

## บทที่ 5

### พฤติกรรมชลศาสตร์การชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลง

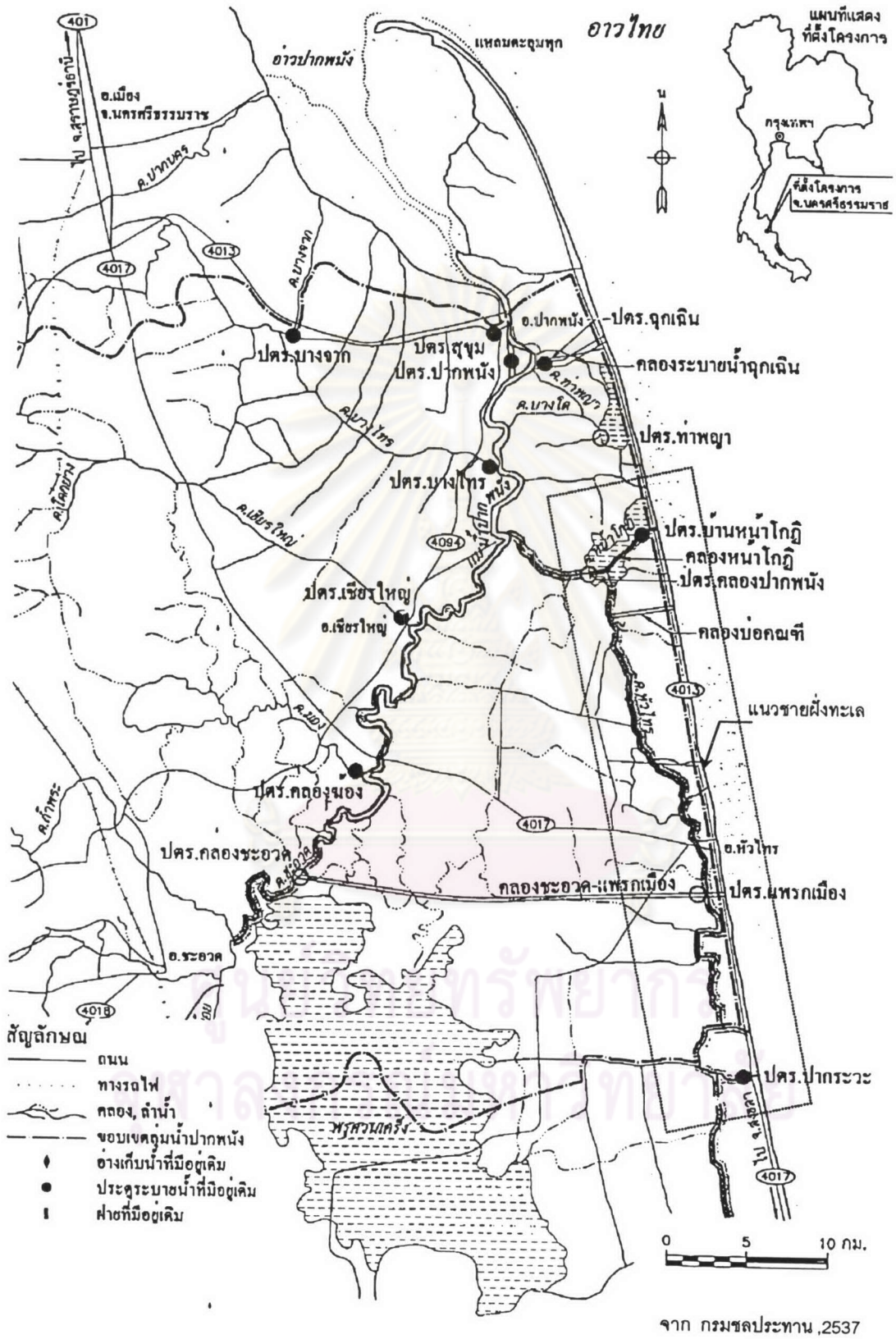
เนื้อหาในบทนี้เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมชลศาสตร์การชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลงในแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย พฤติกรรมเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำภายใต้ระบบการชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลง ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทวนสูงสุดกับตำแหน่งทวน ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการเดินของอนุภาคน้ำภายใต้การผันแปรลักษณะคลื่น ได้แก่ ความสูงคลื่นและคาบเวลาคลื่น

#### 5.1 ระบบการชะล้างน้ำโดยน้ำขึ้นน้ำลง

การแก้ไขปัญหาสภาพน้ำเสียในคลองต่างๆ ไปนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียในคลอง, การสร้างระบบเติมอากาศในน้ำ (aeration) ในคลอง หรือเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนระบายลงคลอง ซึ่งในแต่ละวิธีนั้นมีข้อจำกัดในด้านประสิทธิผลและงบประมาณแตกต่างกันออกไป แต่มีวิธีการหนึ่งที่อาศัยระบบของน้ำขึ้นน้ำลงในทางช่วยแก้ไขปัญหา น้ำเสียคือ การผลักดันน้ำเสียหรือการชะล้างน้ำโดยน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งวิธีการนี้จะต้องอาศัยลักษณะทางกายภาพของคลองที่มีการเชื่อมต่อกับทะเลหรือแม่น้ำที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง โดยปกติสภาพการระบายน้ำในคลองประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับจังหวะการขึ้นลงของระดับน้ำเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้งซึ่งมีปริมาณน้ำค่อนข้างน้อย การไหลของน้ำในคลองจะเกิดขึ้นจากความแตกต่างของระดับผิวน้ำ ทำให้การไหลเปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

ตัวอย่างของคลองประเภทนี้ คือ คลองระบายน้ำในเขตกรุงเทพมหานคร และคลองหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นคลองที่มีการทอดตัวขนานกับแนวชายฝั่งทะเลและมีการขุดคลองเชื่อมต่อกับทะเล แสดงในรูป 5-1 ซึ่งโดยธรรมชาติสภาพการไหลของน้ำในคลองหัวไทรจะไหลลงแม่น้ำปากพนัง เพื่อระบายออกสู่ทะเลบริเวณอ่าวปากพนังในช่วงน้ำหลาก แต่ในปัจจุบันมีการปิดกั้นคลองหัวไทรกับแม่น้ำปากพนัง และมีการขุดเปิดปากคลองออกสู่ทะเลทั้งสองด้าน เพื่อประโยชน์ในการทำนาทุ่งกุลาดำ จึงทำให้การไหลเวียนของน้ำในคลองน้อยมีเฉพาะบริเวณปากคลองที่มีการเชื่อมต่อกับทะเลเท่านั้น และเกิดปัญหาน้ำนิ่งส่งผลให้น้ำในคลองเกิดการเน่าเสีย

การแก้ไขปัญหาเน่าเสียของน้ำในคลองหัวไทร ที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงนั้น จะต้องทำให้น้ำในคลองมีการถ่ายเทหมุนเวียนน้ำทะเลเข้า-ออกจากคลองหัวไทร โดยเฉพาะแนวทางในการแก้ปัญหานี้จะต้องอาศัยจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งวิธีการนี้จะต้องมี การขุดคลอง ให้ปากคลอง



รูป 5-1 ลักษณะทางกายภาพคลองห้วยไทร

เชื่อมต่อกับทะเลทั้ง 2 ด้าน และสร้างประตูระบายน้ำบริเวณปากคลองทั้ง 2 ด้าน โดยให้ประตูระบายน้ำปากคลองด้านหนึ่งทำหน้าที่เปิดรับน้ำเข้าคลองในช่วงจังหวะน้ำขึ้น และปิดในช่วงจังหวะน้ำลงพร้อมกับเปิดประตูระบายน้ำปากคลองอีกด้านหนึ่งเพื่อปล่อยน้ำออกสู่ทะเล ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะทำให้การไหลของน้ำในคลองหัวไทรมีลักษณะการไหลแบบทิศทางเดียว (one way) โดยวิธีการนี้เรียกว่าระบบชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลง (ชัยพันธุ์, 2545)

ในการศึกษาระบบการชะล้างน้ำในแบบจำลองนั้น จะมีการจำลองสภาพการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง โดยการเปิดประตูระบายน้ำด้านทางรับน้ำเข้าคลองในช่วงน้ำขึ้น และปิดประตูระบายน้ำด้านทางเมื่อน้ำเริ่มลง พร้อมทั้งเปิดประตูระบายน้ำปลายทาง เพื่อปล่อยน้ำออกจากคลองทำสลับกันไปมา ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะเป็นการบังคับทิศทางของการไหลของน้ำในแบบจำลองให้เป็นการไหลแบบทิศทางเดียวกันตลอดทั้งคลอง เพื่อศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำภายใต้เงื่อนไขของสภาพคลื่นคือ ความสูงคลื่น และคาบเวลาของคลื่น

## 5.2 พฤติกรรมเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำในแบบจำลอง

ในการศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ ของระบบการชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลงในแบบจำลอง ซึ่งเป็นรางน้ำสี่เหลี่ยมความยาว 22 เมตร ดังรายละเอียดในบทที่ 3 โดยทำการปล่อยหุ่นเพื่อศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ ภายใต้การผันแปรลักษณะคลื่นได้แก่ ความสูงคลื่น และคาบเวลาคลื่น

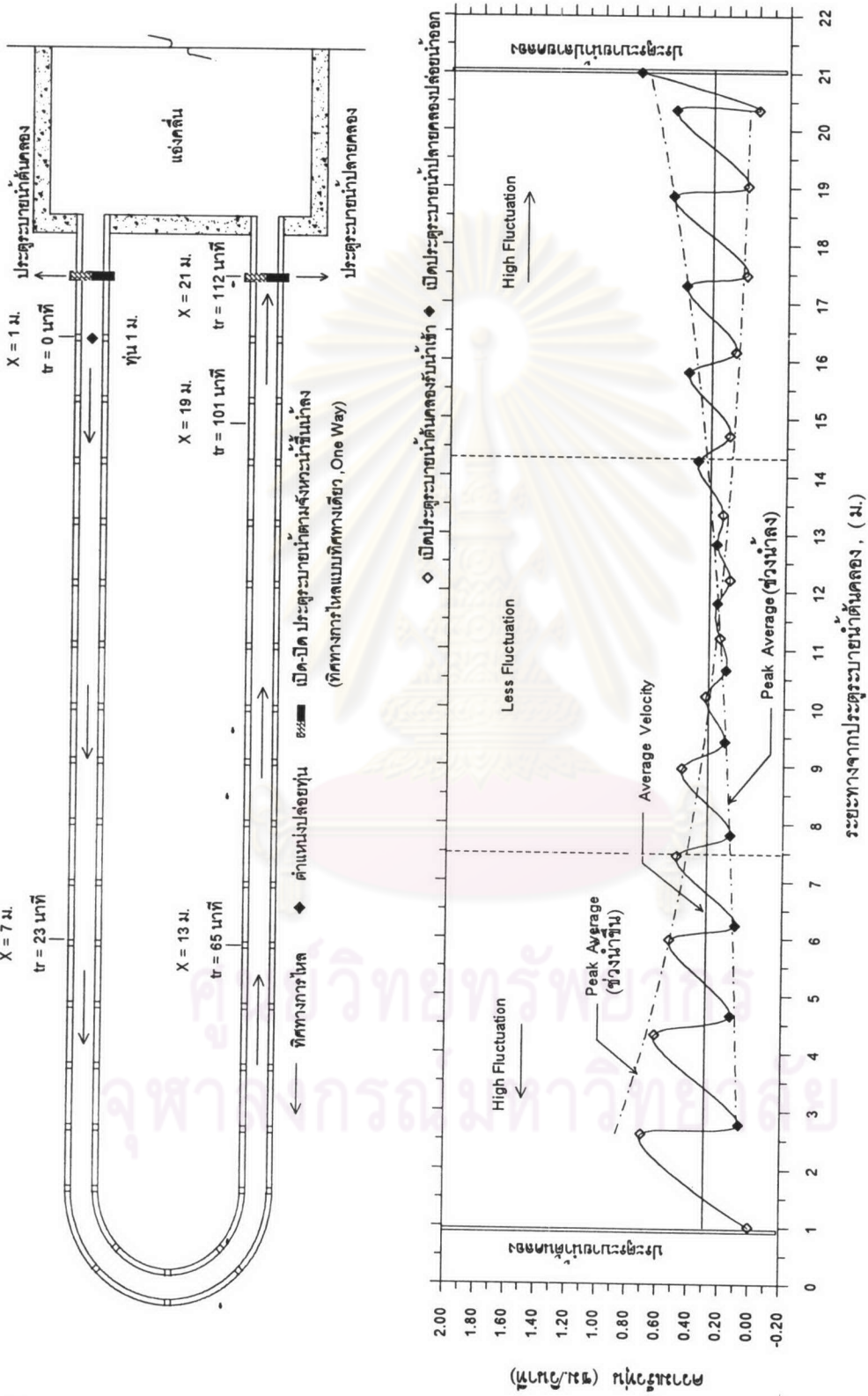
การจำลองระบบการชะล้างจะมีการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำต้นคลอง และปลายคลองสลับกันตามจังหวะของน้ำขึ้น-น้ำลง โดยทำการเปิดประตูระบายน้ำต้นคลองเพื่อรับน้ำเข้าคลองช่วงน้ำขึ้น และปิดประตูระบายน้ำต้นคลองเมื่อน้ำเริ่มลง พร้อมเปิดประตูระบายน้ำปลายคลองเพื่อปล่อยน้ำออกจากคลอง ซึ่งจะเป็นการบังคับการไหลของน้ำในแบบจำลอง ให้มีลักษณะการไหลแบบทิศทางเดียวกันตลอดทั้งคลอง ซึ่งในการทดลองได้ทำการปล่อยหุ่นเพื่อวัดและสังเกตการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการปล่อยหุ่นไว้ 3 ตำแหน่งคือ 1, 7 และ 13 เมตร สำหรับในการบันทึก การเคลื่อนที่ของหุ่นจะแบ่งการบันทึกออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงเปิดประตูระบายน้ำต้นคลองรับน้ำเข้า และช่วงเปิดประตูระบายน้ำปลายคลองปล่อยน้ำออก ซึ่งในแต่ละช่วงจะใช้เวลาในการเปิดประตูระบายน้ำประมาณ  $T/2$  หรือครึ่งหนึ่งของคาบเวลาคลื่นที่ใช้ในการทดลอง

การเคลื่อนที่ของท่อน 1 เมตร ซึ่งเป็นท่อนที่วางอยู่บริเวณประตูระบายน้ำต้นคลอง พบว่าการเคลื่อนที่ของท่อน 1 เมตร จะมีการแกว่งตัวสูง ในช่วงการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำต้นคลอง โดยที่การแกว่งตัวของท่อนจะเริ่มลดน้อยลงเมื่อท่อน 1 เมตร เคลื่อนที่มาอยู่บริเวณกลางคลอง และการแกว่งตัวของท่อนในช่วงนี้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอีกเมื่อท่อน 1 เมตร เคลื่อนที่ไปอยู่บริเวณปลายคลอง ซึ่งการแกว่งตัวของท่อนในช่วงนี้ จะขึ้นอยู่กับจังหวะการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำปลายคลองเป็นหลัก แสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำจะแกว่งมากในช่วงบริเวณต้นคลองและลดน้อยลงบริเวณกลางคลอง และการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำจะเริ่มแกว่งมากขึ้นอีกในช่วงบริเวณปลายคลอง ดังแสดงในรูป 5-2 และเมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของท่อนตลอดทางน้ำ พบว่าการเคลื่อนที่ของท่อนช่วงรับน้ำเข้าคลอง มีแนวโน้มลดลงตามระยะทางจากประตูระบายน้ำต้นคลอง แต่ในทางกลับกัน การเคลื่อนที่ของท่อนช่วงปล่อยน้ำออกจากคลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากประตูระบายน้ำต้นคลอง

การเคลื่อนที่ของท่อน 7 เมตร ซึ่งเป็นท่อนที่วางอยู่บริเวณกลางคลอง พบว่าการเคลื่อนที่ของท่อน 7 เมตร จะมีการแกว่งตัวน้อยและการแกว่งตัวจะค่อยๆ สูงขึ้นเมื่อท่อนเคลื่อนที่ไปยังปลายคลอง โดยที่แนวโน้มการเคลื่อนที่ของท่อนจะเหมือนกับท่อน 1 เมตร ทั้งในช่วงเปิดน้ำเข้าคลองและปล่อยน้ำออกจากคลองดังแสดงในรูป 5-3

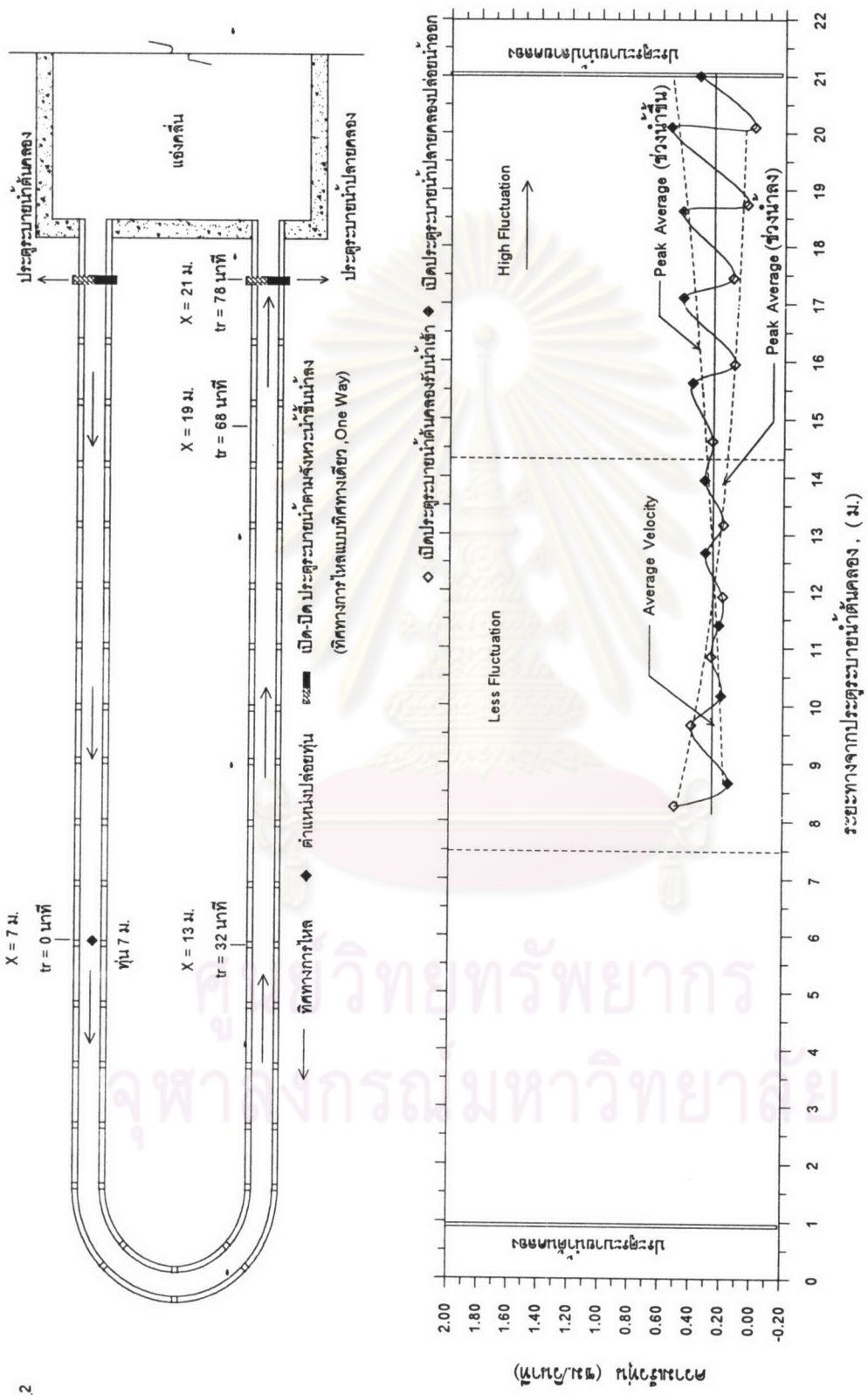
การเคลื่อนที่ของท่อน 13 เมตร ซึ่งเป็นท่อนที่วางอยู่บริเวณปลายคลอง พบว่าการเคลื่อนที่ของท่อน 13 เมตร จะมีการแกว่งตัวสูงในช่วงปล่อยน้ำออกจากคลอง โดยที่แนวโน้มการเคลื่อนที่ของท่อนจะเหมือนกับท่อน 1 เมตร ทั้งในช่วงการเปิดรับน้ำเข้าคลองและปล่อยน้ำออกจากคลองดังแสดงในรูป 5-4

เมื่อพิจารณาการเคลื่อนที่ของท่อนทั้ง 3 จุด พบว่าการเคลื่อนที่ของท่อน 1 เมตร ซึ่งเป็นท่อนที่วางอยู่บริเวณประตูระบายน้ำต้นคลอง จะมีการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งต่างๆ บนทางน้ำซึ่งจะมีการเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งท่อน 7 เมตร และ 13 เมตร ตามลำดับจากรูป 5-5 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเคลื่อนที่ของท่อน 1 เมตรนั้นสามารถอธิบายรูปแบบของท่อน 7 เมตร และ 13 เมตรได้ เนื่องจากมีแนวโน้มการเคลื่อนที่ของท่อนแต่ละตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการพิจารณาการเคลื่อนที่ของท่อนในแบบจำลอง สามารถใช้ท่อน 1 เมตรเพียงท่อนเดียว ในการอธิบายรูปแบบการเคลื่อนที่ของท่อนตลอดทางน้ำได้



รูป 5-2 ตัวอย่างความเร็วที่ 1 ม. ณ ตำแหน่งต่าง ๆ กรณี เปิด-ปิด ประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ความสูงคลื่น 0.56 ซม (จำนวนถึงแทนที่น้ำ 2 ถึง) คาบคลื่น 498 วินาที

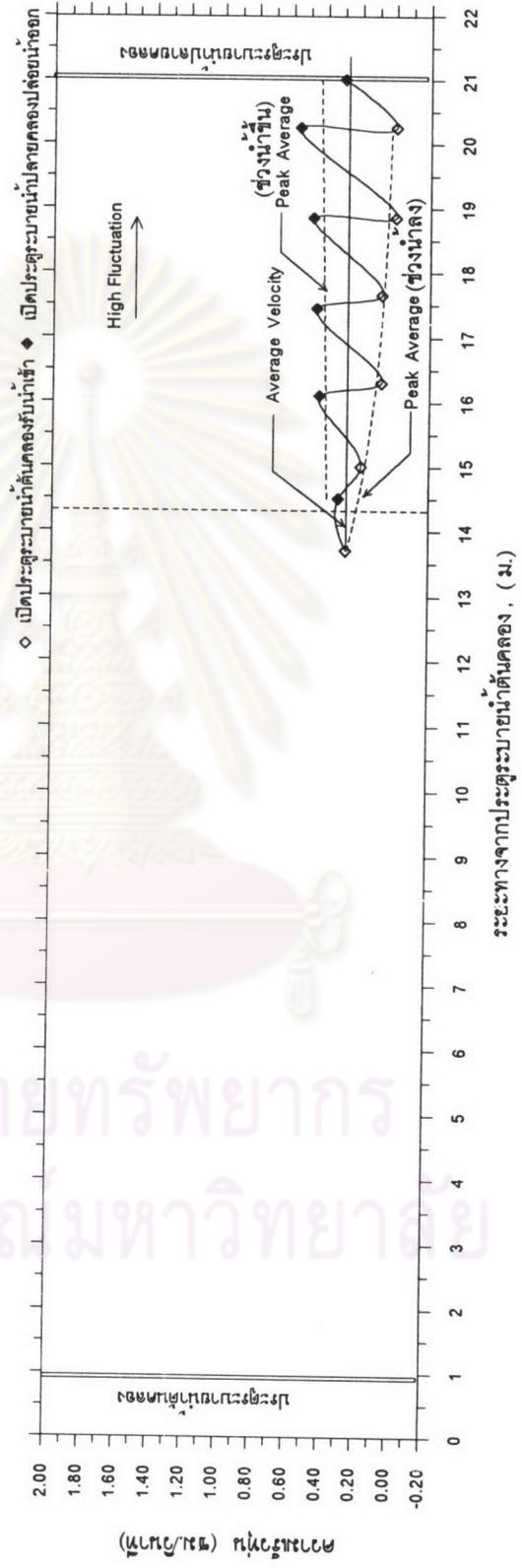
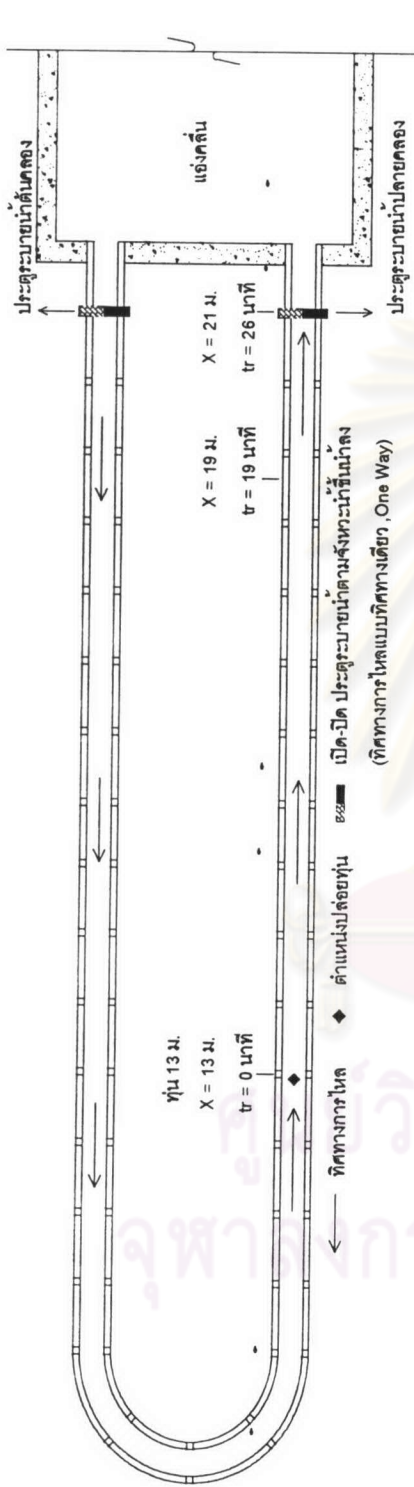
m&x CH2T15



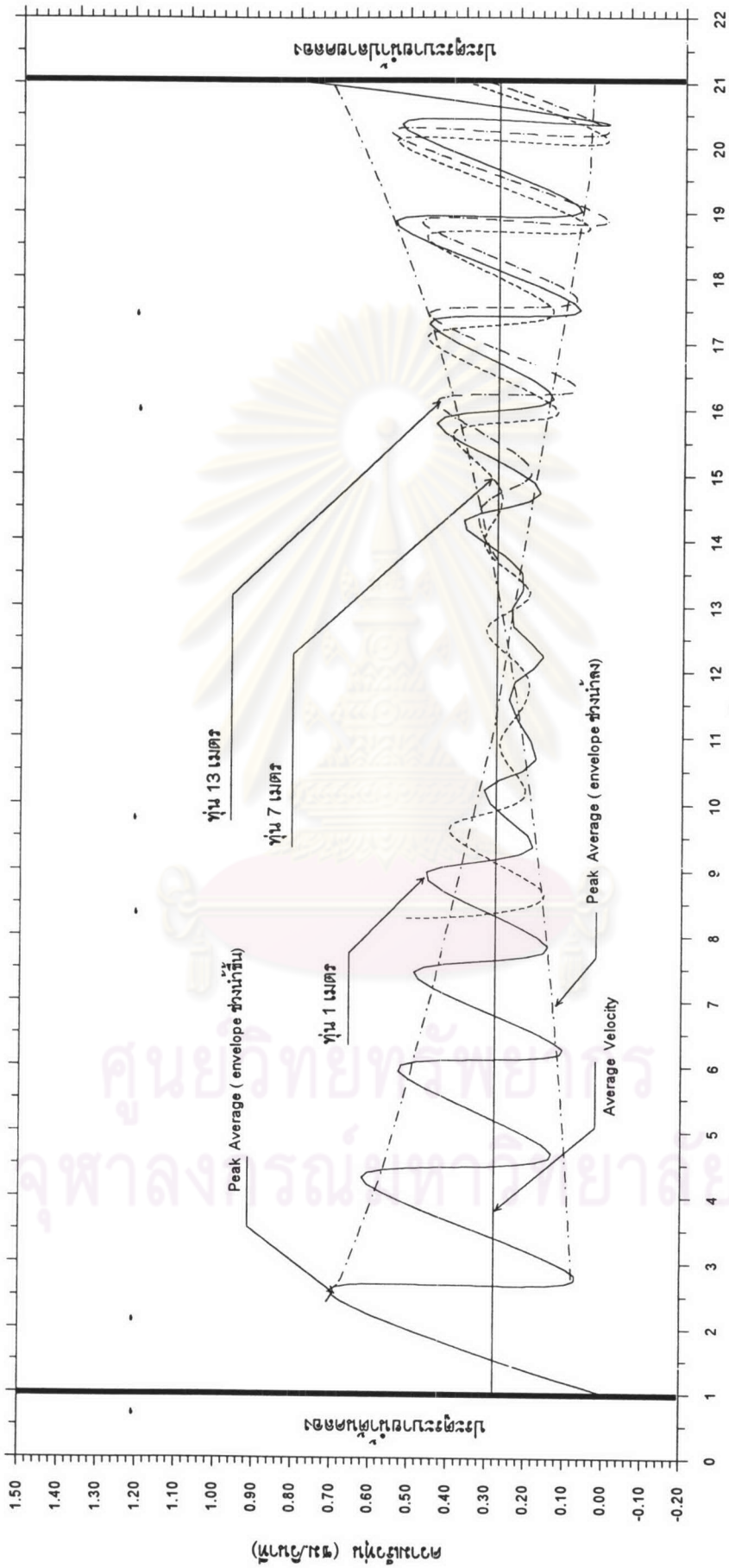
รูป 5-3 ตัวอย่างความเร็วท่อน 7 ม. ณ ตำแหน่งต่างๆ กรณี เปิดปิด ประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง ความสูงคลื่น 0.56 ซม (จำนวนถึงแทนที่น้ำ 2 ถึง) คาบคลื่น 498 วินาที

m&x CH2T15\_2

m&x CH2T15\_3



รูป 5-4 ตัวอย่างความเร็วทวน 13 ม. ณ ตำแหน่งต่าง ๆ กรณี เปิด-ปิด ประตูระบายน้ำตามฝั่งหนึ่งข้างเดียว ความสูงคลื่น 0.56 ซม (จำนวนถึงแทนที่น้ำ 2 ถึง) คาบคลื่น 498 วินาที



รูป 5-5 เปรียบเทียบความเร็วที่ 1 ม. 7 ม. และ 13 ม. ณ ตำแหน่งต่าง ๆ กรณี เปิด-ปิด ประตูระบายน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง  
 ความสูงคลื่น 0.56 ซม (จำนวนถึงแทนที่น้ำ 2 ถึง) คาบคลื่น 498 วินาที



### 5.3 ความสัมพันธ์ความเร็วทุ่นสูงสุดกับตำแหน่งทุ่น

ในหัวข้อนี้เป็นส่วนการวิเคราะห์พฤติกรรมพลศาสตร์ ของความเร็วทุ่นสูงสุดกับตำแหน่งทุ่นที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง โดยได้พิจารณาความเร็วทุ่นสูงสุดช่วงน้ำขึ้น  $V_{fmH}$  และความเร็วทุ่นสูงสุดช่วงน้ำลง  $V_{fmL}$  กับตำแหน่งทุ่นภายใต้การผันแปรลักษณะคลื่น ได้แก่ ความสูงคลื่น  $H$  และคาบเวลาคคลื่น  $T$

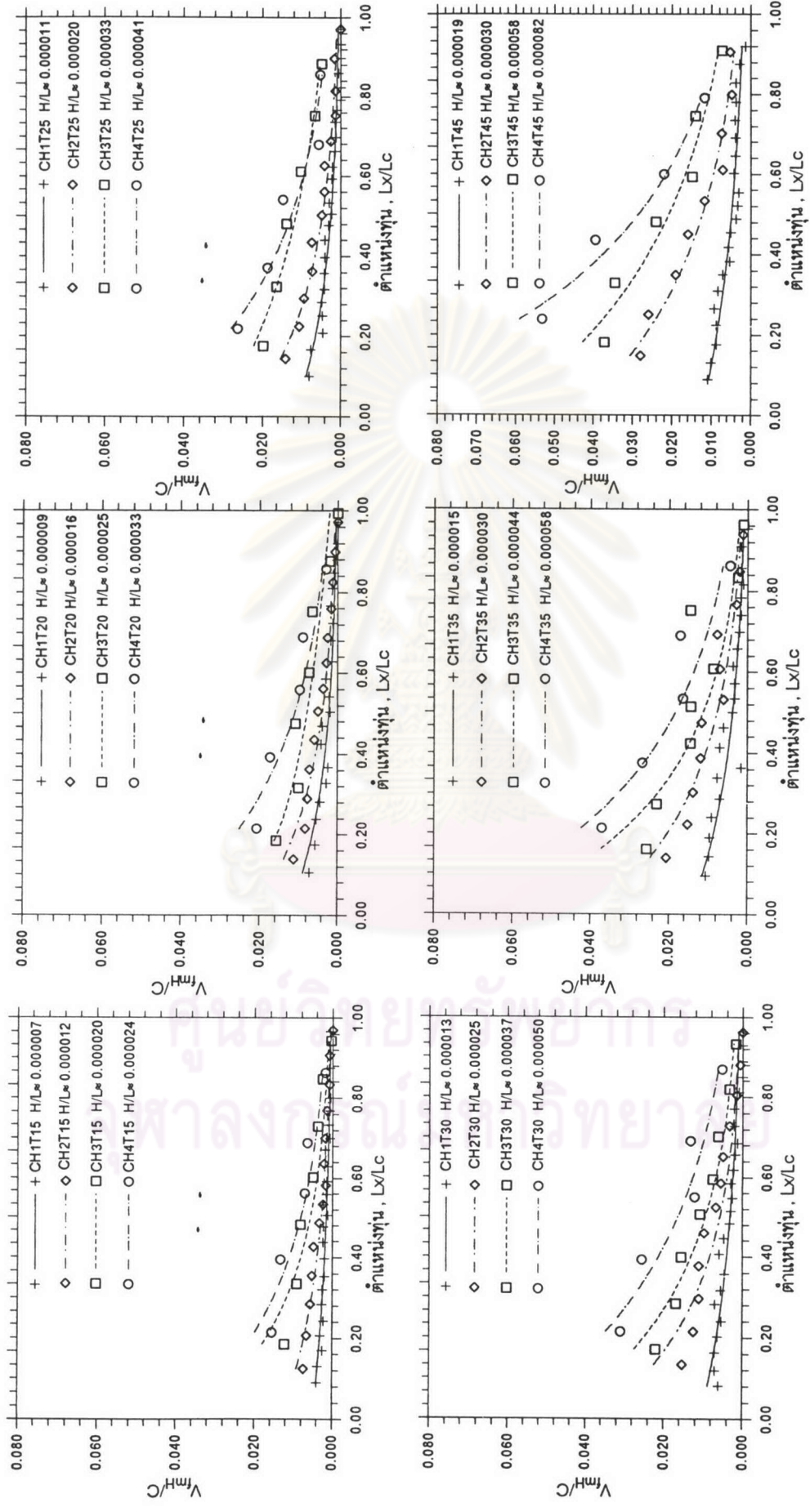
จากการสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง ระบบชล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลงพบว่า  $V_{fmH}$  ของทุ่น 1 เมตร มีแนวโน้มลดลงตามระยะของตำแหน่งทุ่น  $Lx$  ดังแสดงในรูป 5-5 สำหรับในการศึกษาความเร็วทุ่นในรูปอัตราส่วนความเร็วทุ่นสูงสุด  $V_{fmH}$  ต่อความเร็วคลื่นน้ำขึ้นน้ำลง ( $C = \sqrt{gd}$ ) และอัตราส่วนตำแหน่งทุ่น  $Lx$  ต่อความยาวคลอง  $Lc$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_{fmH}/C$  กับ  $Lx/Lc$  ที่ความชันคลื่น  $H/L$  ต่างๆ ในช่วง  $7 \times 10^{-6}$  ถึง  $8.2 \times 10^{-5}$  ดังแสดงในรูป 5-6 พบว่าที่ความชันคลื่นเดียวกันค่า  $V_{fmH}/C$  มีแนวโน้มลดลงตามระยะของตำแหน่งทุ่นจากปากคลองแบบ Exponential แต่เมื่อพิจารณาที่  $Lx/Lc$  เดียวกันพบว่าค่า  $V_{fmH}/C$  มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชันคลื่นสูงขึ้น ดังนั้นความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 อยู่ในสมการ 5-1

$$\frac{V_{fmH}}{C} = ae^{b\left(\frac{Lx}{Lc}\right)} \quad (5-1)$$

โดยที่ค่าพารามิเตอร์  $a, b$  จะผันแปรตามกรณีการทดลอง ดังแสดงในตาราง 5-1 และเมื่อพิจารณาพารามิเตอร์  $a, b$  กับตัวแปรความชันคลื่น  $H/L$  และความยาวคลอง  $Lc/L$  พบว่าพารามิเตอร์  $a$  มีค่าค่อนข้างคงที่กับความยาวคลองที่ความชันคลื่นหนึ่งๆ แต่ผันแปรตามขนาดของความชันคลื่น เมื่อความชันคลื่นเพิ่มขึ้นค่าพารามิเตอร์  $a$  มีแนวโน้มสูงขึ้นตาม ดังแสดงในรูป 5-7 และ 5-8 ตามลำดับ สำหรับพารามิเตอร์  $b$  มีค่าประมาณ  $-3.0 (\pm)$  แต่มีความสัมพันธ์ไม่ชัดเจนกับตัวแปรต่างๆ ดังแสดงในรูป 5-9 และ 5-10 ดังนั้นพารามิเตอร์  $a = f(H/L)$  จากสมการ 5-1 สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ของ  $V_{fmH}/C$  ใหม่ได้เป็น

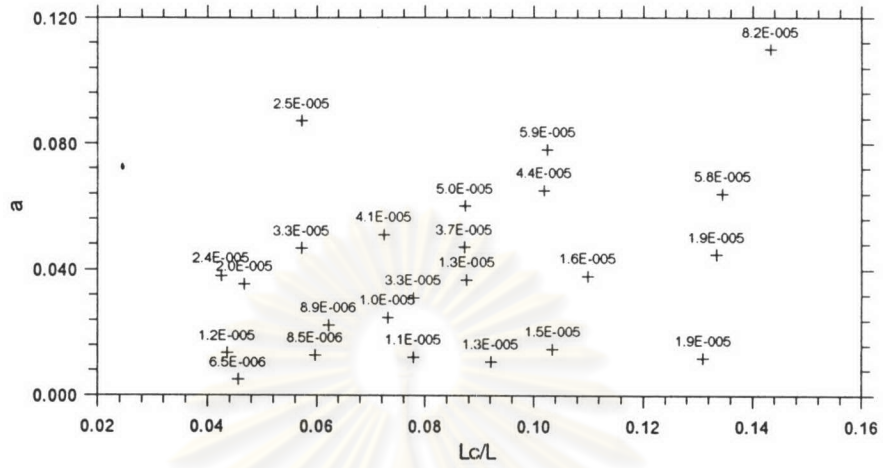
$$\frac{V_{fmH}}{C} = m\left(\frac{H}{L}\right)e^{b\left(\frac{Lx}{Lc}\right)} \quad (5-2)$$



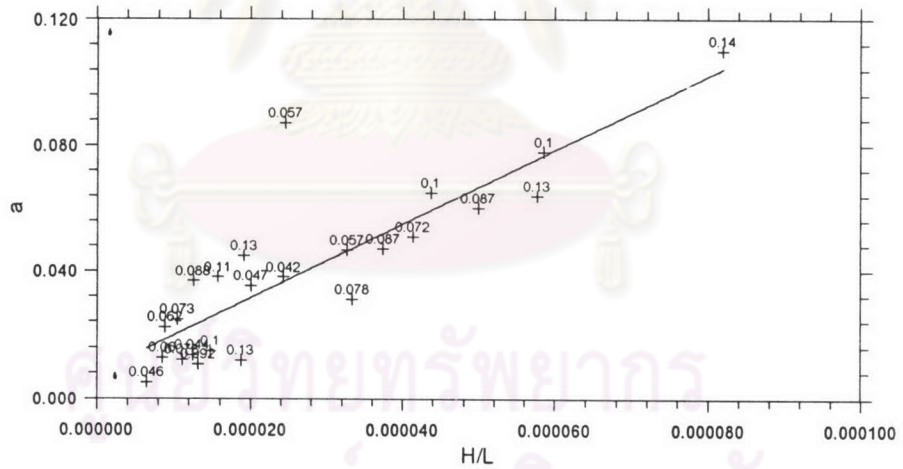
รูป 5-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่สูงสุด (ช่วงน้ำขึ้น) กับ ตำแหน่ง  $V_{fmH}/C = ae^{b(Lx/Lc)}$

ตาราง 5-1 ค่าพารามิเตอร์ a และ b ในสมการความเร็วหุ่นสูงสุด (สมการ 5-1)

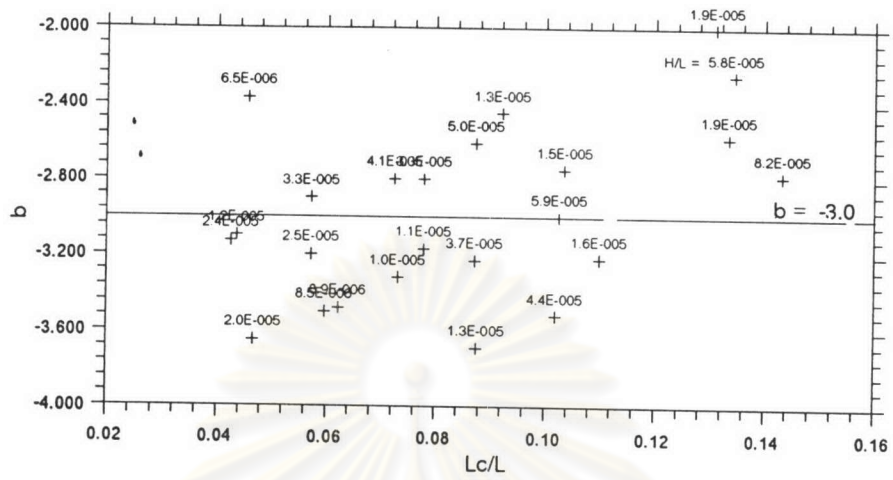
กรณี	กรณี เปิด-ปิดประตูน้ำตามจังหวะน้ำขึ้นน้ำลง					
	ช่วงน้ำขึ้น			ช่วงน้ำลง		
	a ( $\times 10^{-2}$ )	b	R <sup>2</sup>	a ( $\times 10^{-2}$ )	b	R <sup>2</sup>
CH1T15	0.50	-2.37	0.86	0.04	2.28	0.66
CH1T20	1.28	-3.50	0.80	0.16	1.08	0.48
CH1T25	1.22	-3.17	0.92	0.10	1.81	0.62
CH1T30	1.07	-2.45	0.83	0.05	3.10	0.71
CH1T35	1.48	-2.75	0.80	0.13	2.25	0.83
CH1T45	1.20	-2.00	0.82	0.16	2.14	0.80
CH2T15	1.35	-3.10	0.93	0.06	2.53	0.96
CH2T20	2.23	-3.48	0.80	0.10	2.42	0.96
CH2T25	2.48	-3.32	0.94	0.11	2.60	0.93
CH2T30	3.68	-3.69	0.85	0.17	2.32	0.96
CH2T35	3.80	-3.22	0.84	0.27	2.10	0.95
CH2T45	4.48	-2.58	0.95	0.35	2.28	0.85
CH3T15	3.53	-3.65	0.78	0.31	1.23	0.89
CH3T20	8.70	-3.20	0.60	0.45	0.97	0.76
CH3T25	3.10	-2.80	0.95	0.54	1.23	0.89
CH3T30	4.70	-3.23	0.99	0.25	2.28	0.96
CH3T35	6.50	-3.52	0.80	0.24	2.53	0.84
CH3T45	6.40	-2.25	0.94	0.68	1.71	0.73
CH4T15	3.80	-3.13	0.88	0.23	1.97	0.81
CH4T20	4.66	-2.90	0.89	0.32	1.88	0.81
CH4T25	5.10	-2.80	0.91	0.36	2.09	0.90
CH4T30	6.00	-2.61	0.91	0.53	1.82	0.87
CH4T35	7.80	-3.00	0.85	0.68	1.77	0.92
CH4T45	11.00	-2.78	0.97	0.93	1.85	0.98



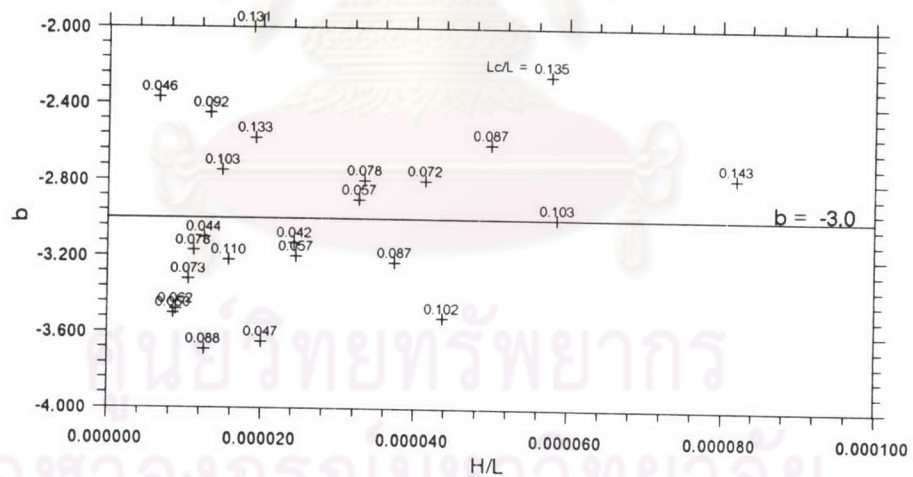
รูป 5-7 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ a กับ Lc/L ในช่วงน้ำขึ้น



รูป 5-8 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ a กับ H/L ในช่วงน้ำขึ้น



รูป 5-9 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์  $b$  กับ  $Lc/L$  ในช่วงน้ำขึ้น



รูป 5-10 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์  $b$  กับ  $H/L$  ในช่วงน้ำขึ้น

จากสมการ 5-2 สามารถจัดให้อยู่ในรูปของ MLR โดยใช้ลอการิทึมได้เป็น

$$\ln\left(\frac{V_{fmH}}{C}\right) = \ln m + \ln\left(\frac{H}{L}\right) + b\left(\frac{Lx}{Lc}\right) \quad (5.3)$$

จากสมการ 5-3 นำไปวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นโดยที่  $\ln(H/L)$  และ  $Lx/Lc$  เป็นตัวแปรอิสระ และ  $\ln(V_{fmH}/C)$  เป็นตัวแปรตาม ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ให้ความสัมพันธ์ซึ่งมีค่า  $R^2 = 0.80$  ดังแสดงในสมการ 5-4

$$\ln\left(\frac{V_{fmH}}{C}\right) = 8.17 + 1.09 \ln\left(\frac{H}{L}\right) - 2.95 \left(\frac{Lx}{Lc}\right) \quad (5-4)$$

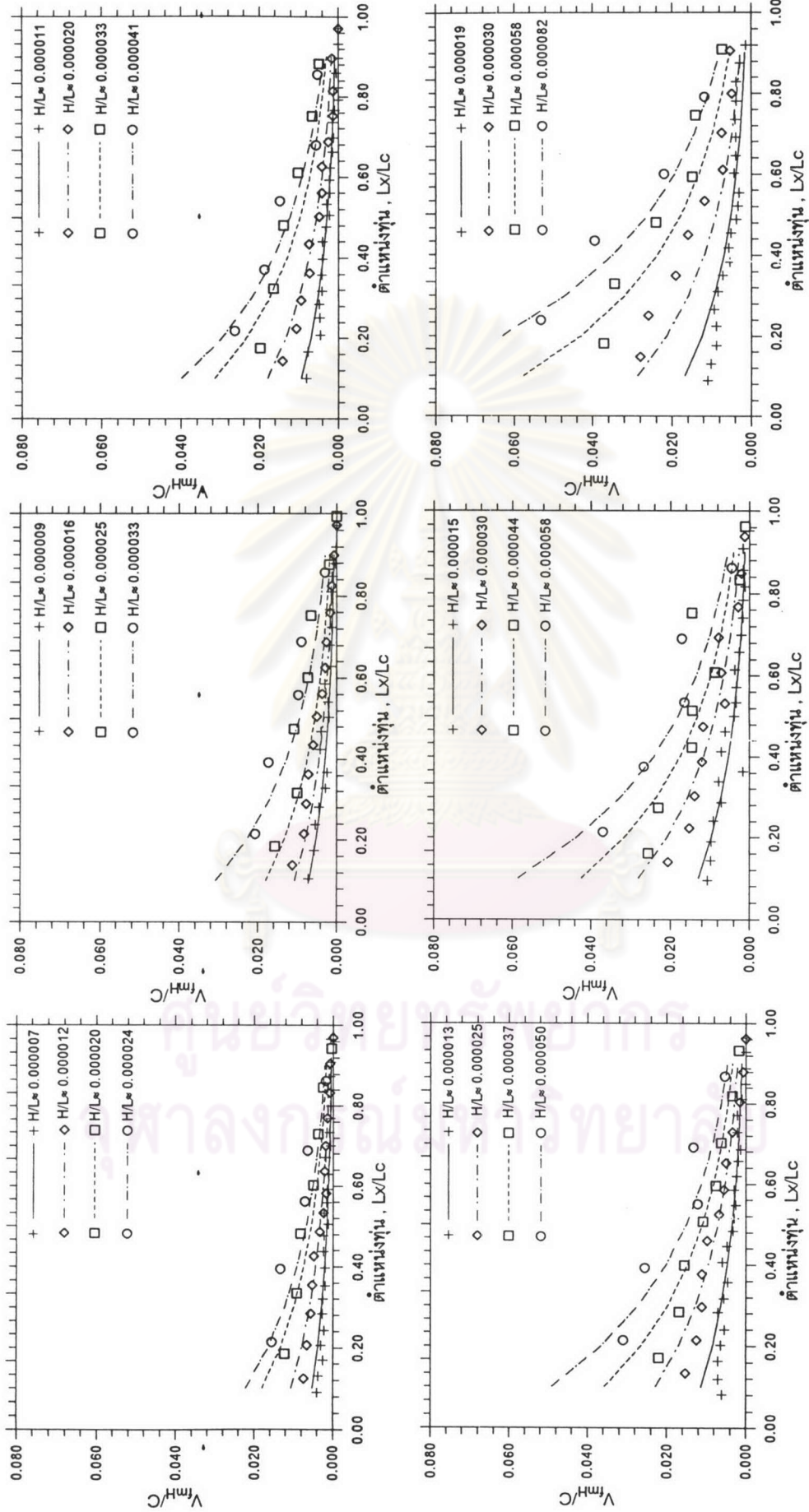
จากสมการ 5-4 สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$\frac{V_{fmH}}{C} = 3.5 \times 10^{-3} \left(\frac{H}{L}\right)^{1.10} e^{-2.95\left(\frac{Lx}{Lc}\right)} \quad (5-5)$$

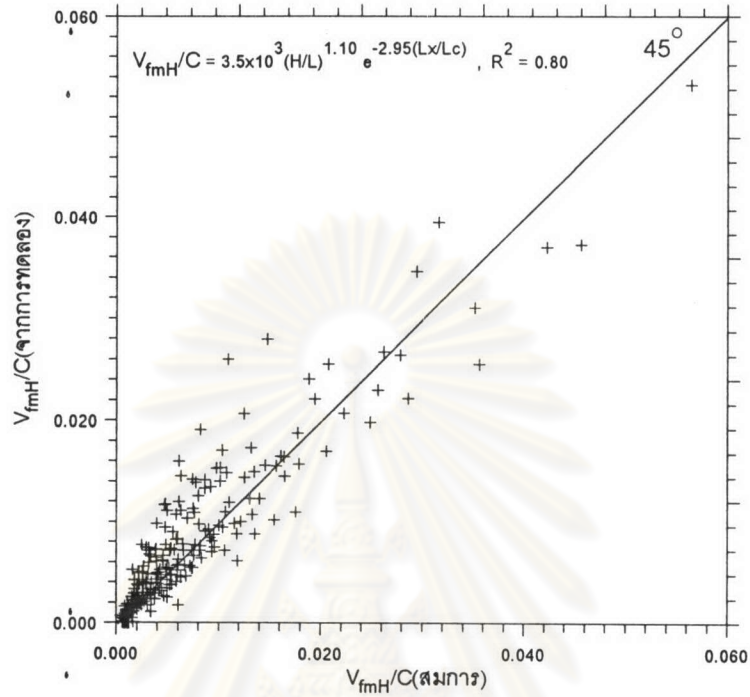
ดังนั้นสามารถประมาณค่า  $V_{fmH}/C$  โดยใช้สมการ 5-5 ดังแสดงในรูป 5-11 และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_{fmH}/C$  ที่ได้จากการทดลอง กับ  $V_{fmH}/C$  ที่ได้จากสมการ ดังรูป 5-12 พบว่าค่าของ  $V_{fmH}$  ที่ได้จากการทดลองและการคำนวณมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ทำมุมประมาณ 45 องศา กับแกน x ซึ่งหมายถึงค่าที่ได้จากสมการมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองในแบบจำลอง

สำหรับความเร็วทุ่นสูงสุด (ช่วงน้ำลง)  $V_{fmL}$  ได้ใช้แนวทางวิเคราะห์เช่นเดียวกับ  $V_{fmH}$  ซึ่งจากรูป 5-13 พบว่าความสัมพันธ์  $V_{fmL}/C$  จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะของตำแหน่งทุ่นแบบ Exponential แต่เมื่อพิจารณาที่ค่า  $Lx/Lc$  เดียวกันพบว่าค่า  $V_{fmL}/C$  มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชันคลื่นสูงขึ้นดังนั้นสามารถใช้สมการ 5-1 ประมาณค่าพารามิเตอร์ a b ในแต่ละกรณีการทดลองแสดงในตาราง 5-1

จากการวิเคราะห์พารามิเตอร์ a, b กับตัวแปร H/L และ Lc/L พบว่าค่าพารามิเตอร์ a มีค่าค่อนข้างคงที่กับความยาวคลองที่ความชันคลื่นหนึ่งๆ แต่ผันแปรกับความชันคลื่น เมื่อความชันคลื่นเพิ่มขึ้น พารามิเตอร์ a จะมีแนวโน้มสูงขึ้นดังแสดงในรูป 5-14 และ 5-15 ตามลำดับ สำหรับ



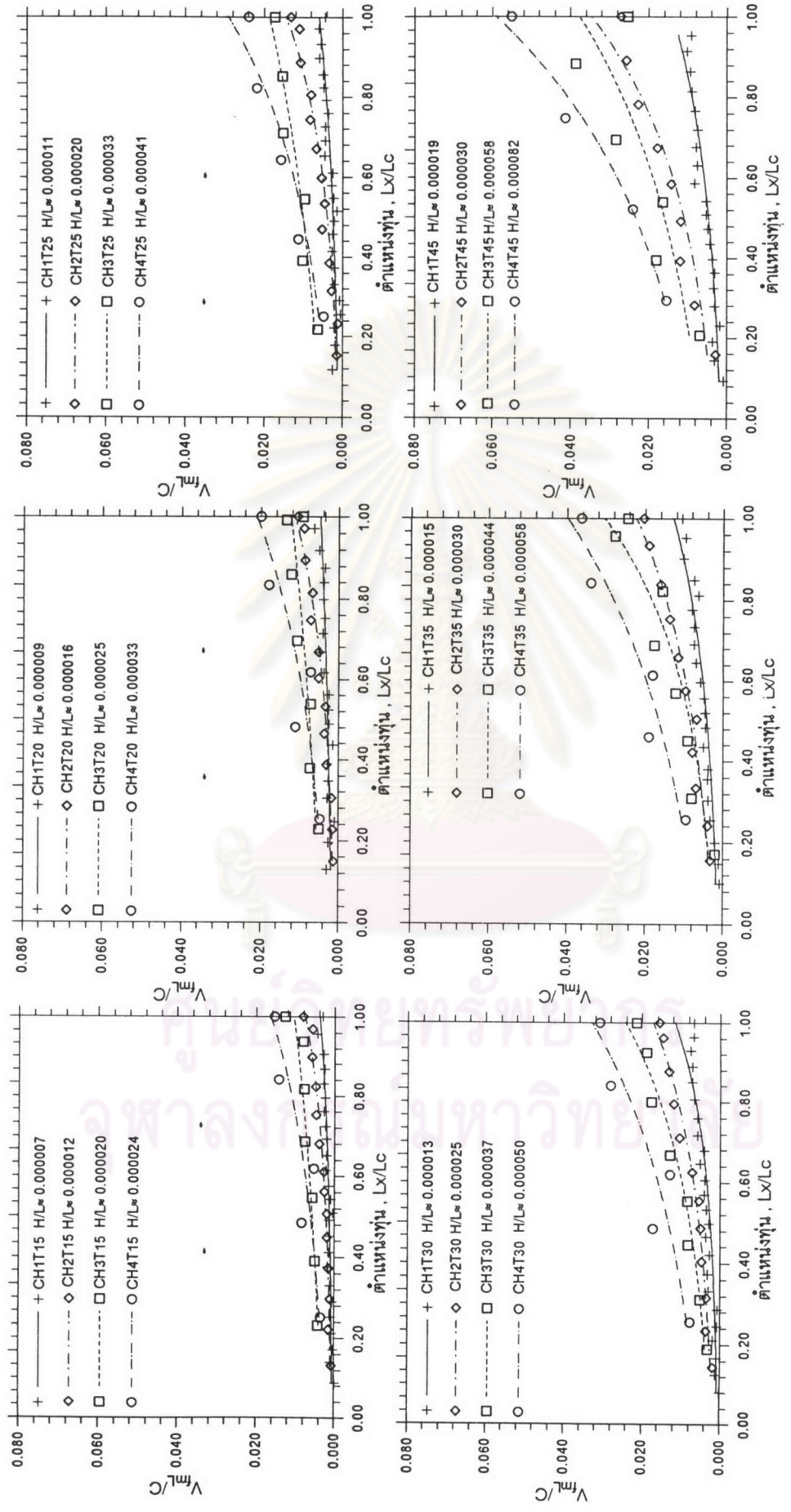
รูป 5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วหุ่นสูงสุด (ช่วงนำขึ้น) กับ ตำแหน่งหุ่น จาก  $V_{fmH}/C = 3.5 \times 10^3 (H/L)^{1.10} e^{-2.95(Lx/Lc)}$



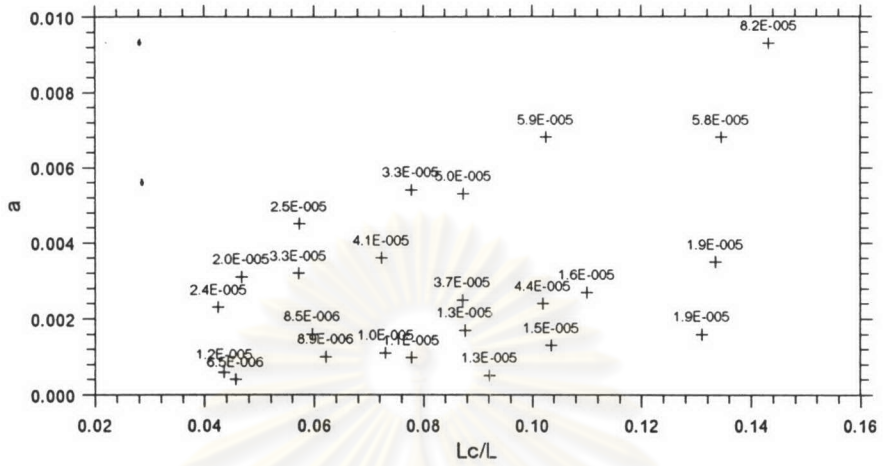
รูป 5-12 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_{fmH}/C$  (จากการทดลอง) กับ  $V_{fmH}/C$  (สมการ) ในช่องน้ำขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

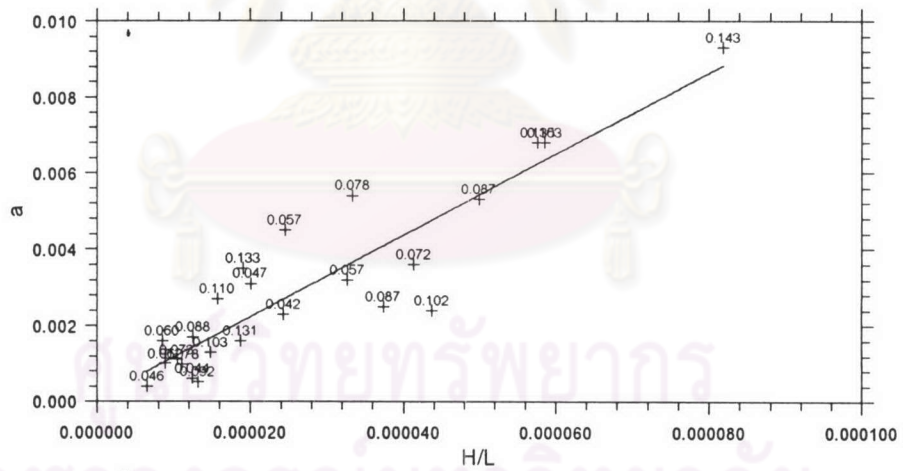




รูป 5-13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่สูงสุด (ช่วงน้ำตื้น) กับ ตำแหน่งที่  $V_{fm}/C = ae^{b(Lx/Lc)}$



รูป 5-14 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ a กับ Lc/L ในช่วงน้ำตื้น



รูป 5-15 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ a กับ H/L ในช่วงน้ำตื้น

พารามิเตอร์  $b$  มีค่าประมาณ 2.0 ( $\pm$ ) แต่มีความสัมพันธ์ไม่ชัดเจนกับตัวแปรต่างๆ ดังแสดงในรูป 5-16 และ 5-17 ตามลำดับ

ดังนั้นสามารถนำสมการ 5-3 ไปวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นโดยที่  $\ln(H/L)$  กับ  $Lx/Lc$  เป็นตัวแปรอิสระ และ  $\ln(V_{fmL}/C)$  เป็นตัวแปรตาม ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นี้มีความสัมพันธ์ซึ่งมีค่า  $R^2 = 0.70$  ดังสมการ 5-6

$$\ln\left(\frac{V_{fmL}}{C}\right) = 5.82 + 1.12 \ln\left(\frac{H}{L}\right) + 2.27 \left(\frac{Lx}{Lc}\right) \quad (5-6)$$

จากสมการ 5-6 สามารถจัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

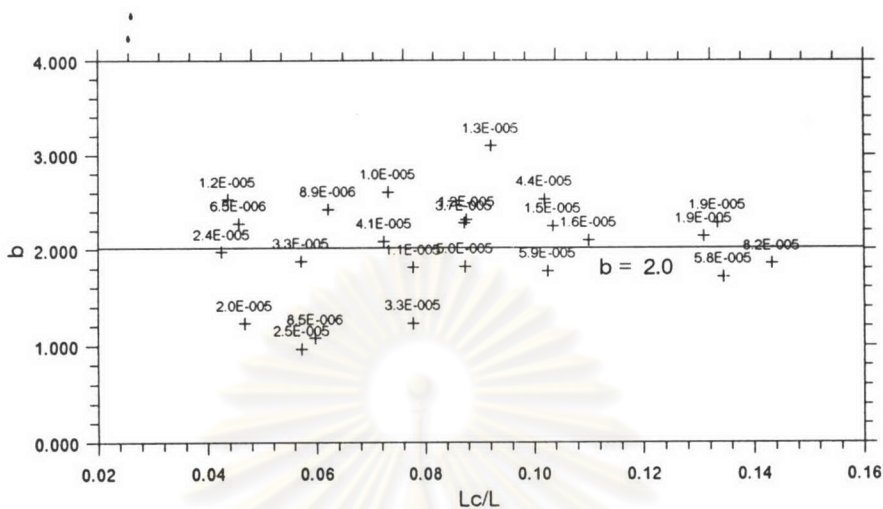
$$\frac{V_{fmL}}{C} = 340 \left(\frac{H}{L}\right)^{1.12} e^{2.27 \left(\frac{Lx}{Lc}\right)} \quad (5-7)$$

ดังนั้นสามารถประมาณค่า  $V_{fmL}$  โดยใช้สมการ 5-7 ดังแสดงในรูป 5-18 และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_{fmL}/C$  ที่ได้จากการทดลองกับ  $V_{fmL}/C$  จากสมการดังรูป 5-19 พบว่าค่า  $V_{fmL}$  ที่ได้จากการทดลอง และการคำนวณ มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงทำมุม 45 องศากับแกน  $x$  ซึ่งหมายถึงค่าที่ได้จากสมการมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองในแบบจำลอง

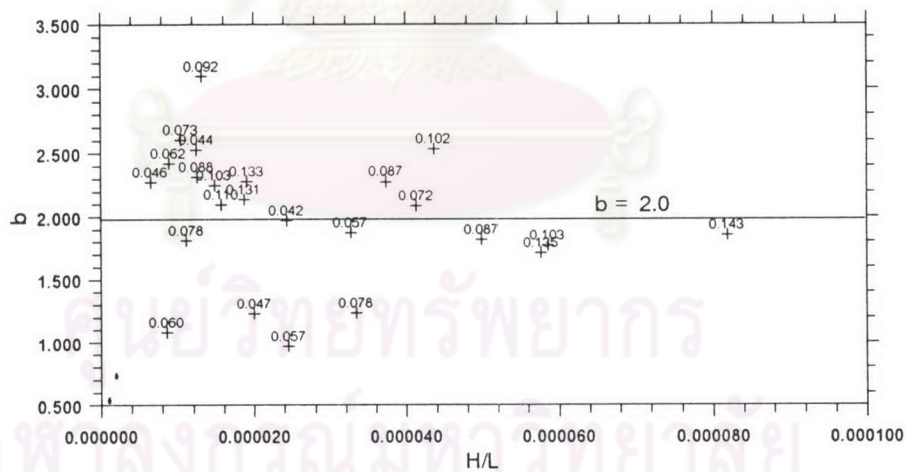
#### 5.4 ความสัมพันธ์ของเวลาเดินทางจากต้นทาง – ปลายทาง

ในหัวข้อนี้จะเป็นส่วนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเวลา ที่ใช้ในการเดินทางของอนุภาคน้ำจากประตูระบายน้ำต้นทางถึงประตูระบายน้ำปลายทาง  $t_r$  โดยค่า  $t_r$  นั้นเป็นค่าที่ได้จากการบันทึกเวลาที่ใช้ในการเดินทางของหุ่น 1 เมตร ที่เคลื่อนที่จากประตูระบายน้ำต้นทางถึงประตูระบายน้ำปลายทาง แสดงในตาราง ภาคผนวก ง-3 โดยศึกษาความสัมพันธ์ในรูปอัตราส่วนเวลาที่ใช้ในการเดินทาง  $t_r$  ต่อคาบคลื่น  $T$  กับตัวแปรความยาวคลอง  $Lc/L$  และความชันคลื่น  $H/L$

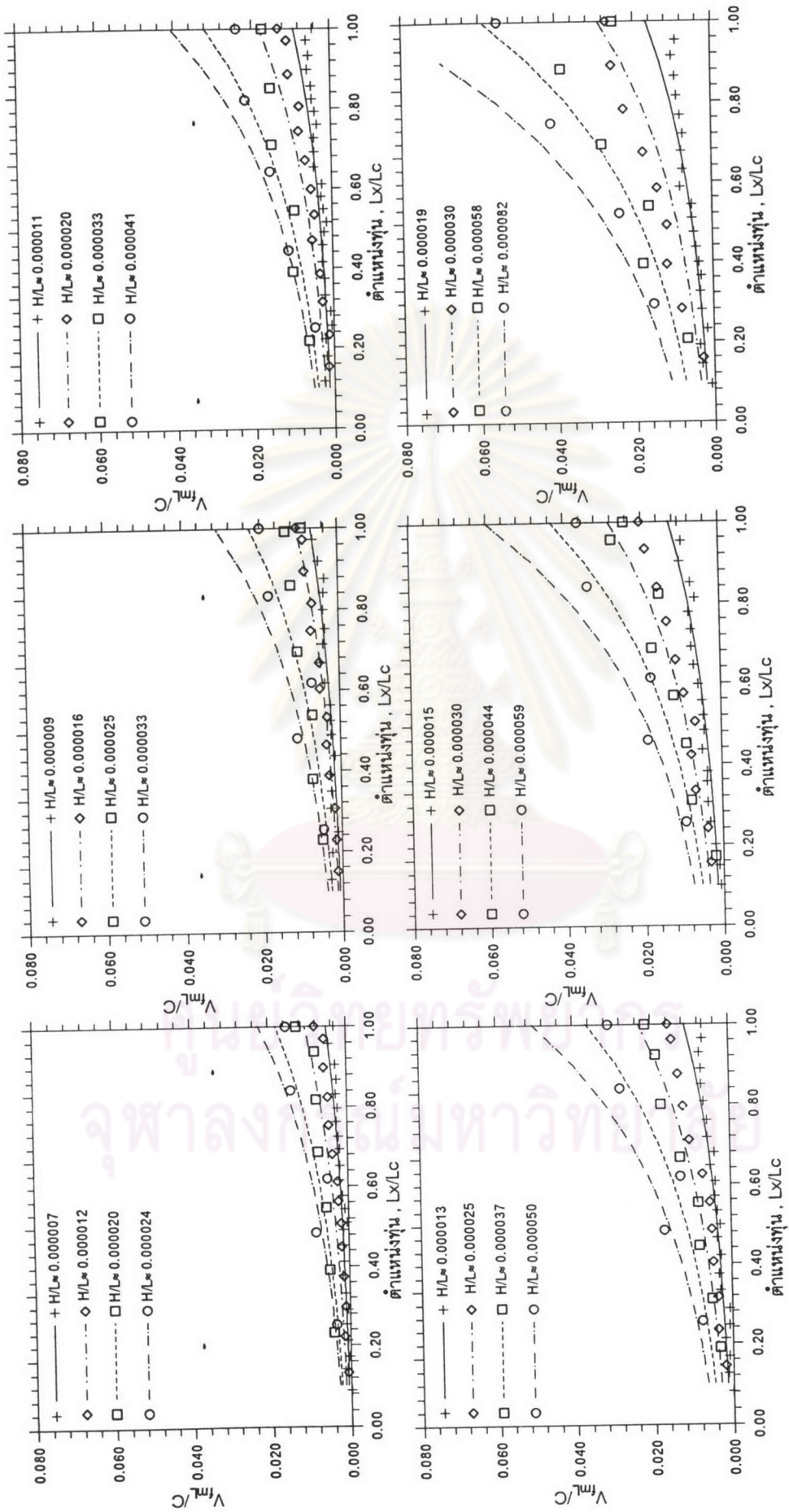
จากรูป 5-20 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเดินทาง  $t_r/T$  กับความยาวคลอง  $Lc/L$  พบว่าเมื่อค่า  $Lc/L$  เพิ่มขึ้นค่า  $t_r/T$  มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความชันคลื่นคงที่ แสดงให้เห็นว่าเมื่อคลองมีความยาวมาก เวลาที่ใช้ในการเดินทางจะเพิ่มขึ้นที่ความชันคลื่นคงที่ และจากรูป



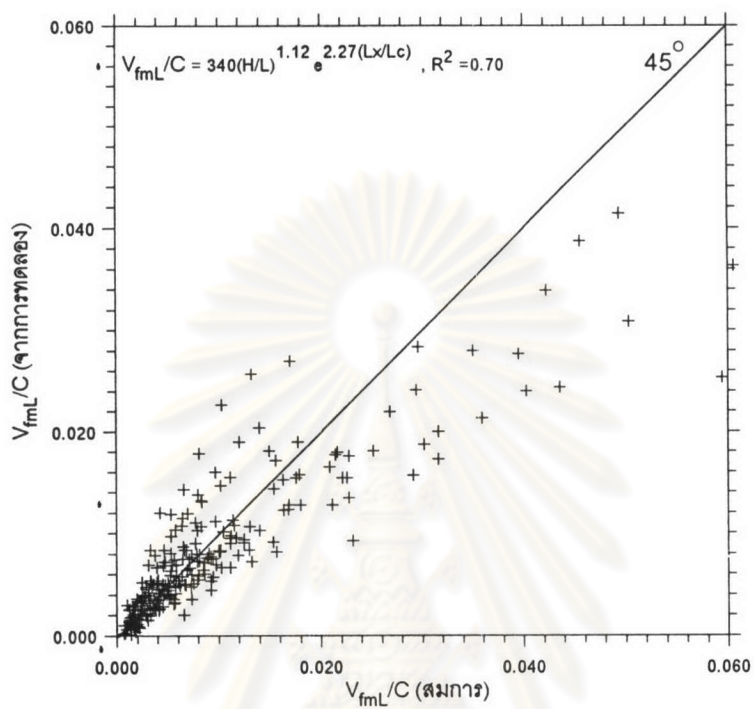
รูป 5-16 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์  $b$  กับ  $Lc/L$  ในช่วงน้ำลง



รูป 5-17 ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์  $b$  กับ  $H/L$  ในช่วงน้ำลง



รูป 5-18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วท่อนสูงสุด (ช่วงน้ำตื้น) กับ ตำแหน่งท่อน จาก  $V_{fmL}/C = 340(H/L)^{1.12} e^{-2.27(Lx/Lc)}$



รูป 5-19 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $V_{fmL}/C$  (จากการทดลอง) กับ  $V_{fmL}/C$  (สมการ) ในช่วงน้ำลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5-21 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $tr/T$  กับ  $H/L$  พบว่าเมื่อความชันคลื่นเพิ่มขึ้นค่า  $tr/T$  มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วตามขนาดของความชันคลื่น แสดงให้เห็นว่าเมื่อความชันคลื่นมากจะทำให้เวลาที่ใช้ในการเดินทางของหุ่นน้อยลง

ดังนั้นจากความสัมพันธ์ระหว่าง  $tr/T$  กับตัวแปรทั้ง 2 จะมีความผันแปรกันอยู่ในรูปสมการ

$$\frac{tr}{T} = a \left( \frac{H}{L} \right)^b \left( \frac{Lc}{L} \right)^c \quad (5-8)$$

จากสมการ 5-8 สามารถจัดให้อยู่ในรูปของ MR โดยใช้ลอการิทึมได้เป็น

$$\ln \left( \frac{tr}{T} \right) = \ln a + b \ln \left( \frac{H}{L} \right) + c \ln \left( \frac{Lc}{L} \right) \quad (5-9)$$

จากสมการ 5-9 นำไปวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นโดยที่  $\ln(H/L)$  และ  $\ln(Lc/L)$  เป็นตัวแปรอิสระ และ  $\ln(tr/T)$  เป็นตัวแปรตาม ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ได้ความสัมพันธ์ ซึ่งมีค่า  $R^2=0.90$  ดังแสดงในสมการ 5-10

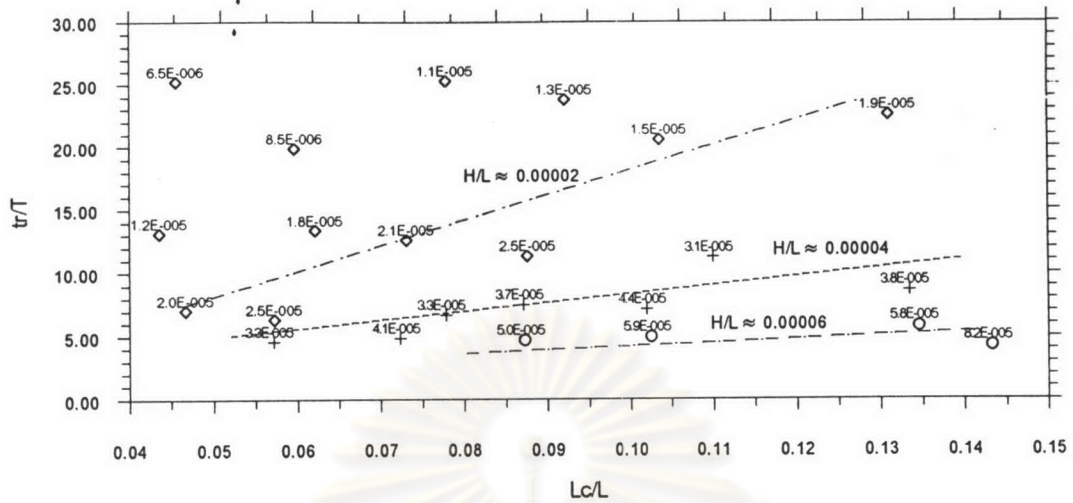
$$\ln \left( \frac{tr}{T} \right) = -7.323 - 1.15 \ln \left( \frac{H}{L} \right) + 1.01 \ln \left( \frac{Lc}{L} \right) \quad (5-10)$$

สามารถจัดสมการ 5-10 ใหม่ และกำหนดค่า  $c = 1.01$  เป็น  $c = 1.00$  จะได้

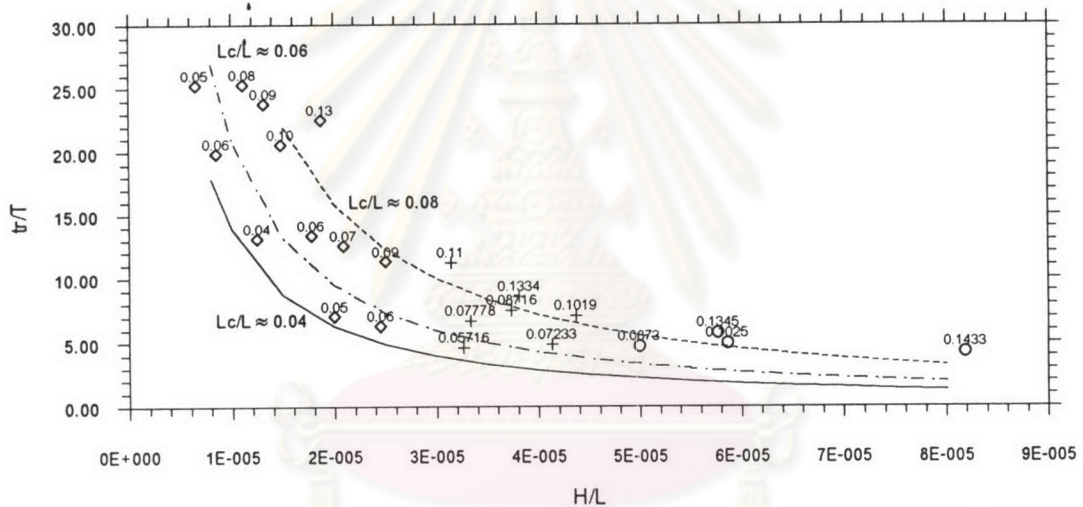
$$\frac{tr}{T} = 6.6 \times 10^{-4} \left( \frac{H}{L} \right)^{-1.15} \left( \frac{Lc}{L} \right) \quad (5-11)$$

ดังนั้นสามารถประมาณค่า  $tr/T$  โดยใช้สมการ 5-11 ดังแสดงในรูป 5-22 และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $tr/T$  ที่ได้จากการทดลองกับ  $tr/T$  ที่ได้จากสมการดังรูป 5-23 พบว่าค่า  $tr/T$  ที่ได้จากการทดลอง และการคำนวณมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงทำมุมประมาณ 45 องศา กับแกน x ซึ่งหมายถึงค่าที่ได้จากสมการมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองในแบบจำลอง

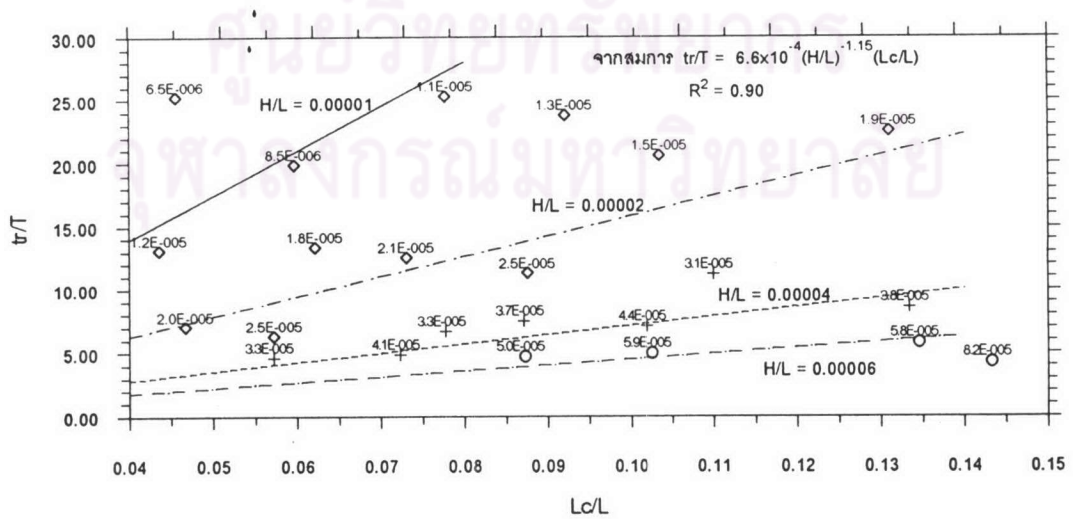
T\_tr&Lc\_L



รูป 5-20 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้เดินทางต่อคาบคลื่น กับ ความยาวคลื่น

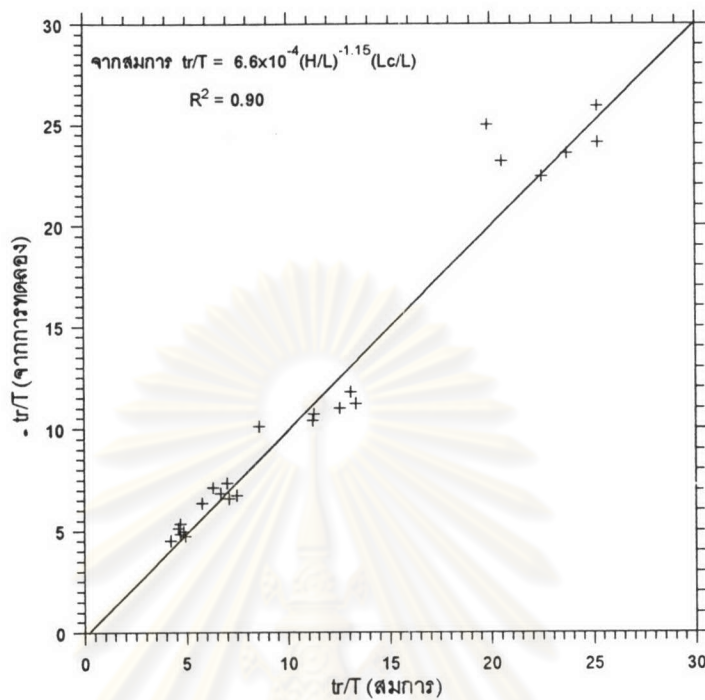


รูป 5-21 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้เดินทางต่อคาบคลื่น กับ ความชันคลื่น



รูป 5-22 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้เดินทางต่อคาบคลื่น กับ ความยาวคลื่น และ ความชันคลื่น จากสมการ  $tr/T = 6.6 \times 10^{-4} (H/L)^{-1.15} (Lc/L)$





รูป 5-23 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $tr/T$  (จากการทดลอง) กับ  $tr/T$  (สมการ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.5 ความเร็วเฉลี่ยและอัตราการชะล้างเฉลี่ย

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาความเร็วเฉลี่ยที่เกิดขึ้นตลอดทางน้ำ และอัตราการชะล้างเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง จากการพิจารณาความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการวัดแบบต่างๆ แสดงในตาราง 5-2 จะเห็นว่าความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการวัดแบบต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตาราง 5-2 และรูป 5-24 รูป 5-25 และรูป 5-26 ดังนั้นจึงเลือกพิจารณาใช้ความเร็วเฉลี่ยที่ได้จาก  $Lc/tr$  โดยที่  $Lc$  คือความยาวคลอง  $tr$  คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทางจากประตูระบายน้ำต้นทาง-ประตูระบายน้ำปลายทาง

สำหรับในการศึกษาความเร็วทวนเฉลี่ยอยู่ในรูปอัตราส่วนความเร็วทวนเฉลี่ย  $\bar{V}_f$  ต่อความเร็วคลื่นน้ำขึ้นน้ำลง  $C = \sqrt{gd}$  กับตัวแปรความยาวคลอง  $Lc/L$  และความชันคลื่น  $H/L$  จากรูป 5-27 เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง  $\bar{V}_f / C$  กับความยาวคลอง  $Lc/L$  พบว่าเมื่อ  $Lc/L$  เพิ่มขึ้น  $\bar{V}_f / C$  คงที่ ที่ ความชันคลื่นหนึ่งๆ และจากรูป 5-26 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\bar{V}_f / C$  กับ  $H/L$  พบว่าความเร็วทวนเฉลี่ยมีการผันแปรกับความชันคลื่น

ดังนั้นจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\bar{V}_f / C$  กับ  $H/L$  อยู่ในรูปสมการ 5-12 และรูป 5-28

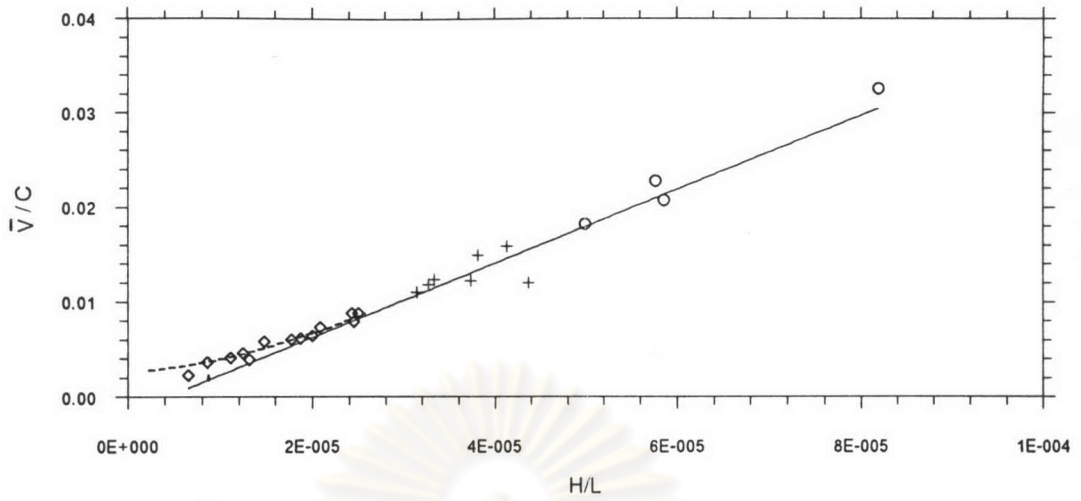
$$\frac{\bar{V}_f}{C} = 1.5 \times 10^3 \left( \frac{H}{L} \right)^{1.14} \quad (5-12)$$

จากรูป 5-26 พบว่าความสัมพันธ์ของ  $\bar{V}_f / C$  ที่ค่า  $H/L$  ต่ำๆ จะมีลักษณะความโค้งงอของเส้นเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล (ภาพขยายแสดงในรูป 5-29) ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้เป็น

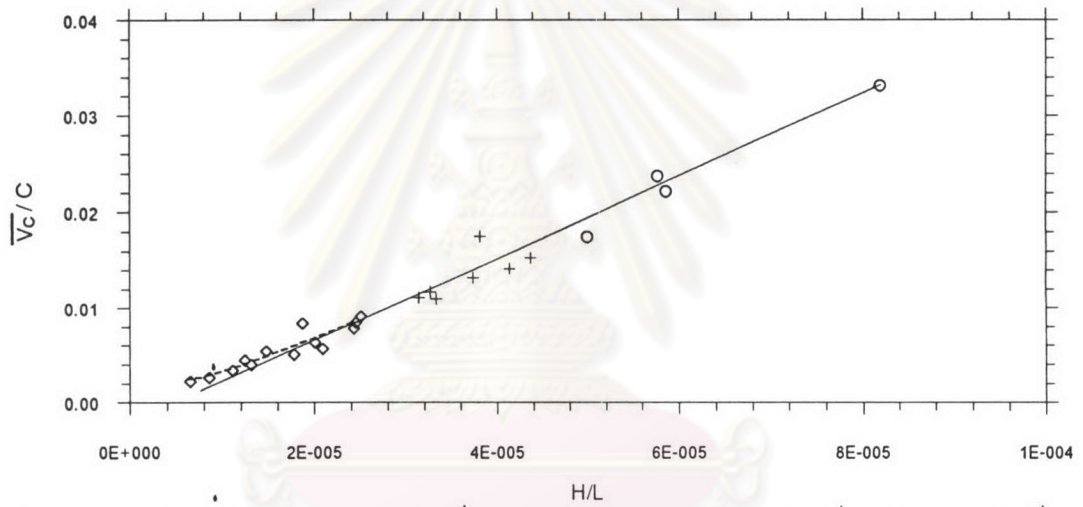
$$\frac{\bar{V}_f}{C} = 0.0015 e^{\left( 70.9 \times 10^3 \frac{H}{L} \right)} \quad (5-13)$$

ดังนั้นในการพิจารณาความสัมพันธ์ของ  $\bar{V}_f / C$  ที่ค่า  $H/L$  ต่ำๆ นั้น จึงควรใช้ความสัมพันธ์จากสมการ 5-13

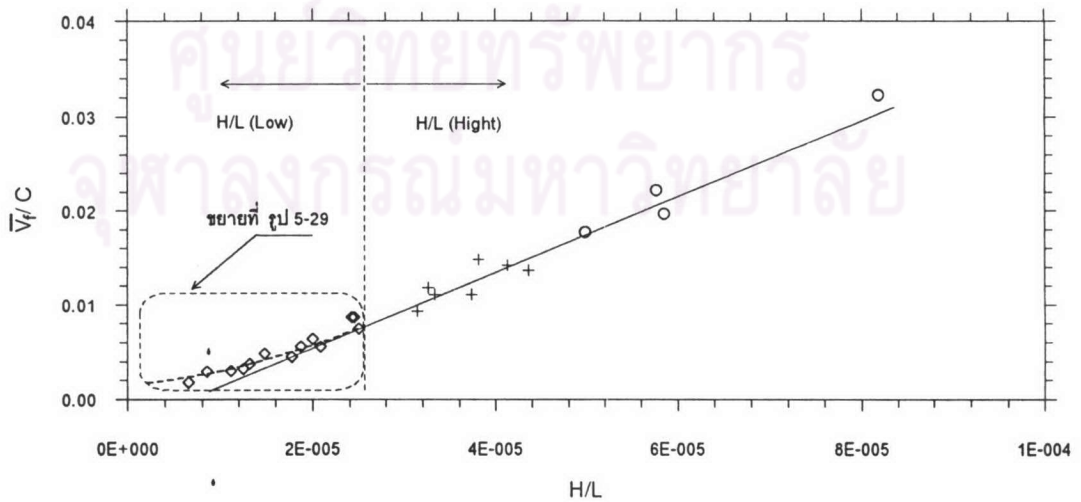
ในส่วนของอัตราการชะล้าง จะพิจารณาจากความเร็วทวนเฉลี่ย ซึ่งเป็นเพียงความเร็วเฉลี่ยช่วงบนของหน้าตัดทางน้ำเท่านั้น ดังนั้นหากต้องการหาความเร็วเฉลี่ยของหน้าตัดทางน้ำจะต้องศึกษาการกระจายความเร็วในหน้าตัด แต่สำหรับในการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดในส่วนของขนาดของแบบจำลองและจำนวนเครื่องมือวัดความเร็วกระแสในแบบจำลอง จึงไม่สามารถ



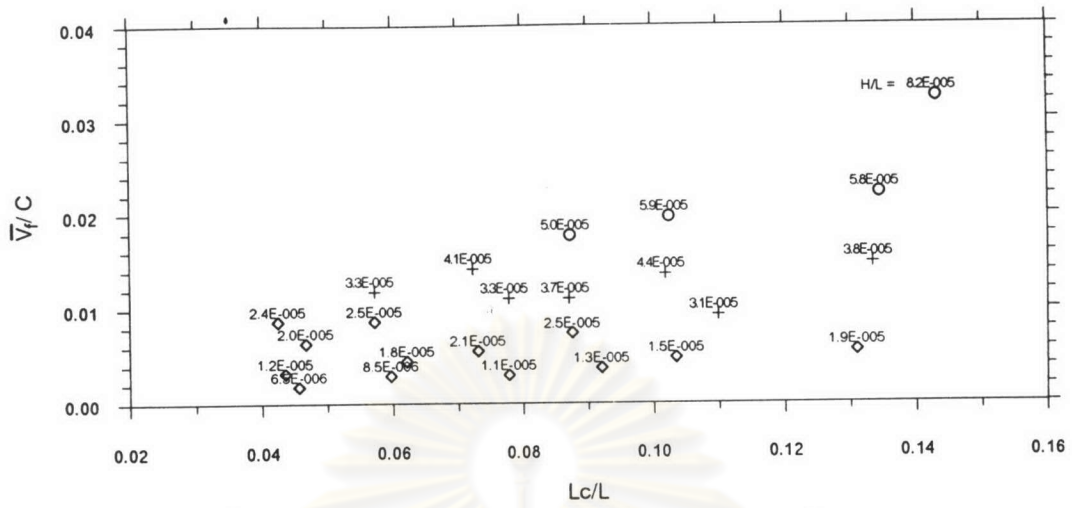
รูป 5-24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย(จังหวะน้ำขึ้น-น้ำลง)ต่อความเร็วคลื่น กับความชันคลื่น



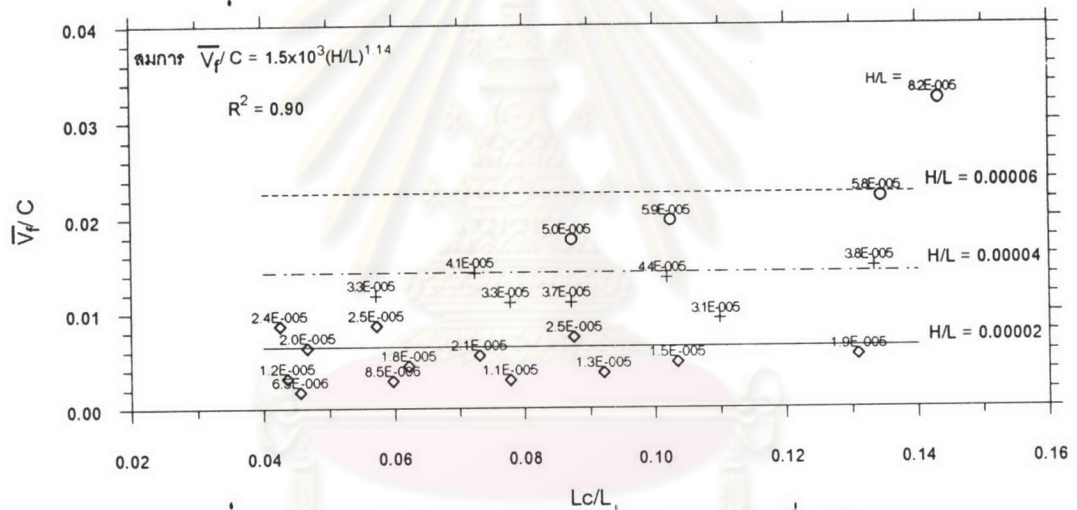
รูป 5-25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเฉลี่ย (current meter ) ต่อความเร็วคลื่น กับ ความชันคลื่น



รูป 5-26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทุ่นเฉลี่ย(คำนวณจากเวลาการเคลื่อนที่) ต่อความเร็วคลื่น กับ ความชันคลื่น

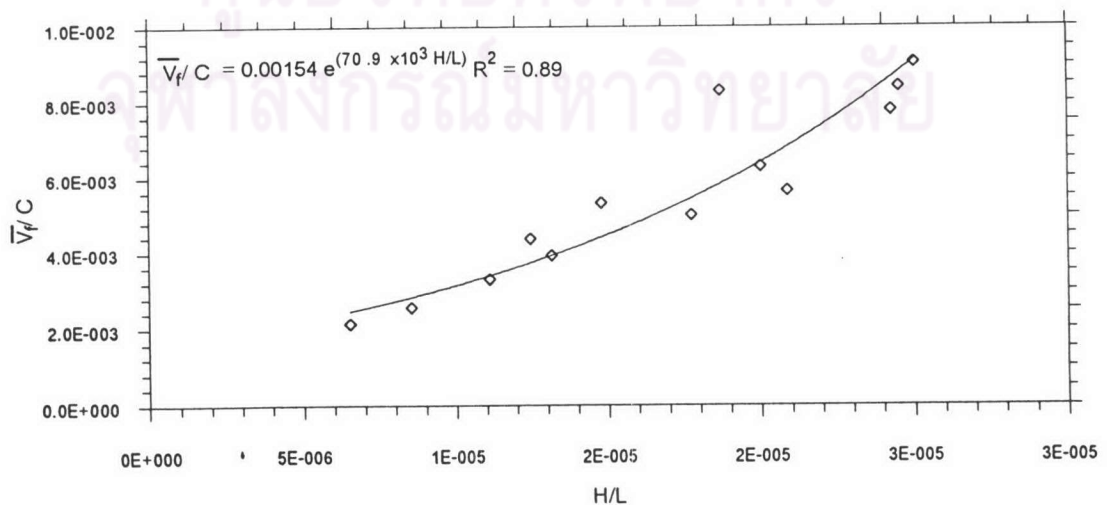


รูป 5-27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทวนเฉลี่ย ต่อ ความเร็วคลื่น กับ ความยาวคลอง



รูป 5-28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทวนเฉลี่ยต่อความเร็วคลื่น กับ ความยาวคลอง

และ ความชันคลื่น จากสมการ  $\bar{V}_p/C = 1.5 \times 10^3 (H/L)^{1.14}$



รูป 5-29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วทวนเฉลี่ยต่อความเร็วคลื่น กับความชันคลื่น, H/L ต่างๆ

ศึกษาพฤติกรรมการกระจายของความเร็วกระแสน้ำที่เกิดขึ้นในแบบจำลองได้โดยตรง จากการ  
ศึกษาของ Chow (1959) พบว่ารูปแบบทั่วไปของการกระจายความเร็วของกระแสน้ำในทางน้ำรูป  
สี่เหลี่ยมมีลักษณะดังรูป 5-30 การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีสมมติฐานว่าการกระจายความเร็วในทางน้ำของ  
แบบจำลองเป็นไปตามรูปแบบที่ Chow เสนอ จึงใช้ค่าการกระจายความเร็วในหน้าตัดของทาง  
น้ำสี่เหลี่ยม ตามที่แสดงในรูป 5-30 ทั้งในแนวราบ และแนวตั้งโดยที่ค่าที่แสดงในรูปเป็นอัตรา  
ส่วนของความเร็วที่จุดต่างๆ ต่อค่าความเร็วเฉลี่ยของการไหล ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณา แนว  
หน้าตัด AI ในรูป 5-30 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่หูน้อยในทางน้ำ ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ความเร็ว  
ในทางน้ำสี่เหลี่ยม  $C_v$  ทั้งในแนวราบและแนวตั้งมีค่า ประมาณ 0.80

สำหรับค่าความเร็วเฉลี่ยหน้าตัดสามารถคำนวณได้จาก

$$\bar{V}_s = C_v \bar{V}_f \quad (5-14)$$

และอัตราการชะล้างเฉลี่ย  $\bar{Q}_s = C_v \bar{V}_f \times A$  โดยที่ A เป็นพื้นที่หน้าตัดทางน้ำ สำหรับอัตรา  
การชะล้างเฉลี่ยในแบบจำลอง ได้แสดงในตาราง 5-2

## 5.6 แนวทางประยุกต์การชะล้างโดยน้ำขึ้นน้ำลง

ในหัวข้อนี้นำเสนอกรณีสมมติ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้การชะล้างน้ำในคลองโดยใช้น้ำขึ้น  
น้ำลง เพื่อลดปัญหาคุณภาพน้ำเน่าเสียในคลอง โดยสมมุติคลองหน้าตาสี่เหลี่ยม กว้าง 50 เมตร  
ลึก 3 เมตร มีความยาว 40 กิโลเมตร มีลักษณะทางกายภาพที่ทอดตัวขนานกับแนวชายฝั่งทะเล  
ดังแสดงในรูป 5-31 (ก) ซึ่งเป็นกรณีคล้ายกับคลองหัวไทร จ.นครศรีธรรมราช มีช่วงน้ำขึ้นน้ำลง  
(tidal range) 1.5 เมตร คาบคลื่นน้ำขึ้นน้ำลง 24 ชั่วโมง 50 นาที (น้ำเดียว)

### แนวทางการแก้ปัญหา

- ก) กรณีขุดคลองเชื่อมทะเลเพื่อระบายน้ำในคลอง ช่องทางเข้า-ออก 1 ช่องทาง ซึ่งต้อง  
อาศัยการติดตั้งประตูระบายน้ำที่ปากคลองทั้ง 2 ด้าน เพื่อควบคุมทิศทางการไหล  
ของน้ำให้สัมพันธ์กับจังหวะของน้ำขึ้นน้ำลง ดังแสดงในรูป 5-31 (ก) ซึ่งการคำนวณ  
ระยะเวลาที่ใช้ในการชะล้างน้ำในคลองรวมทั้งอัตราการชะล้าง สำหรับกรณีนี้ มีขั้นตอน  
ดังนี้

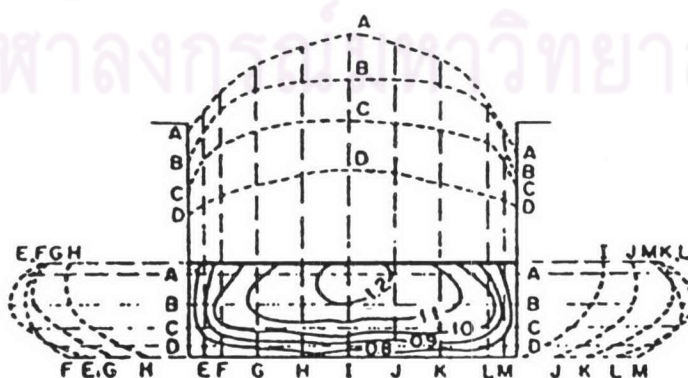
ตาราง 5-2 ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำในแบบจำลองที่ได้จากวิธีต่างๆ

กรณี	ความเร็วเฉลี่ย (ซม./วินาที)			อัตราการชะล้าง ในแบบจำลอง, $\bar{Q}_s$ <sup>***</sup> (ลบ.ซม./วินาที)
	ความเร็วหุ่นเฉลี่ยตาม จังหวะน้ำขึ้น-น้ำลง $\bar{V}$	ความเร็วหุ่นเฉลี่ย $\bar{V}_t = Lc/tr$	Current meter <sup>**</sup> $\bar{V}_c$	
CH1T15	0.21	0.16	0.20	17.3
CH1T20	0.34	0.27	0.24	29.2
CH1T25	0.38	0.28	0.31	30.2
CH1T30	0.36	0.35	0.37	37.8
CH1T35	0.54	0.45	0.50	48.6
CH1T45	0.57	0.52	0.78	56.2
CH2T15	0.43	0.29	0.41	31.3
CH2T20	0.56	0.41	0.47	44.3
CH2T25	0.68	0.52	0.53	56.2
CH2T30	0.82	0.69	0.85	74.5
CH2T35	1.03	0.87	1.04	94.0
CH2T45	1.40	1.38	1.65	149.0
CH3T15	0.60	0.59	0.59	63.7
CH3T20	0.74	0.81	0.79	87.5
CH3T25	1.16	1.04	1.03	112.3
CH3T30	1.15	1.04	1.24	112.3
CH3T35	1.13	1.28	1.44	138.2
CH3T45	2.14	2.08	2.23	224.6
CH4T15	0.82	0.81	0.73	87.5
CH4T20	1.11	1.11	1.10	119.9
CH4T25	1.49	1.13	1.33	122.0
CH4T30	1.71	1.67	1.64	180.4
CH4T35	1.95	1.85	2.08	199.8
CH4T45	3.06	3.05	3.11	329.4

หมายเหตุ :  $Lc$  = ความยาวคลอง ,  $tr$  = เวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นจากประตูน้ำต้นทางถึงประตูน้ำปลายทาง

<sup>\*\*</sup> ความเร็วเฉลี่ย จาก Current meter เป็นความเร็วเฉลี่ยตามเวลา (ตำแหน่งวัดบริเวณปากคลอง)

<sup>\*\*\*</sup>  $\bar{Q}_s = C_t \times V_t \times A$  ;  $C_t = 0.80$  ,  $A = 15 \times 9 \text{ cm}^2$



จาก Chow (1959)

รูป 5-30 การกระจายความเร็วในทางน้ำสี่เหลี่ยม

### ขั้นตอนการคำนวณ

ข้อมูลลักษณะของคลอง :  $L_c = 40$  กิโลเมตร ,  $B = 50$  เมตร ,  $d = 3$  เมตร

ข้อมูลลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลง :  $H = 1.5$  เมตร ,  $T = 24$  ชั่วโมง 50 นาที = 89,400 วินาที

1) คำนวณหาความยาวคลื่นน้ำขึ้นน้ำลง ( $L$ ) จาก

$$L = CT \quad \text{โดยที่ } C = \sqrt{gd}$$

$$L = \sqrt{gd} T$$

$$= \sqrt{9.81 \times 3} \times 89,400$$

$$L = 484 \text{ กิโลเมตร}$$

2) คำนวณหาความชันคลื่นน้ำขึ้นน้ำลง

$$\frac{H}{L} = \frac{1.5}{484000} = 3.1 \times 10^{-6}$$

3) คำนวณหาการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ ( $t_r$ ) จาก

$$t_r = \frac{Lc}{\bar{V}}$$

$$\text{โดยที่ } \bar{V} = C_t \bar{V}_f$$

เนื่องจากค่า  $H/L$  มีค่าต่ำ ดังนั้น ค่า  $\bar{V}_f$  สามารถคำนวณได้จากสมการ 5-13

$$\frac{\bar{V}_f}{C} = 0.00154 e^{\left(70.9 \times 10^{-3} \frac{H}{L}\right)}$$

$$\bar{V}_f = 0.00154 e^{\left(70.9 \times 10^{-3} \times 3.1 \times 10^{-4}\right)} \times \sqrt{9.81 \times 3}$$

$$\bar{V}_f = 0.010 \quad \text{เมตร/วินาที}$$

$$\text{ดังนั้น } \bar{V} = 0.80 \times 0.010 = 0.0080 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$\text{ฉะนั้น } t_r = \frac{40000}{0.0080} = 57 \text{ วัน}$$

ดังนั้นการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำจากประตูระบายน้ำต้นทาง ถึงประตูระบายน้ำปลายทางใช้เวลา 54 วัน หรือประมาณ 2 เดือน

4) กำหนดหาอัตราการชะล้าง  $\bar{Q}_s$  จาก

$$\bar{Q}_s = C_t \bar{V}_f A$$

โดยที่  $\bar{V}_f$  คือความเร็วหุ่นเฉลี่ยซึ่งคำนวณได้จากสมการ 5-13

$C_t$  คือค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ความเร็วในทางน้ำที่เหลี่ยม กำหนดให้มีค่าประมาณ 0.80

A คือพื้นที่หน้าตัดคลอง มีค่า

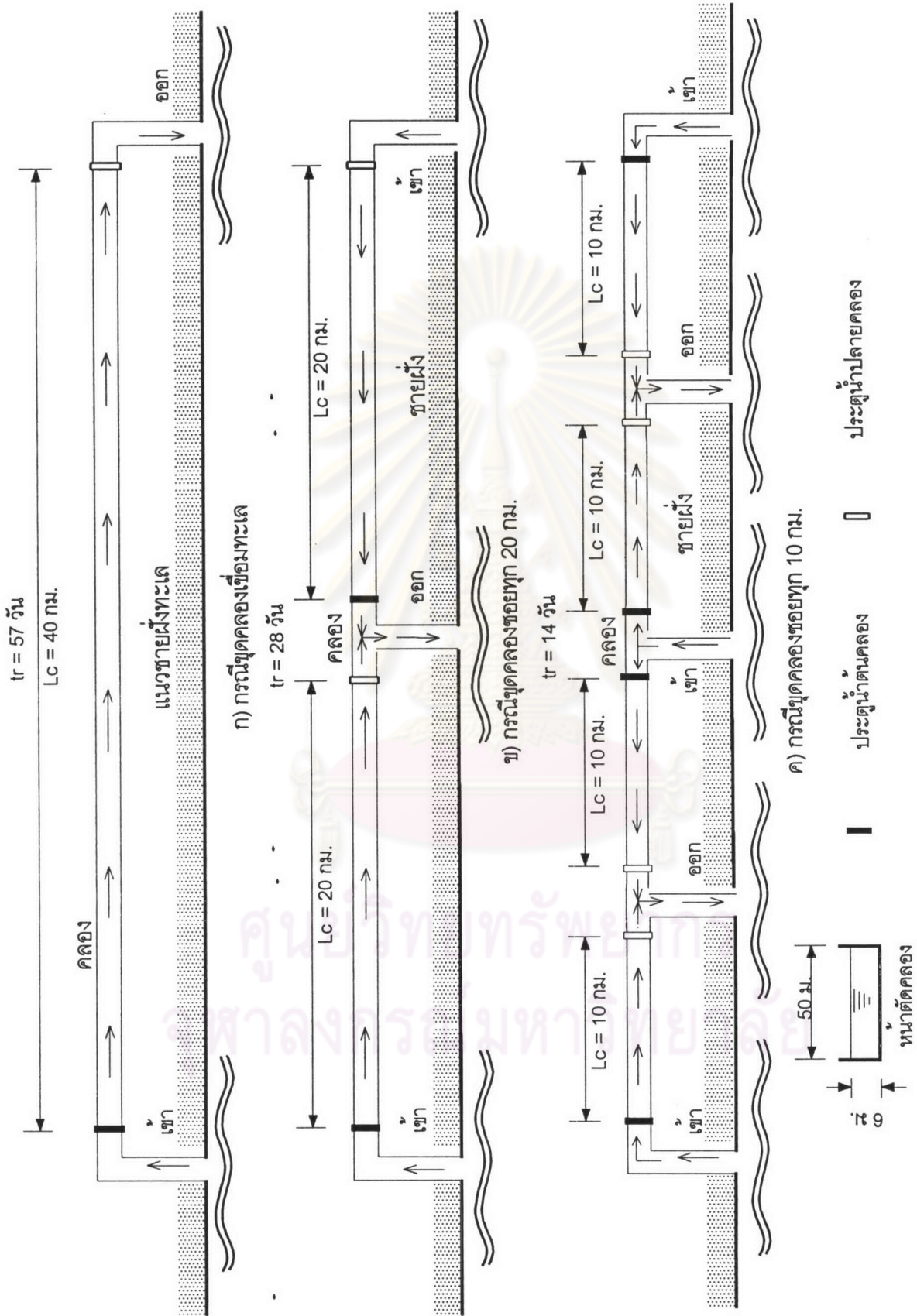
$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \bar{Q}_s &= 0.80 \times 0.01 \times (3 \times 50) \\ &= 1.20 \text{ ลบ.ม/วินาที} \end{aligned}$$

นั่นคือ อัตราการชะล้างในคลองกรณีคลองช่วงเดียว จะสามารถระบายน้ำได้ 1.20 ลบ.ม / วินาที หรือ 107,000 ลบ.ม ใน 1 คาบเวลาคลับ หรือ 24 ชั่วโมง 50 นาที (ช่วงเวลาเปิด-ปิด ประตูระบายน้ำ ในช่วงน้ำขึ้นเปิดประตูระบายน้ำต้นทาง ปิดประตูระบายน้ำปลายทางประมาณ 12 ชั่วโมง 25 นาที จากนั้นในช่วงน้ำลง ปิดประตูระบายน้ำต้นคลอง และเปิดประตูระบายน้ำปลายคลอง เพื่อระบายน้ำออก)

ข) กรณีขุดคลองขอยเชื่อมต่อทะเล (มีช่องทางเข้า-ออก มากกว่า 1 ช่องทาง) เนื่องจาก การขุดคลองเชื่อมทะเลในกรณีที่ 1 ต้องใช้เวลาในการชะล้างน้ำในคลองทั้งหมด ประมาณ 2 เดือน ซึ่งถือว่าค่อนข้างนานเกินไป หากต้องการลดระยะเวลาในการถ่ายเทน้ำในคลอง สามารถทำได้โดยขุดคลองขอยเชื่อม เพื่อเพิ่มช่องทางเข้าออกของการ ระบายน้ำ และติดตั้งประตูระบายน้ำเพื่อควบคุมทิศทางการไหลของน้ำ ซึ่งจะยก ตัวอย่าง เป็น 2 รูปแบบ

ข.1) กรณีขุดคลองขอยทุก 20 กิโลเมตร โดยตำแหน่งการติดตั้งประตูระบายน้ำและ ทิศทางการไหลแสดงในรูป 5-31 (ข)





รูป 5-31 ตัวอย่างแนวทางการกระจายน้ำที่วางตัวขนานกับชายฝั่ง

ข.2) กรณีขุดคลองขอยทุก 10 กิโลเมตร โดยตำแหน่งการติดตั้งประตูระบายน้ำและทิศทางการไหลแสดงในรูป 5-31 (ค)

สำหรับการติดตั้งประตูระบายน้ำและทิศทางการไหลของน้ำในคลอง กรณี ข.1) และ ข.2) แสดงในรูป 5-31 (ข) และ 5-31(ค) ตามลำดับ ส่วนค่าตัวแปรต่างๆ และผลคำนวณการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำและ อัตราการชะล้างสำหรับกรณี ข.1 และ ข.2 แสดงในตารางต่อไปนี้

กรณี	ความยาวคลอง Lc, กม.	Tr วัน	อัตราการชะล้างเฉลี่ย ลบ.ม /วัน ( $\bar{Q}_s$ )
ก	40	57	107000
ข.1	20	28	107000(ต่อช่องทางน้ำ)
ข.2	10	14	107000 (ต่อช่องทางน้ำ)

จากผลการคำนวณข้างต้น พบว่าหากขุดคลองขอยมากขึ้น จะช่วยลดระยะเวลาในการชะล้างน้ำในคลองลง อย่างไรก็ตามการขุดคลองขอยนั้นจะทำให้ค่าลงทุนของโครงการเพิ่มขึ้นมาก ทั้งในส่วนของการเวนคืนที่ดินเพื่อขุดคลองขอย การติดตั้งบานประตูเพื่อควบคุมการไหลของน้ำ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา ดังนั้นในการปฏิบัติงานจริง จำเป็นต้องมีการพิจารณาทั้งในด้านของสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ได้ระยะการขุดคลองเชื่อมต่อกับทะเลที่เหมาะสม

อย่างไรก็ตาม ผลการคำนวณข้างต้น เป็นการนำผลการศึกษาพฤติกรรมที่ได้จากแบบจำลองชลศาสตร์ที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการมาประยุกต์ใช้กับกรณีตัวอย่าง ซึ่งจากการสังเกตพบว่าค่าอัตราการเดินทางของอนุภาคน้ำ และอัตราการชะล้างที่คำนวณได้นั้น มีค่าค่อนข้างน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก ตัวแปรที่ได้สร้างขึ้นในแบบจำลองนั้นไม่ครอบคลุมช่วงของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ โดยเฉพาะค่าคลื่นที่น้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถเห็นความสัมพันธ์ที่ชัดเจนได้ ดังนั้นในตัวอย่างการประยุกต์ค่าต่างๆ ที่ได้ อาจไม่สามารถนำมาพิจารณาปฏิบัติได้จริง แต่เป็นเพียงแนวทางปฏิบัติเท่านั้น ในส่วนของเวลาการชะล้าง หรืออัตราการชะล้างนั้น จะต้องมีการศึกษาจากปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติมประกอบด้วย อาทิเช่น ปัจจัยด้านคุณภาพน้ำ ลักษณะทางด้านกายภาพของคลอง เป็นต้น