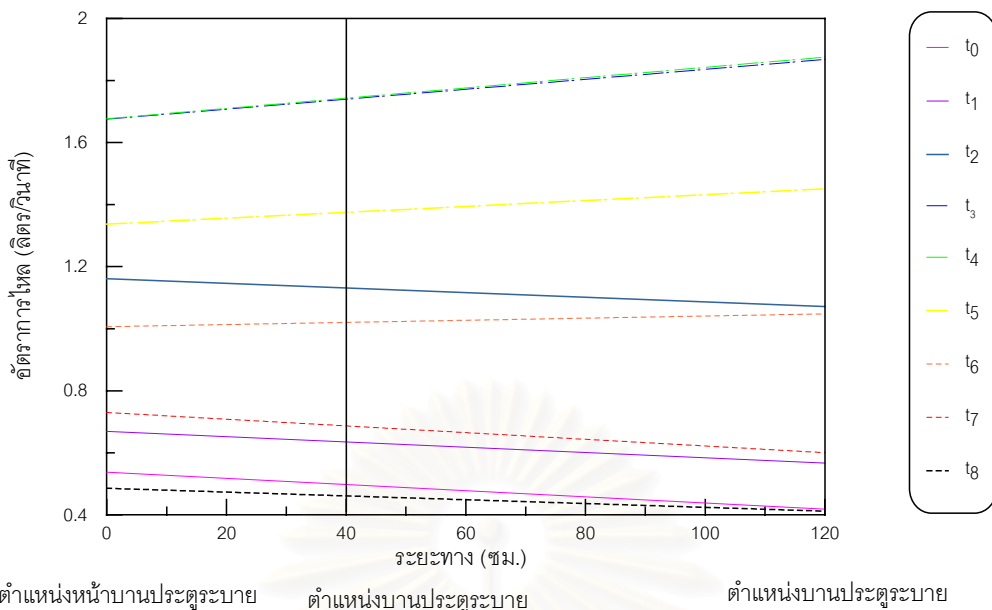


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

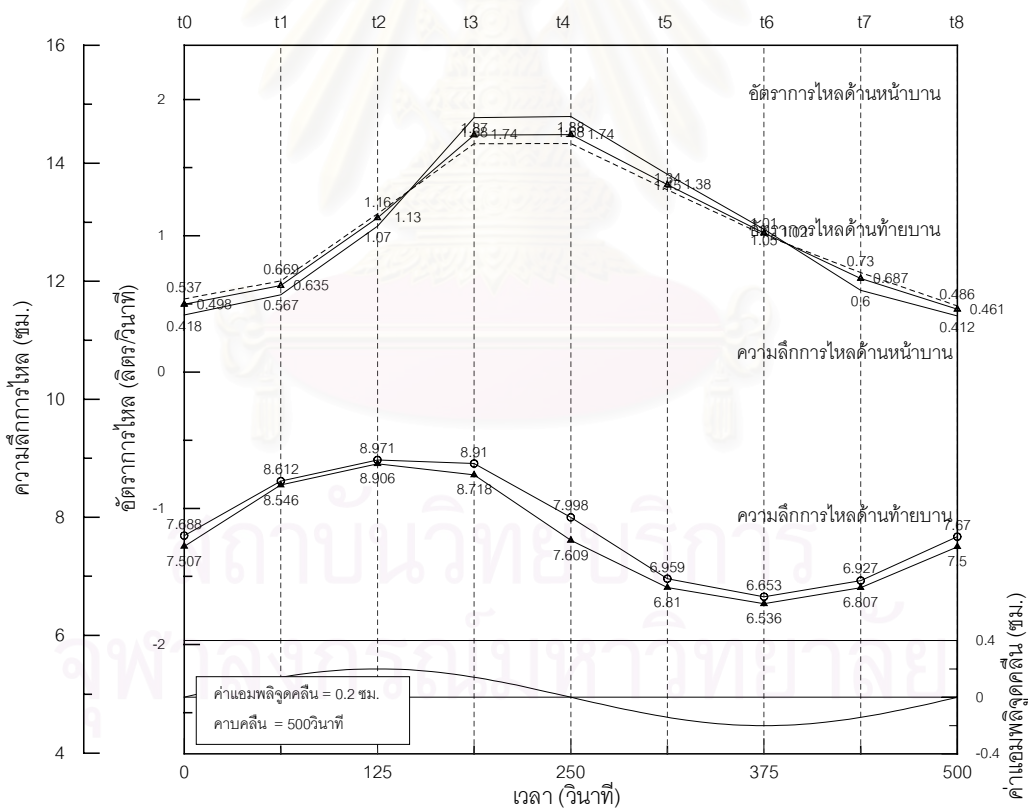
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



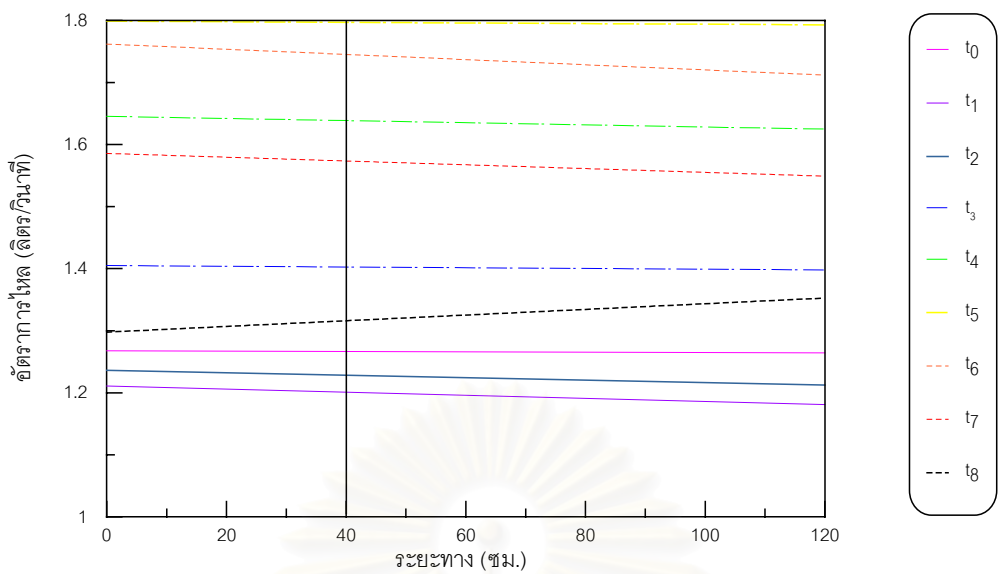
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาพิจารณา กรณีศึกษา a3Q1G1



ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

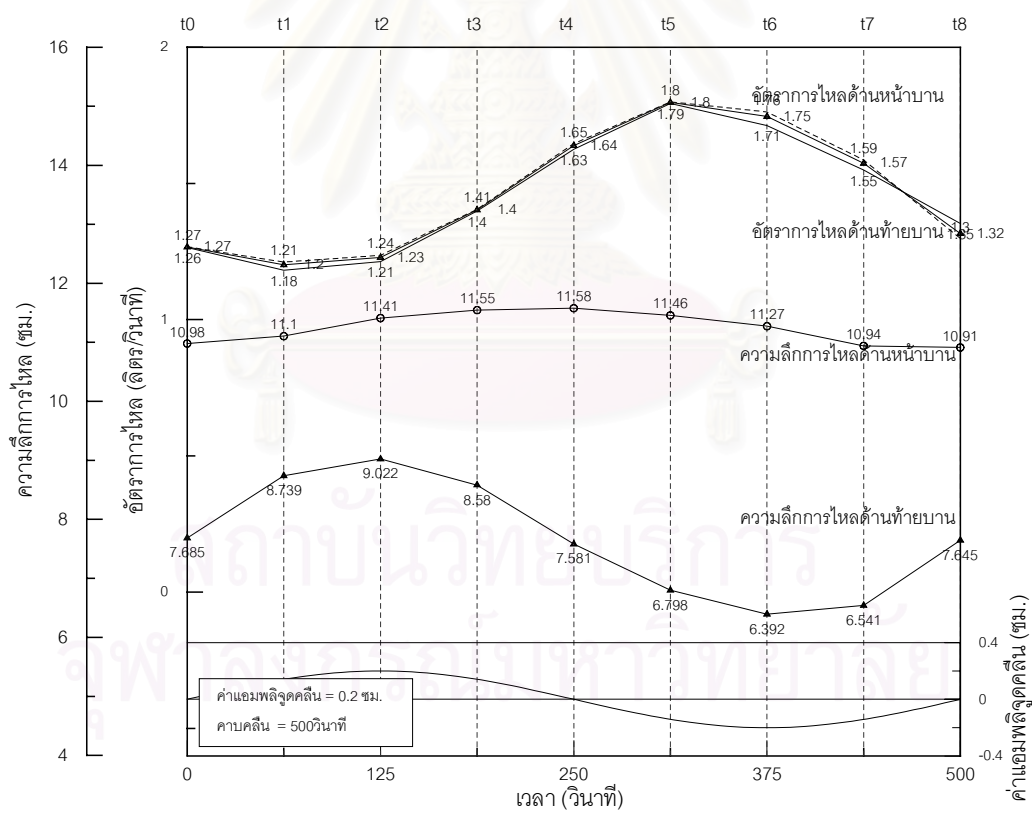


ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลา ที่พิจารณา กรณีศึกษา a3Q1G2

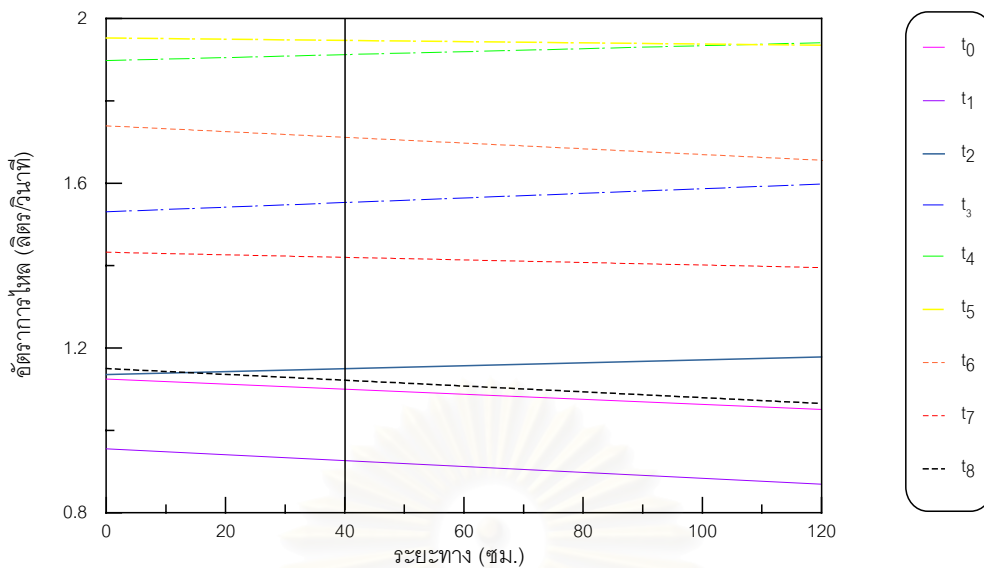


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู

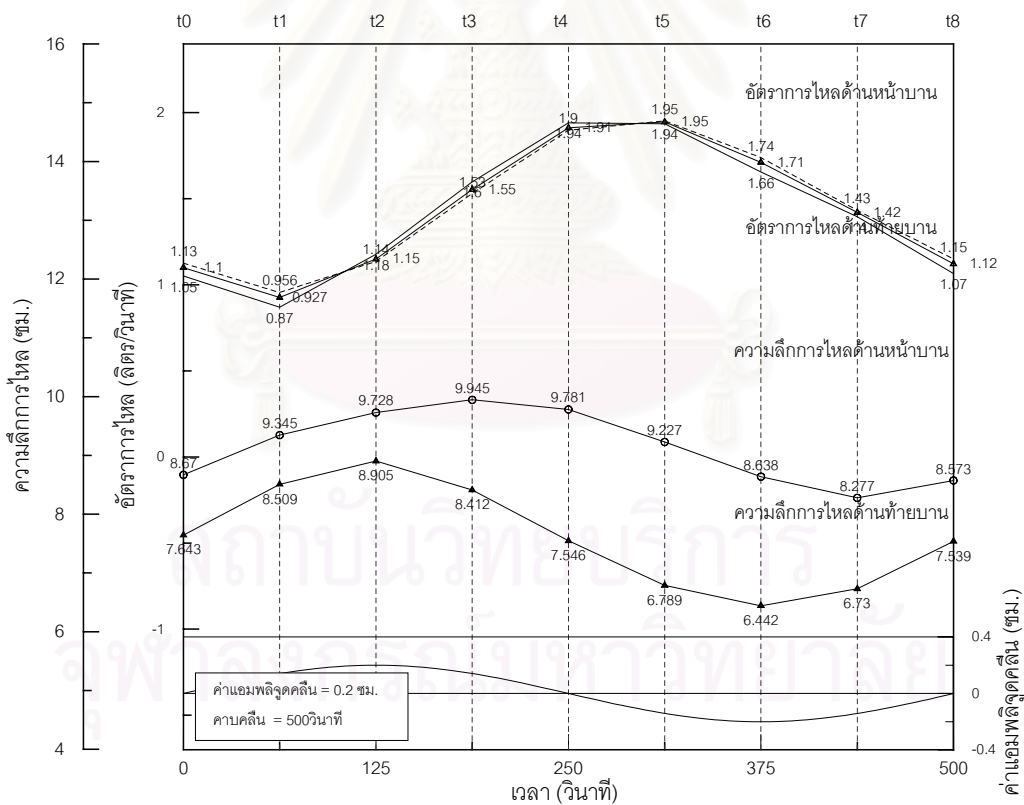


ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาทีพิจารณา กรณีศึกษา a3Q2G0

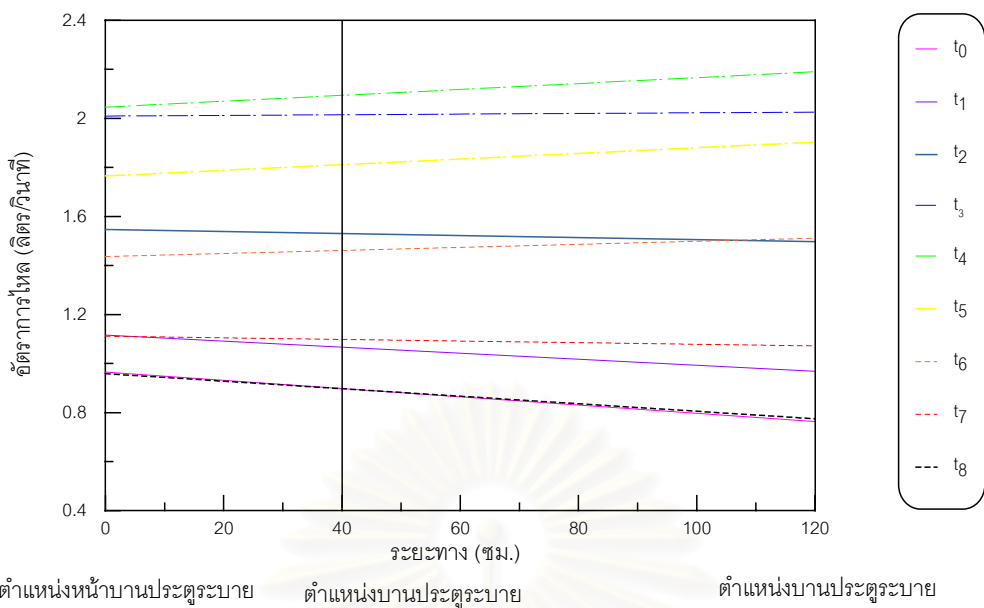


ตำแหน่งหน้าบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย ตำแหน่งบานประตูระบาย

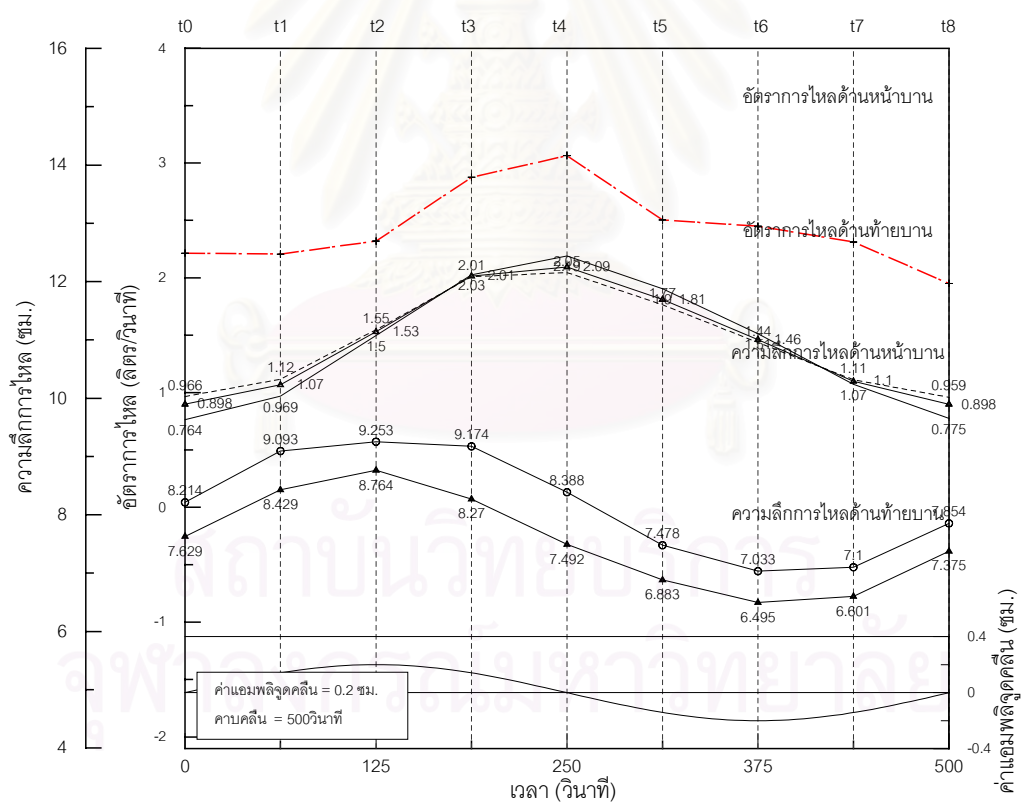
ภาคผนวก ๑ อัตราการใช้ที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



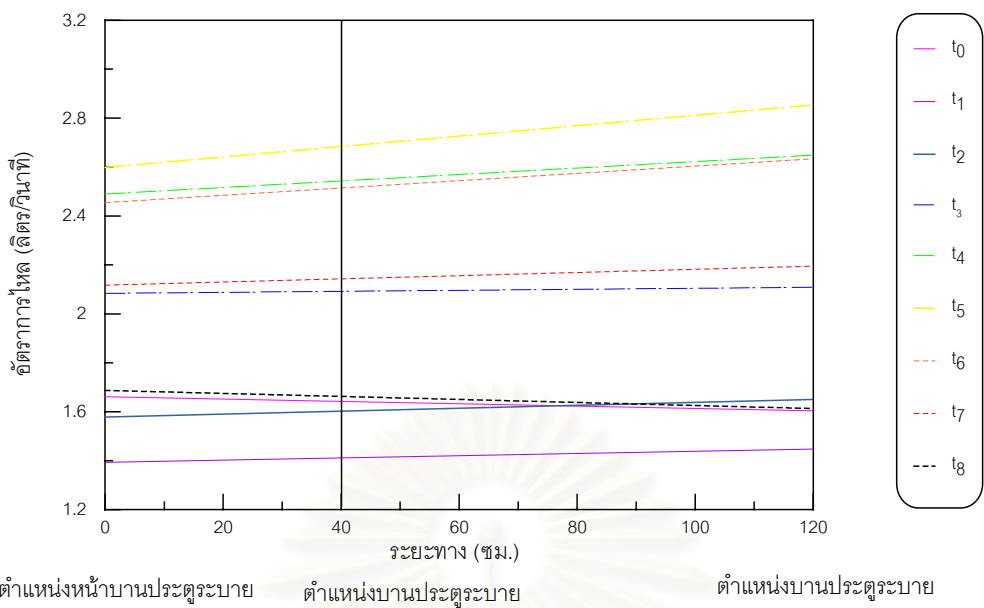
ภาคผนวก ๑ อัตราการใช้ที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาพิจารณา กรณีศึกษา a3Q2G1



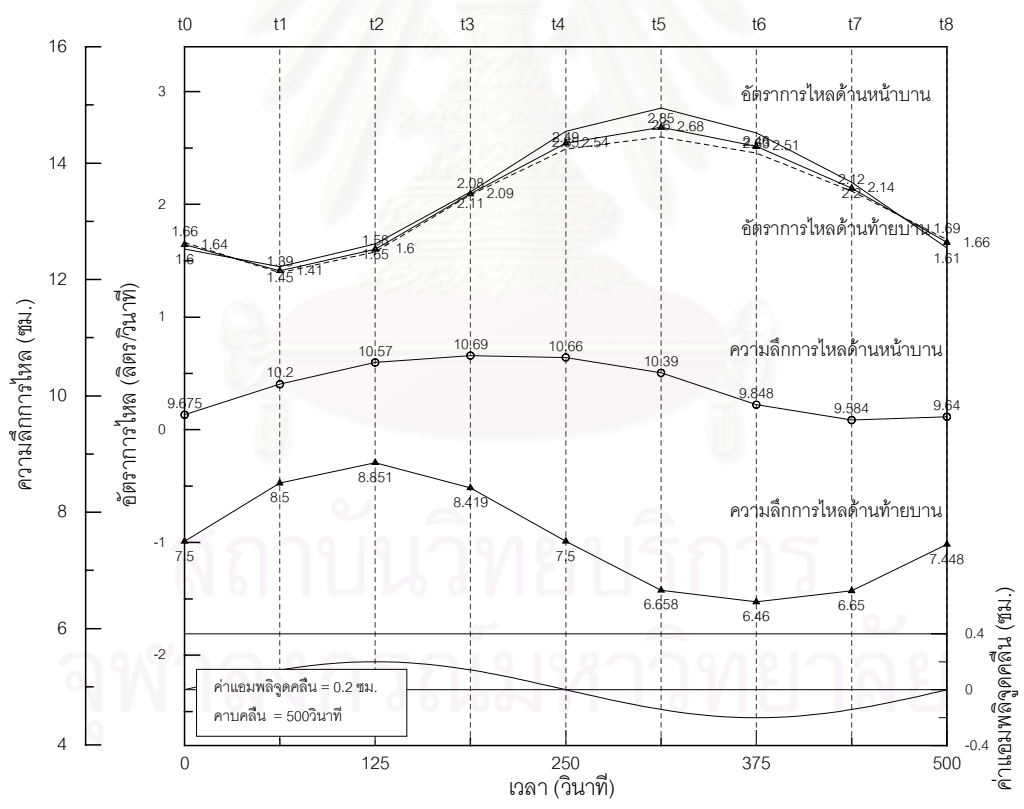
ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



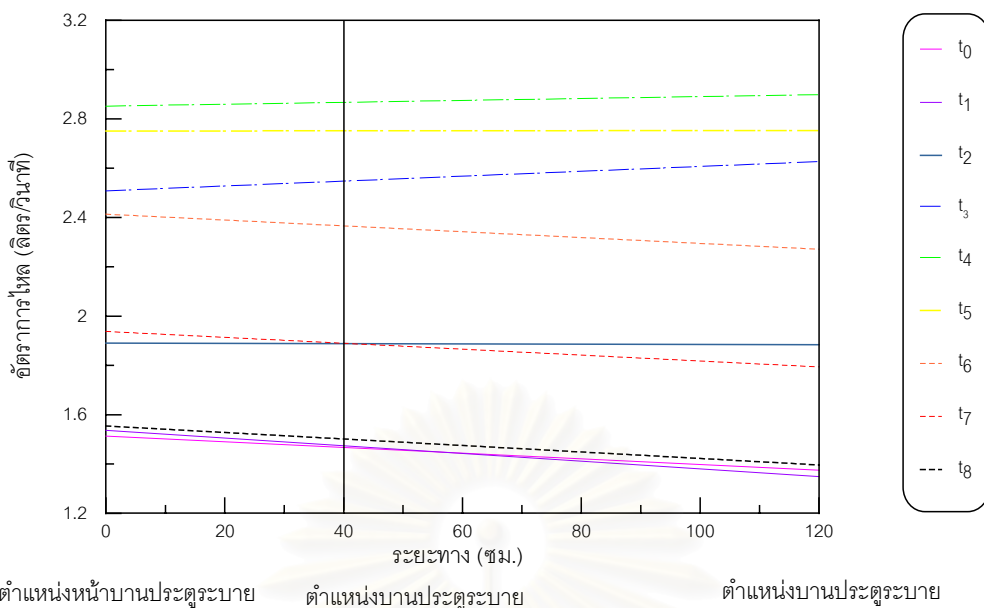
ภาคผนวก ๑ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a3Q2G2



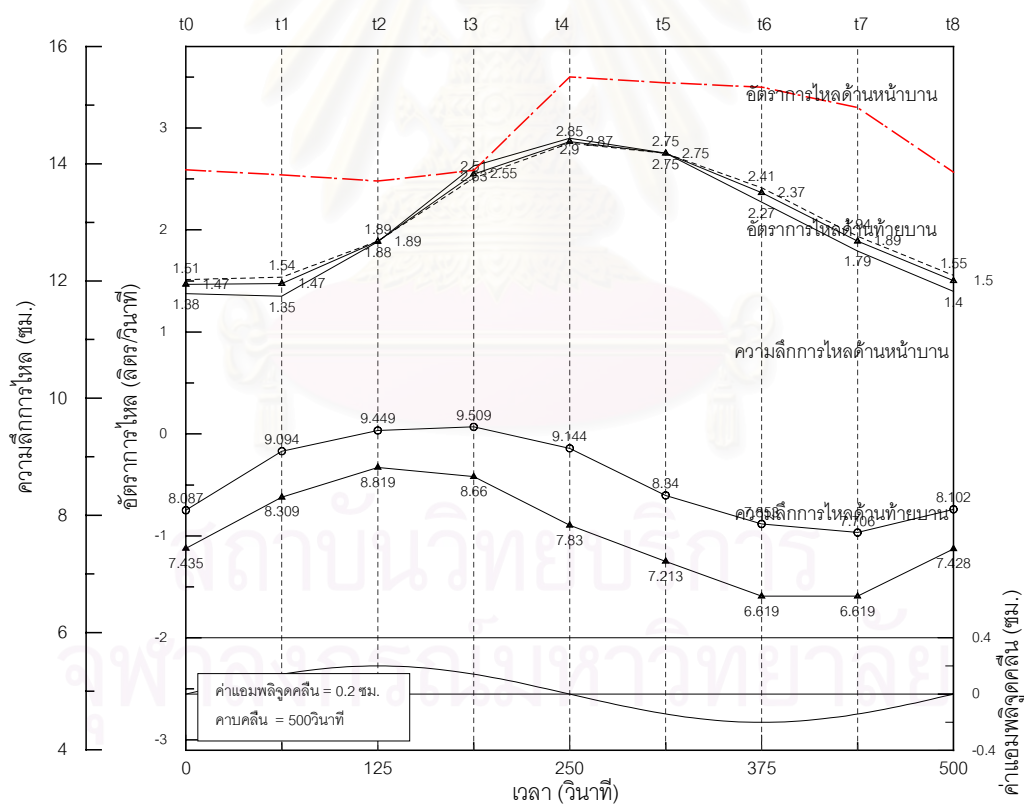
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



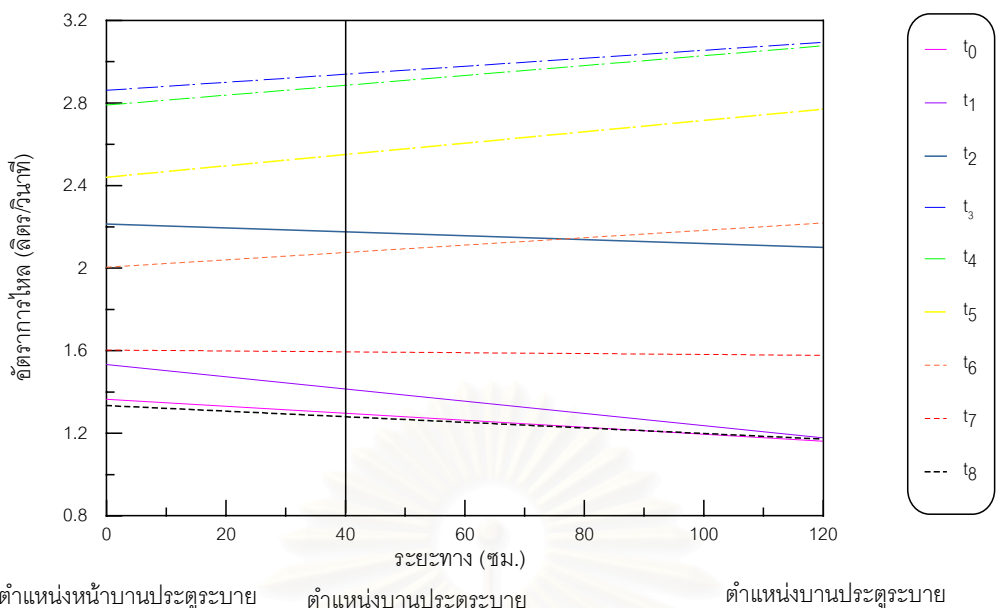
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาทีพิจารณา กรณีศึกษา a3Q3G1



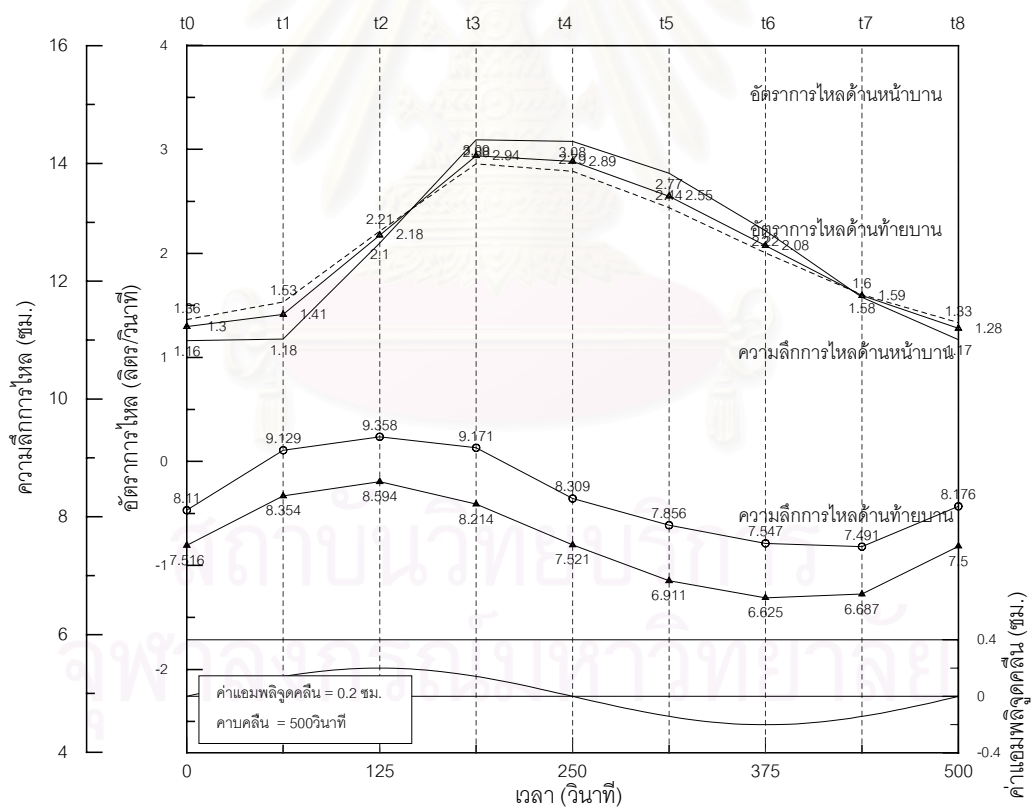
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



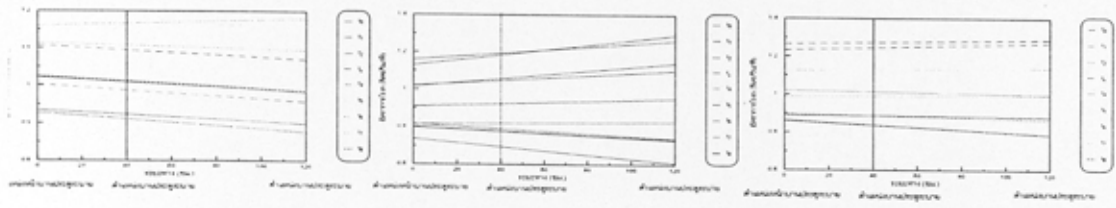
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a3Q3G2



ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับตำแหน่งหน้าบานประตูและท้ายบานประตู



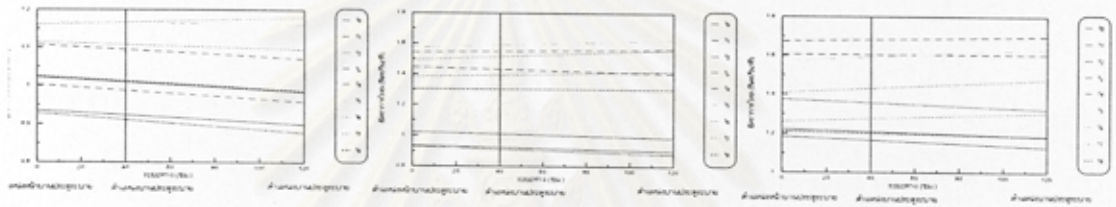
ภาคผนวก จ อัตราการไหลที่ตำแหน่งบานประตูระบายเทียบกับช่วงเวลาที่พิจารณา กรณีศึกษา a3Q3G3



a1Q1G0

a1Q1G1

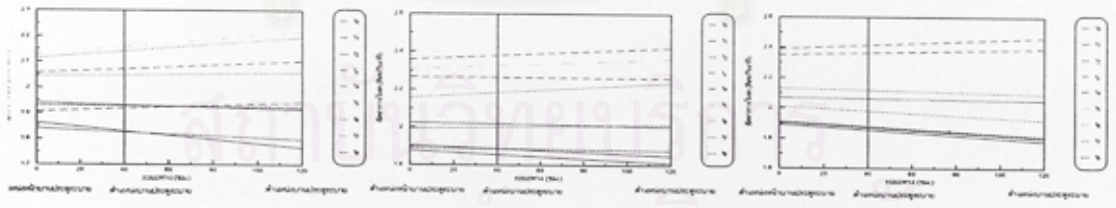
a1Q1G2



a1Q2G0

a1Q2G1

a1Q2G2

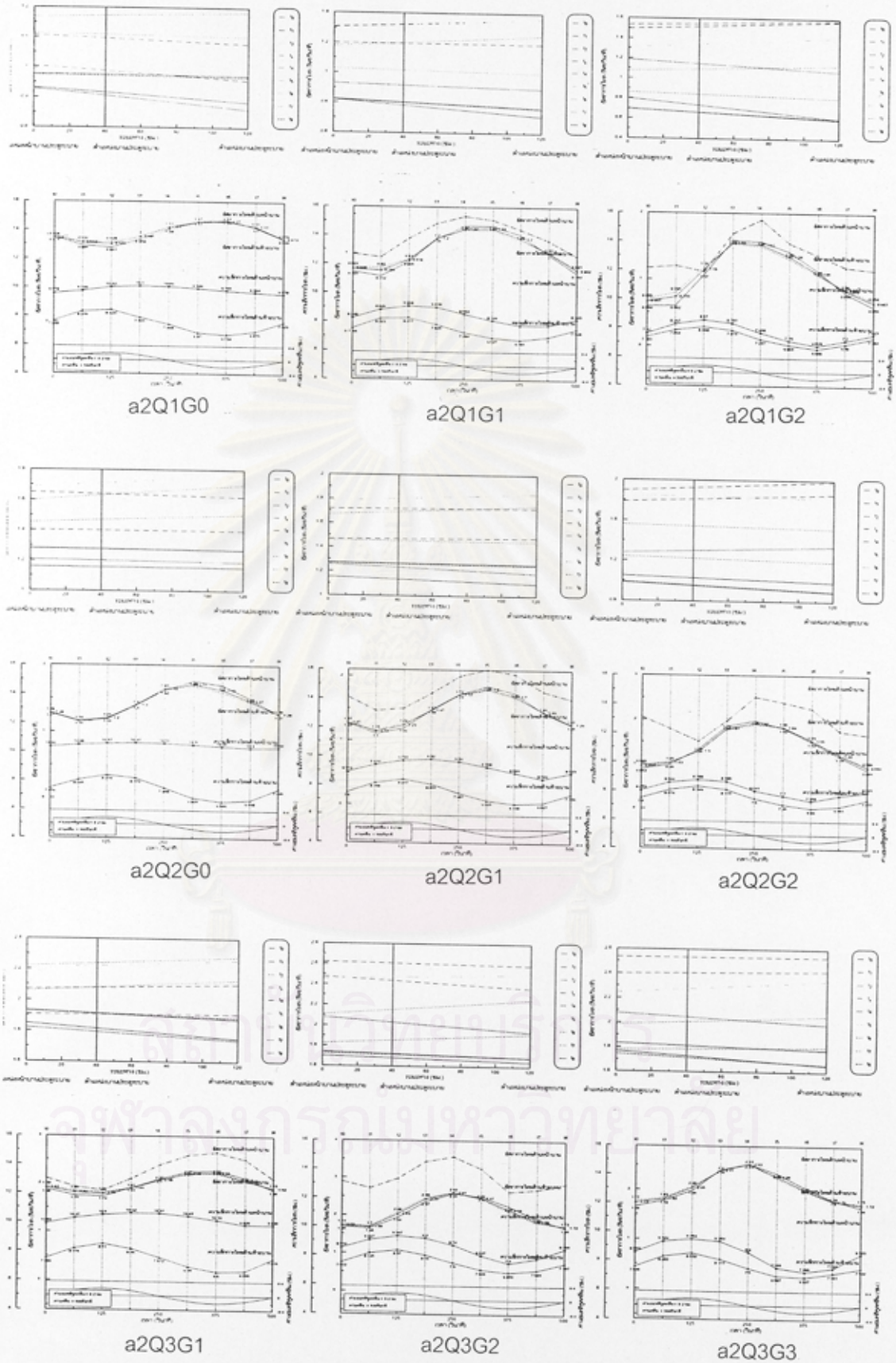


a1Q3G1

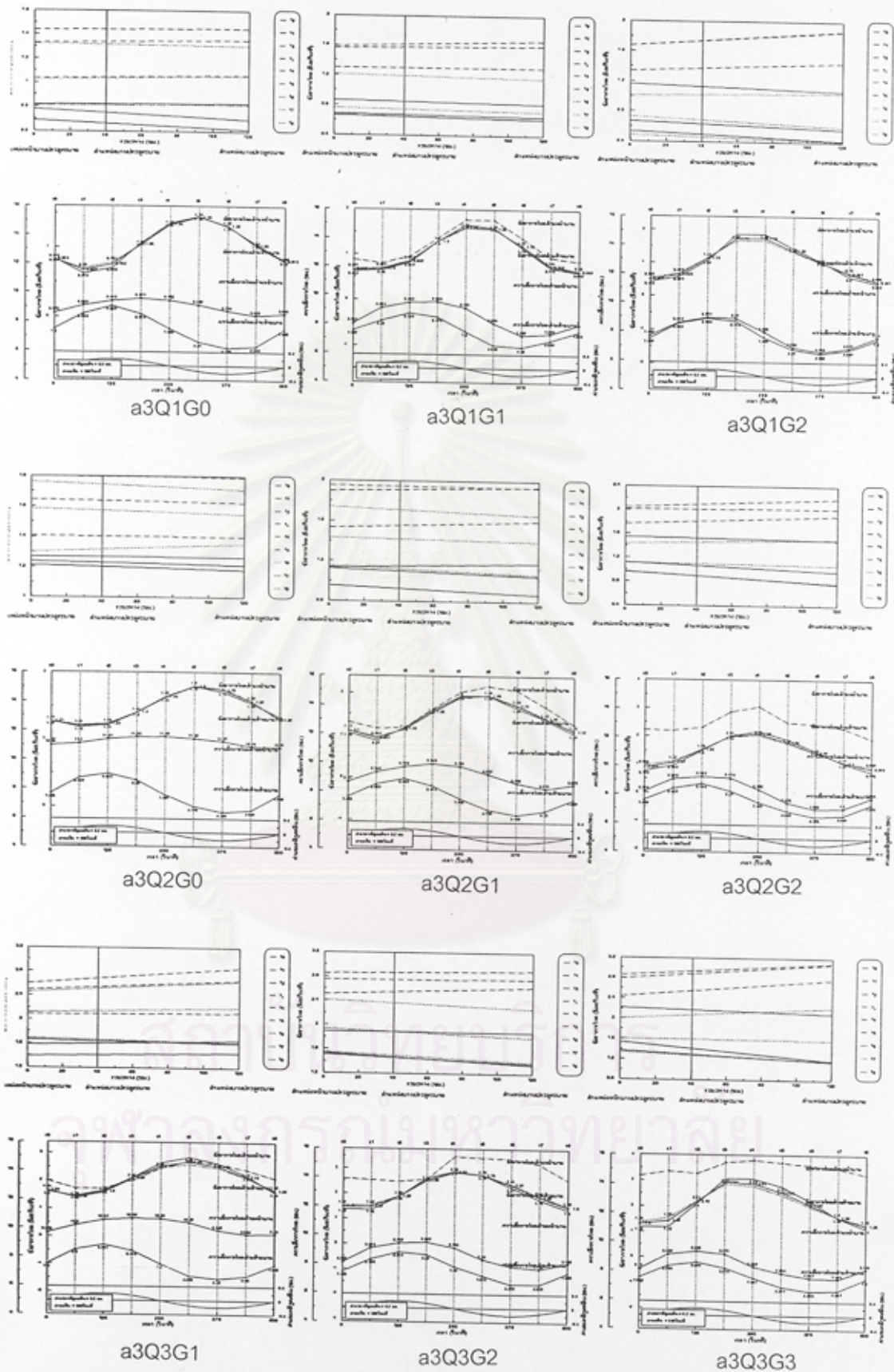
a1Q3G2

a1Q3G3

ภาคผนวก จ ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลลดบานประตูระบายในช่วงเวลาที่พิจารณา
กรณีศึกษา a1



ภาคผนวก จ ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลลดบานประตูระบายในช่วงเวลาที่พิจารณา
กรณีศึกษา a2



ภาคผนวก ๑ ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลลดบานประตูลอยน้ำในช่วงเวลาที่พิจารณา
กรณีศึกษา a3

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นายปิยะ กุณาศล
วันที่เกิด : 15 ธันวาคม 2521
สถานที่เกิด : จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา :

2538-2542 ศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2544-ปัจจุบัน ศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย