บทที่ 3

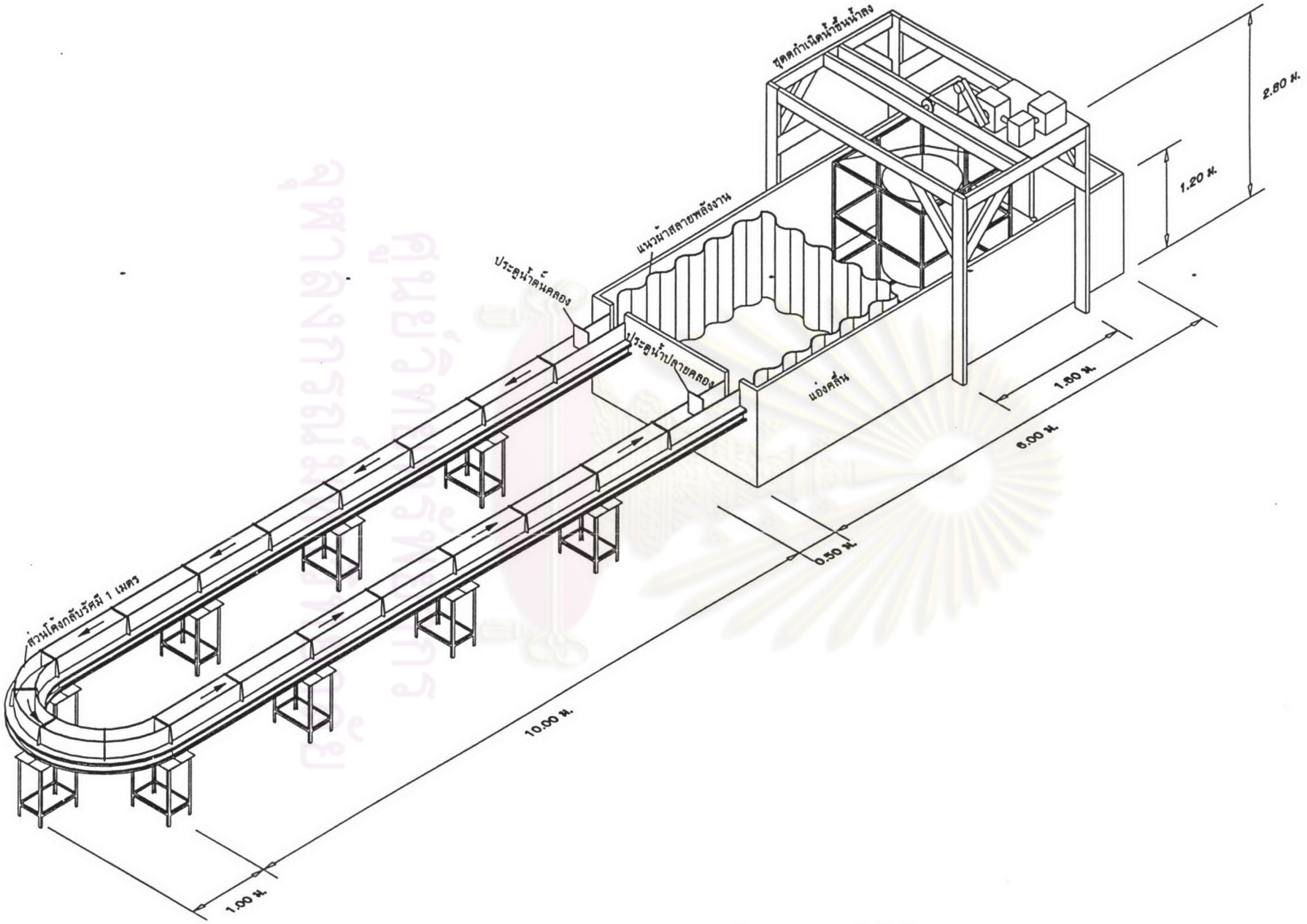
แบบจำลองชลศาสตร์และการทดลอง

ในการศึกษาพฤติกรรมด้านชลศาสตร์ จำเป็นต้องมีเทคนิคหรือวิธีการที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้ทราบและเข้าใจพฤติกรรมทางชลศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยแนวทางที่ใช้ในการศึกษามี 3 แนวทางด้วยกัน คือ การสังเกตและการวัดในภาคสนาม การสังเกตและการวัดในแบบจำลองกายภาพ (physical model) และสุดท้ายคือการคำนวณและวิเคราะห์โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ (mathematical model) แม้ว่าในปัจจุบันมีความนิยมศึกษาแบบคณิตศาสตร์กันมาก เนื่องจากความรวดเร็วในการแก้ปัญหาโดยสามารถประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์กับพื้นที่ศึกษาต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาทางด้านวิศวกรรมชลศาสตร์ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนดังนั้นวิธีการสังเกตและการวัดในภาคสนาม น่าจะเป็นวิธีการศึกษาที่มีความถูกต้องของข้อมูลมากที่สุด แต่วิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูง และมีตัวแปรทางธรรมชาติอยู่มากจึงยากต่อการศึกษา ส่วนการศึกษาโดยแบบจำลองทางกายภาพนั้น สามารถควบคุมและผันแปรตัวแปรต่างๆได้อย่างเป็นระบบ สำหรับการพิจารณาเลือกใช้วิธีการศึกษาแบบใด จะต้องพิจารณาตามความเหมาะสมของการใช้แก้ปัญหา หรืออาจจะใช้ทั้ง 3 วิธีเปรียบเทียบกัน

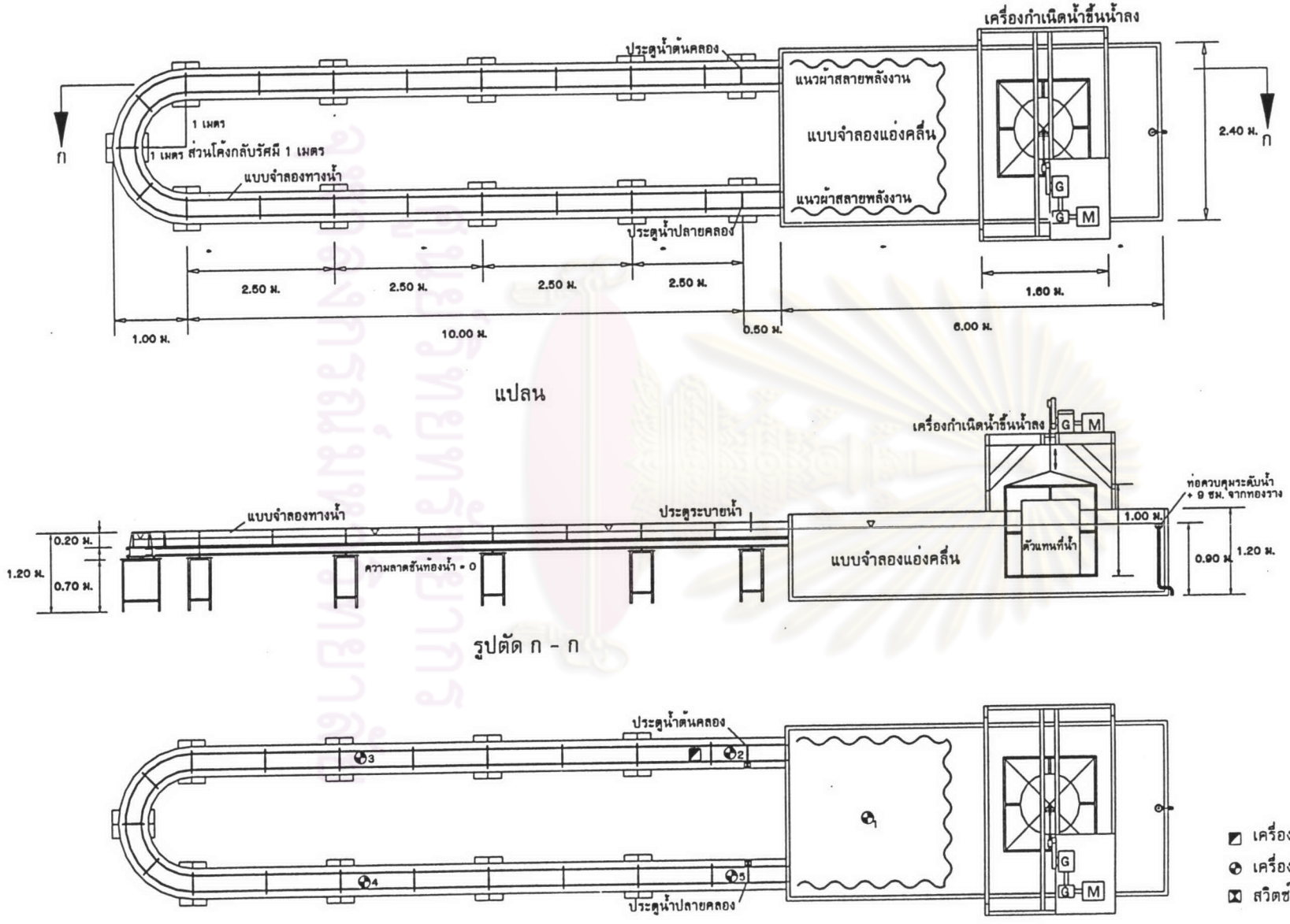
การศึกษานี้เลือกใช้การสร้างแบบจำลองทางกายภาพ ในการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ที่เกิดขึ้น โดยการจำลองรางน้ำเปิดที่มีปลายทั้ง 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล เพื่อการศึกษาถึงสภาพทางชลศาสตร์ชะล้างน้ำเสียในคลองที่อาศัยน้ำขึ้นน้ำลง

3.1 แบบจำลองชลศาสตร์

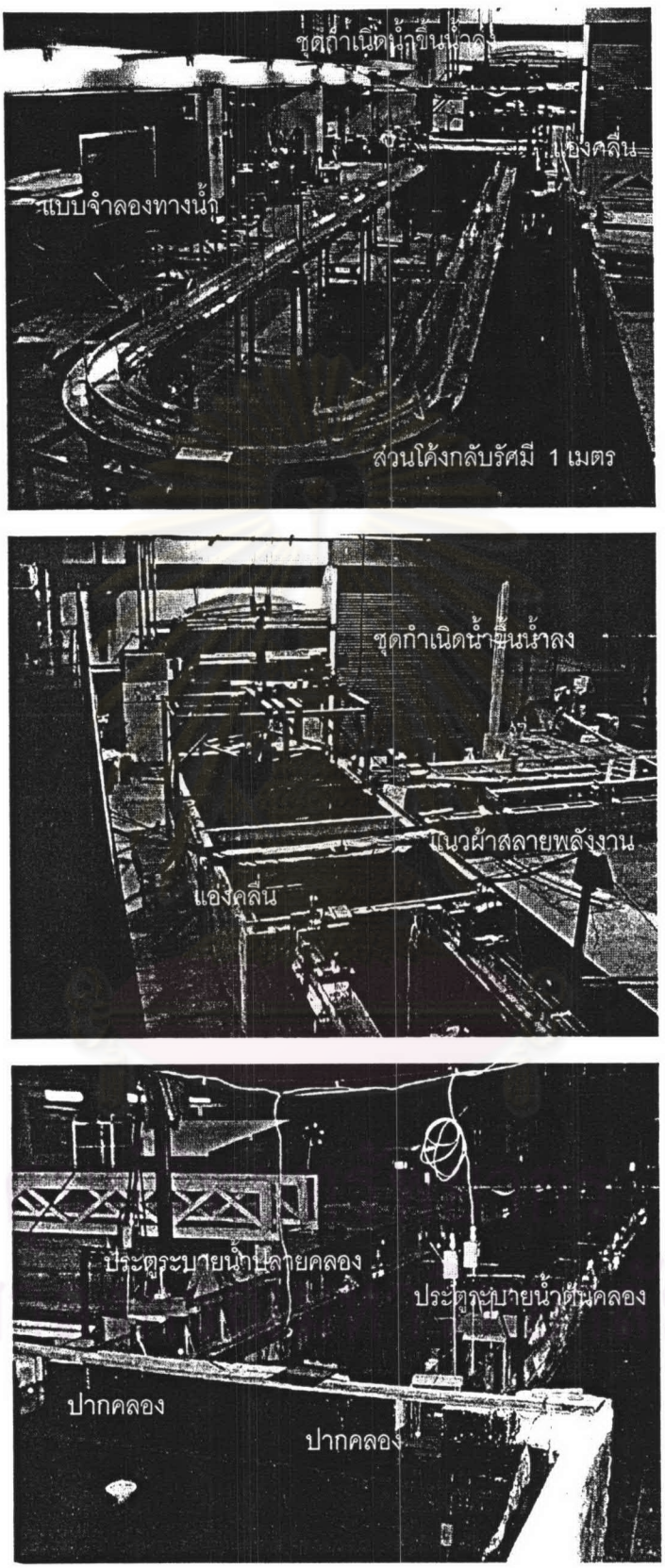
การศึกษาครั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองชลศาสตร์ ในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์และชายฝั่งทะเลของภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังรูป 3-1, 3-2 และ 3-3 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มิได้มีจุดประสงค์ในการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ของแม่น้ำใดๆ จึงเลือกสร้างแบบจำลองตามความเหมาะสมกับพื้นที่ในห้องปฏิบัติการและงบประมาณที่มีในการศึกษา ดังรายละเอียดที่กล่าวต่อไปนี้



รูป 3-1 แบบจำลองชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง



รูป 3-2 แผนผังแสดงส่วนประกอบต่าง ๆของแบบจำลอง และตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัด



รูป 3-3 แบบจำลองชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง

3.1.1 แบบจำลองทางน้ำเปิด

แบบจำลองรางน้ำเปิดรูป 3-3 สร้างจากแผ่นพลาสติกความหนา 0.5 เซนติเมตร ประกอบเป็นผนังและพื้นทางน้ำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาวรวม 22 เมตร กว้าง 0.50 เมตร สูง 0.20 เมตร ส่วนโค้งกลับมีรัศมี 1.0 เมตร วางอยู่บนคานรูปตัวยูคู่ขนานยาวตลอดทางน้ำ โดยปลายทางน้ำทั้ง 2 ด้านเชื่อมต่อกับแอ่งกำเนิดคลื่น ท้องคานเจาะรูใส่น็อตทุกระยะ 2 เมตร สำหรับความชันท้องน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดความลาดชันท้องน้ำเท่ากับศูนย์หรือระดับราบ ผนังทั้ง 2 ด้านมีแท่งพลาสติกค้ำยันทุกๆ ระยะ 1.0 เมตรตลอดแนวเพื่อป้องกันการโก่งของพลาสติก สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำ ,n = 0.0132 (ชัชชัย ,2545)

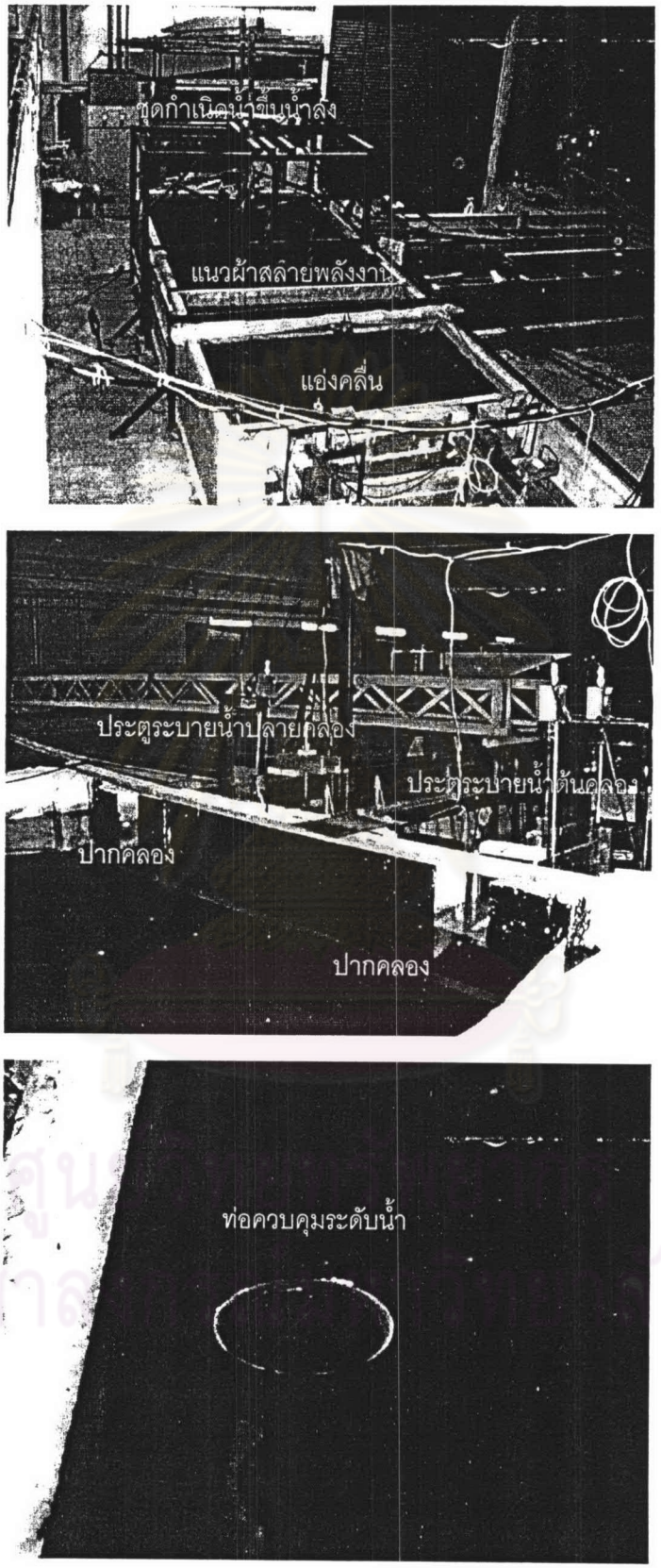
3.1.2 แบบจำลองทะเล

แบบจำลองทะเลดังรูป 3.4 ประกอบด้วยแอ่งคลื่น และเครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง โดยแอ่งคลื่นมีขนาดกว้าง 2.4 เมตร ยาว 5.8 เมตร สูง 1.0 เมตร โดยที่แอ่งคลื่นเชื่อมต่อกับปลายทั้ง 2 ด้านของแบบจำลองทางน้ำ ในการทดลองครั้งนี้กำหนดระดับน้ำบริเวณปากคลองทั้ง 2 ด้านอยู่ที่ +9 เซนติเมตร จากท้องน้ำ

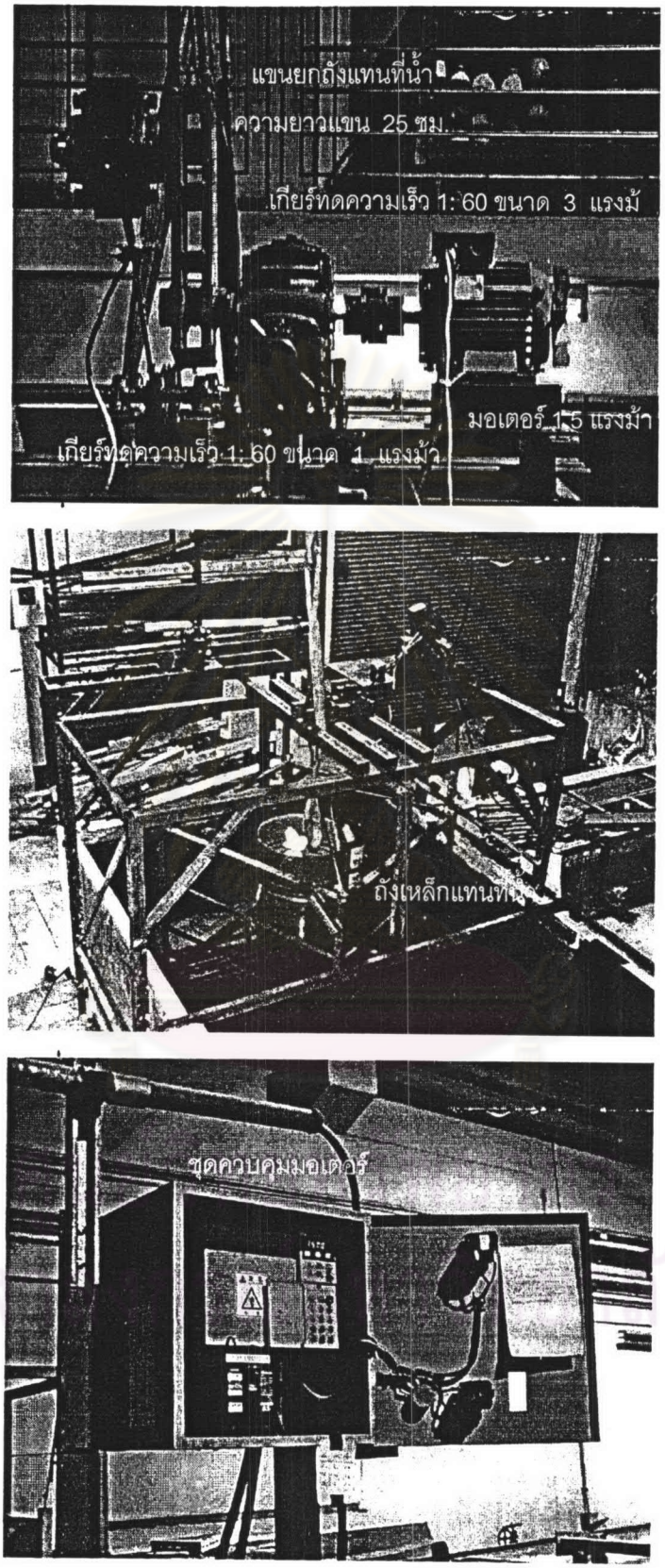
เครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงดังรูป 3.5 ประกอบด้วยชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ และชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง โดยชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์สามารถปรับความเร็วได้อยู่ในช่วง 450 – 1300 รอบต่อนาที ขนาดมอเตอร์ 1.5 แรงม้า ต่อเชื่อมกับเกียร์ทดความเร็ว 1:60 ขนาด 1 แรงม้า และเกียร์ทดความเร็ว 1:60 ขนาด 3 แรงม้า ดังนั้นความเร็วในการแทนที่น้ำจะอยู่ในช่วง 0.125 – 0.375 รอบต่อนาที ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงอาศัยหลักการแทนที่น้ำแบบเคลื่อนที่ขึ้นลงเป็นวงกลมเพื่อให้สามารถสร้างคลื่นในลักษณะฮาร์โมนิก เครื่องกำเนิดคลื่นนี้สามารถสร้างคลื่นที่มีความสูงคลื่นและคาบคลื่นที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของมอเตอร์และจำนวนถังที่ใช้แทนน้ำดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือหลักที่ใช้วัดในการทดลองประกอบด้วย เครื่องมือวัดความสูงคลื่น (wave hight meter) ดังรูป 3.6 ได้ติดตั้งเครื่องมือวัดความสูงคลื่นในแบบจำลองทั้งหมด 5 ตำแหน่ง โดยติดตั้งในแอ่งคลื่น 1 ตำแหน่ง และติดตั้งในแบบจำลองทางน้ำ 4 ตำแหน่ง ดังรูป 3.2 ลักษณะการติดตั้งตัวรับสัญญาณ คือให้เครื่องมือหันเส้นลวดรับสัญญาณเข้าหาทิศทางของคลื่นที่เข้ามากระทำ โดยส่วนรับสัญญาณต้องแช่อยู่ในน้ำไม่ต่ำกว่า 1 เซนติเมตร การทำงานของเครื่องมือวัดความสูงคลื่นนี้ เป็นการวัดประจุไฟฟ้าบนเส้นลวดที่เปลี่ยนแปลงตามระดับน้ำ จากนั้นจะส่งสัญญาณต่อไปยังส่วนแสดง



รูป 3-4 แบบจำลองทะเล



รูป 3-5 ชุดกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง

ผล เพื่อแปลงให้เป็นค่าความต่างศักย์ สามารถนำไปต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ผ่านการ์ดแปลงสัญญาณ A/D DAQ card รุ่น 6024E ควบคุมการทำงานโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Lab View โดยรายละเอียดการสอบเทียบเครื่องมือวัดความสูงคลื่นนี้ในภาคผนวก ก. และรายละเอียดโปรแกรมจัดเก็บข้อมูลในภาคผนวก ฉ.

เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ(current meter) รุ่น ACM-200D ได้ติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ ในแบบจำลอง 1 ตำแหน่ง ดังรูป 3-6 โดยลักษณะการติดตั้งรับสัญญาณอยู่ที่ความลึก 5.0 ซม. จากท้องน้ำ โดยรายละเอียดการสอบเทียบเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำนี้เสนอในภาคผนวก ก

ทุ่นลอย (แท่งลอย) ใช้สำหรับวัดความเร็วกระแสน้ำ สร้างจากโฟมขนาด 1 x 1 ซม. ยาว 3.5 ซม. ด้านปลายถ่วงด้วยลูกเหล็ก ดังรูป 3-6 เพื่อให้ทุ่นอยู่ในแนวดิ่ง ซึ่งมีตำแหน่งวางทุ่นตลอดทางน้ำในแต่ละกรณีการศึกษา ดังรูป 3-7

3.1.4 แบบจำลองประตูระบายน้ำ

แบบจำลองประตูระบายน้ำ ดังรูป 3-8 ทำจากพลาสติกหนา 0.5 ซม. กว้าง 0.15 ซม สูง 0.20 ซม. โดยที่ตำแหน่งที่ติดตั้งบานประตูระบายน้ำทั้ง 2 บาน ห่างจากแอ่งคลื่น 0.5 เมตร พร้อมติดตั้งสวิตช์บันทึกเวลาการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำทั้ง 2 บาน

3.2 การวัดข้อมูลการทดลอง

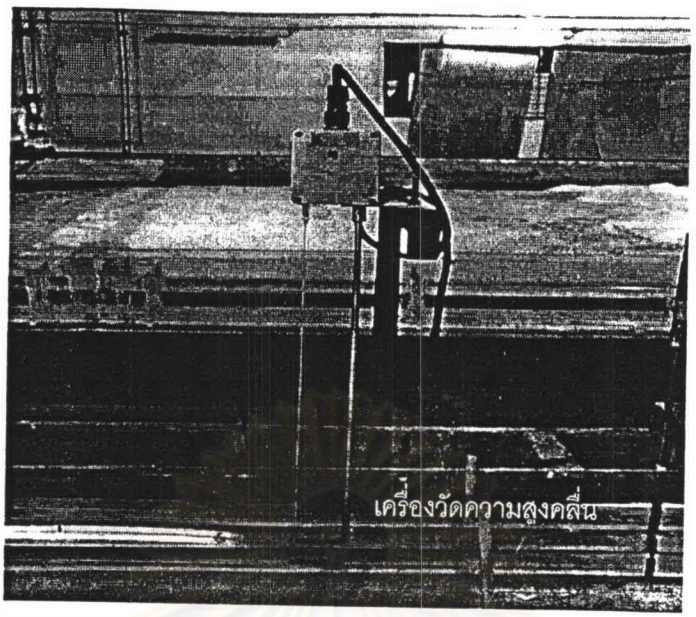
การวัดข้อมูลการทดลองแบ่งได้เป็น 3 ส่วน

3.2.1 การวัดข้อมูลคลื่น

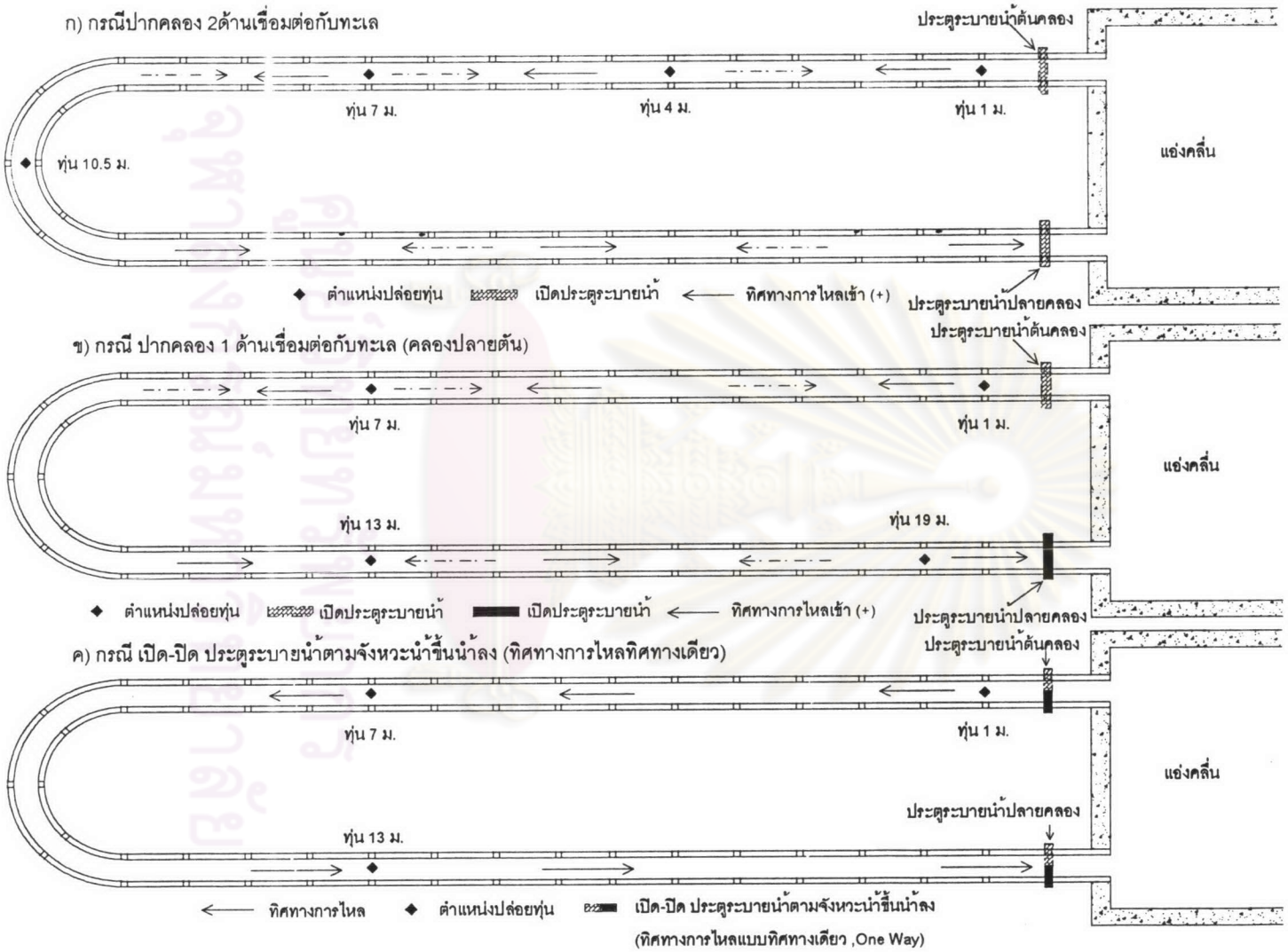
คลื่นที่เกิดจากเครื่องกำเนิดคลื่น สามารถบันทึกข้อมูลได้โดยใช้โปรแกรม Lab View ซึ่งควบคุมการวัดและบันทึกข้อมูลที่ได้จาก เครื่องวัดความสูงคลื่น 5 เครื่อง ซึ่งติดตั้งในแบบจำลอง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูป 3-2 ข้อมูลที่ได้ประกอบด้วยระดับน้ำและเวลา ณ จุดตรวจวัด โดยกำหนดให้บันทึกข้อมูลด้วยความถี่ 2 ข้อมูล ต่อวินาที ตลอดเวลาการทดลอง

3.2.2 การวัดข้อมูลความเร็วกระแสน้ำ

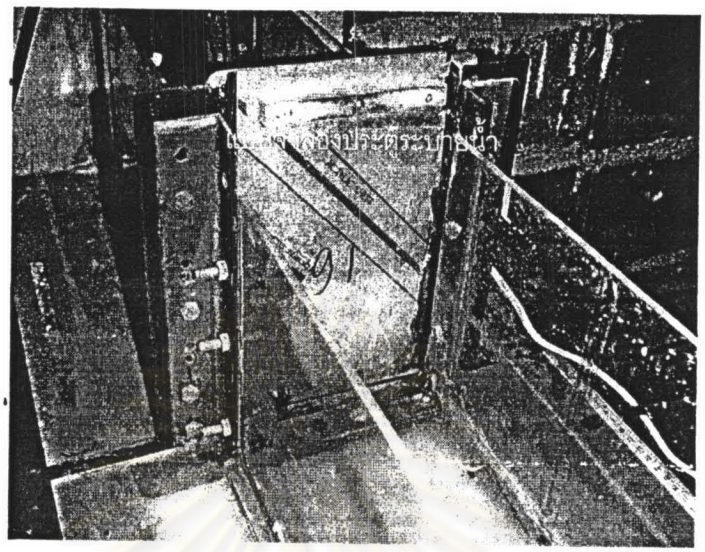
ความเร็วกระแสน้ำ สามารถบันทึกข้อมูลได้โดยใช้โปรแกรม Lab View ซึ่งควบคุมการวัดและบันทึกข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ 1 เครื่อง ซึ่งติดตั้งในแบบจำลอง บริเวณประตู



รูป 3-6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูป 3-7 ตำแหน่งวางทุ่นในแบบจำลอง



รูป 3-8 แบบจำลองประตูระบายน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบายน้ำต้นคลอง ดังรูป 3-2 ข้อมูลที่ได้ประกอบด้วยความเร็วกระแสน้ำและเวลา โดยกำหนดบันทึกข้อมูลด้วยความถี่ 2 ข้อมูล ต่อวินาที ตลอดเวลาการทดลอง

3.2.3 การวัดความเร็วกระแสน้ำโดยใช้ทุ่น (แท่งลอย)

การวัดความเร็วกระแสน้ำโดยใช้ทุ่นที่ทำจากโฟมโดยในการวัดจะวางทุ่น ตามตำแหน่งต่าง ๆ ของทางน้ำในแต่ละกรณี เพื่อบันทึกระยะทางเคลื่อนที่ของทุ่นและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

3.3 วิธีการทดลอง

การศึกษานี้มีสมมุติฐานดังนี้ ปัจจัยหลักที่น่าจะมีอิทธิพบต่อพฤติกรรมการไหลทั้ง 3 กรณีคือ กรณีปากคลอง่ 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล, กรณีปากคลอง 1 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล(คลองปลายตัน), และ กรณีเปิด - ปิดประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ได้แก่ ความสูงคลื่นและคาบคลื่น ดังนั้นการทดลองจึงออกแบบเพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ โดยกำหนดให้ตัวแปรการทดลอง คือขนาดความสูงคลื่นอยู่ในช่วง 0.3–1.2 เซนติเมตร และคาบคลื่นอยู่ในช่วง 160 – 500 วินาที โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้ (ขั้นตอนการทดลองในแต่ละกรณีแสดงในรูป 3-9 และตาราง 3-1)

1.เติมน้ำลงในแอ่งคลื่น ปรับท่อควบคุมระดับน้ำให้มีความลึกที่ปากคลอง 9 เซนติเมตร รอจนกระทั่งน้ำไม่ไหลล้นท่อควบคุมระดับ แล้วอุดท่อ ตั้งค่าเครื่องมือวัดความสูงคลื่นที่ส่วนรับสัญญาณเท่ากับ 0 พร้อมทั้งบันทึกค่าระดับน้ำ ณ. ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือวัดความสูงคลื่นต่างๆ

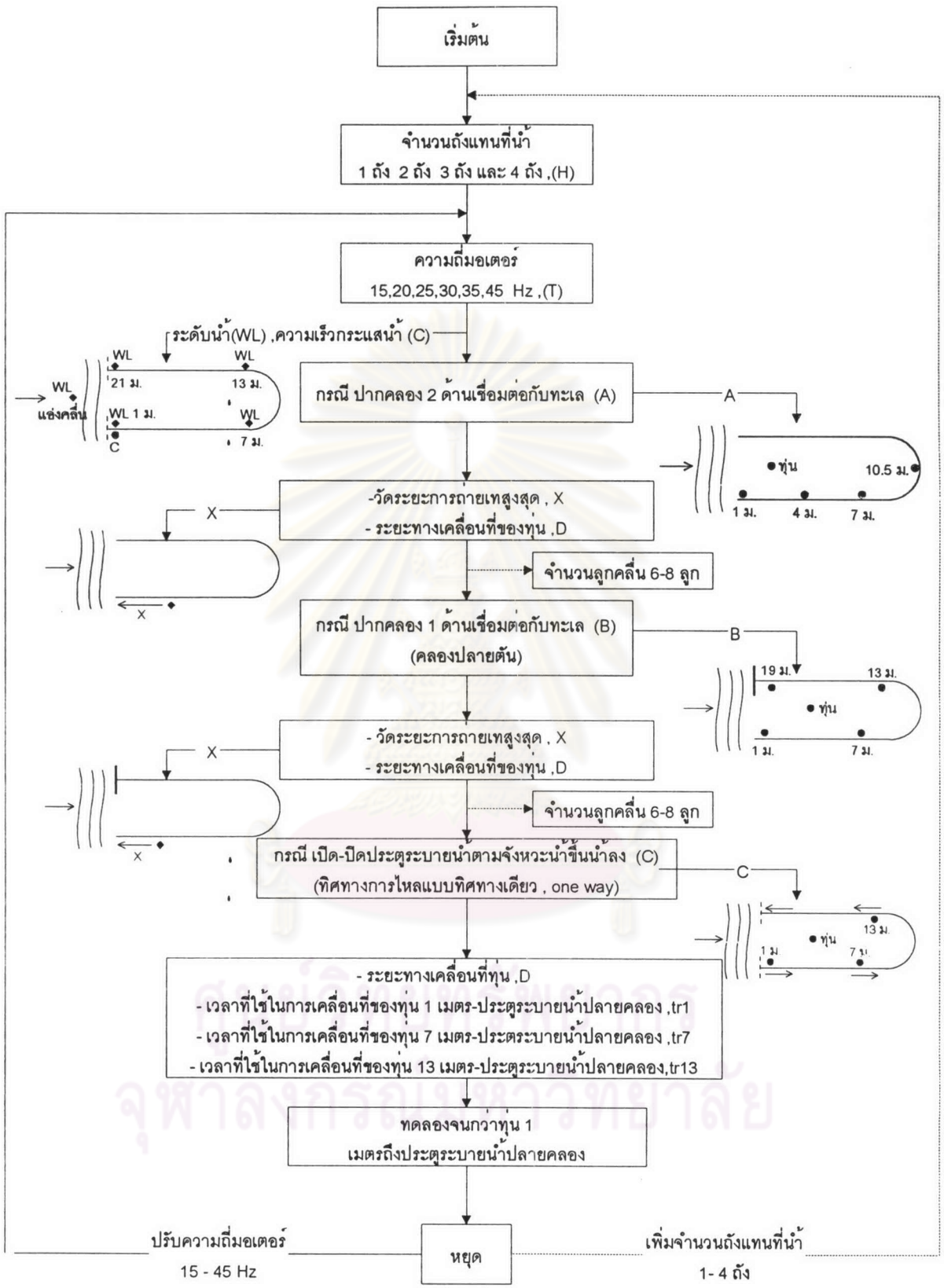
2. ปรับความเร็วมอเตอร์ของเครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงตามที่กำหนดไว้

3.เปิดประตูระบายน้ำปลายคลองทั้ง 2 ด้าน พร้อมปล่อยทุ่น ณ.ตำแหน่งต่างๆ ของทางน้ำที่กำหนดไว้

4.เดินเครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง บันทึกข้อมูลจากเครื่องวัดความสูงคลื่น และบันทึกระยะทางเคลื่อนที่ของทุ่น จนได้จำนวนลูกคลื่นประมาณ 6-8 ลูก

5.ปิดประตูระบายน้ำด้านปลายคลอง 1 ด้านพร้อมปล่อยทุ่นณ.ตำแหน่งต่างๆตามทางน้ำที่กำหนดไว้

6.เปิดประตูระบายน้ำต้นคลอง-ปิดประตูระบายน้ำปลายคลอง (ทิศทางการไหลทิศทางเดียว) ขณะน้ำขึ้น บันทึกระยะทางเคลื่อนที่ของทุ่น ณ.ตำแหน่งต่างๆของทางน้ำ, ปิดประตูระบายน้ำ



รูป 3-9 แผนผังการทดลองชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง

ตาราง 3-1 กรณีการทดลองชลศาสตร์ของการชะล้างน้ำในคลองโดยน้ำขึ้นน้ำลง

กรณี		จำนวนถังแทนที่น้ำ 1 ถัง[1]	จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง[1]	จำนวนถังแทนที่น้ำ 3 ถัง[1]	จำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ถัง[1]
ปากคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล (A)	T15[2]	AH1T15	AH2T15	AH3T15	AH4T15
	T20	AH1T20	AH2T20	AH3T20	AH4T20
	T25	AH1T25	AH2T25	AH3T25	AH4T25
	T30	AH1T30	AH2T30	AH3T30	AH4T30
	T35	AH1T35	AH2T35	AH3T35	AH4T35
	T45	AH1T45	AH2T45	AH3T45	AH4T45
ปากคลอง 1 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล (B) (คลองปลายตัน)	T15	BH1T15	BH2T15	BH3T15	BH4T15
	T20	BH1T20	BH2T20	BH3T20	BH4T20
	T25	BH1T25	BH2T25	BH3T25	BH4T25
	T30	BH1T30	BH2T30	BH3T30	BH4T30
	T35	BH1T35	BH2T35	BH3T35	BH4T35
	T45	BH1T45	BH2T45	BH3T45	BH4T45
เปิด-ปิดประตูน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง (C)	T15	CH1T15	CH2T15	CH3T15	CH4T15
	T20	CH1T20	CH2T20	CH3T20	CH4T20
	T25	CH1T25	CH2T25	CH3T25	CH4T25
	T30	CH1T30	CH2T30	CH3T30	CH4T30
	T35	CH1T35	CH2T35	CH3T35	CH4T35
	T45	CH1T45	CH2T45	CH3T45	CH4T45

หมายเหตุ 1) H1 = จำนวนถังแทนที่น้ำ 1 ถัง (ความสูงคลื่น0.3 ซม.) H2 = จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง (ความสูงคลื่น 0.6 ซม.)
H3 = จำนวนถังแทนที่น้ำ 3 ถัง (ความสูงคลื่น 0.9 ซม.), H4 = จำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ถัง (ความสูงคลื่น 1.2 ซม.)

2) T15(คาบคลื่น 500 ± วินาที), T20(คาบคลื่น 390 ± วินาที), T25(คาบคลื่น 290 ± วินาที)
T30(คาบคลื่น 250 ± วินาที), T35(คาบคลื่น 200 ± วินาที), T45(คาบคลื่น 160 ± วินาที)

ต้นคลอง – เปิดประตูระบายน้ำปลายคลองขณะน้ำลง บันทึกระยะทางเคลื่อนที่ของทุ่น และเปิด-ปิดสวิทช์บันทึกเวลาการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำ ทำเช่นเดียวกันตลอดจนกว่าทุ่น 1 ที่ประตูต้นคลองเดินทางไปถึงประตูปลายคลอง แล้วหยุดเครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลง

7.ทำเช่นเดียวกับ 1 – 6 โดยเปลี่ยนความเร็วเครื่องกำเนิดน้ำขึ้นน้ำลงอีก 6 ระดับ

8.ทำเช่นเดียวกับ 1 – 7 โดยเปลี่ยนจำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ระดับ

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์รวมทั้งสิ้น 24 กรณี โดยในแต่ละกรณีการทดลอง ใช้เวลาเดินเครื่องต่อเนื่องประมาณ 60 – 360 นาที ซึ่งหลังจากเสร็จการทดลองใดๆก็ตาม ก่อนจะทำการทดลองต่อไปต้องรอให้ระดับน้ำในทางน้ำนิ่งเสียก่อน เนื่องจากหลังจากการทำการทดลองเสร็จในแต่ละกรณีอิทธิพลการเคลื่อนที่ของคลื่นในทางน้ำยังมีอยู่ ซึ่งต้องใช้เวลาให้ระดับน้ำนิ่ง สำหรับเวลาที่ทำให้ระดับน้ำนิ่งในแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 30 – 60 นาที

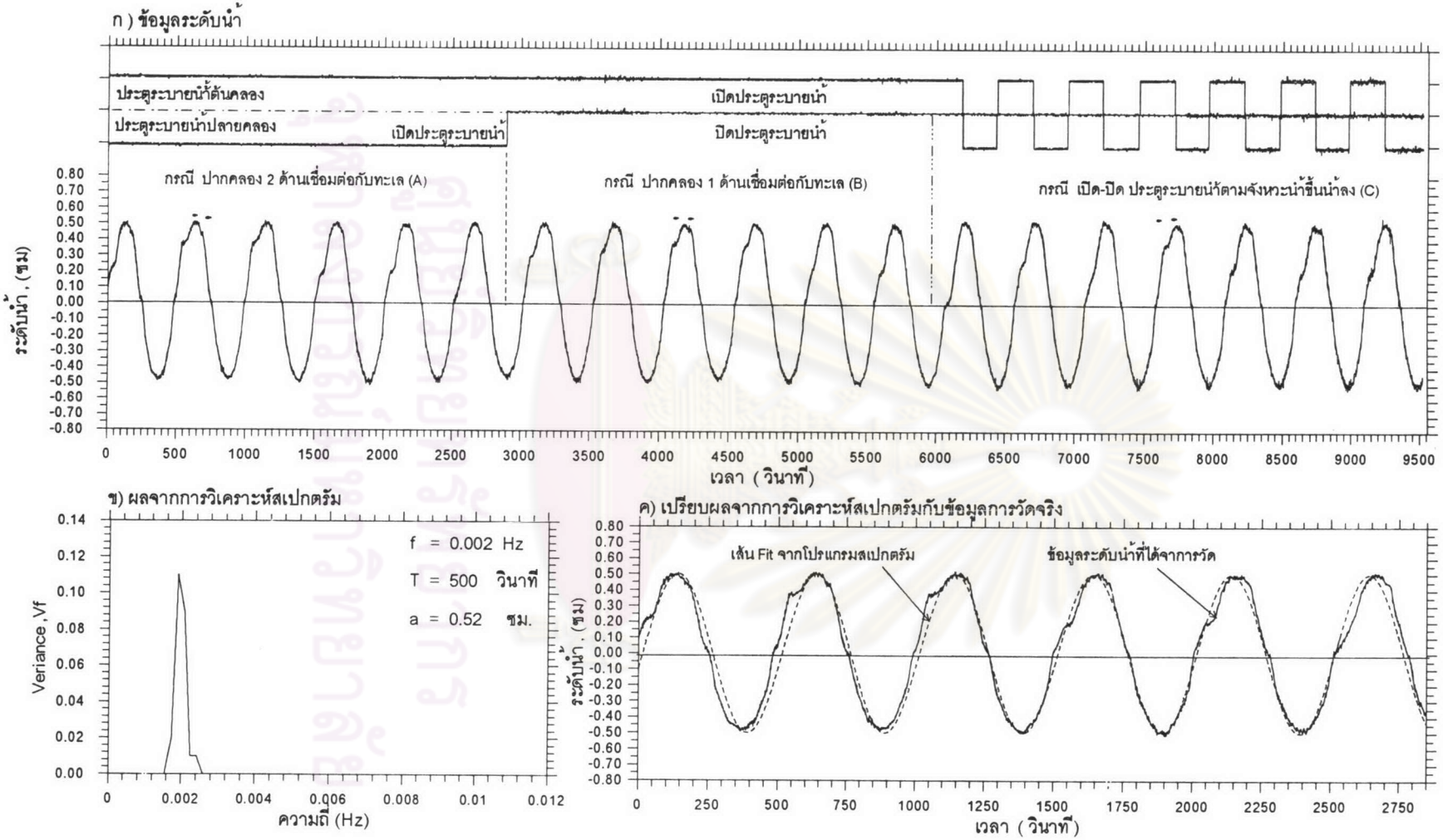
3.4 ลักษณะข้อมูลการทดลอง

จากการศึกษาทดลองในลักษณะต่างๆตามที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา ข้อมูลจากการทดลองที่ได้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ

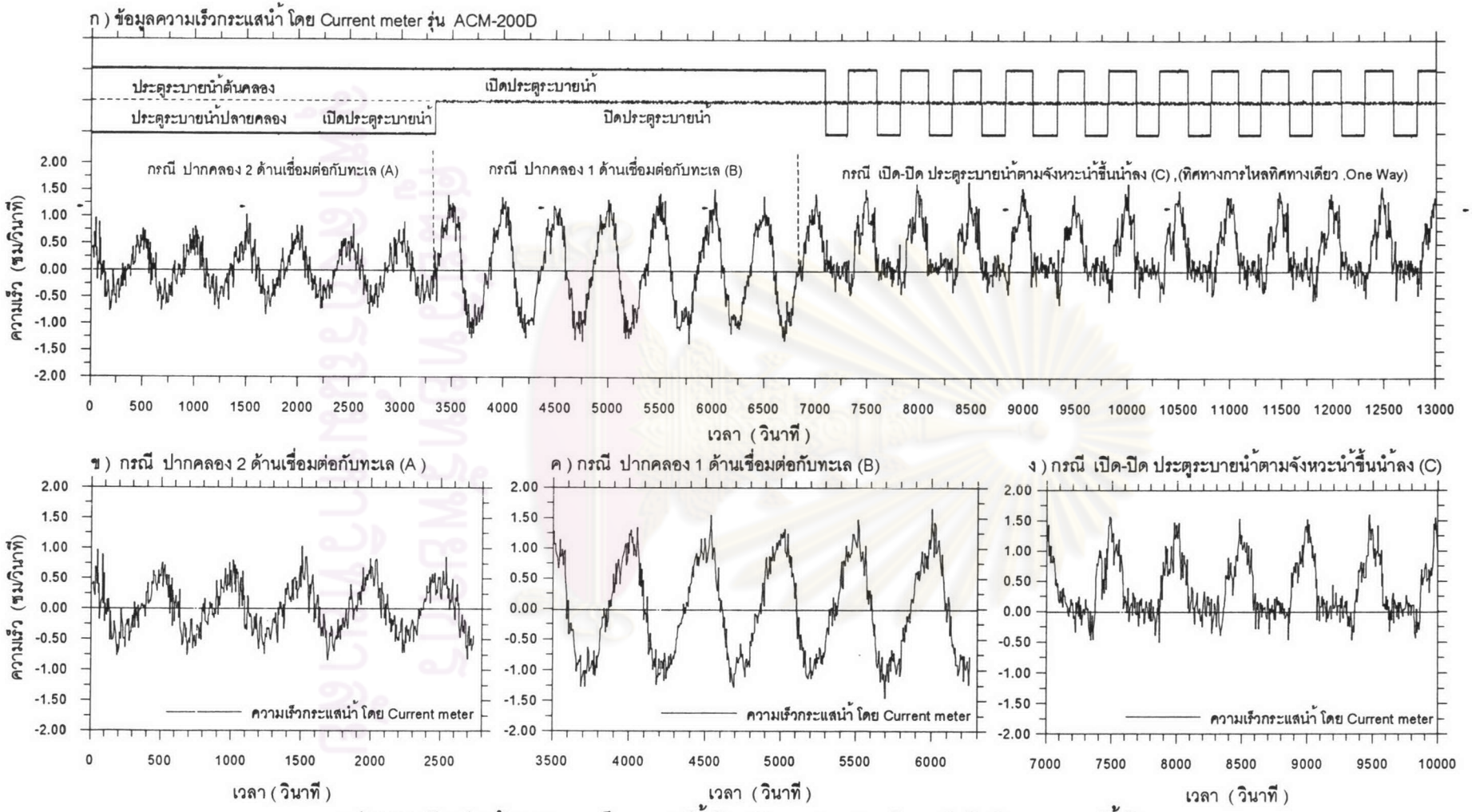
1) ลักษณะคลื่นจากการบันทึกด้วยคอมพิวเตอร์ โดยรับสัญญาณจากเครื่องมือวัดความสูงคลื่น ข้อมูลที่บันทึกได้เป็นข้อมูลระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยที่ค่าระดับน้ำที่บันทึกเป็นระดับน้ำเทียบกับค่าระดับน้ำอ้างอิงที่ตำแหน่งนั้นๆ ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละการทดลองตั้งแต่ 60-360 นาที ขึ้นอยู่กับกรณีการทดลอง ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการบันทึกดังแสดงใน รูป 3-10ก ซึ่งสามารถนำมาคำนวณคาบเวลาการขึ้นลงและความสูงคลื่นจากโปรแกรมสเปกตรัม (ชัชชัย,2545)

2) ลักษณะความเร็วกระแสน้ำจากการบันทึก มีตำแหน่งวัดความเร็วกระแสน้ำบริเวณประตูระบายน้ำต้นคลองเพียงจุดเดียว ข้อมูลที่บันทึกเป็นข้อมูลความเร็วกระแสน้ำที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ความเร็วที่บันทึกเป็นความเร็วที่ตั้งค่าศูนย์ที่น้ำนิ่ง โดยมีระยะเวลาการเก็บเท่ากับการเก็บข้อมูลของระดับน้ำ ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการบันทึกดังแสดงในรูป 3-11ก ซึ่งสามารถนำมาคำนวณคาบเวลาการขึ้นลงและความสูงคลื่นจากโปรแกรมสเปกตรัม

3) ลักษณะของข้อมูลทุ่น (แท่งลอย) เป็นตัวแทนการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำในแบบจำลอง โดยมีการวางตำแหน่งทุ่นตลอดทางน้ำในแต่ละกรณีการทดลองโดยที่ระยะการเคลื่อนที่ของทุ่น, D จะขึ้นลงตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นค่าความเร็วกระแสน้ำในแต่ละตำแหน่งที่วาง



รูป3-10 ตัวอย่างผลจากการบันทึกระดับน้ำด้วยเครื่องมือวัดความสูงคลื่น และผลจากการวิเคราะห์สเปกตรัม
กรณี ความสูงคลื่น ≈ 1.00 ซม.(จำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ถัง) คาบคลื่น ≈ 500 วินาที



รูป 3-11 ตัวอย่างข้อมูลความเร็วกระแสน้ำ โดย Current meter ตำแหน่งวัดประตูระบายน้ำต้นคลอง

กรณี ความสูงคลื่น ≈ 0.6 ซม.(จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น ≈ 500 วินาที

ทุ่น จากช่วงเวลาที่ใช้ในการขึ้นลงของระดับน้ำ $V = D/t$, $t \approx T/2$ ซึ่งในการทดลองจะทำการวัดระยะการเคลื่อนที่ของทุ่น ขึ้น-ลง จำนวน 6-8 ลูกคลื่น ในแต่ละตำแหน่งที่กำหนดไว้ดังตัวอย่างตาราง 3-2 ถึง 3-4 สำหรับรายละเอียดในแต่ละกรณีการทดลองแสดงในภาคผนวก ข,ค,ง ตามลำดับ

3.5 ผลการวิเคราะห์สเปกตรัม

จากรูป 3-10ก และ 3-11ก จะเห็นว่ากราฟข้อมูลระดับ และความเร็วกระแสน้ำมีคลื่นอื่นแทรกอยู่ด้วยมาก โดยเฉพาะจากเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่มีหัวรับสัญญาณเป็นแม่เหล็ก ทำให้มีความอ่อนไหวต่อสัญญาณรบกวนที่เป็นคลื่นไฟฟ้า จึงนำสเปกตรัมมาใช้ในการแยกคลื่นที่มีนัยสำคัญและตั้งสมมุติฐานว่า การที่คลื่นมีลักษณะเช่นนี้ อาจเกิดจากการสอดแทรกของคลื่นรบกวน (noise) ตัวอย่างผลการวิเคราะห์สเปกตรัมของข้อมูลความเร็วกระแสน้ำ ดังรูป 3-12 จะเห็นได้ว่าค่าความเร็วกระแสน้ำ ที่มีนัยสำคัญมีความเด่นชัดกว่าคลื่นอื่นๆ โดยที่คลื่นอื่นๆ เป็นคลื่นที่มีขนาดเล็กมาก และมีความถี่ที่แตกต่างกันออกไป เมื่อมีการเทียบคาบคลื่นที่ได้จากสเปกตรัมกับคาบคลื่นที่สร้างขึ้นจากชุดกำเนิดคลื่นที่ใช้กระบวนการแทนที่น้ำแบบยกขึ้น-ลง ต่อเนื่องกันไปเป็นลักษณะของคลื่นที่ขึ้น-ลงแบบวงกลม หรือคลื่นแบบฮาร์มอนิกในการทดลอง พบว่าใกล้เคียงกันทั้งข้อมูลระดับน้ำและความเร็วกระแสน้ำ จึงสามารถเลือกคลื่นลูกนี้เป็นคลื่นที่มีนัยสำคัญและนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้

สำหรับตัวอย่างตารางสรุปรายละเอียดคลื่นจากการวิเคราะห์สเปกตรัมแสดงในตาราง 3-5 ส่วนรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข, ค, ง ตามลำดับ และรายละเอียดความเร็วกระแสน้ำจากการวิเคราะห์สเปกตรัมแสดงในตาราง 3-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3-2 ตัวอย่างตารางระยะเคลื่อนที่ทุ่นสุทธิและความเร็วทุ่น กรณี ปากคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล ความสูงคลื่น 0.54 ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น 510 วินาที

จำนวนลูกคลื่น	ระยะเคลื่อนที่ทุ่นสุทธิ (ม)								ความเร็วทุ่น (ซม./วินาที)							
	ทุ่น 1.ม		ทุ่น4.ม		ทุ่น 7.ม		ทุ่น 10.5 ม.		ทุ่น 1.ม		ทุ่น4.ม		ทุ่น 7.ม		ทุ่น 10.5 ม.	
	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง
1	1.09	1.09	0.71	0.61	0.24	0.41	0.04	0.05	0.44	0.44	0.28	0.24	0.10	0.16	0.02	0.02
2	1.57	1.57	0.55	0.56	0.29	0.27	0.05	0.14	0.63	0.63	0.22	0.22	0.12	0.11	0.02	0.06
3	1.00	1.00	0.60	0.42	0.28	0.47	0.04	0.11	0.40	0.40	0.24	0.17	0.11	0.19	0.02	0.04
4	1.46	1.46	0.47	0.58	0.35	0.34	0.03	0.01	0.58	0.58	0.19	0.23	0.14	0.14	0.01	0.00
5	1.70	1.70	0.53	0.46	0.21	0.40	0.01	0.05	0.68	0.68	0.21	0.18	0.08	0.16	0.00	0.02
6	1.95	1.95	0.64	0.61	0.46	0.51	0.07	0.00	0.78	0.78	0.26	0.24	0.18	0.20	0.03	0.00

ตาราง 3-3 ตัวอย่างตารางระยะเคลื่อนที่ทุ่นสุทธิและความเร็วทุ่น กรณี ปากคลอง 1 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น 495 วินาที

จำนวนลูกคลื่น	ระยะเคลื่อนที่ทุ่นสุทธิ (ม)								ความเร็วทุ่น (ซม./วินาที)							
	ทุ่น 1.ม		ทุ่น 7.ม		ทุ่น13.ม		ทุ่น 19 ม.		ทุ่น 1.ม		ทุ่น 7.ม		ทุ่น13.ม		ทุ่น 19 ม.	
	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง
1	2.00	2.00	1.46	1.00	0.55	0.92	0.10	0.10	0.80	0.80	0.58	0.40	0.22	0.37	0.04	0.04
2	2.74	2.74	0.95	1.09	0.68	1.02	0.10	0.20	1.10	1.10	0.38	0.44	0.27	0.41	0.04	0.08
3	2.00	2.00	1.32	1.13	0.64	0.93	0.10	0.30	0.80	0.80	0.53	0.45	0.26	0.37	0.04	0.12
4	2.48	2.48	1.25	1.05	0.68	0.89	0.40	0.25	0.99	0.99	0.50	0.42	0.27	0.36	0.16	0.10
5	3.08	3.08	1.55	1.17	0.38	0.61	0.35	0.30	1.23	1.23	0.62	0.47	0.15	0.24	0.14	0.12
6	2.00	2.00	1.58	1.11	0.80	0.76	0.30	0.20	0.80	0.80	0.63	0.44	0.32	0.30	0.12	0.08

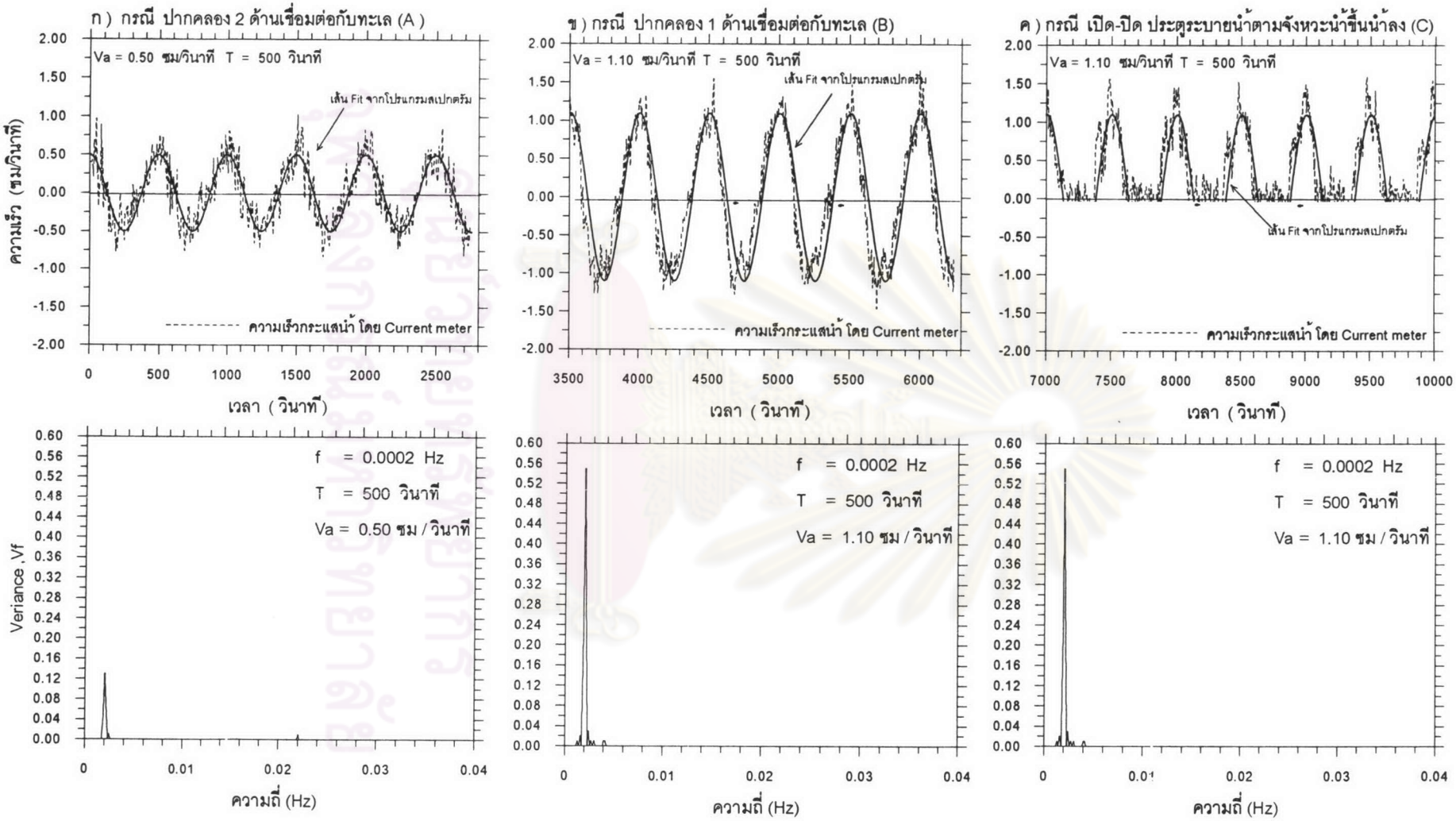
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3-4 ตัวอย่างตารางระยะเคลื่อนที่ทุ่นสุทธิและความเร็วทุ่น กรณี เปิด-ปิดประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ความสูงคลื่น 0.56 ซม. (จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง) คาบคลื่น 500 วินาที

จำนวนลูกคลื่น	ระยะเคลื่อนที่ทุ่นสุทธิ (ม)						ความเร็วทุ่น (ซม./วินาที)					
	ทุ่น 1.ม		ทุ่น 7.ม		ทุ่น 13.ม		ทุ่น 1.ม		ทุ่น 7.ม		ทุ่น 13.ม	
	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง	น้ำขึ้น	น้ำลง
1	1.60	0.17	1.27	0.39	0.70	0.81	0.70	0.07	0.51	0.16	0.28	0.32
2	1.55	0.33	1.00	0.51	0.49	1.10	0.62	0.13	0.40	0.20	0.20	0.44
3	1.32	0.26	0.68	0.55	0.20	1.15	0.53	0.10	0.27	0.22	0.08	0.46
4	1.22	0.36	0.50	0.77	0.20	1.20	0.49	0.14	0.20	0.31	0.08	0.48
5	1.15	0.46	0.49	0.79	0.00	1.40	0.46	0.18	0.20	0.32	0.00	0.56
6	0.78	0.45	0.67	1.00	0.00	0.75	0.31	0.18	0.27	0.40	0.00	0.30
7	0.55	0.60	0.32	1.16			0.22	0.24	0.13	0.46		
8	0.40	0.62	0.35	1.17			0.16	0.25	0.14	0.47		
9	0.52	0.93	0.12	1.36			0.21	0.37	0.05	0.54		
10	0.43	1.10	0.00	0.90			0.17	0.44	0.00	0.36		
11	0.35	1.15					0.14	0.46				
12	0.18	1.37					0.07	0.55				
13	0.17	1.33					0.07	0.53				
14	0.00	0.65					0.00	0.76				

หมายเหตุ 1) น้ำขึ้น (เปิดประตูระบายน้ำต้นคลองรับน้ำเข้าคลอง) , 2) น้ำลง (เปิดประตูระบายน้ำปลายคลองปล่อยน้ำออกจากคลอง)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 4-3 ตัวอย่างการวิเคราะห์สเปกตรัม ความเร็วกระแสน้ำ โดย Current meter กรณี ความสูงคลื่น ≈ 0.6 ซม. คาบคลื่น ≈ 500 วินาที

ตาราง 3-5 ตัวอย่างตารางสรุปรายละเอียดคลื่นจากการวิเคราะห์สเปกตรัม กรณีปากคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล

กรณี	ตำแหน่งเครื่องวัดระดับน้ำ															
	แอ่งกำเนิดคลื่น			ประตูน้ำต้นคลอง			7 ม.จากประตูน้ำต้นคลอง			13 ม.จากประตูน้ำต้นคลอง			ประตูน้ำปลายคลอง			คาบคลื่น,T
	f	a	δ	f	a	δ	f	a	δ	f	a	δ	f	a	δ	วินาที
จำนวนถังแทนที่น้ำ 1 ถัง																
T_{15}	0.002	0.180	0.580	0.002	0.110	0.630	0.002	0.190	0.650	0.002	0.120	0.600	0.002	0.190	0.630	518
T_{20}	0.003	0.200	-4.490	0.003	0.150	-4.090	0.003	0.110	-4.700	0.003	0.170	4.170	0.003	0.210	-5.050	362
T_{25}	0.004	0.160	-5.280	0.004	0.150	5.000	0.004	0.100	5.000	0.004	0.160	5.000	0.004	0.190	5.000	282
T_{30}	0.004	0.260	-0.680	0.004	0.220	-0.700	0.004	0.100	-0.500	0.004	0.250	-0.710	0.004	0.270	-0.740	243
T_{35}	0.005	0.190	0.290	0.005	0.170	0.290	0.005	0.100	0.370	0.005	0.100	0.220	0.005	0.230	0.270	216
T_{45}	0.006	0.230	-0.090	0.006	0.170	-0.100	0.006	0.160	-0.100	0.006	0.200	-0.070	0.006	0.220	-0.150	169
จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง																
T_{15}	0.002	0.180	0.930	0.002	0.270	0.880	0.002	0.280	1.120	0.002	0.280	1.080	0.002	0.260	1.010	513
T_{20}	0.003	0.290	-1.650	0.003	0.270	-2.190	0.003	0.270	-1.400	0.003	0.200	1.400	0.003	0.260	-1.710	360
T_{25}	0.003	0.270	0.680	0.003	0.290	0.580	0.003	0.230	0.870	0.003	0.260	0.800	0.003	0.230	0.740	306
T_{30}	0.004	0.270	0.370	0.004	0.290	0.330	0.004	0.260	0.350	0.004	0.270	0.390	0.004	0.250	0.350	255
T_{35}	0.005	0.310	-6.260	0.005	0.300	-6.260	0.005	0.300	4.510	0.005	0.290	-0.020	0.005	0.290	-6.320	203
T_{45}	0.006	0.310	2.540	0.006	0.310	2.860	0.006	0.320	2.990	0.006	0.320	2.540	0.006	0.320	2.480	168
จำนวนถังแทนที่น้ำ 3 ถัง																
T_{15}	0.002	0.359	-1.350	0.002	0.380	0.890	0.002	0.370	-1.240	0.002	0.370	-1.330	0.002	0.380	-1.110	478
T_{20}	0.003	0.320	0.860	0.003	0.380	-1.340	0.003	0.410	1.150	0.003	0.400	1.080	0.003	0.390	1.000	391
T_{25}	0.003	0.310	-1.470	0.003	0.350	-1.480	0.003	0.350	-1.390	0.003	0.370	-1.420	0.003	0.360	-1.260	287
T_{30}	0.004	0.380	0.590	0.004	0.400	0.660	0.004	0.400	0.580	0.004	0.450	0.600	0.004	0.450	0.590	256
T_{35}	0.005	0.380	5.790	0.005	0.420	5.000	0.005	0.410	5.800	0.005	0.480	-5.000	0.005	0.480	0.300	219
T_{45}	0.006	0.370	0.960	0.006	0.380	0.970	0.006	0.450	0.900	0.006	0.480	0.900	0.006	0.430	1.060	166
จำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ถัง																
T_{15}	0.002	0.490	0.940	0.002	0.520	1.080	0.002	0.490	1.000	0.002	0.540	1.110	0.002	0.540	1.010	526
T_{20}	0.003	0.470	0.770	0.003	0.510	0.860	0.003	0.500	0.880	0.003	0.540	0.760	0.003	0.550	0.740	391
T_{25}	0.003	0.500	0.620	0.003	0.570	0.640	0.003	0.540	0.650	0.003	0.570	0.650	0.003	0.560	0.640	310
T_{30}	0.004	0.510	0.360	0.004	0.540	0.390	0.004	0.550	0.400	0.004	0.590	0.400	0.004	0.550	0.430	256
T_{35}	0.005	0.520	0.430	0.005	0.560	0.440	0.005	0.570	0.450	0.005	0.620	0.460	0.005	0.600	0.450	219
T_{45}	0.006	0.560	-1.150	0.006	0.580	-1.920	0.006	0.620	-1.930	0.006	0.630	0.000	0.006	0.580	-1.470	159

หมายเหตุ f = 1/T ความถี่ (เฮิร์ตซ์)

a = แอมพลิจูด (ซม.)

δ = เฟส (เรเดียน)

ตาราง 3-6 สรุปผลความเร็วกระแสน้ำจากการวิเคราะห์สเปกตรัม

กรณี ปากคลอง 2 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล					กรณี ปากคลอง 1 ด้านเชื่อมต่อกับทะเล					กรณี เปิด-ปิด ประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง				
กรณี		ความสูงคลื่น,H* (ซม.)	คาบคลื่น,T (วินาที)	Va** (ซม./วินาที)	กรณี		ความสูงคลื่น,H* (ซม.)	คาบคลื่น,T (วินาที)	Va** (ซม./วินาที)	กรณี		ความสูงคลื่น,H* (ซม.)	คาบคลื่น,T (วินาที)	Va** (ซม./วินาที)
จำนวนถังแทนที่น้ำ 1 ถัง	T15	0.22	520	0.22	จำนวนถังแทนที่น้ำ 1 ถัง	T15	0.24	490	0.50	จำนวนถังแทนที่น้ำ 1 ถัง	T15	0.28	495	0.50
	T20	0.30	360	0.35		T20	0.32	375	0.60		T20	0.32	370	0.60
	T25	0.30	280	0.34		T25	0.34	290	0.80		T25	0.40	290	0.80
	T30	0.44	240	0.44		T30	0.44	240	0.94		T30	0.42	240	0.94
	T35	0.34	220	0.50		T35	0.32	220	1.26		T35	0.36	210	1.26
	T45	0.34	170	0.72		T45	0.28	170	1.99		T45	0.36	160	1.99
จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง	T15	0.54	510	0.51	จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง	T15	0.56	495	1.05	จำนวนถังแทนที่น้ำ 2 ถัง	T15	0.56	500	1.05
	T20	0.54	360	0.80		T20	0.60	370	1.20		T20	0.60	370	1.20
	T25	0.58	310	0.85		T25	0.52	295	1.35		T25	0.48	300	1.35
	T30	0.58	260	0.93		T30	0.62	250	2.18		T30	0.60	250	2.18
	T35	0.60	200	1.04		T35	0.62	210	2.65		T35	0.60	210	2.65
	T45	0.62	170	1.37		T45	0.62	170	4.19		T45	0.56	160	4.19
จำนวนถังแทนที่น้ำ 3 ถัง	T15	0.76	480	0.77	จำนวนถังแทนที่น้ำ 3 ถัง	T15	0.80	500	1.52	จำนวนถังแทนที่น้ำ 3 ถัง	T15	0.82	500	1.52
	T20	0.76	390	0.81		T20	0.80	380	2.00		T20	0.80	380	2.00
	T25	0.70	290	1.10		T25	0.62	290	2.60		T25	0.74	300	2.60
	T30	0.80	260	1.41		T30	0.80	250	3.15		T30	0.86	250	3.15
	T35	0.84	220	1.53		T35	0.84	210	3.69		T35	1.02	210	3.69
	T45	0.76	170	2.09		T45	0.75	160	5.69		T45	0.98	160	5.69
จำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ถัง	T15	1.04	525	0.99	จำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ถัง	T15	1.10	510	1.87	จำนวนถังแทนที่น้ำ 4 ถัง	T15	1.10	500	1.87
	T20	1.02	390	1.09		T20	1.10	370	2.69		T20	1.14	370	2.69
	T25	1.14	310	1.50		T25	1.20	300	3.40		T25	1.20	300	3.40
	T30	1.08	260	1.73		T30	1.10	240	4.18		T30	1.14	240	4.18
	T35	1.12	220	2.20		T35	1.10	200	5.32		T35	1.20	220	5.32
	T45	1.16	160	2.93		T45	1.40	170	7.94		T45	1.62	160	7.94

หมายเหตุ * ความสูงคลื่นตำแหน่งปากคลอง ** Va = แอมพิจูดความเร็วกระแสน้ำ ,ตำแหน่งวัดวัดบริเวณประตูระบายน้ำต้นคลอง