บทที่ 2

แบบจำลองชลศาสตร์ที่ใช้ตรวจสอบ

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาทางด้านวิศวกรรมชายฝั่ง ประกอบด้วยแบบจำลองทางชลศาสตร์ (hydraulic model) และแบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์ (mathmetical model) ซึ่งแต่ละแบบจำลองมีความเหมาะสมในการใช้ต่างกัน แต่สามารถเปรียบเทียบผลกันได้ ถึงแม้ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้แบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์ เพื่อที่จะศึกษาผลของคลื่น และกระแสการไหลจากแม่น้ำต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำก็ตาม แต่การพิจารณาผลจะเทียบกับผลการศึกษาที่เคยทำการทดลองด้วยแบบจำลองทางชลศาสตร์มาก่อนหน้านี้ เพื่อให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่กำหนดไว้ ในที่นี้จึงของทบทวนการศึกษาโดยแบบจำลองชลศาสตร์ที่มีมา

2.1 แบบจำลองชลศาสตร์

ในการศึกษาแบบจำลองชลศาสตร์ที่เคยศึกษามาก่อนนั้น ได้จัดทำขึ้นตามโครงการพัฒนาลุ่มแม่น้ำโกลกตอนล่าง โดยกรมชลประทานร่วมกับบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา SMEC จากออสเตรเลีย (โชคพิพัฒน์ (2532)) ซึ่งได้จำลองลักษณะสภาพจริงบริเวณปากแม่น้ำโกลกสำรวจโดยกรมเจ้าท่า เมื่อเดือนมิถุนายน 2526 มีขนาดกว้าง 22.75 เมตร ยาว 28.20 เมตร แบบจำลองประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็น pit เป็นที่ติดตั้ง wave paddle ส่วนที่เป็นพื้นปูนทราย (fixed bed) และส่วนที่เป็นพื้นทรายละเอียด (moveable bed) ดังแสดงในรูป 1-1 ในส่วนที่เป็นพื้นทรายใช้ทรายละเอียดที่มีขนาดเม็ดเฉลี่ย (d_{50}) ประมาณ 0.20 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูป 2-1

เครื่องสร้างคลื่น (wave generator) ดังแสดงในรูป 2-2 เป็นแบบ oscillate paddle โดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มนาฬิกา นำมาดัดแปลงให้มีการเคลื่อนที่แบบไป - กลับ ในแนวราบ เพื่อที่จะถ่ายพลังงานให้กับโมเลกุลของน้ำ เกิดเป็นลูกคลื่นเคลื่อนตัวต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา

การปรับเทียบเครื่องสร้างคลื่น โดยปรับตำแหน่งของช่วงชัก เพื่อสร้างคลื่นที่มีขนาดที่ต้องการความสัมพันธ์ระหว่างช่วงชัก (stoke) และขนาดคลื่นที่ระดับน้ำ +2.0 ซม. และ +4.0 ซม. ออกมาเป็นเส้นตรงดังรูป 2-3 และ รูป 2-4 จากความสัมพันธ์นี้ ทำให้สามารถสร้างคลื่นในขนาดที่ต้องการได้โดยการปรับช่วงชัก

เครื่องวัดคลื่น (Wave Probe) ดังแสดงในรูป 2-5 สามารวัดขนาดคลื่นได้โดยอาศัยหลักการ capacitance ของเส้นลวด sensor โดยที่การเพิ่มและลดลงของระดับน้ำ จะเป็นผลให้เกิด capacitance มากน้อยตามการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ ผลคลื่นที่วัดได้จะถูกส่งสัญญาณผ่านวงจรอิเลคทรอนิคส์แปลงสัญญาณส่งไปยังเครื่องบันทึกรูปคลื่น

เครื่องบันทึกรูปคลื่น (Wave Recorder) ดังแสดงในรูป 2-6 สามารถบันทึกคลื่นได้โดยการรับสัญาณจากเครื่องวัดคลื่น ซึ่งจะแสดงผลคลื่นโดยการใช้ปากกาขีดเส้นสีลงบนกระดาษบันทึก (graph chart) และให้ค่าความสูงคลื่นมีหน่วยเป็น volt สามารถแปลงหน่วยเซนติเมตรได้โดยการคูณกับค่าความลาดที่ได้จากการปรับแต่งเครื่องวัดคลื่นดังกล่าวข้างต้น รูป 2-7 แสดงตัวอย่างการบันทึกข้อมูลคลื่น

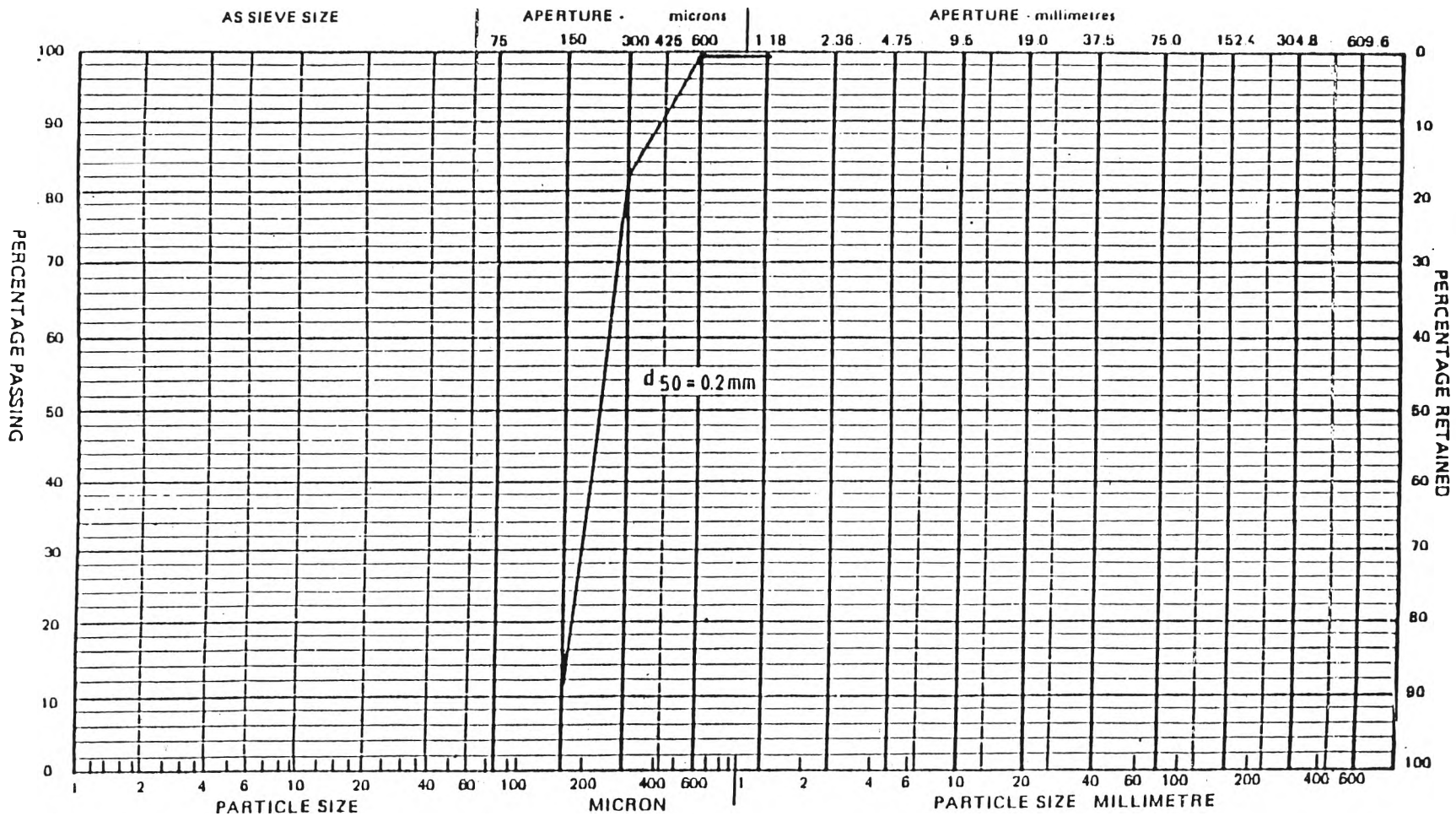
เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ ดังแสดงในรูป 2-8 เป็นเครื่องวัดขนาดเล็กประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ใบพัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.60 มิลลิเมตร และเครื่องแสดงผลแบบ analoque indicator สามารถใช้วัดความเร็วได้ตั้งแต่ 2.5-150 เซนติเมตร/วินาที

เครื่องจ่ายน้ำ เป็นเครื่องจ่ายน้ำให้กับแม่น้ำในแบบจำลองแบบฝายน้ำล้นตัววี (V-notch weir) ที่ใช้เป็นมาตรฐานสากล ขนาด 0.90 x 1.20 x 1.50 เมตร ดังแสดงในรูป 2-9 อัตราการจ่ายน้ำหลังการปรับเทียบแล้วขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของสมการต่อไปนี้

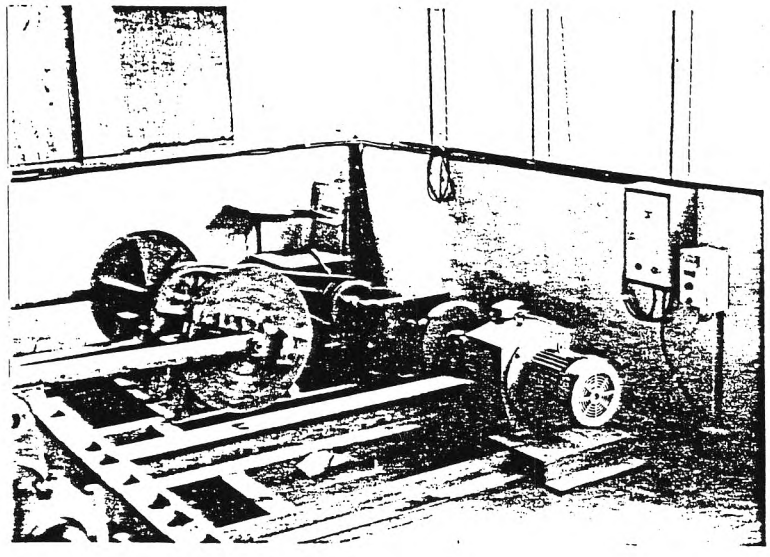
$$Q = 0.0147193\ H^{2.49} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่ Q = อัตราการจ่ายน้ำ , ลิตร/วินาที

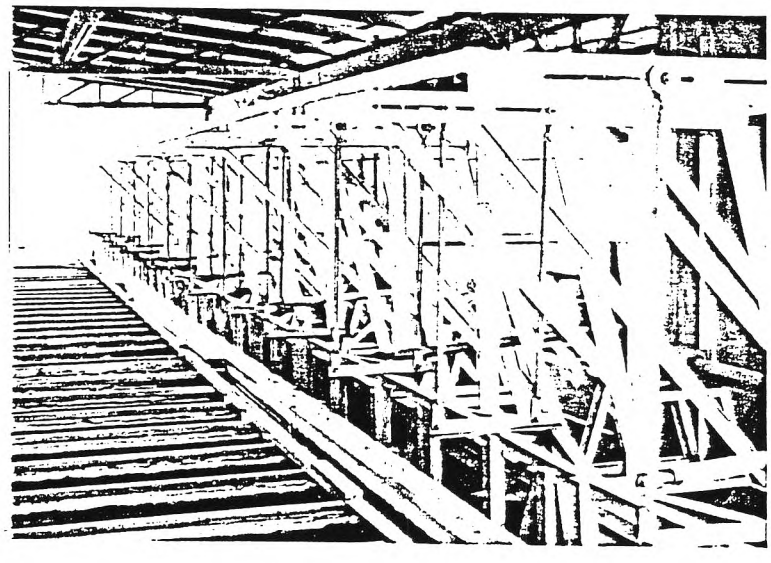
H = ความสูงของน้ำที่ไหลออกจากช่องเปิด, เซนติเมตร



รูป 2-1 การกระจายขนาดของเม็ดทรายที่ใช้ในแบบจำลองชลศาสตร์ (โชคพิพัฒน์ (2532))

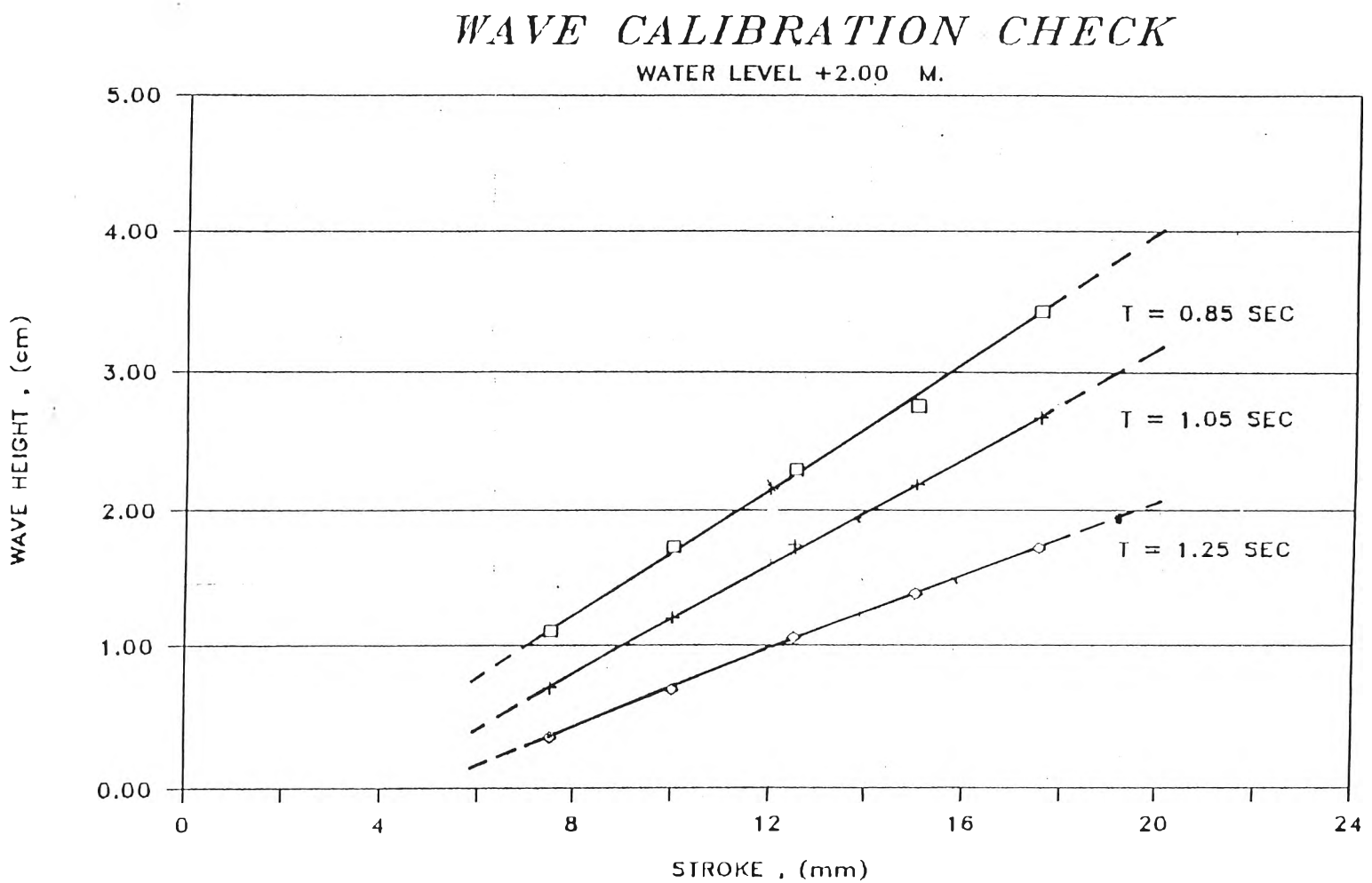


ก) ส่วนขับเคลื่อน

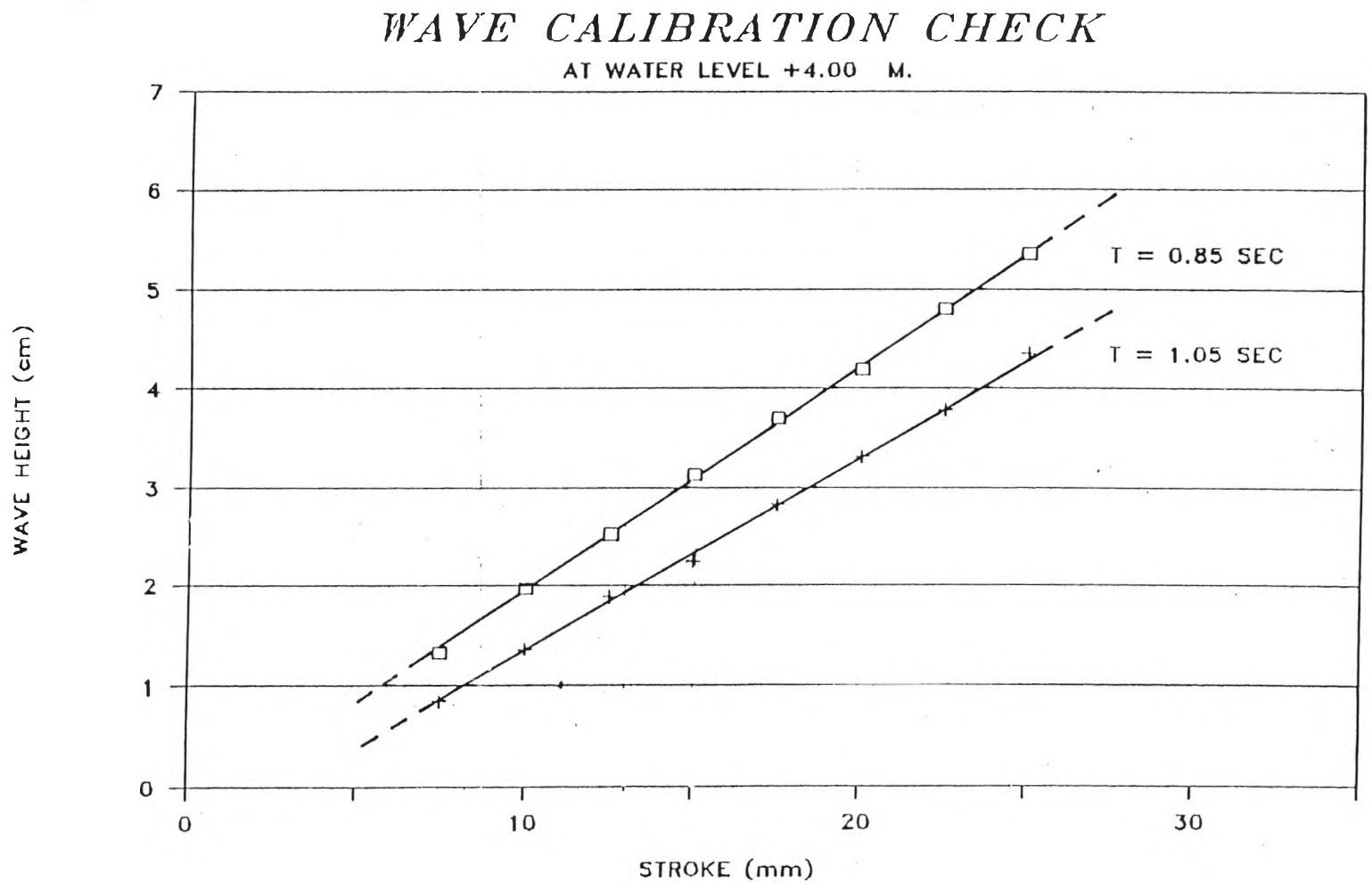


ข) แนวไม้สร้างเคลื่อน

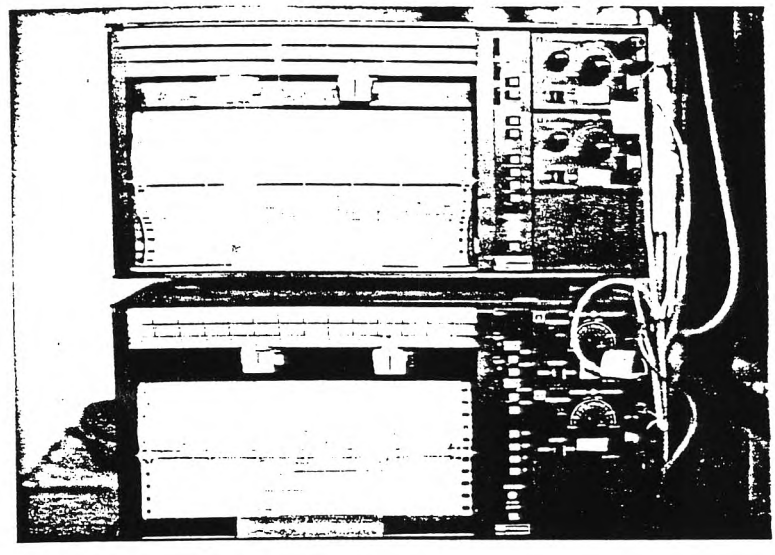
รูป 2-2 เครื่องสร้างคลื่น (โชคพิพัฒน์ (2532))



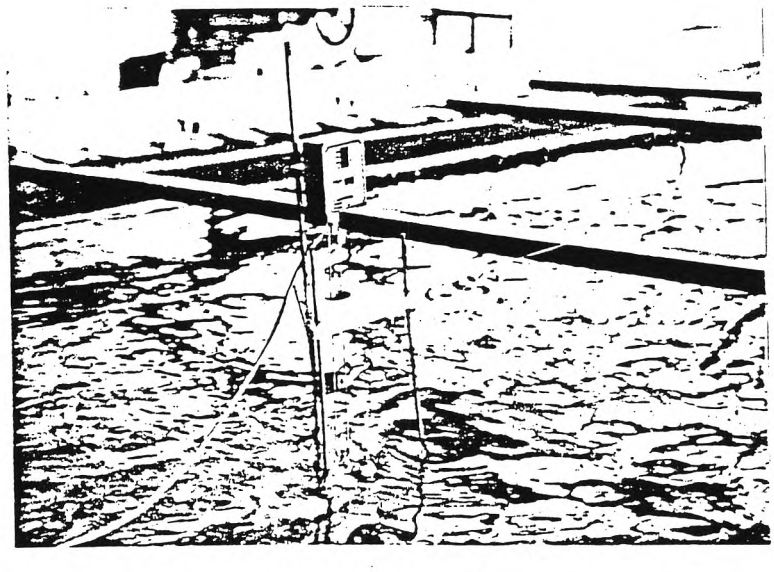
รูป 2-3 ความสัมพันธ์ความสูงคลื่นกับช่วงชัก (stroke) ที่ระดับน้ำ +2.00 ม. (โชคพิพัฒน์ (2532))



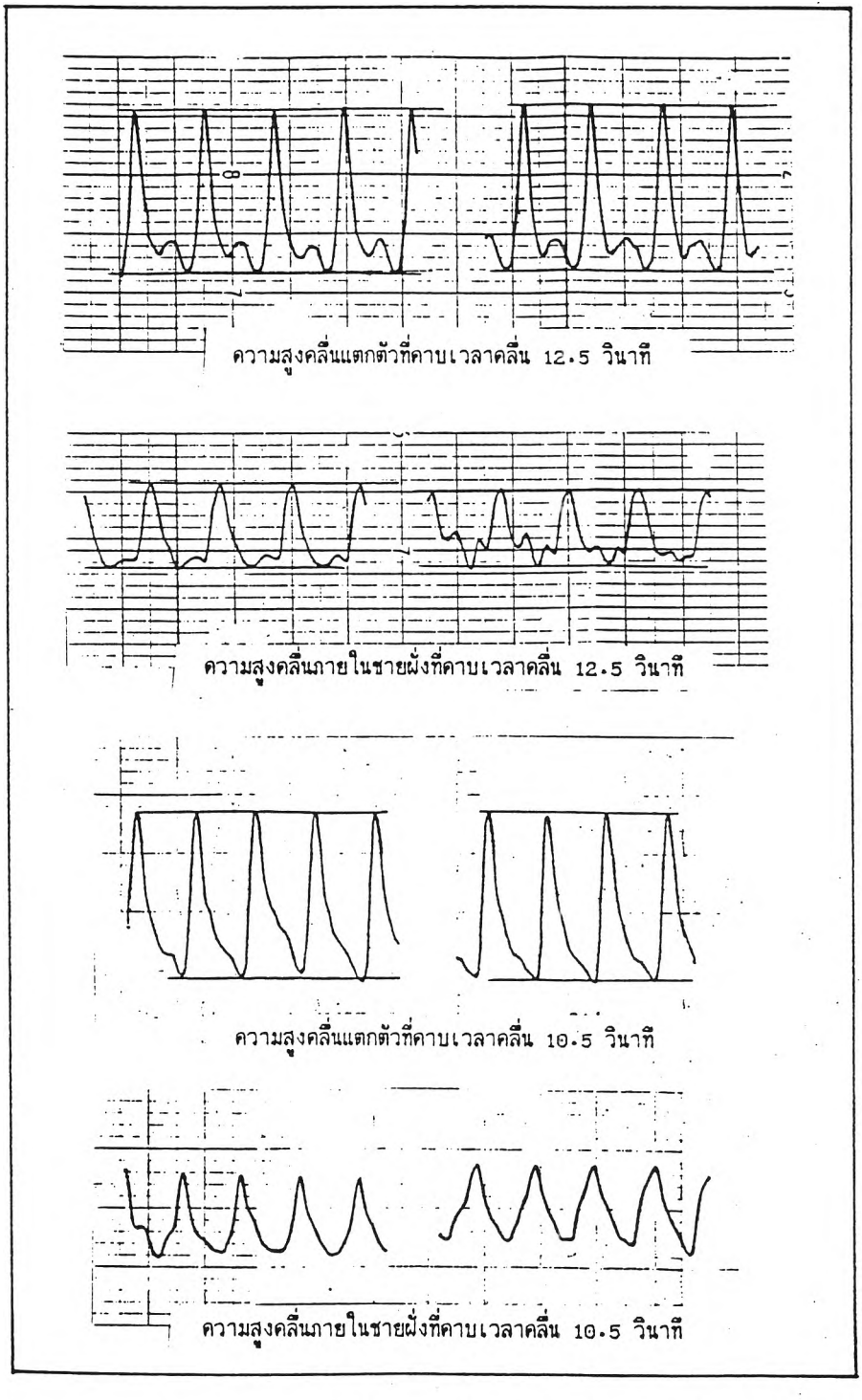
รูป 2-4 ความสัมพันธ์ความสูงคลื่นกับช่วงชัก (stroke) ที่ระดับน้ำ +4.00 ม. (โชคพิพัฒน์ (2532))



รูป 2-5 เครื่องบันทึกคลื่น (โชคพิพัฒน์ (2532))

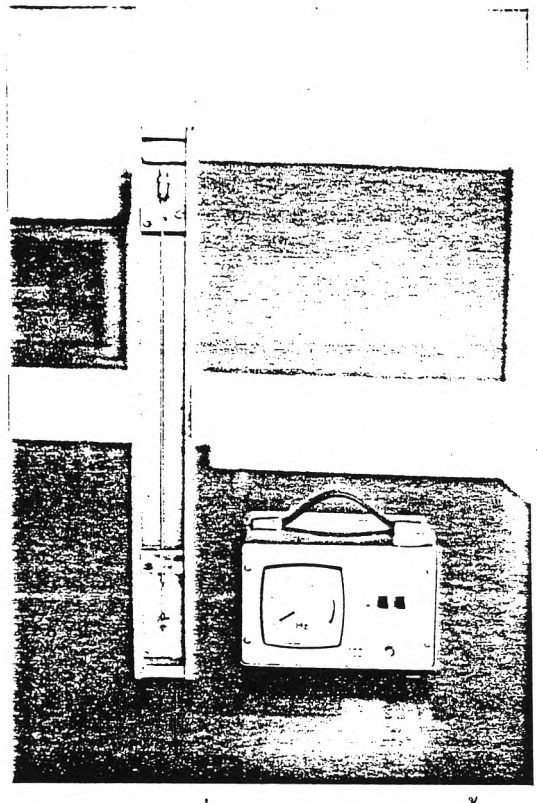


รูป 2-6 เครื่องวัดคลื่น (โชคพิพัฒน์ (2532))

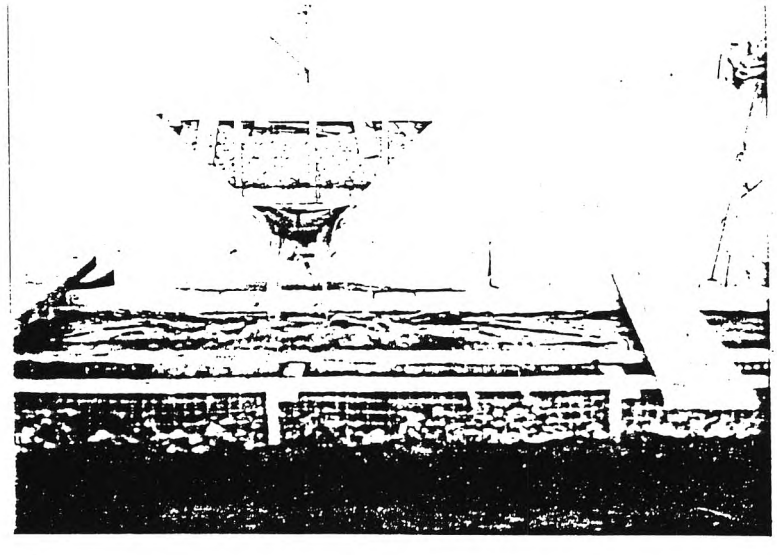


รูป 2-7 ตัวอย่างความสูงคลื่นจากเครื่องบันทึกคลื่น (โชคพิพัฒน์ (2532))

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 2-8 เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ



รูป 2-9 เครื่องจ่ายน้ำแบบฝายน้ำล้นตัววี (V-notch-weir) (โชคพิพัฒน์ (2532))

2.2 มาตราส่วนการทดลองในแบบจำลองชลศาสตร์

ในกรณีศึกษาเปรียบเทียบลักษณะคลื่นภายในชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ และลักษณะการไหลบริเวณปากแม่น้ำ จะใช้กรณีการทดลองเป็นชนิด undistorted model จะใช้มาตราส่วนเป็น 1 : 100 ส่วนการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะท้องน้ำชายฝั่ง เพื่อให้คลื่นภายในชายฝั่งมีขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะท้องน้ำชายฝั่งได้อย่างเด่นชัด ได้เลือกใช้แบบจำลองชนิด distorted model โดยมีมาตราส่วนแนวราบ 1:100 และแนวดิ่ง 1:74 สำหรับตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลองทั้งสองจะมีมาตราส่วน ดังตาราง 2-1

ตาราง 2-1 มาตราส่วนแบบจำลองชลศาสตร์ (โชคพิพัฒน์ (2532))

มาตราส่วน	ชนิด undistorted model	ชนิด distorted model
ความยาว	1 : 100	1 : 100
ความลึก	1 : 100	1 : 74
ความเร็ว	1 : 10	1 : 8.6
เวลา	1 : 10	1 : 11.62
การไหล	1 : 100,000	1 : 63,657

2.3 เงื่อนไขของการทดลอง

ในการทดลองศึกษาผลของคลื่นและกระแสน้ำต่อบริเวณปากแม่น้ำ โดยแบบจำลองจะทดลองศึกษาภายใต้กรณีมีและไม่มีคลื่น และกรณีมีและไม่มีกระแสน้ำจากแม่น้ำ ดังนั้นในการทดลองได้กำหนดเลือกคลื่น และกระแสน้ำจากแม่น้ำดังนี้

คลื่นที่จะจำลองมาใช้กับแบบจำลอง จะใช้คลื่นที่มีลักษณะเกิดขึ้นบ่อยครั้งทั้งในแง่ทิศทางและคาบเวลาคลื่น สำหรับคลื่นในบริเวณพื้นที่ศึกษาไม่เคยทำการสำรวจวัดคลื่นจริงมาก่อน จึงได้กำหนดเลือกคลื่นจากข้อมูลสถิติคลื่นน้ำลึกของทะเลจีนใต้เป็นตัวแทนคลื่น ซึ่งพบว่าคลื่นเหล็ก (dominant wave) เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ในทิศทางประมาณ N 60 E และมีคาบเวลาคลื่น 4, 6.5 และ 8.5 วินาที โดยมีความสูงคลื่นอยู่ในช่วง 1.50 - 3.00ม. (การทดลองกำหนด 1.50 - 3.00 ซม.) แต่เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้มีข้อจำกัดในการสร้างคลื่นที่มีคาบเวลาคลื่นสั้น จึงกำหนดเลือกใช้คาบเวลาคลื่น 8.5, 10.5 และ 12.5 วินาที (การทดลองกำหนด 0.90 , 1.10 และ 1.30 วินาที) ใช้ในการทดลองศึกษาแทน

ส่วนปริมาณการไหลจากแม่น้ำได้กำหนดเลือกปริมาณที่เกิดขึ้นจริงในแม่น้ำโกลกเช่นกันจากข้อมูลอุทกวิทยา พบว่าปริมาณการไหลมากสุดประมาณ 1,000 ลบ.ม./วินาที ทั้งนี้ยังไม่รวมปริมาณน้ำที่ไหลข้ามตลิ่งออกจากลำน้ำ ดังนั้นในการทดลองจึงกำหนดเลือกใช้ปริมาณน้ำจากแม่น้ำจากช่วง 500 - 1,500 ลบ.ม./วินาที (การทดลองกำหนด 0.005 - 0.015 ลบ.ม./วินาที) ทิศทางการไหลของกระแสน้ำหลังจากออกสู่ปากแม่น้ำแล้วได้จำลองสภาพการไหลตามข้อมูลสำรวจจริงของกรมเจ้าท่า เมื่อเดือนมิถุนายน 2526

การศึกษาลักษณะคลื่นภายในชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ และลักษณะกระแสการไหลที่เกิดขึ้นบริเวณปากแม่น้ำจะทดลองศึกษาโดยใช้แบบจำลองชนิด undistorted model ทดลองที่ระดับน้ำ +2.00 ม. (การทดลองกำหนด 2.00 ซม.) เพื่อให้สามารถสร้างคลื่นได้ในขนาดที่ต้องการ การศึกษาดังกล่าวจะหาแนวโน้มการเปลี่ยนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำร่วมกันของคลื่นทะเลและกระแสการไหลจากแม่น้ำ ภายใต้เงื่อนไขมีและไม่มีคลื่น และมีและไม่มีกระแสน้ำจากแม่น้ำ

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะท้องน้ำชายฝั่ง การใช้แบบจำลองชนิด undistorted model แล้ว พบว่าขนาดคลื่นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำช้ามาก ดังนั้นในการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำชายฝั่งบริเวณปากแม่น้ำ จึงจำเป็นต้องใช้แบบจำลองชนิด distorted model เพื่อให้คลื่นภายในชายฝั่งมีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะเพิ่มความรุนแรงในการพัดพาตะกอนให้เคลื่อนที่ได้ โดยการยกระดับน้ำขึ้นจาก +2.00 ม. เป็น +4.00 ม. (การทดลองกำหนด 4.00 ซม.) ซึ่งเป็นระดับเดียวกันกับการทดลองของ SMEC โครงการศึกษาพัฒนาลุ่มแม่น้ำโกลกตอนล่าง โดยให้เกิดความเร็วของกระแสคลื่น (orbital velocity) ต่อขนาดเม็ดทรายในสัดส่วนเดียวกับสภาพในทะเลจริง

ตาราง 2-2 แสดงคุณสมบัติคลื่นที่ใช้ในการทดลองแบบจำลองทางชลศาสตร์ และตาราง 2-3 แสดงเงื่อนไขทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองของแบบจำลองชลศาสตร์ ซึ่งในการศึกษาทางด้านแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้น จะเลือกใช้เฉพาะเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ (bottom profile change) เพื่อศึกษาอิทธิของคลื่น และกระแสน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำ

ตาราง 2-2 คุณสมบัติคลื่นที่ใช้ในการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์ (โชคพิพัฒน์ (2532))

MODEL TYPE	WAVE PERIOD T(Sec)	WAVE HEIGHT Hi (m)	DEPTH hi (m)	DEEP WATER WAVE Ho(m)	DEEP WATER WAVE LENGTH Lo(m)	WAVE STEEPNESS $Ho^{'}/Lo$
UNDISTORTED	8.5	2.30	46.00	2.30	112.71	0.0205
WL = +2.00 m.	10.5	2.00	46.00	2.10	171.99	0.0122
	12.5	1.70	46.00	1.90	243.75	0.0078
DISTORTED	8.5	2.70	48.00	2.80	112.71	0.0244
WL = +4.00 m.	10.5	2.50	48.00	2.60	171.99	0.0152

ตาราง 2-3 แสดงเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองแบบจำลองชลศาสตร์ (โชคพิพัฒน์ (2532))

No.	DESCRIPTION	WAVE PERIOD T (sec)	WAVE HEIGHT Hi (m)	DISCHARGE (cms) 0	500	750	1000	1250	1500
1	UNDISTORTED MODEL (WL = +2.00 m.)								
1.1	WAVE BREAKING & WAVE ATTENUATION	8.5	2.3	x	x		x		x
	INSIDE SURF ZONE	10.5	2.0	x	x		x		x
		12.5	1.75	x	x		x		x
1.2	WATER LEVEL CHANGE ALONG RIVER	no wave	no wave	x	x	x	x	x	
	MOUTH	8.5	2.3	x	x	x	x	x	
		10.5	2.0	x	x	x	x	x	
		12.5	1.75	x	x	x	x	x	
1.3	FLOW CHARACTERISTIC	no wave	no wave		x	x	x		
		8.5	2.3		x	x	x		
		10.5	2.0		x	x	x		
		12.5	1.75		x	x	x		
2	DISTORTED MODEL (WL = +4.00 m.)								
2.1	BOTTOM PROFILE CHANGE	8.5	2.70	x	x		x		
		10.5	2.50	x	x		x		

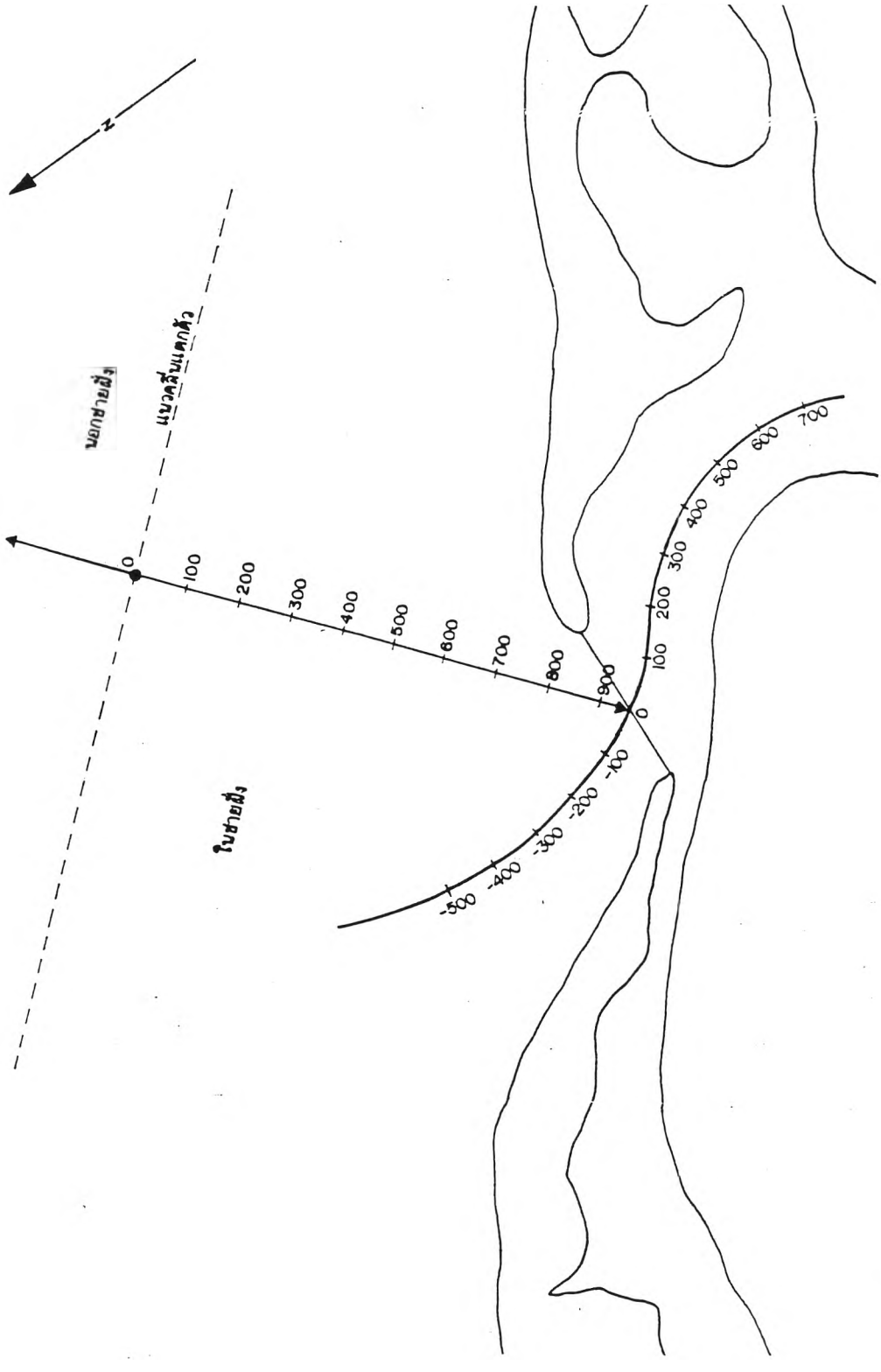
2.4 ตำแหน่งที่ใช้วัดผลของการทดลอง

ตำแหน่งที่ใช้วัดผลการทดลองของแบบจำลองชลศาสตร์ จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ด้วยกัน ซึ่งมีระยะทางอ้างอิงและตำแหน่งตัวแทนของพื้นที่ศึกษาแตกต่างกัน ตามลักษณะการเกิดหรือตามพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับอิทธิพลของคลื่นและกระแสน้ำ ซึ่งมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำขึ้นมา ดังนี้

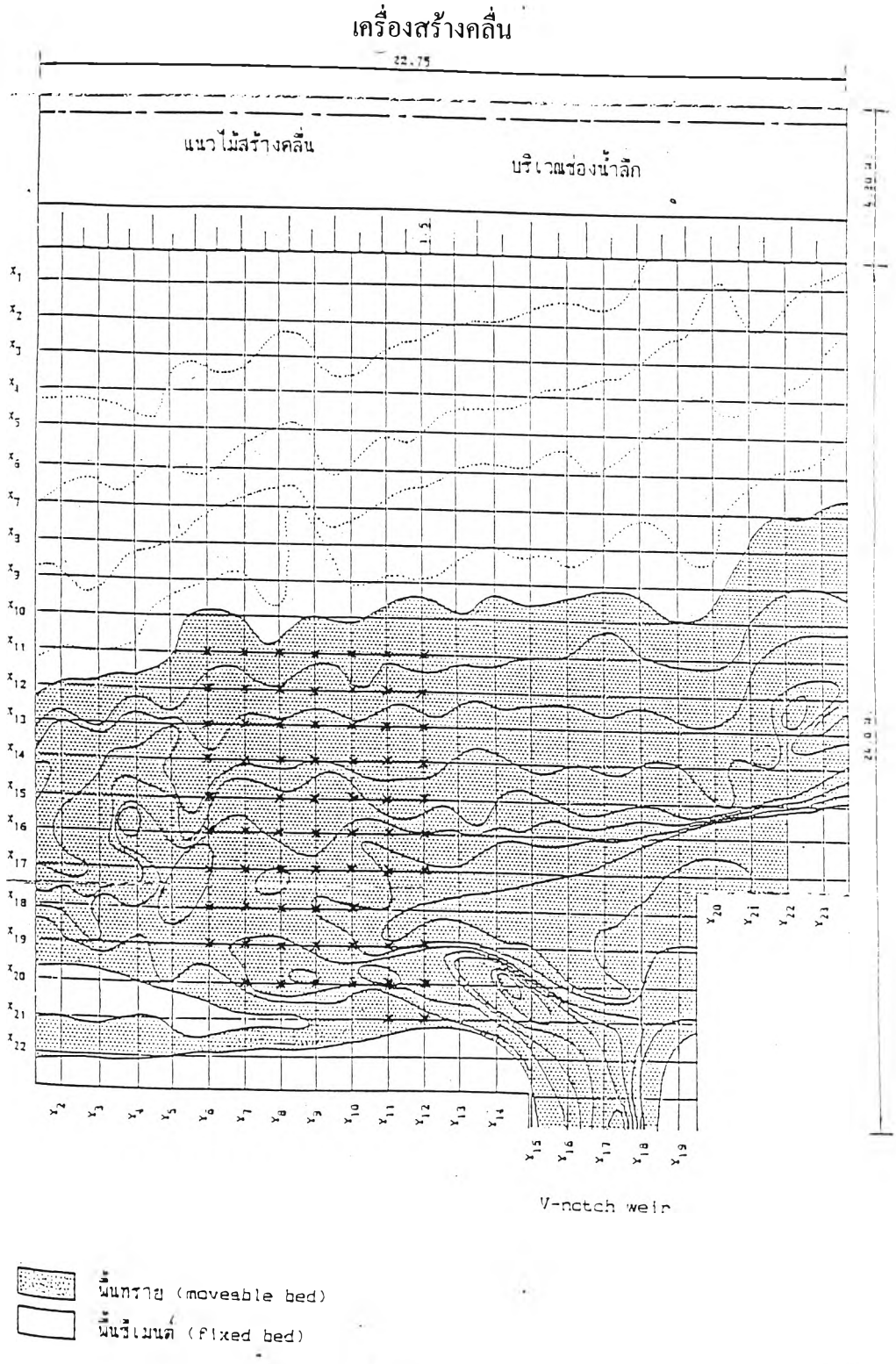
การทดลองการเปลี่ยนแปลงของคลื่นภายในชายฝั่งปากแม่น้ำ จะวัดผลการทดลองตามระยะทางในแนวอ้างอิงจากแนวคลื่นแตกตัวเข้าสู่ปากแม่น้ำ โดยมีแนวเริ่มต้น (ระยะทางเป็นศูนย์) ที่แนวคลื่นแตกตัวดังแสดงในรูป 2-10 ซึ่งเปรียบเทียบกับรูป 1-1 คือ แนว X10 สำหรับตำแหน่งการวัดต่าง ๆ ภายในชายฝั่ง (surf zone) กำหนดตามพิกัด (X,Y) มีทั้งสิ้น 70 จุด ดังแสดงในรูป 2-11 ซึ่งจะอยู่ในช่วง X11-X21 และ Y6-Y12

การทดลองระดับน้ำบริเวณปากแม่น้ำ การวัดความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำในอัตราการไหลจากแม่น้ำต่าง ๆ จะวัดผลการทดลองตามระยะทางในแนวอ้างอิงจากปากแม่น้ำไปตามแนวศูนย์กลางร่องน้ำด้านเข้า-ออก โดยมีพิกัด (X,Y) เท่ากับ (0,0) กำหนดที่กึ่งกลางปากแม่น้ำดังแสดงในรูป 2-10 และเมื่อเปรียบเทียบกับรูป 1-1 คือ ตำแหน่ง (X20,Y10)

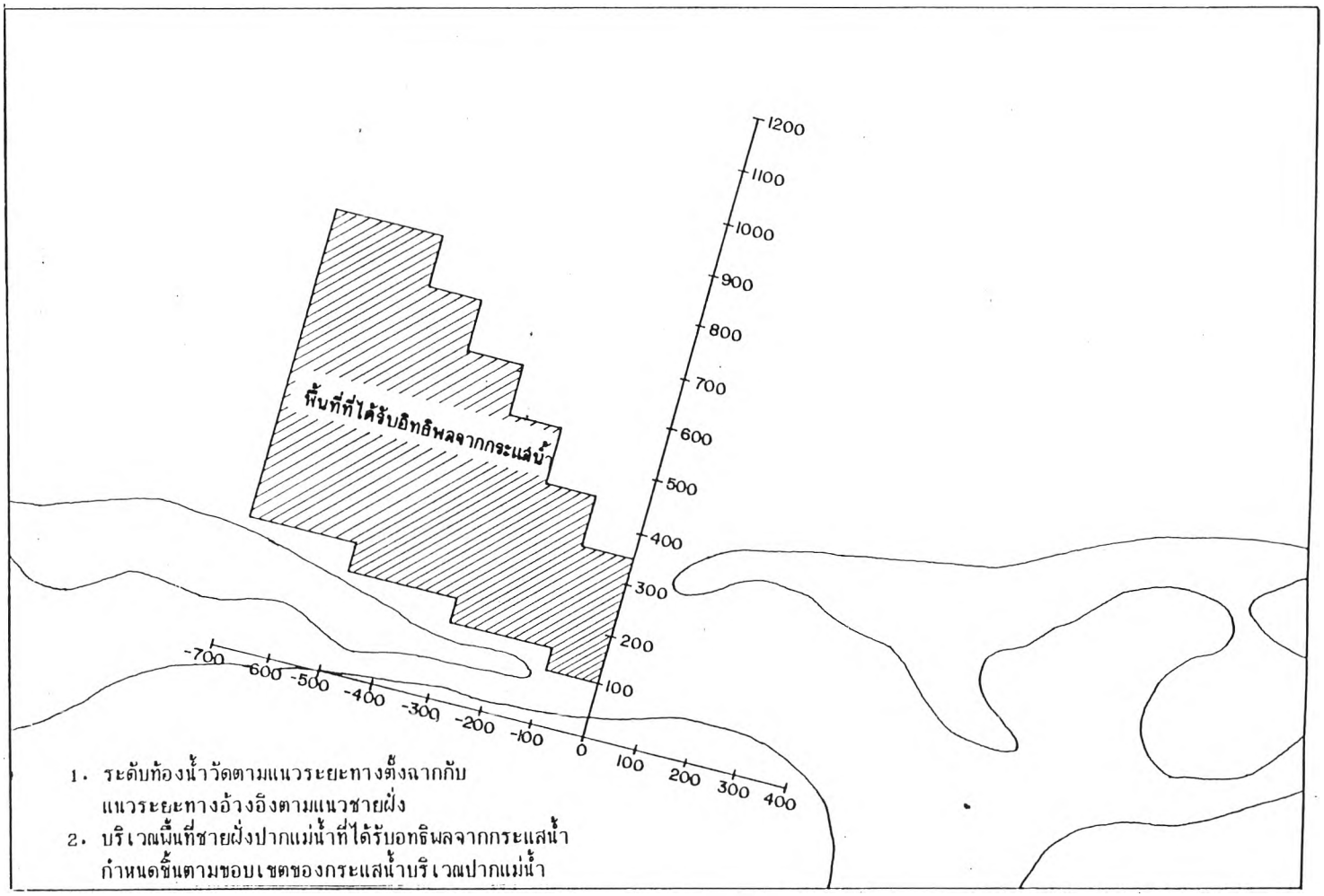
การทดลองการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำ จะวัดผลการทดลองตามระยะทางในแนวอ้างอิงจากชายฝั่งปากแม่น้ำไปสู่แนวคลื่นแตกตัว โดยมีพิกัด (X,Y) เท่ากับ (0,0) กำหนดที่ชายฝั่งปากแม่น้ำดังแสดงในรูป 2-12 และเมื่อเปรียบเทียบกับรูป 1-1 คือตำแหน่ง (X22,Y10) สำหรับตำแหน่งการวัดต่าง ๆ ภายในชายฝั่ง (surf zone) กำหนดตามพิกัด (X,Y) มีทั้งสิ้น 224 จุด ดังแสดงในรูป 2-13 ซึ่งจะอยู่ในช่วง X11-X21 และ Y3-Y14



รูป 2-10 ระยะทางอ้างอิงจากปากแม่น้ำและจากตำแหน่งคลื่นแตกตัว (โชคพิพัฒน์ (2532))
(ใช้กับกรณีวัดค่าระดับน้ำ ความเร็วกระแสน้ำและความสูงคลื่น)

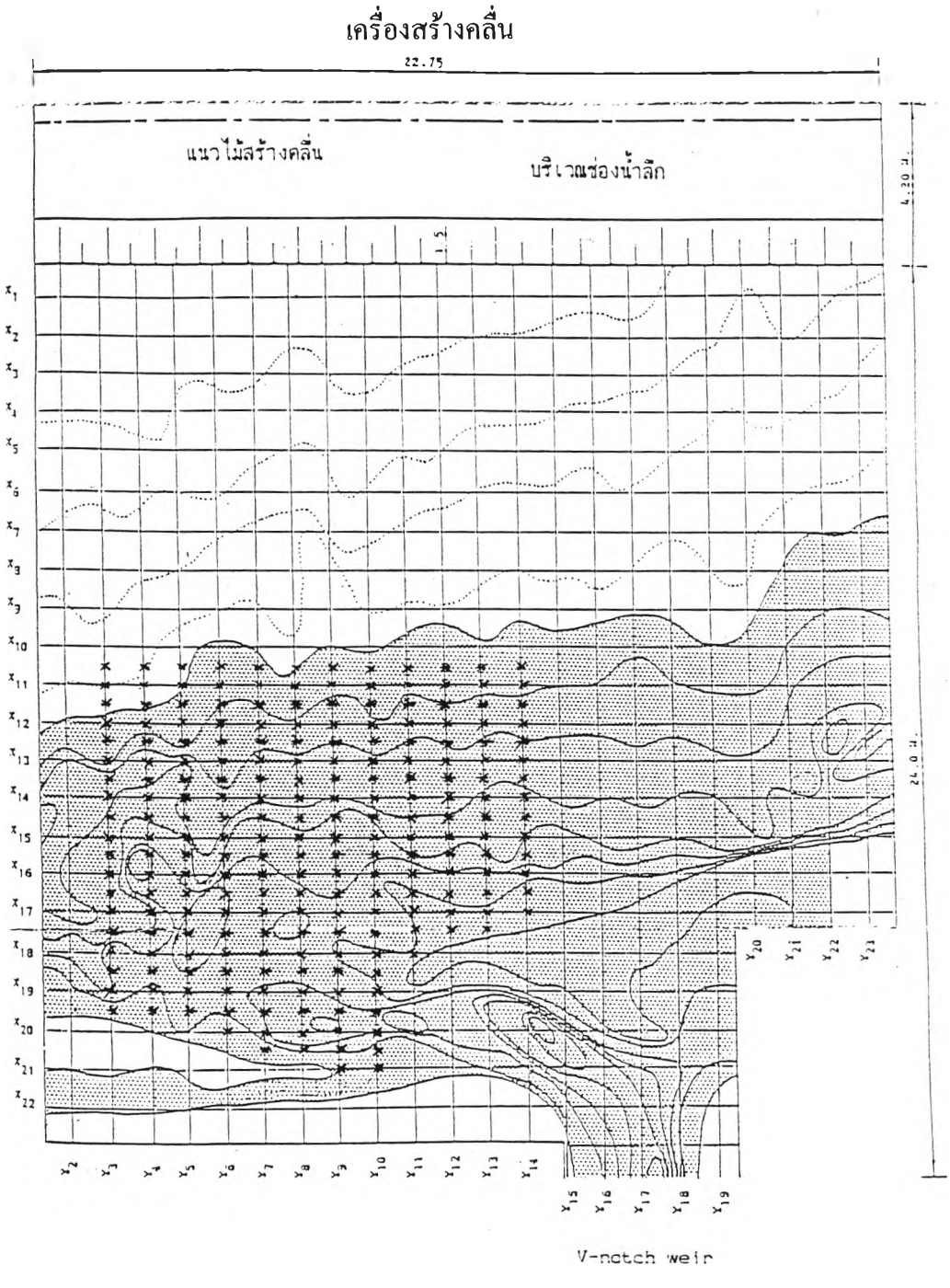


รูป 2-11 ตำแหน่งตัวแทนของพื้นที่ศึกษาเพื่อวัดค่าความสูงคลื่น (โชคพิพัฒน์ (2532))



รูป 2-12 ระยะทางอ้างอิงจากชายฝั่งปากแม่น้ำ

(ใช้กับกรณีวัดค่าการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำ) (โชคพิพัฒน์ (2532))



รูป 2-13 พื้นที่ตัวแทนของพื้นที่ศึกษาเพื่อวัดค่าการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำ (**โชคพิพัฒน์** (2532))

2.5 การรวบรวมข้อมูลการทดลอง

ในการศึกษาผลของคลื่นและกระแสการไหลจากแม่น้ำต่อการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำบริเวณปากแม่น้ำจากแบบจำลองชลศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ.2532 นั้น ได้เก็บบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ตามระยะทางอ้างอิงและตำแหน่งที่กำหนด (ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.4) ซึ่งข้อมูลที่บันทึกดังกล่าวนั้นเป็นประโยชน์ในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างมาก สำหรับข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบจำลองชลศาสตร์ มีดังต่อไปนี้

- การวัดระดับที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการแตกตัวของคลื่นกรณีมีและไม่มีกระแสน้ำจากแม่น้ำ (แสดงไว้ในตาราง 2-4)

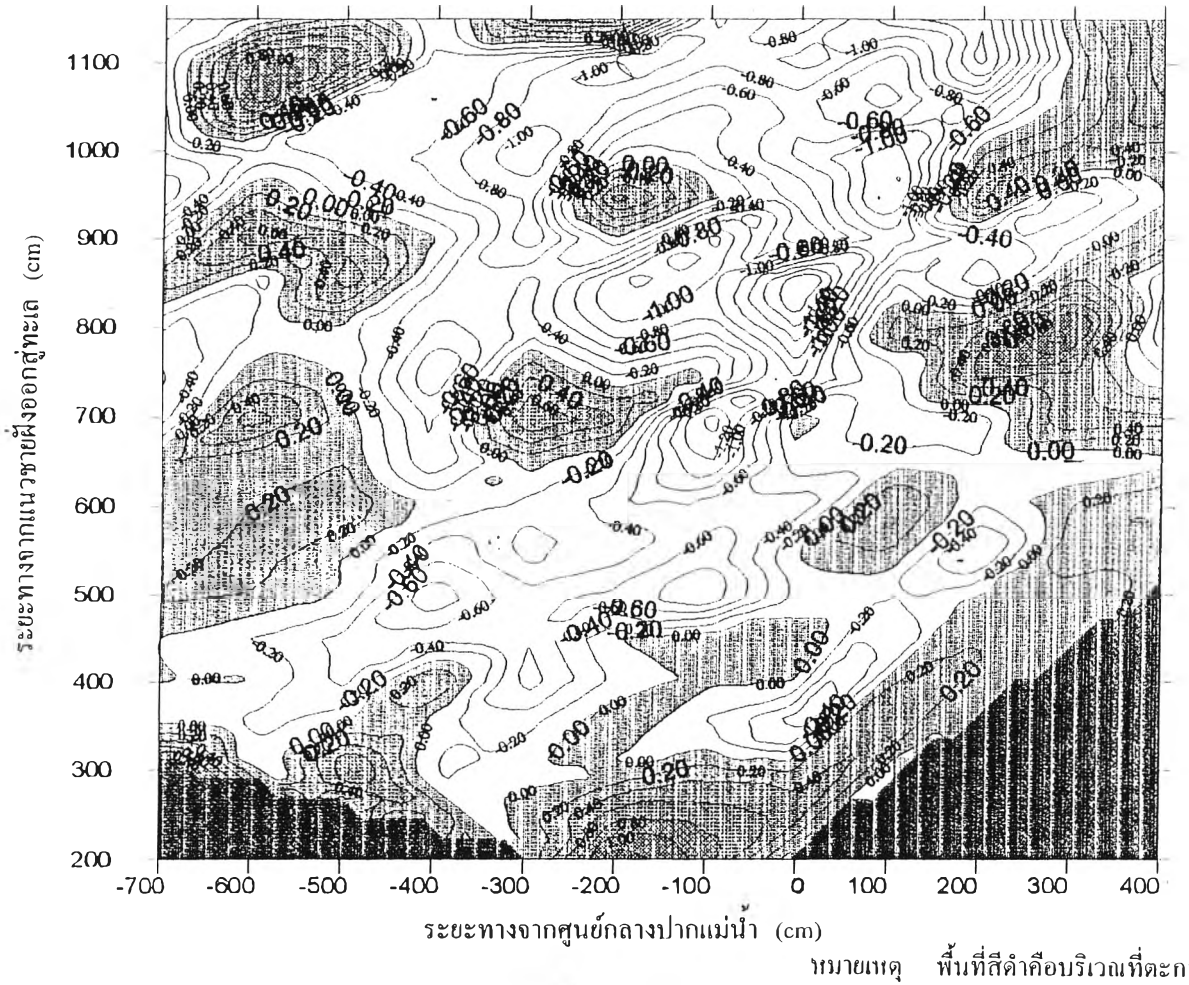
- ผลการวัดขนาดความสูงคลื่นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในชายฝั่งภายหลังจากเกิดการแตกตัวของคลื่นที่คาบเวลาคลื่น 8.5 , 10.5 และ 12.5 วินาที (แสดงในภาคผนวก ค ในตาราง ค-1 ถึง ค-3)

- ผลการวัดความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำในอัตราการไหลจากแม่น้ำต่างๆ และในกรณีมีคลื่น ตามระยะทางอ้างอิงจากปากแม่น้ำ (แสดงในภาคผนวก ค ในตาราง ค-4 ถึง ค-6) ดังตัวอย่างแสดงในรูป 2-14 และรูป 2-15

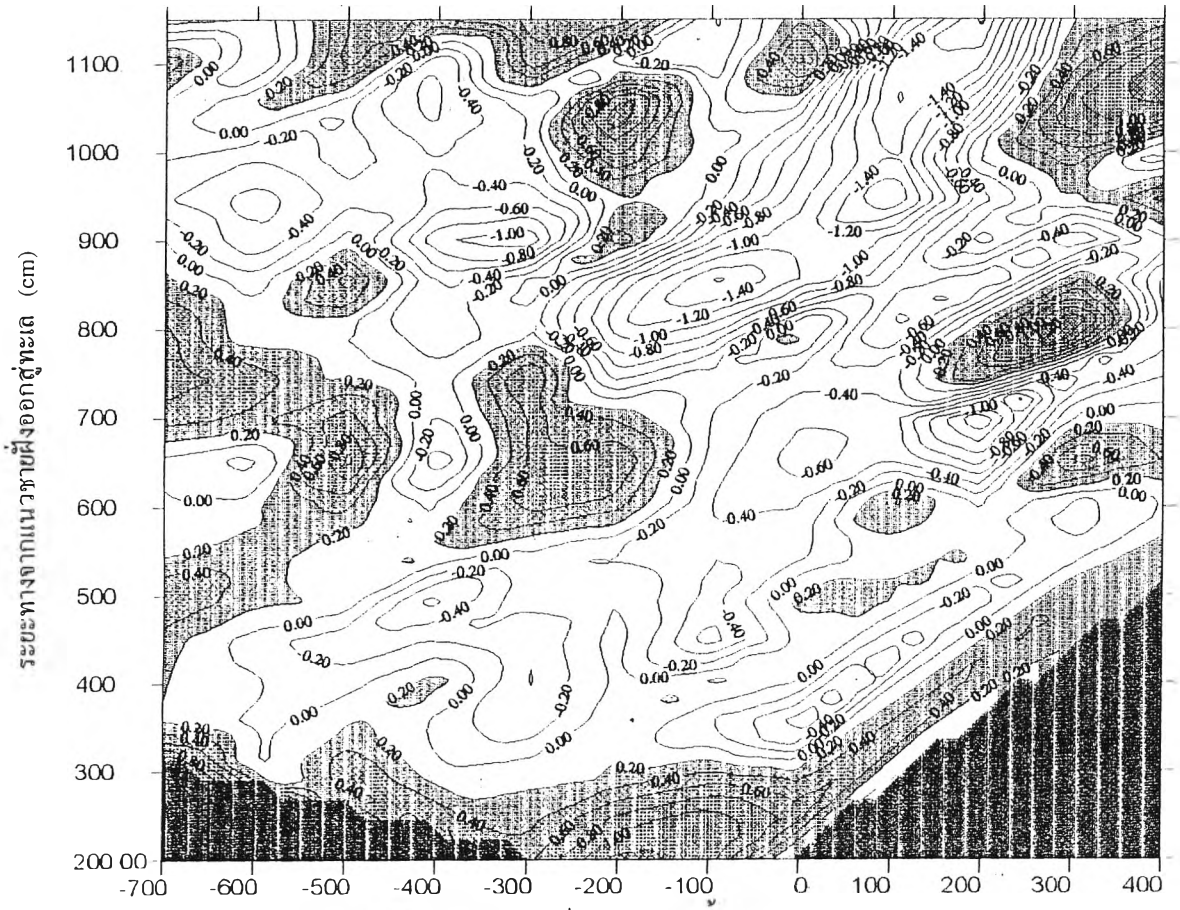
- ผลระดับสำรวจท้องน้ำบริเวณชายฝั่งภายใต้เงื่อนไขกรณีต่าง ๆ เปรียบเทียบกับระดับท้องน้ำเดิม ที่ระดับน้ำ +4.00 ม. (การทดลองกำหนด +4.00 ซม.) เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณตะกอนทรายท้องน้ำที่ถูกกัดเซาะหรือทับถม (แสดงในภาคผนวก ค ในตาราง ค-7 ถึง ค-13) รูป 2-16 ถึง รูป 2-21 แสดงการเปลี่ยนแปลงท้องน้ำที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองชลศาสตร์ในกรณีต่าง ๆ

ตาราง 2-4 ระดับน้ำตามระยะทางอ้างอิงจากปากแม่น้ำที่กรณีมีและไม่มีคลื่นและกรณีมีและไม่มีกระแสน้ำจากแม่น้ำ (โชคพิพัฒน์ (2532))

DISCHARGE	WAVE PERIOD	WATER LEVEL , (m)			
		DISTANCE FROM RIVER MOUTH , (m)			
(cms)	(sec)	0	300	550	840
NO	NO WAVE	2.000	2.000	2.000	2.000
	8.5	2.237	2.226	2.226	2.173
	10.5	2.218	2.212	2.202	2.150
	12.5	2.210	2.201	2.190	2.130
500	NO WAVE	2.040	2.054	2.065	2.099
	8.5	2.251	2.215	2.227	2.265
	10.5	2.238	2.204	2.216	2.236
	12.5	2.200	2.193	2.206	2.215
750	NO WAVE	2.062	2.098	2.124	2.155
	8.5	2.285	2.230	2.247	2.297
	10.5	2.257	2.200	2.214	2.272
	12.5	2.237	2.190	2.211	2.245
1000	NO WAVE	2.083	2.136	2.193	2.246
	8.5	2.350	2.256	2.267	2.363
	10.5	2.283	2.245	2.258	2.341
	12.5	2.240	2.223	2.236	2.322
1250	NO WAVE	2.106	2.177	2.256	2.341
	8.5	2.440	2.330	2.384	2.452
	10.5	2.377	2.314	2.363	2.433
	12.5	2.304	2.282	2.331	2.400

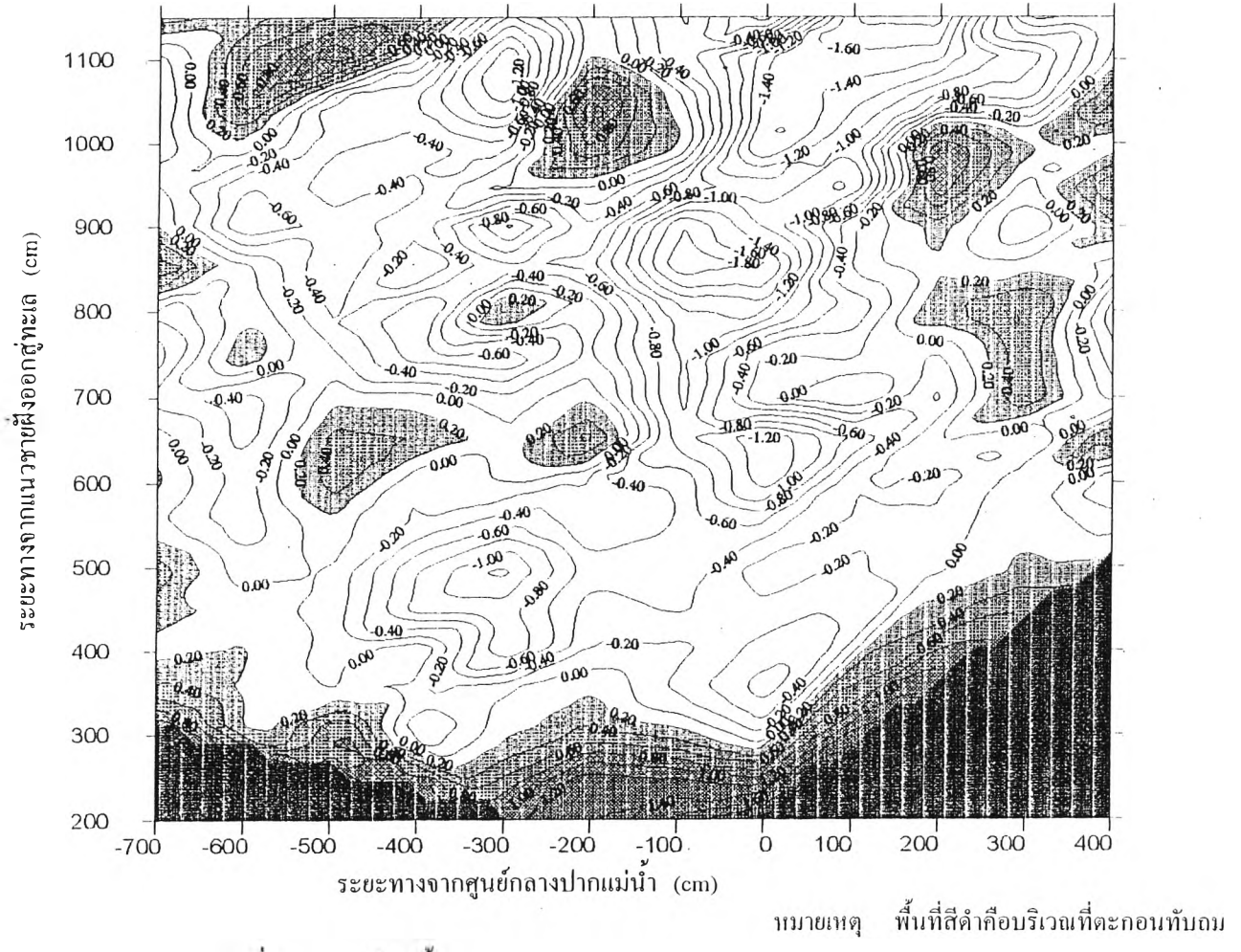


รูป 2-14 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่น ที่คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที และไม่มีกระแสการไหลจากแม่น้ำ (โชคพิพัฒน์ (2532))

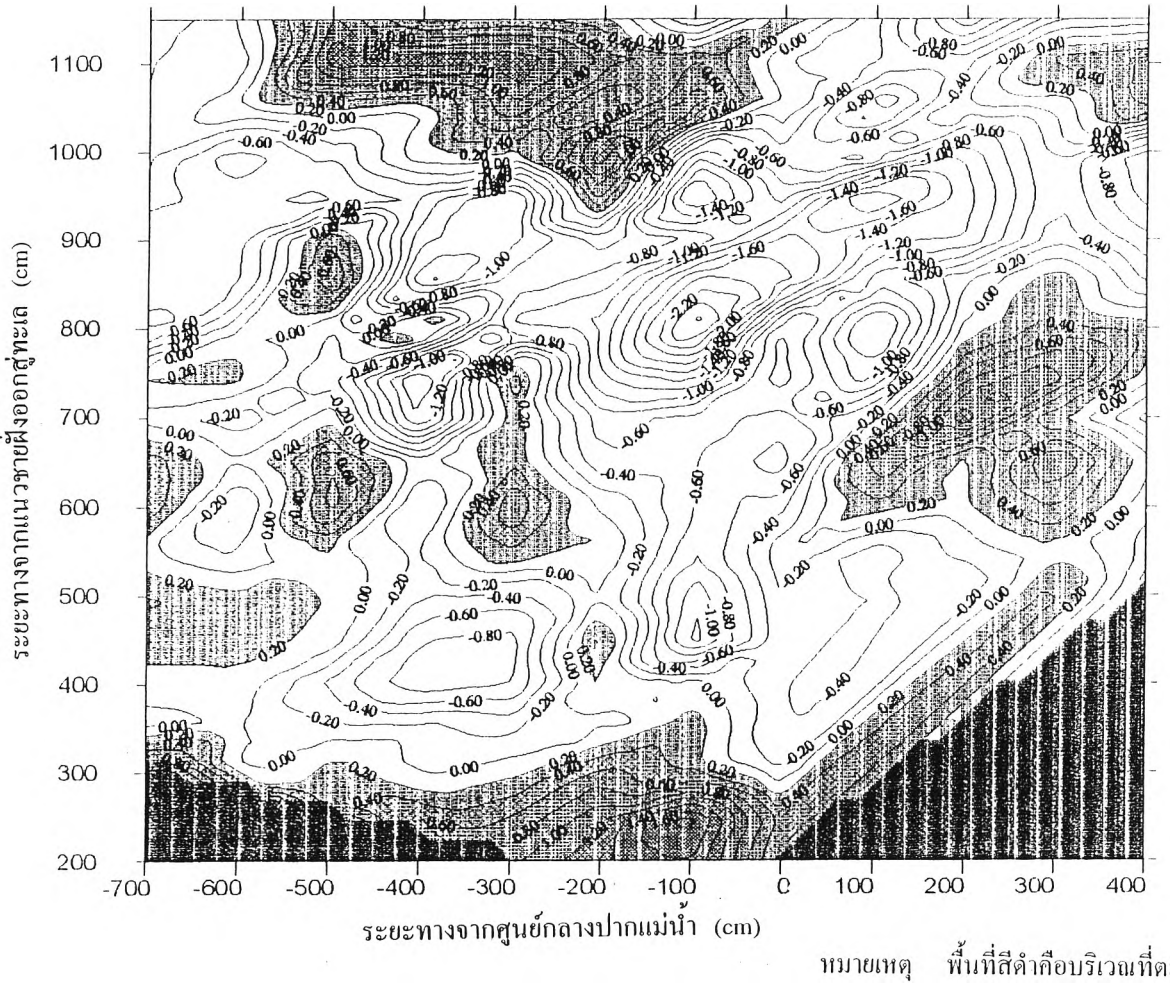


หมายเหตุ พื้นที่สีดำคือบริเวณที่ตะกอนทับถม

รูป 2-15 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่น
ที่คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที และมีกระแสการไหลจากแม่น้ำ 0.005 ลบ.ม./วินาที (โชคพิพัฒน์ (2532))

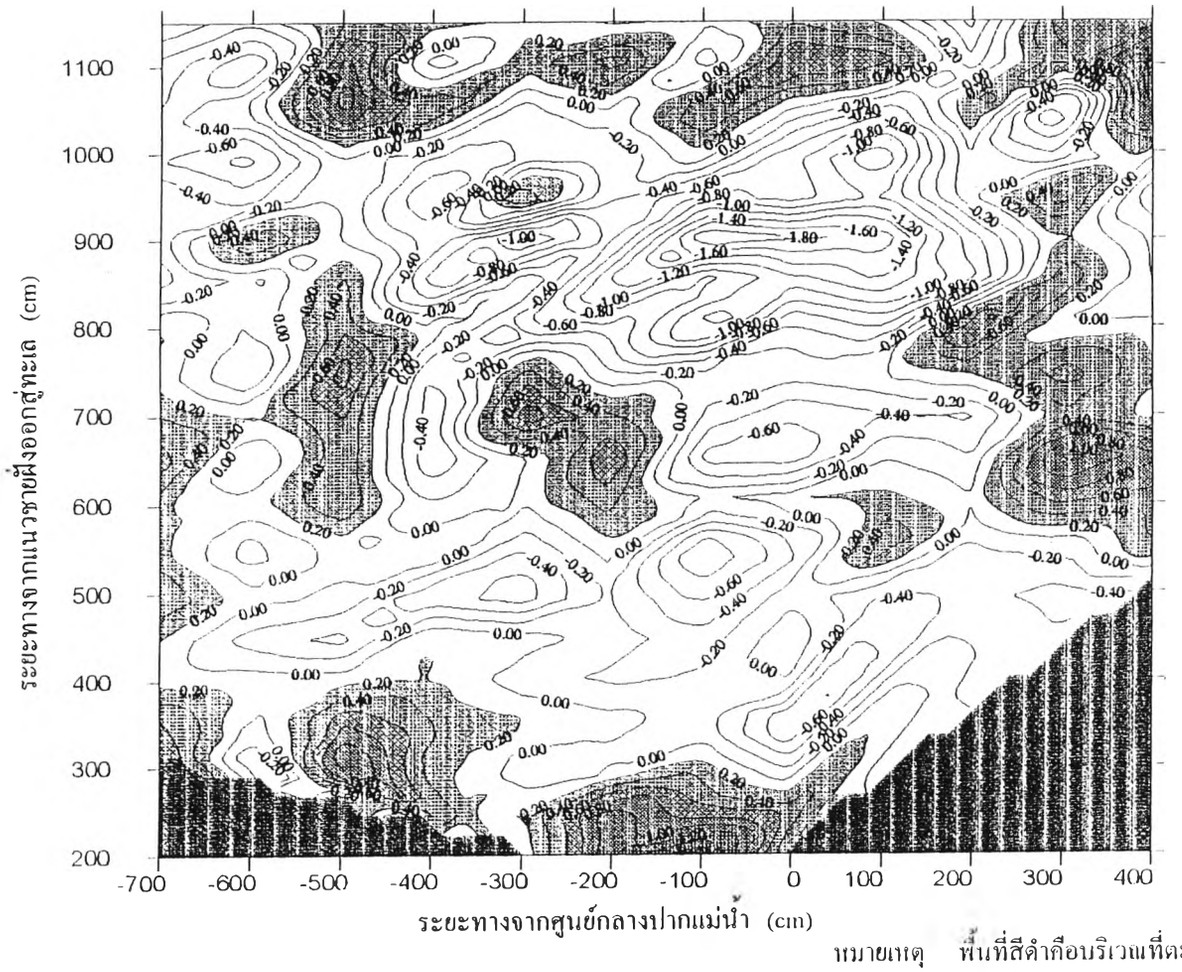


รูป 2-16 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่น
ที่คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 0.90 วินาที และมีกระแสการไหลจากแม่น้ำ 0.01 ลบ.ม./วินาที (โชคพิพัฒน์ (2532))

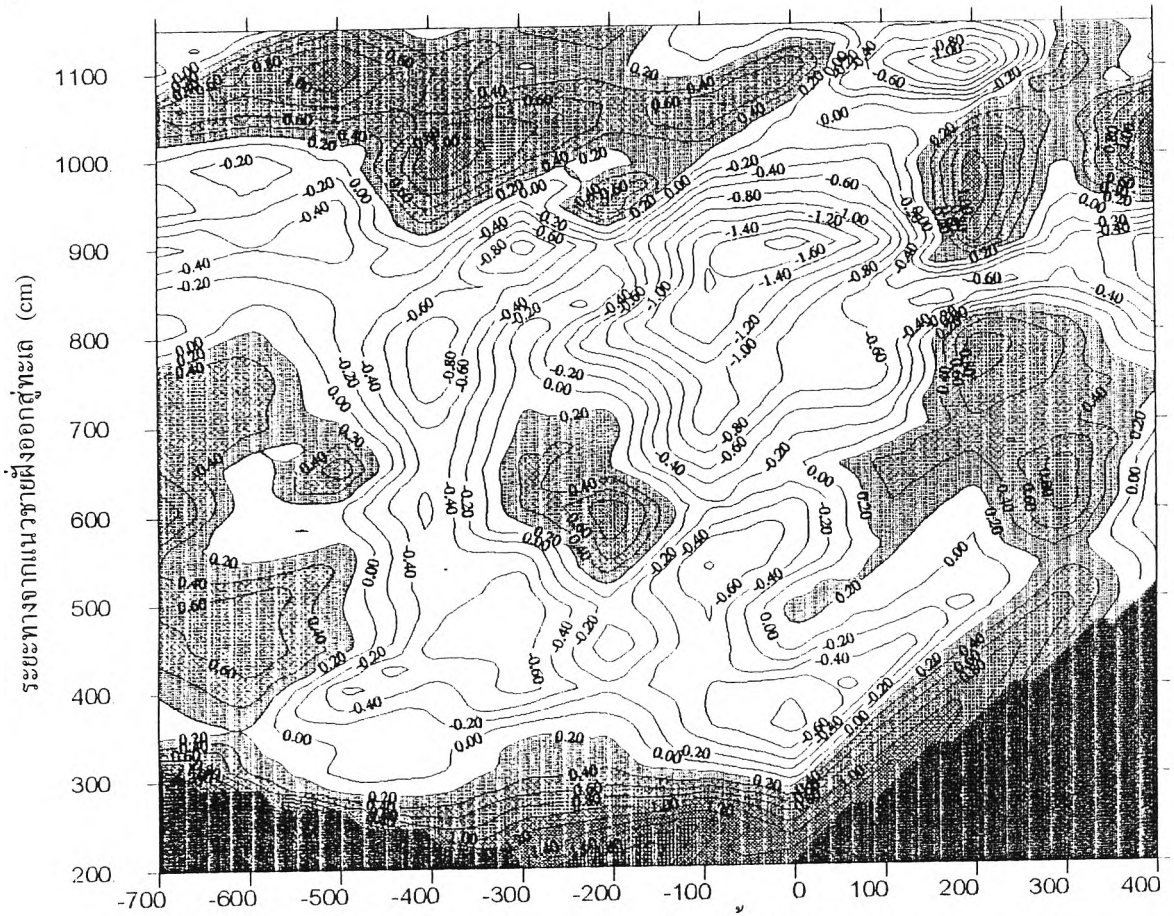


รูป 2-17 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่น
ที่คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที และไม่มีกระแสการไหลจากแม่น้ำ (โชคพิพัฒน์ (2532))

I17465335



รูป 2-18 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่น
ที่คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที และมีกระแสการไหลจากแม่น้ำ 0.005 ลบ.ม./วินาที (โชคพิพัฒน์ (2532))



รูป 2-19 การเปลี่ยนแปลงท้องน้ำจากผลทดลองแบบจำลองชลศาสตร์กรณีมีคลื่น
ที่คาบเวลาคลื่นเท่ากับ 1.10 วินาที และมีกระแสการไหลจากแม่น้ำ 0.01 ลบ.ม./วินาที (โชคพิพัฒน์ (2532))