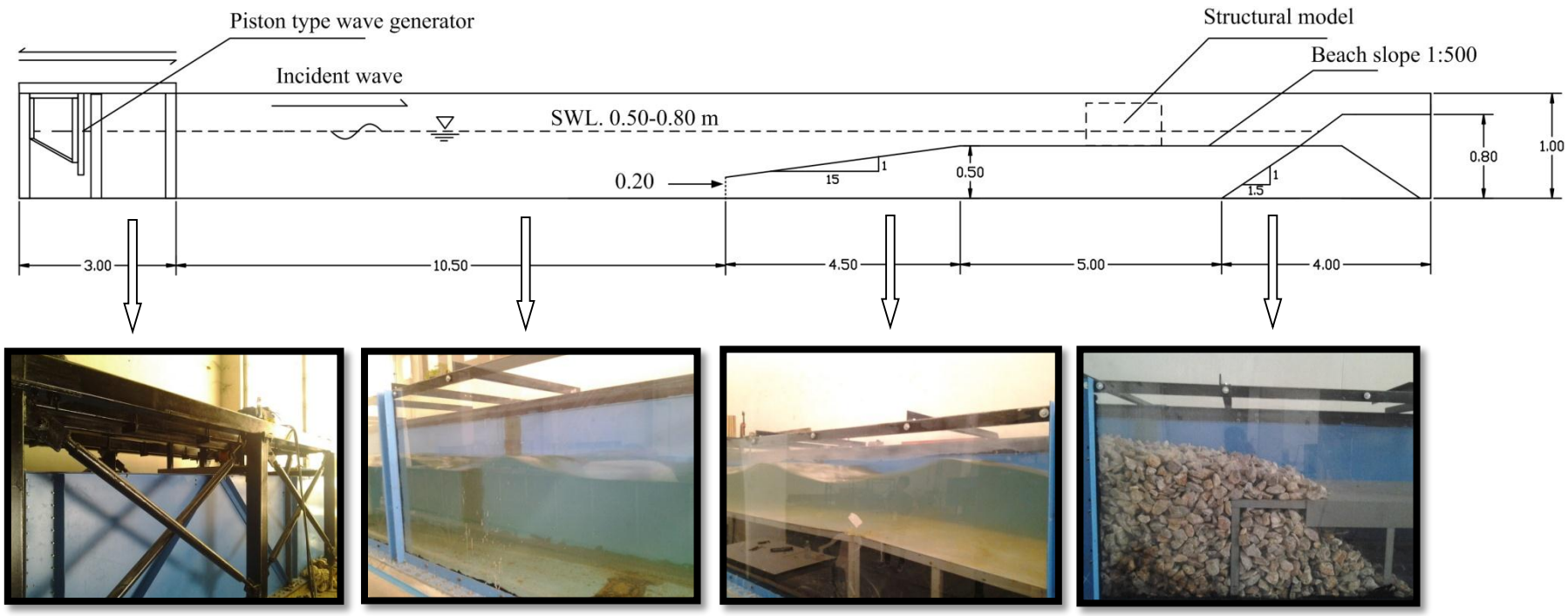
บทที่ 4
วิธีการศึกษา

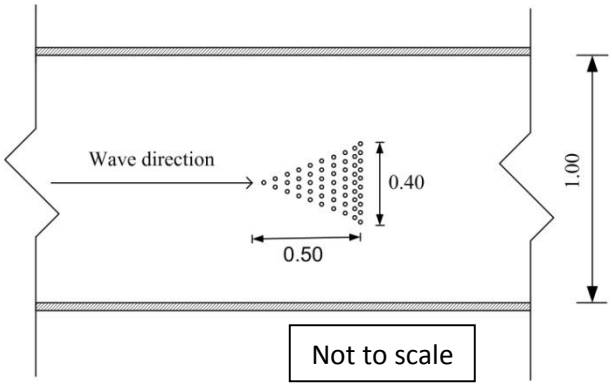
การศึกษาในครั้งนี้ ศึกษาโดยการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอกที่ได้มีการก่อสร้างจริงในพื้นที่ชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน นำมาติดตั้งในรางทดสอบคลื่นที่มีขนาด ความกว้าง 1.00 เมตร ลึก 1.00 เมตร และยาว 27.00 เมตรที่สามารถให้กำเนิดคลื่นแบบ Regular wave โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 รางทดสอบคลื่น

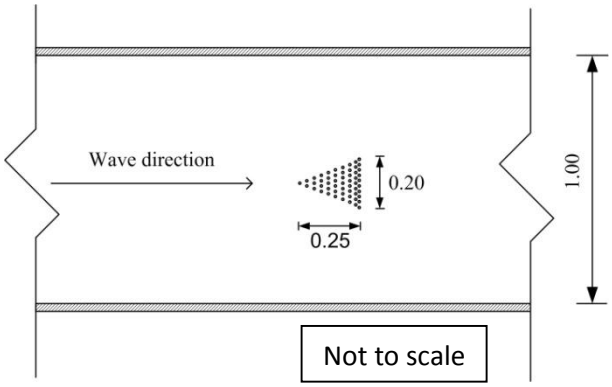
รางทดสอบคลื่นในศูนย์วิจัย WAREE (Water Resources Engineering Research and Management Center) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มีขนาด ความกว้าง 1.00 เมตร สูง 1.00 เมตร และยาว 27.00 เมตร ผนังด้านหนึ่งมีลักษณะทึบทำด้วยเหล็กแผ่น และผนังอีกด้านหนึ่งทำด้วย อะคริลิกใส เพื่อที่ สามารถ ทำการบันทึกภาพของคลื่นเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการศึกษา โดยที่บนแผ่นอะคริลิกจะมีการตีตารางกริดที่มีขนาดช่องละ 0.01 เมตร เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าความสูงคลื่นด้วยวิธีการใช้ภาพถ่าย ท้ายรางด้านชายหาดมีการติดตั้งกองหินใช้เป็น Wave absorber เพื่อไม่ให้เกิดการสะท้อนกลับของคลื่น ภายในตัวรางมีการยกระดับพื้นขึ้น 0.50 เมตร ช่วงระยะ 5.00 เมตร (วัดจาก Wave absorber) ความลาดเอียงเท่ากับ 1:500 เพื่อใช้เป็นชายหาดและใช้ในการติดตั้งแบบจำลองโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอกและใช้จำลองคลื่นในเขตน้ำตื่นถัดมาเป็นช่วงเปลี่ยนแปลง (Intermediate) เป็นช่วงต่อระหว่างคลื่นในเขตน้ำตื้นและคลื่นในเขตน้ำลึก ใช้ความลาดเอียงเท่ากับ 1:15 เพื่อให้คลื่นเกิดการพัฒนาจากคลื่นน้ำลึกไปสู่คลื่นน้ำตื้นโดยที่คลื่นไม่แตกตัว ทางปลายด้านล่างมีช่องเปิดขนาด 0.20 เมตร เพื่อให้เกิดการไหลของน้ำกลับเข้าสู่รางทางด้านใต้ของชายหาดซึ่งเป็นการลดผลกระทบจากการสะท้อนกลับของคลื่นและในช่วงเปลี่ยนแปลงนี้มีระยะ 4.5 เมตร (วัดจากชายหาด) เครื่องกำเนิดคลื่นติดตั้งอยู่ทางด้านท้ายรางฝั่งตรงข้ามกับชายหาดที่ให้กำเนิดคลื่นแบบ Regular wave รายละเอียดของรางทดสอบและเครื่องกำเนิดคลื่นแสดงในรูปที่ 4.1 และการติดตั้งแบบจำลองมาตราส่วน 1:5 และ 1:10 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1. รายละเอียดของรางทดสอบคลื่น



(ก) การติดตั้งแบบจำลองมาตราส่วน 1:5



(ข) การติดตั้งแบบจำลองมาตราส่วน 1:10

รูปที่ 4.2 การติดตั้งแบบจำลอง

4.2 เครื่องกำเนิดคลื่น

เครื่องกำเนิดคลื่นชนิด Piston Type ติดตั้งที่ท้ายรางมีลักษณะเป็นใบโยก (paddle) ขับเคลื่อนด้วยระบบ Servo-Motor ควบคุมการทำงานโดยระบบคอมพิวเตอร์ติดตั้งอยู่บริเวณด้านข้างของเครื่องกำเนิดคลื่น ค่าความสูงคลื่น คาบคลื่น ที่ต้องการสามารถกำหนดได้ โดย กำหนดระยะของใบโยก (Stroke) และความเร็วในการโยก (Paddle-Velocity) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับคลื่นที่ได้โดยขึ้นอยู่กับค่าระดับน้ำนิ่งในราง ค่าความเร็วในการโบกสูงสุดที่สามารถกำหนดได้เท่ากับ 0.5 เมตรต่อวินาที และระยะโยกสูงสุดที่สามารถกำหนดได้เท่ากับ 1.0 เมตร ซึ่งโปรแกรมที่ใช้สำหรับกำหนดการทำงานของเครื่องกำเนิดคลื่นได้แก่ โปรแกรม MACH3 CNC Controller

ในปี 1951 Biesel and Suqlet ได้ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะโยกกับค่าแอมพริจูดที่ได้ ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยเริ่มต้นจากสมการลาปาส (3-1) โดยที่ค่า ϕ เป็นฟังก์ชัน ของ *x, z,* และ *t* จากนั้นทำการแก้สมการโดยกำหนดเงื่อนไขขอบเขตดังต่อไปนี้

1.ความดันที่ผิวน้ำมีค่าคงที่

$$\frac{\partial^2 \phi(x,z,t)}{\partial t^2} + g\frac{\partial \phi(x,z,t)}{\partial z} = 0 \tag{4.1}$$

2.ท้องน้ำมีคุณสมบัติเป็น Impermeable

$$\frac{\partial \phi(x,z,t)}{\partial z} = 0 \tag{4.2}$$

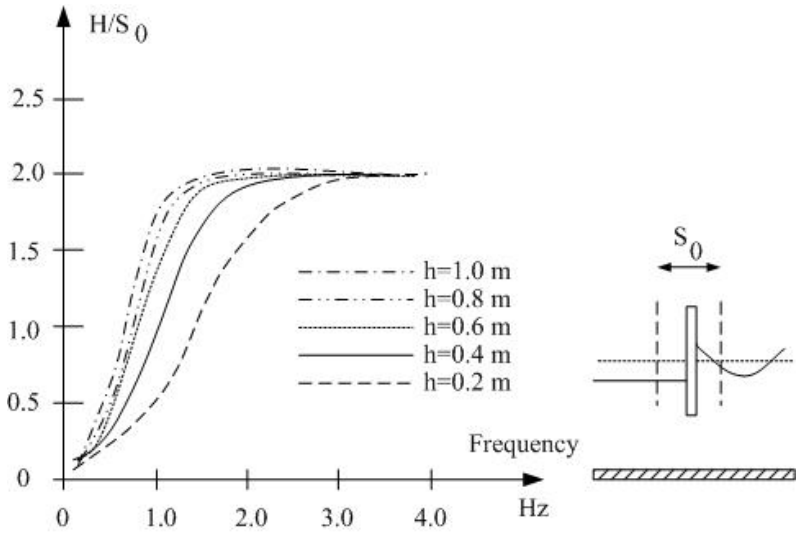
3.ภาพฉายของคลื่นมีรูปร่างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

$$\frac{d\phi(x,z,t)}{dt} = 0 \tag{4.3}$$

4.การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของน้ำเป็นไปตามการเคลื่อนที่ของใบโยกโดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของน้ำจะมีค่าเท่ากับ$\mathrm{Sin}\, e(x,t) = \frac{s(x)}{2}\sin(\omega t)$ เมื่อ e คือการเคลื่อนที่ของใบโบก (Displacement) *S* คือระยะโยก (Stroke)

$$\frac{\partial \phi(x,z,t)}{\partial x} = \omega \times e(x) \times \cos(\omega t) \tag{4.4}$$

จากนั้น Biesel and Suqlet ได้ทำการแก้สมการและนำเสนอกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนของความสูงคลื่นกับระยะโยกและความถี่ ของเครื่องกำเนิดคลื่นแบบ Piston Type ไว้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความสูงคลื่นกับระยะโยกและความถี่

ที่มา:ดัดแปลงจาก Biesel and Suqlet ,1951

จากรูปที่ 4.2 ค่าอัตราส่วน H/S_0 คือ ค่าความสูงคลื่นที่เกิดจากเครื่องกำเนิดคลื่นหารด้วยระยะโยก โดยที่ค่า h คือ ค่าระดับน้ำที่ความลึกต่างๆ

4.3 กล้องถ่ายภาพความละเอียดสูง

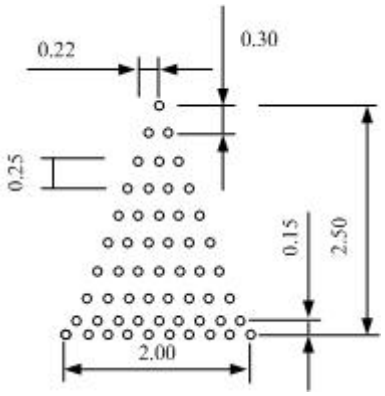
เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ไม่ต้องการที่จะรบกวนคลื่นในขณะทำการทดสอบ จึงใช้วิธีการเก็บวัดค่าด้วยภาพถ่าย ซึ่งเทคนิคภาพถ่ายที่ใช้เป็นการแปลผลภาพถ่ายแบบต่อเนื่อง ที่ความเร็ว 30 เฟรมต่อวินาที โดยนำภาพถ่ายที่ได้นั้นมาแยกแต่ละเฟรมซึ่งเราจะทราบเวลาที่แน่นอนของแต่ละภาพถ่าย (Koraim et al. 2011) จากนั้นนำภาพที่ได้แปลงลงในโปรแกรมเขียนแบบ Auto-CAD ทำการปรับขนาด Scale ของภาพถ่ายให้เทียบเท่ากับ Scale 1:1 ในโปรแกรมเขียนแบบ และจากนั้นทำการวัดขนาดความสูงคลื่น ความยาวคลื่น คาบคลื่น ความเร็วคลื่น (ตัวอย่างการแปลผลภาพได้แสดงไว้ในภาคผนวก) โดยกล้องที่ใช้บันทึกข้อมูลได้แก่ กล้อง AVTECTH IP Camera ดังรูปที่ 4.4 ก ที่เชื่อมต่อกับกล่องเซิฟเวอร์ AVTECH รุ่น AVH 360 ดังรูปที่ 4.4 ข ที่ใช้ออกคำสั่งบันทึกภาพพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลโดยมีหน่วยความจำ 2 Terabyte ไฟลล์ข้อมูลที่บันทึกได้จะมีนามสกุล .DV5 ซึ่งต้องทำการแปลงเป็นนามสกุล .AVI ก่อน จึงจะสามารถนำเข้าสู่กระบวนการแปลผลภาพได้ โดยสามารถ Back UP ผ่าน USB Port หรือ USB Flat Drive

(ก) กล้องบันทึกวิดิโอ AVTECH IP Camera (ข) กล่องเซิฟเวอร์AVTECH รุ่น AVH 360

รูปที่ 4.4 อุปกรณ์สำหรับบันทึกผลการศึกษา

4.4 แบบจำลองชุดแท่งทรงกระบอก

แท่งทรงกระบอกที่ใช้เป็นต้นแบบของการศึกษาในครั้งนี้คือ ไม้ไผ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร นำมาปักเรียงกันเป็นรูปสามเหลี่ยม โดยมีความกว้างที่ฐานเท่ากับ 2 เมตร และมีความสูงเท่ากับ 2.5 เมตร โดยที่ชุดแท่งทรงกระบอกที่ปักเรียงเป็นรูป 3 เหลี่ยมหนึ่งรูปเรียกว่า 1 Module การศึกษาในครั้งนี้ทำการศึกษาทั้งแบบ 1 Module โดยใช้มาตราส่วน 1:5 และ 1:10 เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของมาตราส่วนที่ใช้ต่อความถูกต้องทางชลศาสตร์ โดยแบบแปลนโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอกแสดงโดยรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แบบแปลนโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอก

วัสดุที่นำมาใช้ในการจำลองเป็นโครงสร้างได้แก่ไม้ที่นำมาเหลาหรือกลึงจนได้ขนาดที่ต้องจากนั้นการขัดผิวให้เรียบและทาด้วยวัสดุเคลือบผิวเพื่อทำให้ผิวของวัสดุไม่เกิดแรงเสียดทานและมีสมมุติฐานว่าโครงสร้างไม่ได้รับความเสียหายจากแรงปะทะของคลื่นโดยที่ขนาดของแท่งทรงกระบอกทั้งของจริงและแบบจำลอง แสดงโดยตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขนาดของแบบจำลองตามมาตราส่วน 1:5 และ 1:10

มาตราส่วน	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูง (ซม.)	ความยาวฐาน (ซม.)	ความสูงของแท่งไม้ไผ่ (ซม.)
1:5	3.00	50.00	40.00	60.00
1:10	1.50	25.00	20.00	30.00

4.5 ข้อกำหนดในการทดสอบ

ผลการทดสอบศึกษาในครั้งนี้จะนำไปใช้อ้างอิงจากผลการศึกษาในภาคสนาม ดังนั้นข้อกำหนดที่นำมาเป็นเงื่อนไขในการทดสอบครั้งนี้จึงได้อ้างอิงมาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามเบื้องต้น โดยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

4.5.1 ในกรณีที่น้ำลงต่ำสุดระดับน้ำจะต้องท่วมโครงสร้างอยู่ไม่ต่ำกว่า 1 เมตร
4.5.2 ในกรณีที่น้ำขึ้นสูงสุดระดับน้ำจะต้องท่วมโครงสร้างไม่เกิน 2.5 เมตร
4.5.3 ความสูงคลื่นที่ใช้ในการทดสอบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 2.00 เมตร โดยค่าความสูงคลื่นที่มากที่สุดรวมกับค่าระดับน้ำสูงสุดต้องไม่เกิน 3.00 เมตร

จากข้อกำหนดดังกล่าวเมื่อนำมาแปลงเป็นขนาดตามมาตราส่วนเพื่อใช้ในการทดสอบโดยทำการเลือกขนาดความสูงคลื่นที่ใช้ในการทดสอบและค่าระดับน้ำที่ท่วมโครงสร้างโดยสรุปไว้ในตารางที่ 4.2 สำหรับการศึกษาด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:5 และ ตารางที่ 4.3 สำหรับการทดสอบด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:10

ตารางที่ 4.2 ค่าตัวแปรที่ใช้สำหรับการทดสอบด้วยมาตราส่วน 1:5

ตัวแปร	ค่าที่ใช้สำหรับการทดสอบ	หน่วย
ความสูงคลื่น	10, 11, 12, 13, 14, 15	เซนติเมตร
คาบคลื่น	1.0, 1.5 , 2.0	วินาที
ระดับน้ำที่โครงสร้าง	20, 25, 30	เซนติเมตร
รวมจำนวนครั้งในการทดสอบ 54 กรณี		

ตารางที่ 4.3 ค่าตัวแปรที่ใช้สำหรับการทดสอบด้วยมาตราส่วน 1:10

ตัวแปร	ค่าที่ใช้สำหรับการทดสอบ	หน่วย
ความสูงคลื่น	5, 6, 7, 8, 9, 10	เซนติเมตร
คาบคลื่น	0.8, 1.4, 1.8	วินาที
ระดับน้ำที่โครงสร้าง	10, 15, 20, 25	เซนติเมตร
รวมจำนวนครั้งในการทดสอบ 72 กรณี		

4.6 การวิเคราะห์ผล

การทดสอบในครั้งนี้จะทำการติดตั้งกล้องบันทึกภาพไว้ 2 ตำแหน่ง โดยมีสมมุติฐานว่าคลื่นบริเวณน้ำลึกไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเคลื่อนที่ ดังนั้นตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดค่าในตำแหน่งที่ ได้แก่ 1.บริเวณหน้าโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอก 2.บริเวณหลังโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอกที่ จากนั้นหาความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่เก็บวัดได้เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของการสลายพลังงานคลื่นและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการสลายพลังงานคลื่นโดยโครงสร้างชุดแท่งทรงกระบอก จากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้องโดยใช้ ทฤษฎีบั๊กกิ้งแฮม- π โดยตัวแปรที่เลือกได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากทฤษฎีไพ

ตัวแปร	สัญลักษณ์	หน่วย	มิติ
ความสูงคลื่นก่อนเข้าปะทะโครงสร้าง	H_i	cm	L
ความสูงคลื่นที่ผ่านโครงสร้าง	H_t	cm	L
ระดับน้ำที่ท่วมโครงสร้าง	d	cm	L
ความยาวคลื่น	L	cm	L
ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	g	m/s^2	LT^{-2}
คาบคลื่น	T	sec	T

จากตารางที่4.4 สามารถแยกประเภทของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาออกได้เป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่แสดงคุณสมบัติของคลื่นที่ใช้ให้การทดสอบ และชุดที่แสดงคุณสมบัติของโครงสร้างโดยสามารถระบุได้ดังนี้

1.ตัวแปรที่แสดงคุณสมบัติของคลื่นได้แก่ ความสูงคลื่นก่อนเข้าปะทะโครงสร้าง(H_i) ความสูงคลื่นที่ผ่านโครงสร้าง (H_t) คาบคลื่น (T) ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) และความยาวคลื่น(L)

2.ตัวแปรที่แสดงคุณสมบัติของโครงสร้าง ได้แก่ ค่าระดับน้ำที่ท่วมโครงสร้าง (d)

4.7 ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

สำหรับขั้นตอนการปฏิบัติงานสามารถอธิบายได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.เริ่มทำการทดสอบด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:5 โดยใช้ค่าระดับน้ำที่ท่วมโครงสร้างคงที่ แต่ให้มีการแปรผันค่าความสูงคลื่น และคาบคลื่นที่ใช้ในการทดสอบ จนครบตามจำนวนตัวแปรตามที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

2.ทำการเปลี่ยนค่าระดับน้ำที่ใช้ในการทดสอบและทำการทดสอบซ้ำโดยใช้ค่าความสูงคลื่นและคาบคลื่นจนครบทุกกรณีทดสอบ

3.ทำการทดสอบด้วยแบบจำลองมาตราส่วน 1:10 โดยมีเงื่อนไขในการทดสอบดังตารางที่ 4.3 จากนั้นทำการทดสอบจนครบทุกทุกกรณี

4.วิเคราะห์ผลการศึกษาแล้วทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้จากการทดสอบด้วยมาตราส่วนที่ต่างกัน

5.สรุปผลการศึกษา