บทที่ 5 ผลการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษา โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3ส่วนหลักได้แก่ ส่วนที่ 1 ผลการศึกษาแบบจำลองชุดแท่งทรงกระบอกด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:5 ส่วนที่ 2 ผลการศึกษาแบบจำลองชุดแท่งทรงกระบอกดวยแบบจำลองมาตราส่วน 1:10 และส่วนที่ 3 เปรียบเทียบผลการศึกษาด้วยแบบจำลองมาจราส่วน 1:5 กับผลการศึกษาด้วยมาตราส่วน 1:10 พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ได้จากการตรวจวัดจริงทางภาคสนาม

5.1ผลการศึกษาแบบจำลองชุดแท่งทรงกระบอกด้วยมาตราส่วน 1:5

การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบในรางทดสอบคลื่นขนาด 1 x 1 x 27 เมตร โดยค่าความสูงคลื่นที่ใช้ในการทดสอบเป็นคลื่นปกติ (Regular Wave) ที่หน้าโครงสร้างมีค่าระหว่าง 10-15 เซนติเมตร คาบคลื่น 1.0 - 2.0 วินาทีและค่าระดับน้ำนิ่งในรางทดสอบที่โครงสร้าง มีค่าระหว่าง 20 – 30 เซนติเมตร ซึ่งตัวแปรที่ได้ทำการศึกษาเป็นไปตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:5

ตัวแปร	ค่าการทดสอบ	หน่วย
ความสูงคลื่น (H_i)	10, 11, 12, 13, 14, 15	เซนติเมตร
คาบคลื่น (T)	1.0, 1.5, 2.0	วินาที
ระดับน้ำ (d)	20, 25, 30	เซนติเมตร
รวมผลการศึกษาทั้งหมด 54 กรณี		

เมื่อพิจารณาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิ์ภาพการสลายพลังงานคลื่นโดยการวิเคราะห์ตัวแปรไร้มิติจะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 5.1

$$C_t = f\left(\frac{d}{L}, \frac{H_i}{L}, \frac{d}{H_i}\right) \tag{5.1}$$

เมื่อ C_t คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

$\left(\frac{d}{L}\right)$ คือ ความลึกสัมพัทธ์

$\left(\frac{H_i}{L}\right)$ คือ ความชันคลื่น

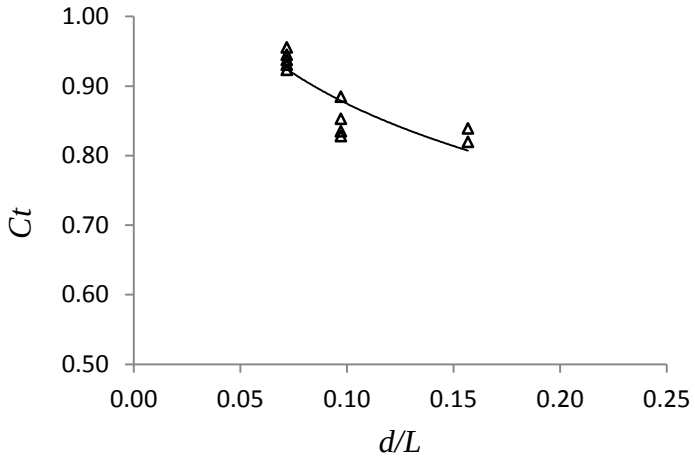
$\left(\frac{d}{H_i}\right)$ คือ อัตราส่วนความลึกต่อค่าความสูงคลื่น

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น (C_t) คือ อัตราส่วนความสูงคลื่น ณ ตำแหน่งหน้าโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอก (H_i) ต่อความสูงคลื่น ณ ตำแหน่งด้านหลังโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอก(H_t) ดังสมการที่ 5.2 โดยในการศึกษาจะพิจารณาคลื่นแบบปกติ (Regular wave) ที่ส่งผ่านโครงสร้างในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนของคลื่นบริเวณด้านหน้าของโครงสร้าง และค่า (d) คือ ค่าความลึกของระดับน้ำที่ท่วมโครงสร้าง

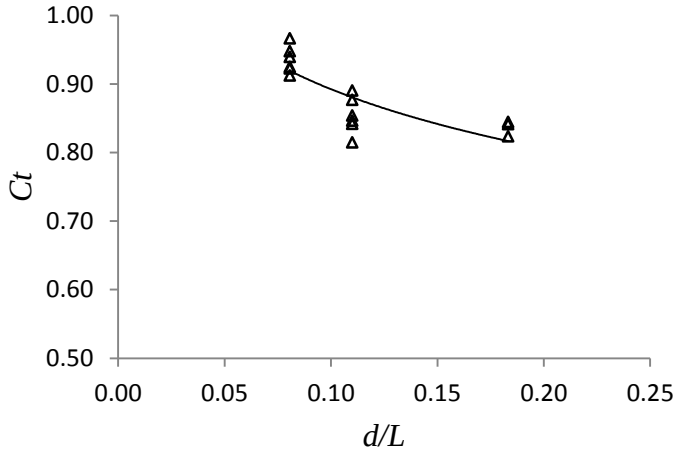
$$C_t = \frac{H_t}{H_i} \tag{5.2}$$

5.1.1 อิทธิพลของค่าความลึกสัมพัทธ์$\left(\frac{d}{L}\right)$ต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น(C_t)

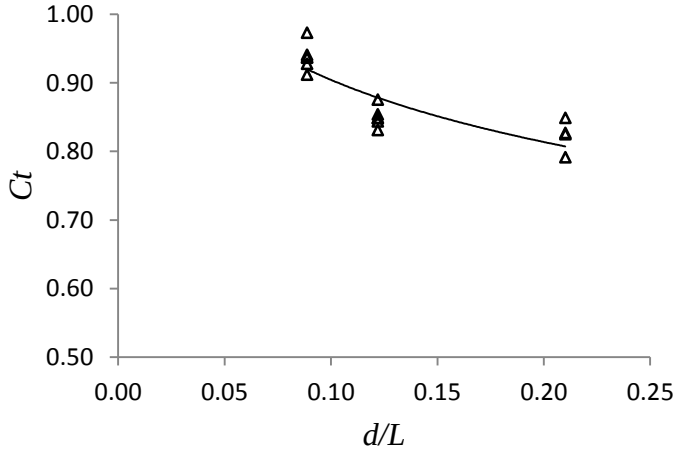
ความลึกสัมพัทธ์ (d/L) คืออัตราส่วนระหว่างความลึกระดับน้ำนิ่งต่อความยาวคลื่น เป็นค่าที่ใช้ในการจำแนกประเภทคลื่น ในการทดลองกำหนดความลึกระดับน้ำนิ่ง 3 กรณี ได้แก่ 70, 75 และ 80 เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นจะลดลงเมื่อระดับน้ำนิ่งเพิ่มขึ้นหรือค่าความลึกสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น โดยค่าความลึกสัมพัทธ์ที่ใช้ในการทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.07 - 0.21 ซึ่งเป็นคลื่นที่อยู่ในช่วงเปลี่ยนแปลง (Transitional water waves; 0.04 < d/L < 0.50) ซึ่งคลื่นดังกล่าวเป็นช่วงคลื่นที่สอดคล้องกับคลื่นที่เก็บวัดได้จากงานในภาคสนาม โดยผลการศึกษาจากรางทดสอบคลื่นในครั้งนี้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่าระหว่าง 0.94 - 0.82 ดังแสดงดังรูปที่ 5.1 - 5.2



(ก) ระดับน้ำ 20 เซนติเมตร

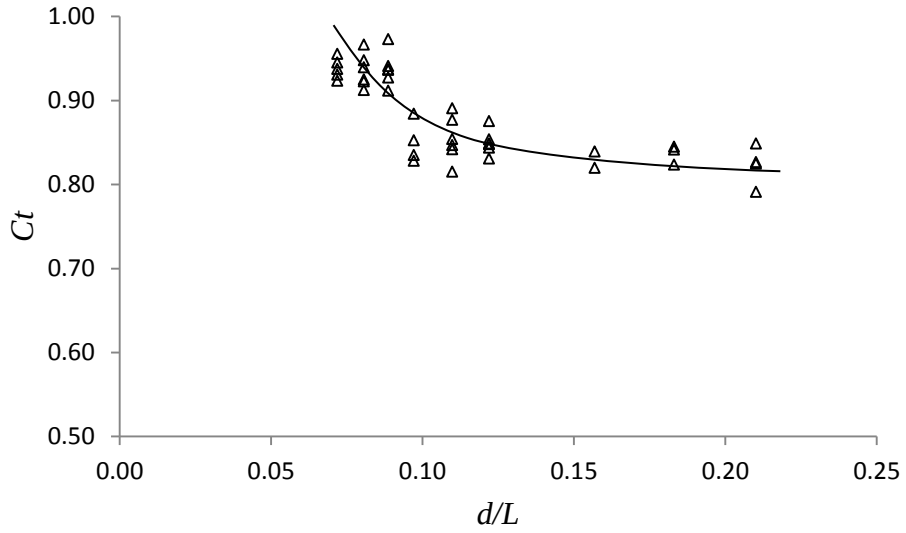


(ข) ระดับน้ำ 25 เซนติเมตร



(ค) ระดับน้ำ 30 เซนติเมตร

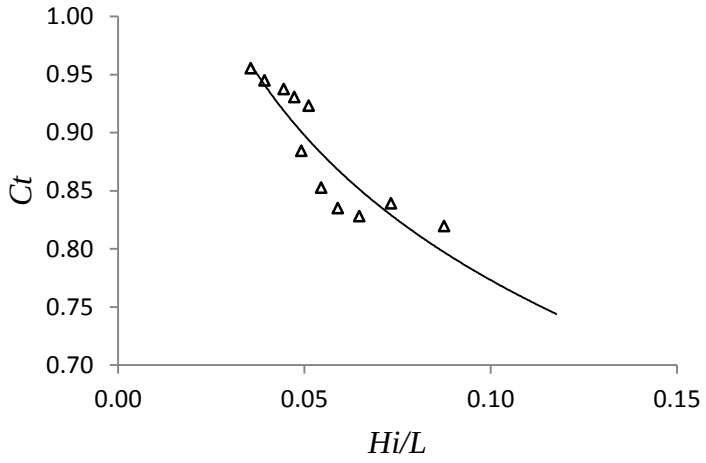
รูปที่ 5.1อิทธิพลของความลึกสัมพัทธ์ต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นที่ระดับน้ำต่าง ๆ



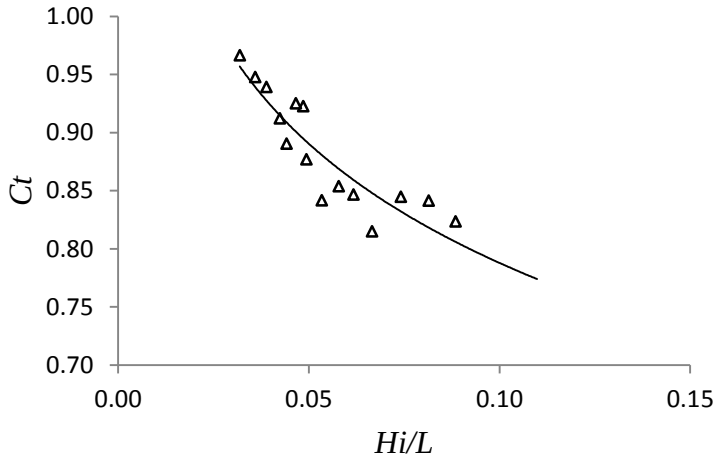
รูปที่ 5.2 อิทธิพลของความลึกสัมพัทธ์ต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

5.1.2 อิทธิพลของความชันคลื่น $\left(\frac{H_i}{L}\right)$ ต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น (C_t)

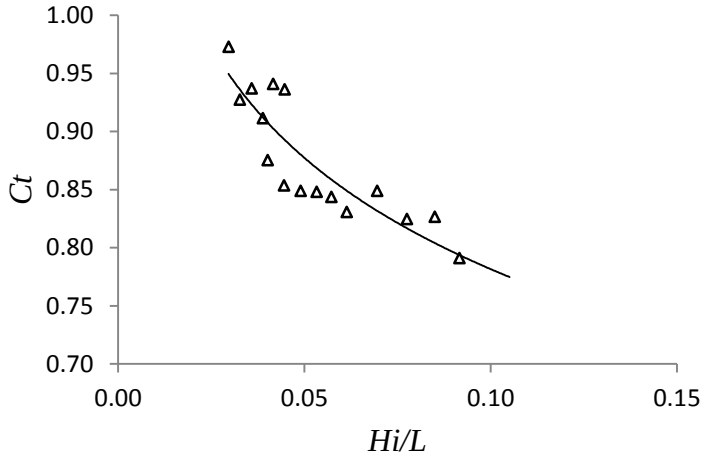
ความชันคลื่น (Hi/L) คือ อัตราส่วนความสูงคลื่น ณ ตำแหน่งด้านหน้าก่อนเข้าปะทะโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอกต่อความยาวคลื่น ซึ่งในการศึกษานี้ค่าของความชันคลื่นมีค่าระหว่าง 0.04 -0.14 ซึ่งจากการศึกษาพบว่า สัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นลดลงเมื่อค่าความชันคลื่นมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้น คลื่นที่มีความชันมาก (Steeper wave) มีสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นเมื่อเคลื่อนตัวผ่านโครงสร้างน้อยกว่าคลื่นที่มีความชันน้อย (Flat wave) เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่า 0.94 ที่ค่าความชันคลื่นมีค่า 0.06 จากนั้นเมื่อค่าความชันคลื่นมีค่าเท่ากับ 0.14 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นจะมีค่าลดลงเหลือ 0.84 ดังนั้นอาจสามารถกล่าวได้ค่า คลื่นที่มีความชันมากจะมีอัตราการลดลงของความสูงคลื่นมากกว่าคลื่นที่มีค่าความชันน้อยซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.3 - 5.4



(ก)ระดับน้ำ 20 เซนติเมตร

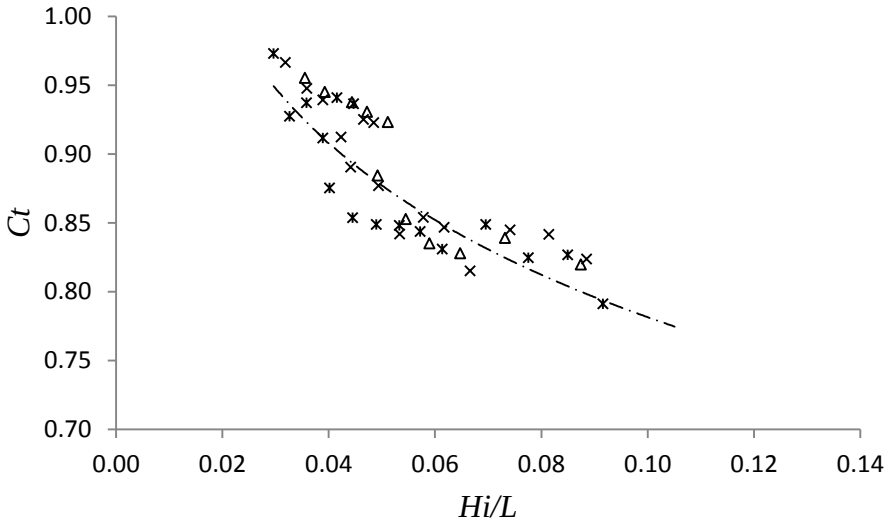


(ข)ระดับน้ำ 25 เซนติเมตร



(ค)ระดับน้ำ 30 เซนติเมตร

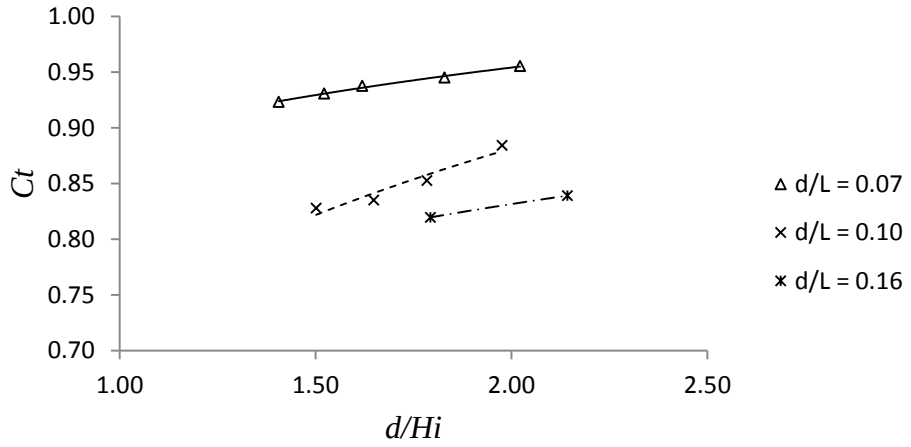
รูปที่ 5.3 อิทธิพลของความชันคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นที่ระดับน้ำต่าง ๆ



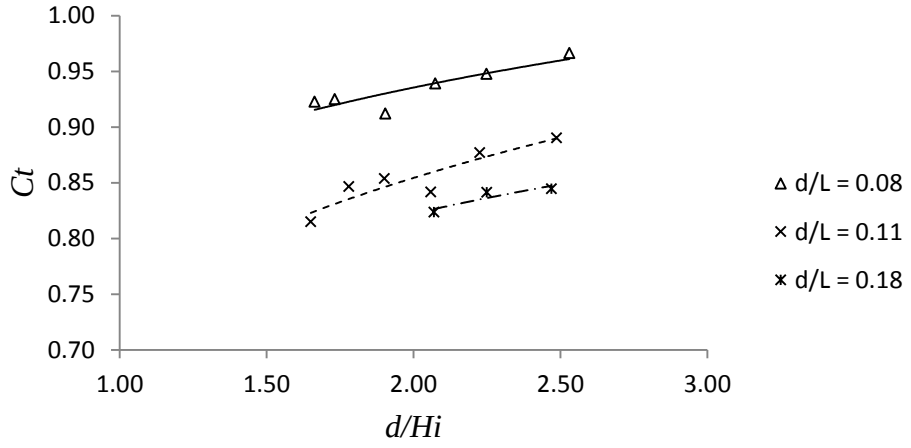
รูปที่ 5.4 อิทธิพลของความชันคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

5.1.3 อิทธิพลของอัตราส่วนความลึกกับความสูงคลื่น$\left(\frac{d}{H_i}\right)$ต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น(C_t)

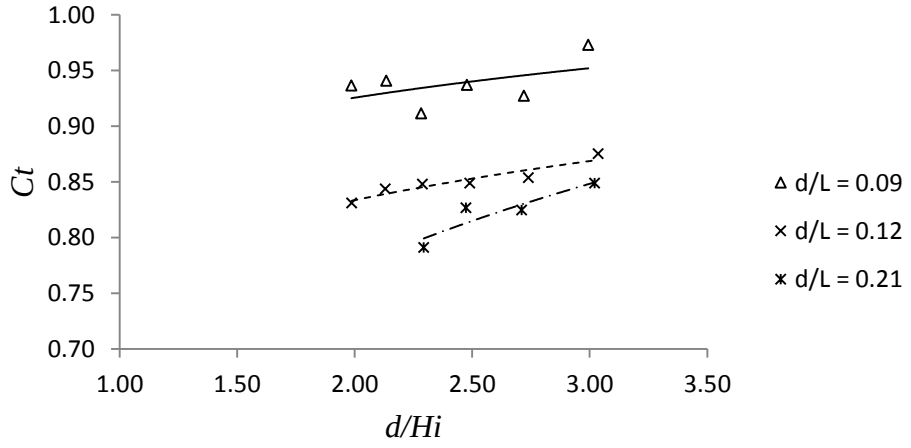
จากการศึกษาในครั้งนี้ค่าอัตราส่วนความลึกกับค่าความสูงคลื่นมีค่าอยู่ในช่วง 1.40 - 3.20 โดยจากผลการศึกษาพบว่าในกรณีที่ค่าของอัตราส่วนระดับน้ำต่อความสูงคลื่นมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่ามากขึ้นด้วย ซึ่งต้องพิจารณาค่าความลึกสัมพัทธ์ควบคู่ด้วย โดยพบว่าค่าความลึกสัมพัทธ์ที่มากกว่าจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่าน้อยเช่นจากรูปที่ 5.5 ที่ค่าความลึกสัมพัทธ์ 0.07 จะมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมากกว่าค่าความลึกสัมพัทธิ์ที่มีค่าเท่ากับ 0.10 และ 0.16 ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.5 - 5.6



(ก)ระดับน้ำ 20 เซนติเมตร

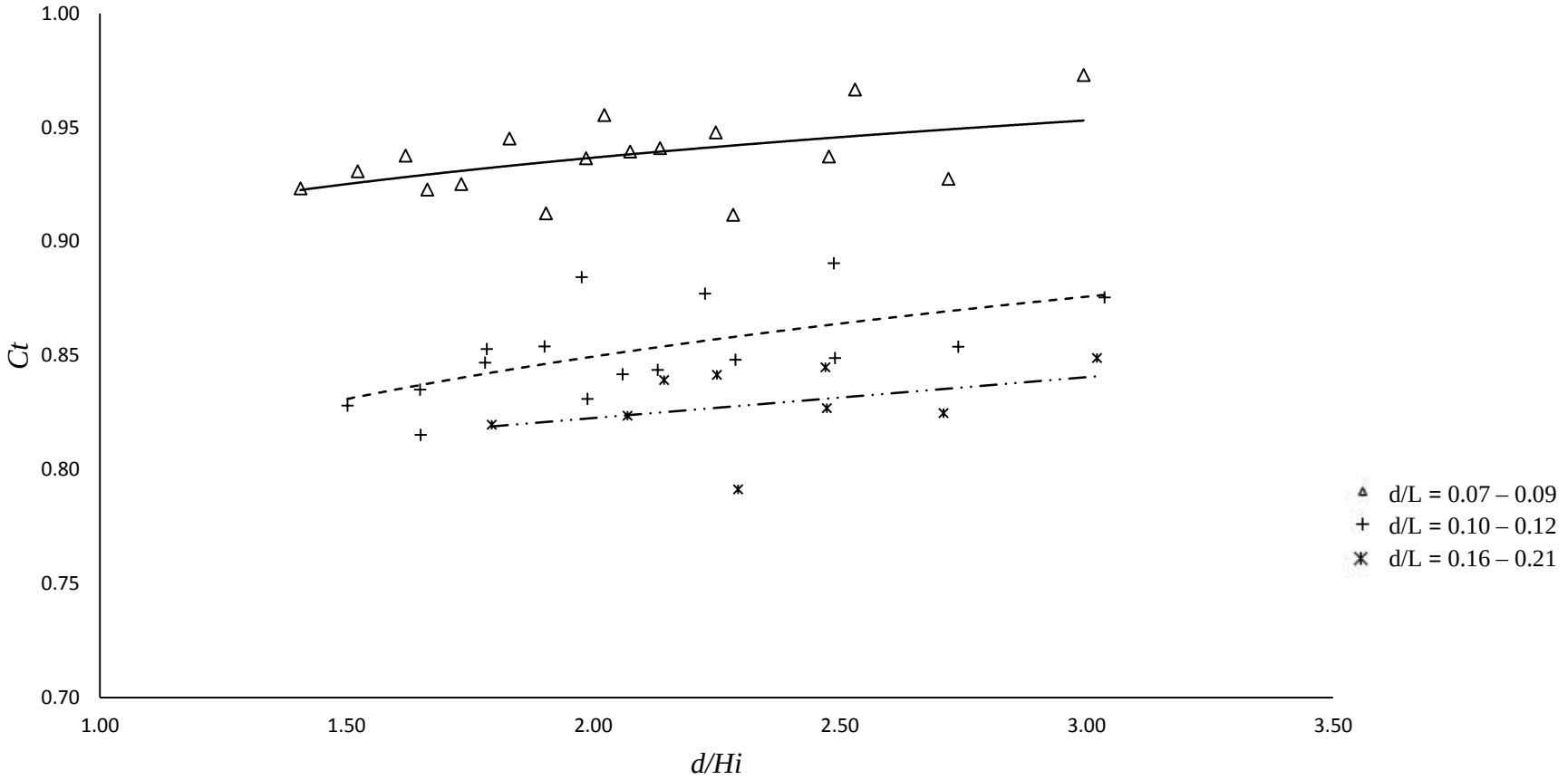


(ข)ระดับน้ำ 25 เซนติเมตร



(ค) ระดับน้ำ 30 เซนติเมตร

รูปที่ 5.5 อิทธิพลของอัตราส่วนความลึกกับความสูงคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นที่ระดับน้ำต่างๆ



รูปที่ 5.6 อิทธิพลของอัตราส่วนความลึกกับความสูงคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

5.2 ผลการศึกษาแบบจำลองชุดแท่งทรงกระบอกด้วยมาตราส่วน 1:10

เพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดจากมาตราส่วนที่ใช้ในการทดลองกับค่าความถูกต้องทางชลศาสตร์ จึงได้ทำการศึกษาโดยใช้มาตราส่วนที่ต่างกัน 2 มาตราส่วน ในที่นี้เลือกศึกษาดดยใช้มาตราส่วน 1:5 และ 1:10 โดยค่าตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาเหมือนกันได้แก่ ความสูงคลื่น คาบคลื่น และค่าความลึกของน้ำ เพียงแต่มีขนาดต่างกันซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2

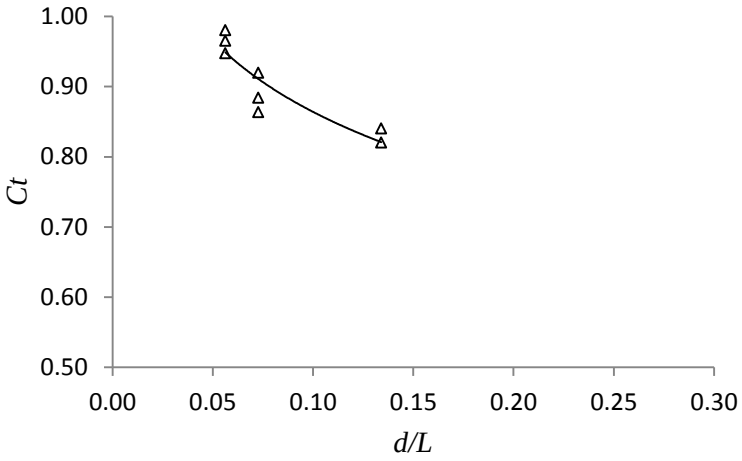
ตารางที่ 5.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:10

ตัวแปร	ค่าการทดสอบ	หน่วย
ความสูงคลื่น (H_i)	5, 6, 7, 8, 9, 10	เซนติเมตร
คาบคลื่น (T)	0.8, 1.4, 1.8	วินาที
ระดับน้ำ (d)	10, 15, 20, 25	เซนติเมตร
รวมจำนวนครั้งในการทดสอบ 72 กรณี		

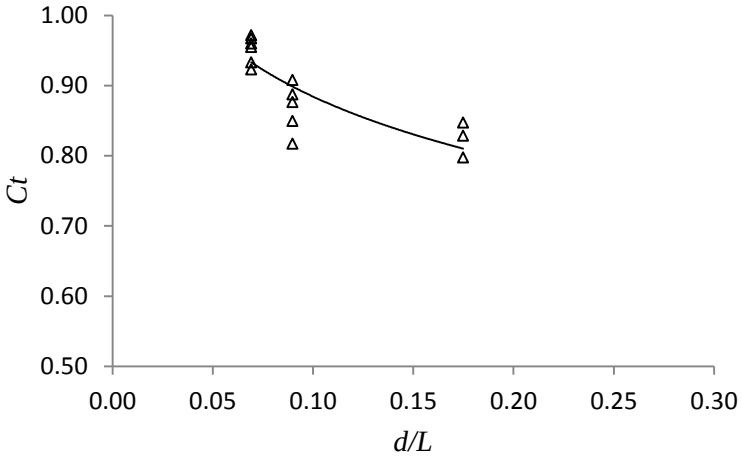
ในส่วนของการวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรไรมิติชุดเดียวกันกับการทดสอบมาตราส่วน 1:5 ซึ่งหลังจากนั้นจะนำผลการศึกษาทั้ง 2 มาตราส่วนมาทำการเปรียบเทียบกันเพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้มาตราส่วนที่ต่างกัน

5.2.1 อิทธิพลของค่าความลึกสัมพัทธ์ต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

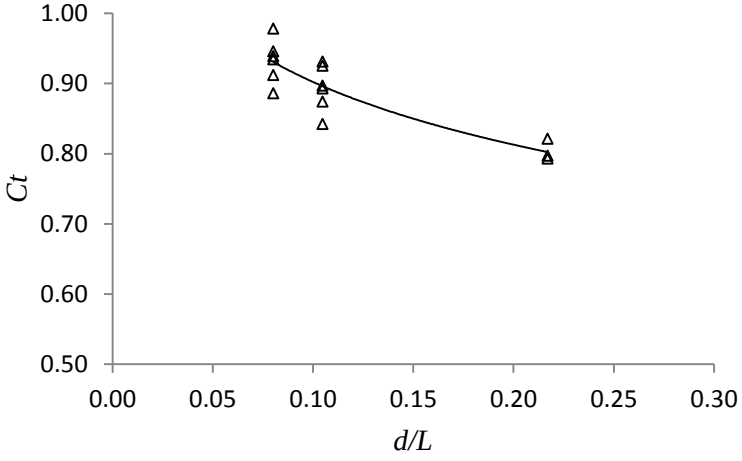
ในการทดลองกำหนดความลึกระดับน้ำนิ่ง 4 กรณี ได้แก่ 10 15 20 และ 25 เซนติเมตร จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นลดลงเมื่อค่าความลึกสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น โดยค่าความลึกสัมพัทธ์ที่ใช้ในการทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 – 0.45 ซึ่งยังคงเป็นคลื่นที่อยู่ในช่วงเปลี่ยนแปลง (Transitional -water waves; $0.04 < d/L < 0.50$) โดยผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่าระหว่าง 0.97 – 0.82 ดังแสดงดังรูปที่ 5.7 - 5.8



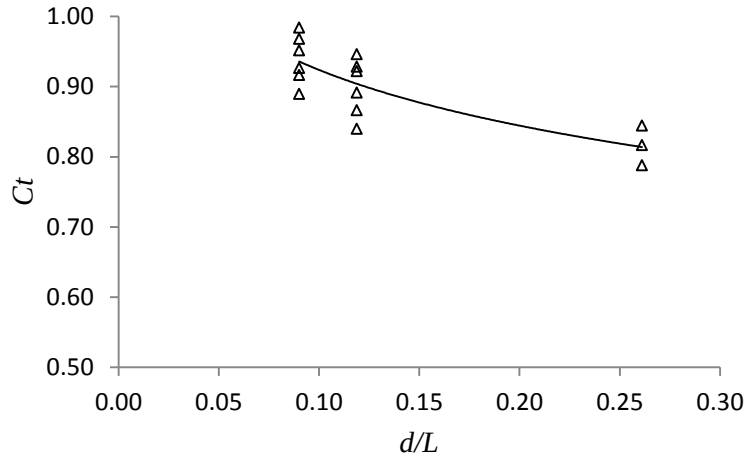
(ก) ระดับน้ำ 10 เซนติเมตร



(ข) ระดับน้ำ 15 เซนติเมตร

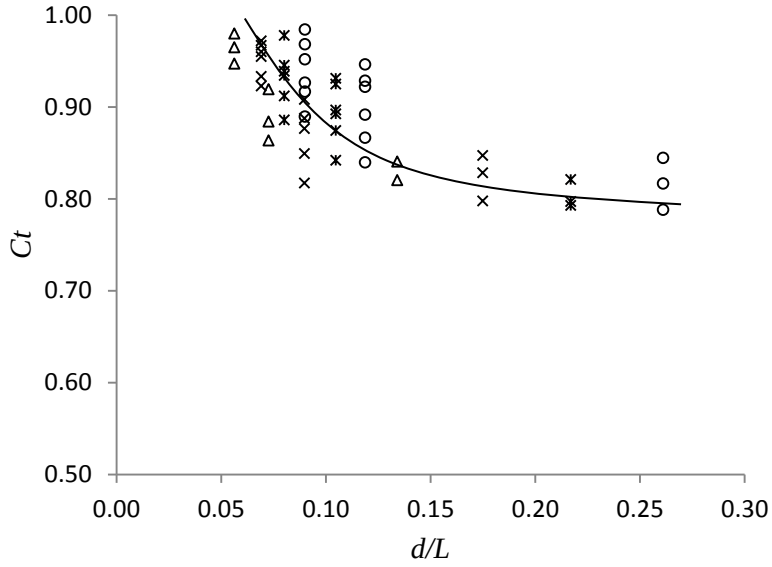


(ค) ระดับน้ำ 20 เซนติเมตร



(ง) ระดับน้ำ 25 เซนติเมตร

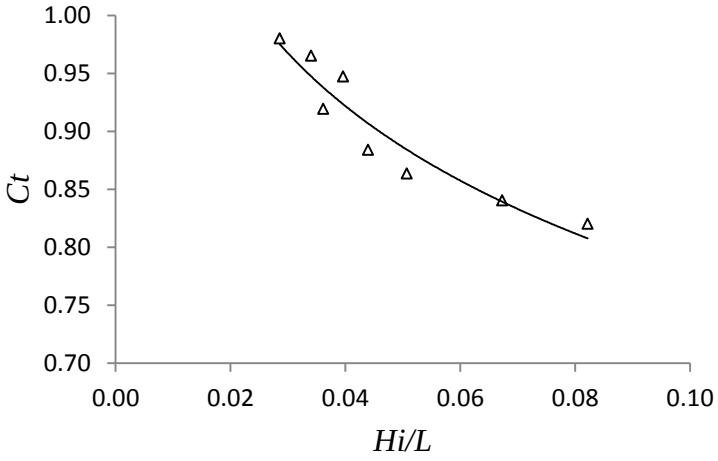
รูปที่ 5.7 อิทธิพลความลึกสัมพัทธ์ต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นที่ระดับน้ำต่าง ๆ



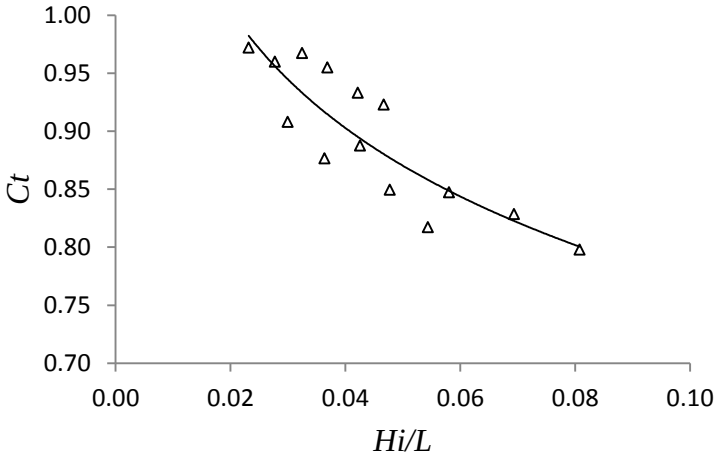
รูปที่ 5.8 อิทธิพลความลึกสัมพัทธ์ต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

5.2.2 อิทธิพลของความชันคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

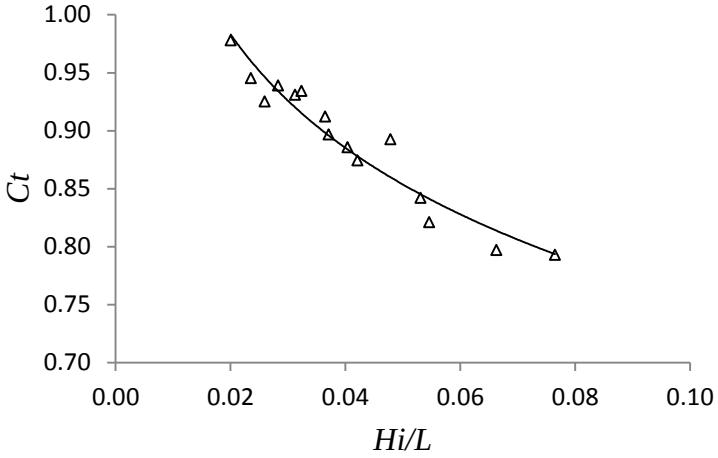
ความชันคลื่นในการศึกษาด้วยมาตราส่วน 1:10 นี้มีค่าระหว่าง 0.03 - 0. 10 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นลดลงเมื่อค่าความชันคลื่นมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาด้วยมาตราส่วน 1: 10 ดังนั้นคลื่นที่มีความชันมาก (Steeper wave) จึงมีสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นน้อยกว่าคลื่นที่มีความชันน้อย (Flat wave) เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่า 0.98 ที่ค่าความชันคลื่นมีค่า 0.03 แต่เมื่อค่าความชันคลื่นมีค่าเท่ากับ 0.09 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นจะมีค่าเหลือ 0.84 ดังนั้นอาจสามารถกล่าวได้ว่า คลื่นทีมีความชันมากจะมีอัตราการลดคงของความสูงคลื่นมากกว่าคลื่นที่มีค่าความชันน้อย ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.9 – 5.10



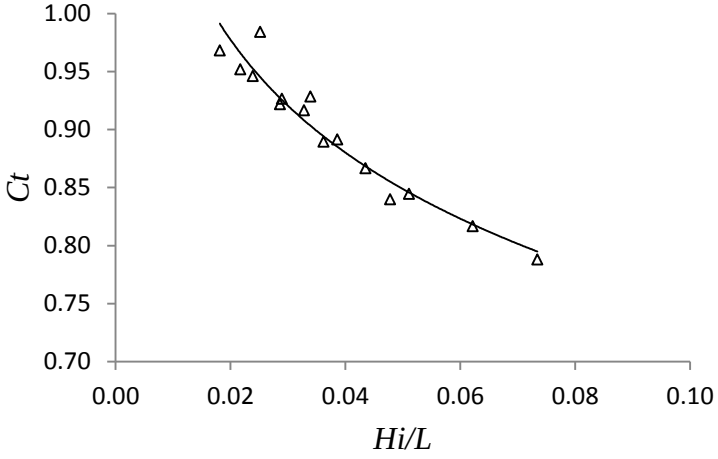
(ก) ระดับน้ำ 10 เซนติเมตร



(ข) ระดับน้ำ 15 เซนติเมตร

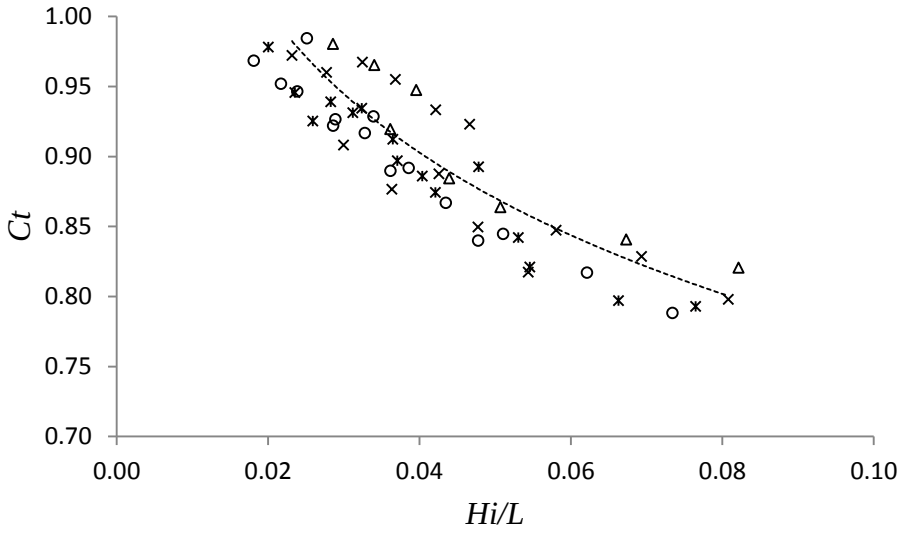


(ค)ระดับน้ำ 20 เซนติเมตร



(ง) ระดับน้ำ 25 เซนติเมตร

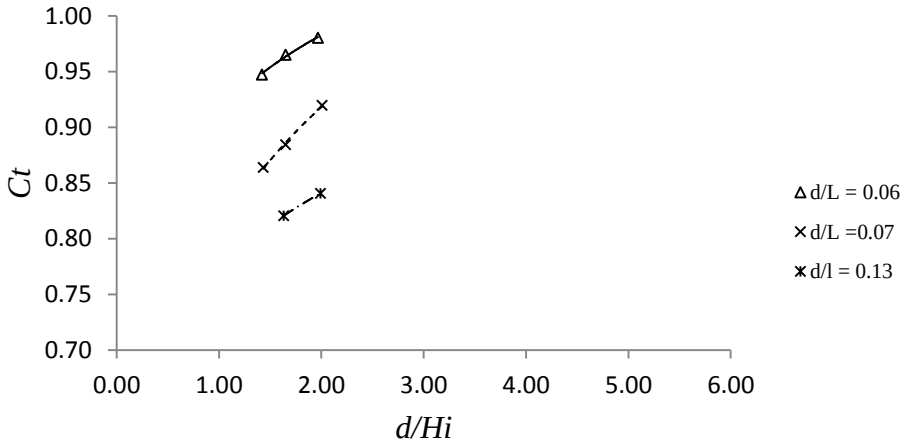
รูปที่ 5.9 อิทธิพลของความชันคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นที่ระดับน้ำต่างๆ



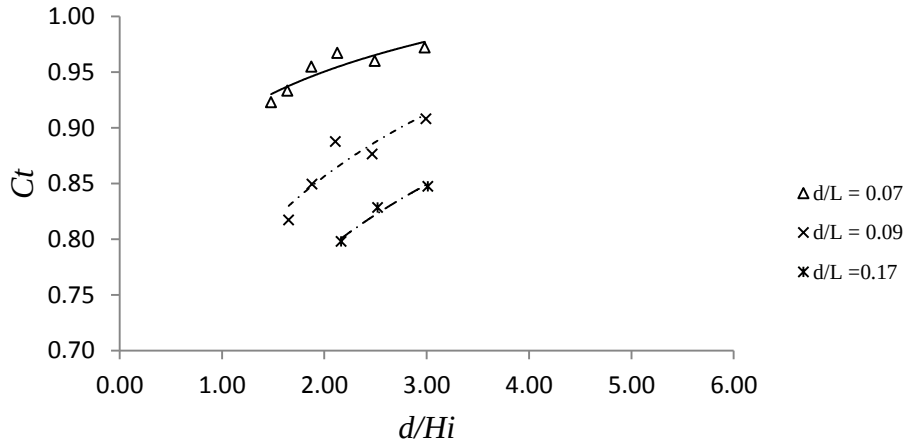
รูปที่ 5.10 อิทธิพลของความชันคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

5.2.4 อิทธิพลของอัตราส่วนความลึกกับความสูงคลื่นต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

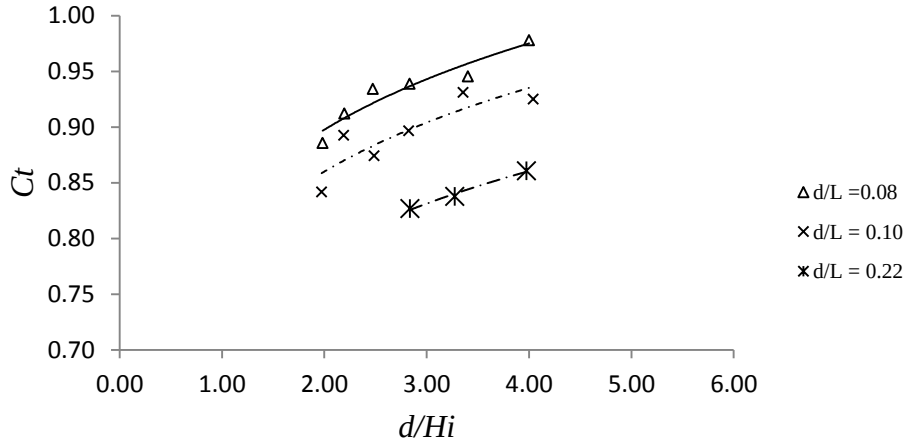
จากการศึกษาในครั้งนี้ค่าอัตราส่วนความลึกกับค่าความสูงคลื่นมีค่าอยู่ในช่วง 1.40 - 5.10 โดยจากผลการศึกษาพบว่าในกรณีที่ค่าของอัตราส่วนระดับน้ำต่อความสูงคลื่นมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่ามากขึ้นด้วย ซึ่งต้องพิจารณาร่วมกับค่าความลึกสัมพัทธ์ โดยพบว่าค่าความลึกสัมพัทธ์ที่มากจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่าสูง เช่นจากรูปที่ 5.17 (ก) ที่ค่าความลึกสัมพัทธ์ 0.06 จะมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมากกว่าค่าความลึกสัมพัทธ์ที่มีค่าเท่ากับ 0.07 และ 0.13 ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.11 – 5.12



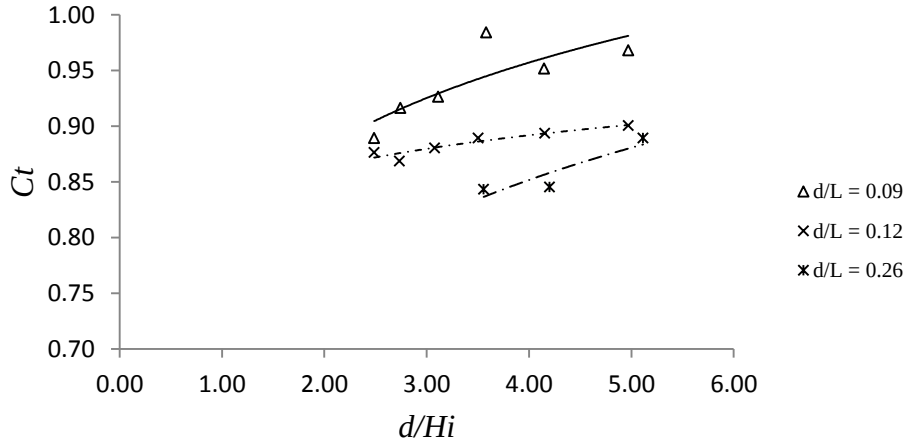
(ก)ระดับน้ำ 10 เซนติเมตร



(ข) ระดับน้ำ 15 เซนติเมตร

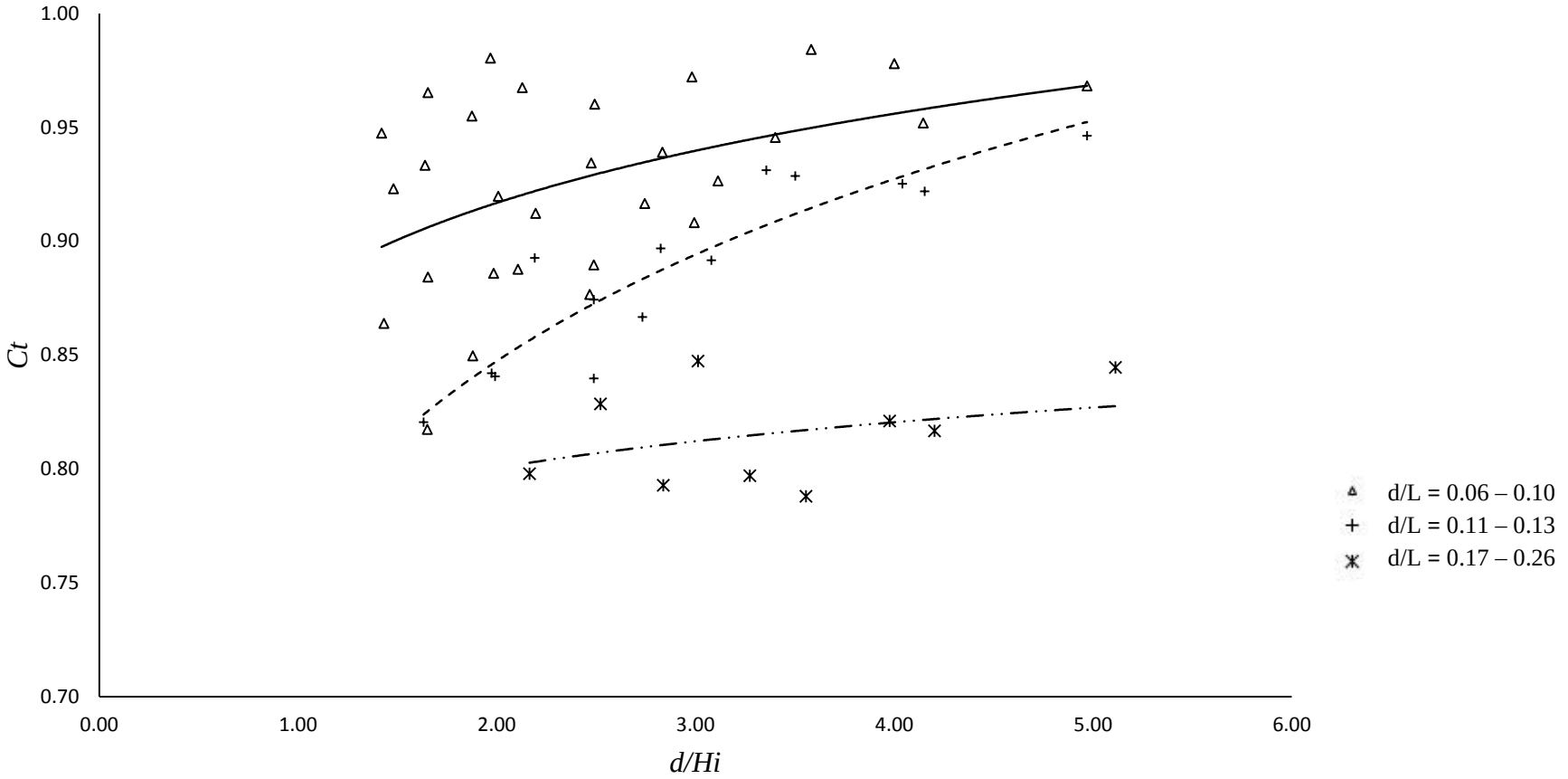


(ค) ระดับน้ำ 20 เซนติเมตร



(ง) ระดับน้ำ 25 เซนติเมตร

รูปที่ 5.11 อิทธิพลของอัตราส่วนความลึกกับความสูงคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นที่ระดับน้ำต่างๆ



รูปที่ 5.12 อิทธิพลของอัตราส่วนความลึกกับความสูงคลื่นต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

5.3การเปรียบเทียบผลการศึกษา

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการนำผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้ไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาอื่น เพื่อให้ทราบว่าผลการศึกษาในครั้งนี้เหมือนหรือแตกต่างจากผลการศึกษาอื่นๆอย่างไร และผลการศึกษาในครั้งนี้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือหรือไม่ โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ เปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างมาตราส่วน 1:5 และ1:10 ถัดมาคือการเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับงานภาคสนาม และการนำผลการศึกษาไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ผ่านมา

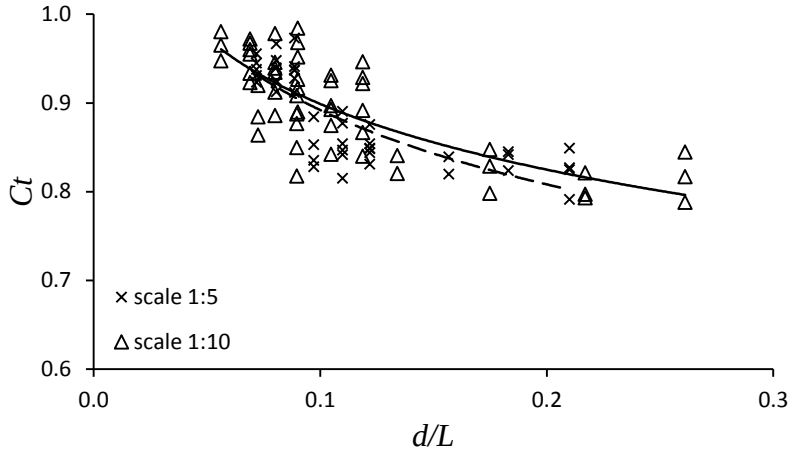
5.3.1 การเปรียบเทียบผลการศึกษาด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:5 และ 1:10

เพื่อศึกษาผลกระทบจากการศึกษาด้วยแบบจำลองที่มีมาตราส่วนแตกต่างกัน ในส่วนนี้จึงนำผลการศึกษาด้วยมาตราส่วน 1:5 และ 1:10 มาเปรียบเทียบกัน โดยตัวแปรที่ใช้สำหรับการศึกษาเป็นไปดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:5และ 1:10

ตัวแปร	มาตราส่วน 1:5	มาตราส่วน 1:10	หน่วย
ความสูงคลื่น	10,11,12,13,14,15	5,6,7,8,9,10	เซนติเมตร
คาบคลื่น	1.0, 1.5, 2.0	0.8, 1.4, 1.8	วินาที
ระดับน้ำที่โครงสร้าง	20, 25, 30	10, 15, 20, 25	เซนติเมตร
ความลึกสัมพัทธ์	0.07-0.21	0.06 – 0.26	-
ความชันคลื่น	0.04-0.09	0.03-0.08	-
อัตราส่วนความลึกต่อความสูงคลื่น	1.40 -3.00	1.40 -3.00	-

จากผลการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการศึกษาทั้ง 2 มาตราส่วน พบว่าผลการศึกษาที่ได้มีความต่างกันอยู่บ้าง ถึงกระนั้นเส้นตัวแทนของชุดข้อมูลทั้ง 2 มีแนวโน้มไปในทิศทางที่สอดคล้องกัน โดยค่าความต่างของผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนกันอยู่ที่ประมาณร้อยละ 5 โดยผลการศึกษาแสดงไว้ในรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นจากแบบจำลองมาตราส่วน 1:5 และ 1:10

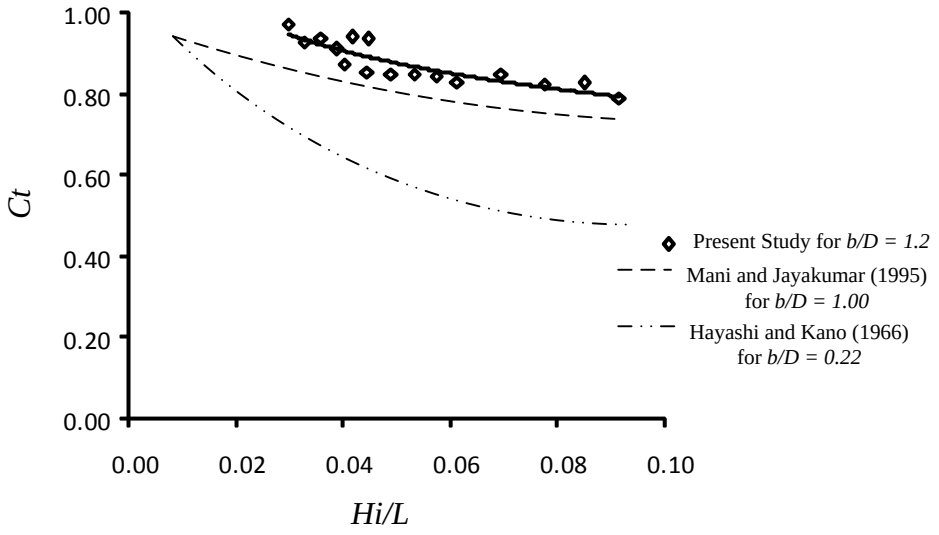
จากรูปที่ 5.13 เส้นตัวแทนของชุดข้อมูลทั้ง 2 มีความคลาดเคลื่อนน้อยในช่วงที่ความลึกสัมพัทธ์มีค่าน้อยและความคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความลึกสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้น ณ ตำแหน่งที่ค่าความลึกสัมพัทธ์เท่ากับ 0.05 – 0.08 พบว่า เส้นตัวแทนของข้อมูลการทดสอบด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:5 และ 1:10 มีค่าซ้อนทับกัน ดังนั้นการทดสอบด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:10 สามารถให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้องและเป็นที่น่าพอใจ

5.3.2 การเปรียบเทียบผลการศึกษาด้วยแบบจำลองกับผลการศึกษาจากภาคสนาม

ในปี พ.ศ. 2554 ได้ศึกษาเรื่อง “การสลายพลังงานคลื่นโดยเขื่อนแท่งทรงกระบอกรูปแบบสามเหลี่ยม” โดย ศุจิรา กิตติราษฎร์(2554) ซึ่งถือได้ว่าเป็นต้นแบบของโครงสร้างที่ได้มีการจำลองมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยการสร้างเขื่อนชุดแท่งทรงกระบอกรูปแบบสามเหลี่ยนขึ้นบริเวณพื้นที่ หมู่ 3 บ้านสหกรณ์ ต.โคกขาม อ.เมือง จ.สมุทธสาคร โดยผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่าอยู่ในช่วง 0.94 – 0.98 คาบคลื่นนัยสำคัญมีค่าอยู่ในช่วง 3.20 – 6.40 วินาที ความสูงคลื่นนัยสำคัญอยู่ที่ 0.07 – 0.10 เมตร และพบว่าโครงสร้างสามารถสลายพลังงานคลื่นได้สูงสุดที่ร้อยละ 20 โดยผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่าลดลงเมื่อความชันคลื่นมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้

5.3.3 การเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานศึกษาที่ผ่านมา

Mani and Jayakumar (1995) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “Wave Transmission by Suspended pile Breakwater” โดยใช้แผงโครงสร้างรูปแบบทรงกระบอกที่มีระยะลอยจากพื้นน้ำที่ต่างกัน ทำการศึกษาในรางทดสอบคลื่น เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างแท่งทรงกระบอกกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทรงกระบอกที่ส่งผลต่อสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น โดยผลการศึกษาพบว่า เมื่อค่าความชันคลื่นมากขึ้นสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นจะมีค่าลดลง และค่าอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างแท่งทรงกระบอกกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทรงกระบอก $\left(\frac{b}{D}\right)$ ที่น้อยกว่า (เรียงชิดกันมากกว่า) จะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีค่าน้อยลง ซึ่งอัตราส่วนที่ใช้มีค่าตั้งแต่ 0.22 – 1.00 แต่การศึกษาในครั้งนี้ได้กำหนดให้ค่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.20 ดังนั้นผลการเปรียบเทียบจึงพบว่า ข้อมูลทั้งสองชุดมีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน และพบว่าเส้นตัวแทนของการศึกษาครั้งนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นที่สูงกว่า ผลการศึกษาที่นำมาเปรียบเทียบอันเนื่องจากผลของค่าอัตราส่วนระยะห่างระหว่างแท่งทรงกระบอกกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทรงกระบอก นอกจากนั้นยังสามารถนำผลการศึกษานี้ไปเปรียบเทียบกับผลการศึกษาโดย Hayashi and Kano (1966) ซึ่งเป็นการศึกษาในลักษณะที่คล้ายกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยใช้ค่าอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างแท่งทรงกระบอกกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งทรงกระบอก เท่ากับ 0.22 ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ในรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 เปรียบเทียบผลการศึกษากับผลการศึกษาที่ผ่านมา

5.3.4 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis)

การวิเคราะห์การถดถอย คือ วิธีทางสถิติศาสตร์แขนงหนึ่งสำหรับการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวอิสระ (Independent variable) กับตัวแปรตาม (Dependent variable) จากการรวบรวมชุดข้อมูล โดยแบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ การวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear regression analysis)ดังสมการที่ 5.3และการวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่ใช่เชิงเส้น (Non-linear regression analysis) ซึ่งรูปแบบไม่เป็นเชิงเส้นบางรูปแบบสามารถแปลงเป็นแบบเชิงเส้นได้ดังสมการที่ 5.4(Ragih et al., 2006; Montgomery and Runger, 1994)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + ... + \beta_n x_n \tag{5.3}$$

$$Y = \beta_0 \cdot x_1^{\beta_1} \cdot x_2^{\beta_2} \cdot x_3^{\beta_3} \cdot .... \cdot x_n^{\beta_n} \tag{5.4}$$

เมื่อแปลงความสัมพันธ์แบบไม่ใช่เชิงเส้นเป็นความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นด้วยการคูณลอกอริทึมทั้งสองข้างของสมการและจัดรูปใหม่จะได้ตามสมการที่ 5.5

$$\log Y = \log \beta_0 + \beta_1 \log x_1 + \beta_2 \log x_2 + ... + \beta_n \log x_n \tag{5.5}$$

เมื่อพิจารณาข้อมูลจากผลการทดลองภายใต้การวิเคราะห์ตัวแปรไร้มิติ ดังสมการที่ 5.6 โดยกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นของโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอกปีนตัวแปรตาม ส่วนตัวแปรไร้มิติอื่น ๆ เป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) เพื่อสร้างสมการอย่างง่าย (Empirical equation) สำหรับพยากรณ์ค่าค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นพบว่า

$$C_t = \frac{H_t}{H_i} = f\left(\frac{d}{L}, \frac{d}{H_i}, \frac{H_i}{L}\right) \tag{5.6}$$

รูปแบบสมการการถดถอยแบบเชิงเส้นสำหรับ โครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอกสำหรับสลายพลังงานคลื่นสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 5.7 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.741 ดังรูปที่ 5.16

$$C_t = 0.980 - 0.410\left(\frac{d}{L}\right) + 0.019\left(\frac{d}{H_i}\right) - 1.350\left(\frac{H_i}{L}\right) \tag{5.7}$$

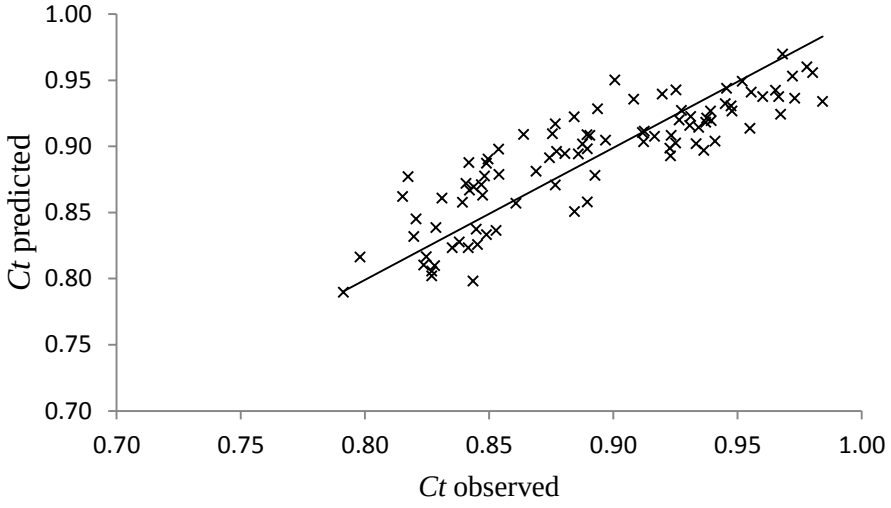
โดยที่

C_t คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

$\frac{d}{L}$ คือ ความลึกสัมพัทธ์ มีค่าระหว่าง 0.06 – 0.26

$\frac{H_i}{L}$ คือ ความชันคลื่น มีค่าระหว่าง 0.03 – 0.08

$\frac{d}{H_i}$ คือ อัตราส่วนความลึกต่อค่าความสูงคลื่น มีค่าระหว่าง 1.40 – 5.10



รูปที่ 5.15 ความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นของการถดถอยแบบเชิงเส้น

โดยรูปที่ 5.15 เกิดจากการแทนค่าตัวแปรต่างๆลงในสมการที่ 5.7 แล้วนำค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นที่คำนวณที่ได้จากสมการไปเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสมการที่ 5.7 นี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินประสิทธิ์ภาพการสลายพลังงานคลื่นในขั้นตอนการออกแบบหรือช่วยเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการก่อสร้างระบบชุดแท่งทรงกระบอกที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ โดยทำการแทนค่าข้อมูลต่างๆ ที่ทำการเก็บวัดได้ในพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้าง ได้แก่ ค่าระดับน้ำ (d) ความสูงคลื่น (Hi) คาบคลื่น (T) ความยาวคลื่น (L)มาแทนค่าลงในสมการที่ 5.7 ก็จะสามารถประเมินได้ว่าโครงสร้างที่จะก่อสร้างนี้สามารถสลายพลังงานคลื่นได้เท่าไร

บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในส่วนนี้แบบเนื้อหาออกเป็น 2 หัวข้อหลักได้แก่ สรุปผลการศึกษา อิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิ์ภาพการสลายพลังงานคลื่นและในส่วนของข้อเสนอแนะ จะเป็นการแนะนำถึงแนวคิดและวิธีการต่างๆที่อาจจะมีประโยชน์สำหรับการศึกษาในครั้งต่อไป

6.1สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบโดยใช้มาตราส่วนที่ต่างกัน 2 มาตราส่วนได้แก่มาตราส่วน 1:5 และ 1:10 โดยทำการแปรผันค่าตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา 3 ตัวแปร ได้แก่ ความสูงคลื่น(Hi) ระดับน้ำ (d) และคาบคลื่น (T) โดยผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1.1 สัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

จากการศึกษานี้พบว่าโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอกมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น(C_t) อยู่ในช่วง 0.98 – 0.80 ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นมีดังต่อไปนี้

1.ค่าความลึกสัมพัทธ์$\left(\frac{d}{L}\right)$และค่าความชันคลื่น$\left(\frac{H_i}{L}\right)$ถือได้ว่าเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น(C_t)มีค่าลดลงเมื่อค่าความลึกสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น หรือค่าความชันคลื่นมีค่าเพิ่มขึ้น

2.อัตราส่วนระหว่างความลึกต่อความสูงคลื่น$\left(\frac{d}{H_i}\right)$เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อสัมประสิมธิ์การส่งผ่านคลื่น โดยที่เมื่อค่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าเพิ่มสูงขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย แต่ต้องพิจาณาผลของปัจจัยหลักได้แก่ค่าความลึกสัมพัทธ์$\left(\frac{d}{L}\right)$และความชันคลื่น$\left(\frac{H_i}{L}\right)$ประกอบด้วย

6.1.2 ผลกระทบจากการศึกษาด้วยแบบจำลองมาตราส่วนที่แตกต่างกัน

1.จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่มีมาตราส่วนต่างกัน ซึ่งได้แก่แบบจำลองมาตราส่วน 1:5 และ 1:10 พบว่า ผลการศึกษามีความแตกต่างกันสูงสุดประมาณร้อยละ 5 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า

ผลจากมาตราส่วนที่ใช้ในการศึกษามีผลกระทบต่อผลการศึกษาน้อยดังนั้นหากต้องการทดสอบด้วยมาตราส่วน 1:10 ควรจะแสดงผลการศึกษาโดยการแสดงเส้นขอบเขตบน – ล่าง (upper – lower boundary) ± 5เปอร์เซ็นต์ จากเส้นตัวแทนของผลการศึกษา

2.การเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้กับการเก็บวัดค่าจริงในภาคสนามสามารถสรุปได้เพียงว่า ผลการศึกษาที่ได้มีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นจะลดลงเมื่อค่าความชันคลื่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วงของค่าความชันคลื่นที่เก็บวัดได้มีช่วงที่แคบกว่าช่วงที่ใช้ในการทดสอบ นอกจากนั้นผลการศึกษาทางภาคสนามอาจมีตัวแปรบางอย่างที่ส่งผลต่อประสิทธิ์ภาพการสลายพลังงานคลื่น เช่น ทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ทำมุมกับโครงสร้างซึ่งในรางทดสอบคลื่นกำหนดให้คลื่นเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างโดยไม่มีการทำมุม หรือการสั่นของโครงสร้างในขณะที่คลื่นเคลื่อนตัวผ่านซึ่งการศึกษาในรางทดสอบกำหนดให้โครงสร้างยึดแน่นไม่มีการสั่น เป็นต้น

6.1.3 สมการอย่างง่ายสำหรับทำนายค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

จากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี การวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้น ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.741 ดังสมการที่ 6.1

$$C_t = 0.980 - 0.410\left(\frac{d}{L}\right) + 0.019\left(\frac{d}{H_i}\right) - 1.350\left(\frac{H_i}{L}\right) \tag{6.1}$$

โดยที่

C_t คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

$\frac{d}{L}$ คือ ความลึกสัมพัทธ์ มีค่าระหว่าง 0.06 – 0.26

$\frac{H_i}{L}$ คือ ความชันคลื่น มีค่าระหว่าง 0.03 – 0.08

$\frac{d}{H_i}$ คือ อัตราส่วนความลึกต่อค่าความสูงคลื่น มีค่าระหว่าง 1.40 – 5.10

6.2 ข้อเสนอแนะ

1.ควรศึกษาถึงรูปแบบการจัดเรียงตัวของแท่งทรงกระบอกเพื่อให้ได้รูปแบบการจัดเรียงที่เกิดประสิทธิ์ภาพสูงสุดในการสลายพลังงานคลื่นและสามารถนำผลการศึกษาที่ได้มาทำการเปียบเทียบกับผลการศึกษานี้

2.ควรมีการศึกษาถึงปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อประสิทธิ์ภาพของการสลายพลังงานคลื่น เช่น ทิศทางของคลื่นที่เข้าปะทะโครงสร้าง อัตราส่วนความกว้างของโครงสร้างต่อความยาวคลื่น หรือการทดสอบด้วยคลื่นแบบไม่ปกติ

3.ควรศึกษาถึงอิทธิพลของแบบจำลองมาตราส่วนที่เล็กกว่าการศึกษาครั้งนี้ เช่น 1:15 หรือ 1:20 เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้เพื่อหาความคลาดเคลื่นของข้อมูล เพราะหากพบว่ามาตราส่วนที่เล็กกว่าไม่มีผลกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูลก็จะสามารถทำการทดสอบที่มีช่วงการทดสอบที่กว้างขึ้น และสามารถศึกษาถึงรูปแบบการจัดเรียงตัวของโครงสร้างที่หลากหลายขึ้น

4.ระบบการวัดเก็บวัดข้อมูลด้วยภาพถ่ายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ควรมีการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นและสามารถทำงานได้เร็วขึ้น

5.ควรศึกษาถึงแรงของคลื่นที่กระทำต่อโครงสร้างเพื่อที่จะสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์แรงฉุดของโครงสร้างที่ทำการทดสอบ เพราะสัมประสิทธิ์แรงฉุดสามารถแสดงถึงประสิทธิ์ภาพในการสลายพลังงานคลื่น