การจัดการภัยพิบัติธรรมชาติในภาคใต้ของประเทศไทย

เอกสารส่วนที่ 2/3
การใช้ปะการังเทียมในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล
Application of Submerged Artificial Reef on Coastal Protection

ผศ.พยอม รัตนมณี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทคัดย่อ

ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลเกิดขึ้นในหลายๆ พื้นที่ของประเทศไทย ทั้งชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยและด้านอันดามัน ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่ สิ่งแวดล้อมธรรมชาติ รวมทั้งเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ จากสถิติข้อมูลซึ่งบันทึกโดยศูนย์เตือนภัยแห่งชาติ พบว่าปัญหาการกัดเซาะเกิดบ่อยครั้งและมีความรุนแรงขึ้น จนเมื่อเร็วๆ นี้ ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลได้ถูกบรรจุอยู่ในแผนภัยพิบัติแห่งชาติ ในการป้องกันแก้ไขปัญหาดังกล่าว มีโครงการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลหลายรูปแบบที่เสนอโดยภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งมีทั้งการใช้มาตรการป้องกันแก้ไขแบบแข็งและแบบอ่อน มาตรการแบบแข็งคือมาตรการที่อาศัยโครงสร้างชายฝั่งในการป้องกันแก้ไขปัญหา หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “วิธีการใช้โครงสร้าง” โครงสร้างชายฝั่งที่ใช้โดยทั่วไป เช่น เขื่อนกันคลื่น รอดักทราย กำแพงกันคลื่น และกองหินหัวหาด มาตรการป้องกันแก้ไขนี้เป็นมาตรการที่เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะอย่างรุนแรงและเป็นปัญหาเรื้อรังมานาน โดยมาตรการดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ในการป้องกันการกัดเซาะในบริเวณพื้นที่โครงการ แต่จะสร้างผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียง ในขณะที่มาตรการป้องกันแก้ไขแบบอ่อนเหมาะสำหรับพื้นที่ที่ต้องการใช้เพื่อฟื้นฟูทรัพยากรชายฝั่งและมีพลังงานคลื่นค่อนข้างน้อย วิธีที่ใช้ในมาตรการนี้ได้แก่การเสริมทรายชายหาดและการปลูกป่าชายเลน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายคือการบูรณาการความรู้เพื่อใช้ป้องกันแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลโดยการวางปะการังเทียมซึ่งได้รับการออกแบบให้มีลักษณะเป็นเขื่อนกันคลื่นใต้น้ำเพื่อลดพลังงานคลื่น แท่งปะการังเทียมที่ใช้ในโครงการนี้ถูกออกแบบให้มีรูปทรงที่เอื้อต่อระบบนิเวศทางทะเล และมีมวลที่สามารถต้านทานแรงคลื่นได้ ส่วนการจัดเรียงแนวปะการังเทียม ได้ออกแบบแนวการจัดวางเพื่อให้สามารถดูดซับพลังงานของคลื่นหลักในหน้ามรสุมได้ รวมทั้งลดผลกระทบต่อการพัดพาตะกอนทรายในแนวขนานชายฝั่ง และจากการที่ระดับสันของปะการังเทียมอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลต่ำสุด จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาการบดบังภูมิทัศน์อันสวยงามของชายหาด และยังทำให้มูลค่าในการก่อสร้างน้อยลงอีกด้วย จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่าการวางปะการังเทียมที่ผ่านการออกแบบดังกล่าวน่าจะเป็นทางเลือกที่เป็นไปได้สูงในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทย

คำหลัก การป้องกันชายฝั่ง เขื่อนกันคลื่นใต้น้ำ ปะการังเทียม

Abstract

Problem of coastal erosion in Thailand exists at various locations both coastlines in the Gulf of Thailand and Andaman. Coastal erosion had resulted in detrimental consequences on people's lives, property, natural environment and national economy. Based on recorded data from National Disaster Warning Center of Thailand, it was found that occurrence of coastal erosion is more often and severe. In recent year, coastal erosion was established in national disaster plan. There are varied types of coastal defense projects, both hard and soft solutions, proposed by private and government sectors. Hard solution applies coastal structures, called as "structural method", to protect the sandy beaches. Breakwater, groin, seawall and headland are typically used as shore protection structures. Hard solutions are generally appropriate for chronic and severe erosion sites. These measures are fully effective to the project areas, but affect coastal erosion to adjacent areas. Soft solutions are suitable for coastal resource restoration zones where the wave energy rather low. Beach nourishment and mangrove afforestation are generally used as soft solution. This research aims to apply the integrated knowledge on shoreline protection project by using the designed artificial reef which functions as submerged breakwater to attenuate the incident wave energy. The Individual reef unit was designed properly both its shape for enhancement the marine ecology, and its mass for bearing the wave forces. The alignment of submerged reefs was designed to absorb predominant storm wave and to reduce the impact to longshore sediment transport. Since crest of the reef is lower than the lowest tide, so there is no impact to aesthetic view of the recreation beach and the construction cost is also cheaper. The use of designed artificial reef would be a highly feasible alternative for shore protection in Thailand.

Keywords: Shore Protection, Submerged Breakwater, Artificial Reef

1. บทนำ

ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยมีความยาวประมาณ 2,667 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 23 จังหวัด ติดชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยและด้านอันดามัน ความยาวชายฝั่งเกือบ 600 กิโลเมตรประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในระดับรุนแรง บางพื้นที่มีอัตราการกัดเซาะมากกว่า 25 เมตรต่อปี การกัดเซาะชายฝั่งทะเลนอกจากจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียพื้นที่แล้ว ยังทำให้เกิดความเสียหายด้านทรัพยากรชายฝั่งอีกด้วย จากข้อมูลด้านภัยพิบัติ พบว่าการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในหลายพื้นที่มีแนวโน้มจะมีความถี่และทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น เมื่อไม่นานมานี้ทางรัฐบาลจึงได้บรรจุปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลเป็นปัญหาภัยพิบัติระดับชาติ

สาเหตุที่สำคัญของการกัดเซาะชายฝั่งมีอยู่ 6 ประการ ดังนี้

1) สมดุลตะกอนบนชายฝั่งเปลี่ยนแปลงไป
2) การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ
3) กิจกรรมของมนุษย์
4) ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น
5) การทรุดตัวของพื้นที่
6) ธรณีแปรสัณฐานในระดับภูมิภาค

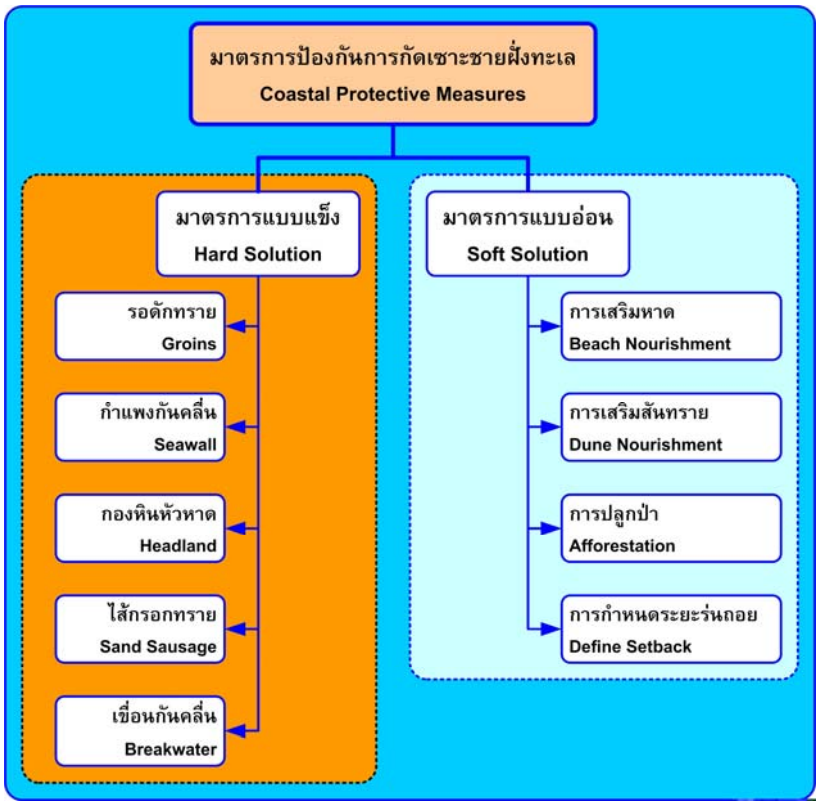
ในทางปฏิบัติ มนุษย์สามารถกำหนดแนวทางในการป้องกันแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลได้ดังนี้

1) ทำการสลายพลังงานคลื่นก่อนเคลื่อนตัวเข้าสู่ชายฝั่งทะเล
2) บรรเทาความเร็วของกระแสน้ำบริเวณชายฝั่ง
3) ป้องกันภัยจากคลื่นยักษ์ เช่น Storm Surges และ Tsunamis
4) เพิ่มปริมาณตะกอนลงสู่ทะเล
5) หยุดยั้งการทรุดตัวของพื้นที่ชายฝั่งทะเล
6) ยุติกิจกรรมที่ทำลายเสถียรภาพของชายฝั่งทะเล
7) ส่งเสริมกิจกรรมที่เพิ่มเสถียรภาพของชายฝั่งทะเล

ในการแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่ผ่านมาได้เน้นการใช้โครงสร้างแบบแข็งซึ่งเน้นประสิทธิภาพในการป้องกันพื้นที่โครงการเป็นหลัก และมุ่งประสิทธิผลอย่างรวดเร็ว ซึ่งโครงสร้างแบบแข็งที่นิยมใช้ ได้แก่ เขื่อนกันคลื่น รอดักทราย กำแพงกันคลื่น และการนำแผ่นใยสังเคราะห์มาทำเป็นไส้กรอกทราย พบว่าในระยะยาวโครงสร้างมักส่งผลกระทบทำให้เกิดการกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่งข้างเคียง ในขณะที่โครงสร้างแบบอ่อนก็มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีคลื่นลมไม่รุนแรงนัก และต้องมีการบำรุงรักษาอยู่เสมอ ซึ่งโครงสร้างแบบอ่อนที่นิยมใช้ ได้แก่ การสร้างหาดทรายเทียม การสร้างเนินทราย การปลูกป่าชายเลน และการกำหนดระยะร่นถอย เมื่อประเมินแล้วพบว่าทางเลือกในการแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทั้งหมดนั้นมีค่อนข้างจำกัด ดังนั้นโครงสร้างเขื่อนกันคลื่นใต้น้ำแบบปะการังเทียม (Submerged Artificial Reef Training: SMART) จึงน่าจะเป็นทางเลือกใหม่ซึ่งสามารถป้องกันแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งได้โดยไม่ส่งผลกระทบอย่างต่อเนื่อง

2. มาตรการป้องกันชายฝั่ง

สำหรับมาตรการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง (Coastal Protection Measures) ที่นิยมใช้ในการป้องกันแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลที่ได้ดำเนินการผ่านมา ประกอบด้วย 2 วิธีการ คือ มาตรการโครงสร้างแบบแข็ง (Hard Solution) และมาตรการโครงสร้างแบบอ่อน (Soft Solution) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 มาตรการในการป้องกันแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง

2.1 มาตรการโครงสร้างแบบแข็ง

1) เขื่อนกันคลื่น (Breakwater) เป็นลักษณะโครงสร้างที่ใช้หินขนาดต่างๆ กัน โดยใช้ก้อนหินขนาดตามที่ออกแบบกองขึ้นเป็นชั้นฐาน (Bedding Layer) และชั้นแกน (Core Layer) หรือแท่งคอนกรีตขนาดใหญ่เป็นชั้นเปลือกนอก (Armor Unit) ก่อกองขึ้นเพื่อยับยั้งความเร็วของคลื่นที่จะเคลื่อนที่เข้าปะทะชายหาด ตัวอย่างเขื่อนกันคลื่นแสดงดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 เขื่อนกันคลื่นนอกฝั่ง

2) กำแพงกันคลื่น (Seawall) เป็นโครงสร้างที่ใช้ป้องกันพื้นที่ชายฝั่ง สิ่งปลูกสร้าง และทรัพย์สินด้านในชายฝั่ง อาจก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก ตอกเข็มพืดเป็นแนว จัดเรียงด้วยหินทิ้ง หรืออาจจัดเรียงด้วยแท่งคอนกรีต ดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 กำแพงกันคลื่นซึ่งจัดเรียงด้วยแท่งคอนกรีต

3) รอดักทราย (Groin) เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะยื่นตั้งฉากออกไปจากชายฝั่งเพื่อให้ตะกอนสะสมตัวอยู่ระหว่างโครงสร้างรอแต่ละแนว ซึ่งมีหลายรูปแบบทั้งแบบตัวไอ ตัววาย และตัวที ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4 รอดักทรายรูปตัววาย

4) ไส้กรอกทราย (Sand Sausage) เป็นโครงสร้างที่ใช้วัสดุประเภทแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) บรรจุทรายเข้าไปเพื่อใช้ในการลดความรุนแรงของคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 ไส้กรอกทราย

2.2 มาตรการโครงสร้างแบบอ่อน

1) การสร้างหาดทราย (Beach Nourishment) เป็นการดูดทรายหรือนำทรายมาถมในบริเวณที่ถูกกัดเซาะ ซึ่งวิธีการนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่สูงมาก แต่สภาพชายหาดจะสวยงาม ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 การสร้างหาดทราย

2) การสร้างเนินทราย (Dune Nourishment) เป็นการนำทรายมาถมให้สูงเลียนแบบเนินทรายเดิมที่ถูกทำลายไป และนำพืชบางชนิดที่สามารถขึ้นในเนินทรายมาปลูกเสริมเข้าไป เพื่อดักทรายที่ถูกพัดพาเข้าฝั่ง ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 การสร้างเนินทราย

3) การปลูกป่าชายเลน (Mangrove Afforestation) ทำในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นที่ราบน้ำขึ้นถึง ซึ่งทางฝั่งอ่าวไทยได้มีการนำกล้าไม้ชายเลนมาปลูกขึ้นใหม่ในบริเวณที่ถูกทำลายไป ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 การปลูกป่าชายเลน

4) การกำหนดระยะร่นถอย (Setback) เป็นมาตรการเชิงแผนและนโยบายเพื่อเป็นการลดระดับความเสียหายของสิ่งก่อสร้างบริเวณชายหาด โดยไม่ให้มีสิ่งก่อสร้างบนชายหาดที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการกัดเซาะ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาความเสียหายของทรัพย์สินและสิ่งปลูกสร้าง

3. แนวความคิดในการใช้ปะการังเทียมป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง

ในการศึกษาวิจัยการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลแบบบูรณาการ ได้ใช้หลักการบูรณาองค์ความรู้เพื่อการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล (Integrated Knowledge on Shore Protection) โดยกำหนดเป้าหมายหลักไว้ 5 ด้าน ซึ่งประกอบด้วย

3.1 ด้านวิศวกรรมชายฝั่ง

เป้าหมายหลักของงานด้านวิศวกรรมชายฝั่งทะเล คือ การป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในพื้นที่โครงการได้อย่างสัมฤทธิ์ผล โดยส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านอื่นๆ น้อยที่สุดทั้งในช่วงการก่อสร้าง (Construction Period) และระยะดำเนินการ (Operation Period) โดยเฉพาะผลกระทบต่อการกัดเซาะพื้นที่ข้างเคียง ระบบสมดุลพลวัตของการเคลื่อนย้ายตะกอนชายฝั่ง กระแสน้ำและคุณภาพน้ำชายฝั่ง

3.2 ด้านเศรษฐศาสตร์

เป้าหมายทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้มุ่งเน้นเรื่องการประหยัดต้นทุนในการก่อสร้างและมูลค่าในการบำรุงรักษาตลอดอายุโครงการ เนื่องจากโครงสร้างประเภทเขื่อนกันคลื่นใต้น้ำมีระดับสันโครงสร้างต่ำกว่าระดับน้ำเฉลี่ย ทำให้โครงสร้างมีขนาดเล็กกว่าเขื่อนกันคลื่นนอกฝั่งทั่วๆ ไป ดังนั้นจะทำให้มูลค่าในการก่อสร้างน้อยลง ในส่วนของแท่งปะการังเทียม (SMART Unit) ก็ได้มีการศึกษาถึงลักษณะทางโครงสร้างที่สามารถขึ้นรูปได้ง่าย มีความแข็งแรงและคงทน ใช้งบประมาณในการก่อสร้างและดูแลรักษาไม่สูงมาก นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงงบประมาณที่อาจต้องใช้ในการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการก่อสร้างโครงการด้วย

3.3 ด้านทรัพยากรธรรมชาติ

ความสัมฤทธิ์ผลของการศึกษาวิจัยการใช้ปะการังเทียมป้องกันแก้ไขการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในเชิงทรัพยากรธรรมชาติ คือ การฟื้นฟูทรัพยากรชายฝั่งและทรัพยากรประมง โดยคาดว่าแนวปะการังเทียมมีศักยภาพที่จะเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยหรือแหล่งเพาะพันธุ์อนุบาลสัตว์น้ำ จากการสำรวจประสิทธิผลของการดำเนินโครงการจัดวางปะการังเทียมโดยใช้ตู้รถไฟ ท่อซีเมนต์ และรถบรรทุกขยะในหลายพื้นที่ พบว่าการวางปะการังเทียมสามารถฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.4 ด้านการท่องเที่ยว

เนื่องจากชายหาดหลายแห่งที่ประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวที่มีความสวยงาม มีความสำคัญทางด้านการท่องเที่ยว เพราะฉะนั้นโครงสร้างประเภทจมใต้ผิวน้ำ (Submerged Structure) อย่างเช่น เขื่อนกันคลื่นใต้น้ำซึ่งไม่บดบังทัศนียภาพธรรมชาติของชายหาดนั้นๆ ก็จะสามารถพัฒนาให้เกิดกิจกรรมอื่นๆ ที่จะส่งเสริมการท่องเที่ยวและจะเกิดประโยชน์อย่างมาก

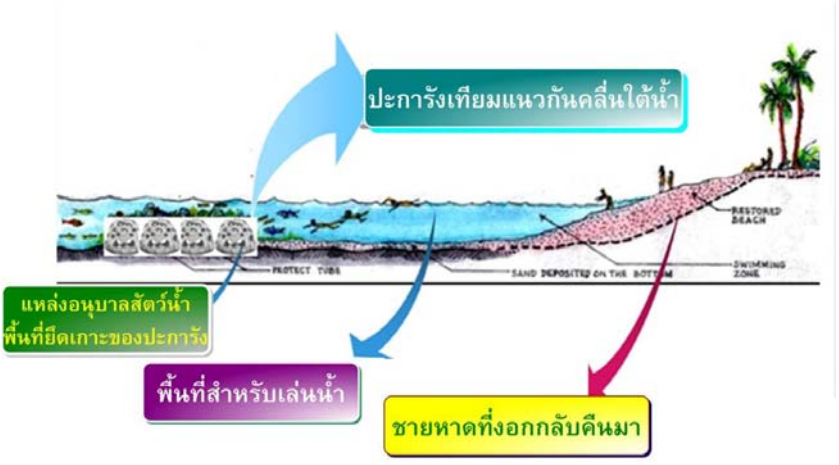
3.5 ด้านสังคม

การแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในอดีตหลายๆ โครงการก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งในชุมชน ในการบูรณาการองค์ความรู้เพื่อการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในครั้งนี้จึงให้ความสำคัญในเรื่องนี้และยังวางเป้าหมายว่านอกจากจะไม่ก่อให้เกิดความขัดแย้งในชุมชนแล้ว ยังจะช่วยส่งเสริมคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้นอีกด้วย

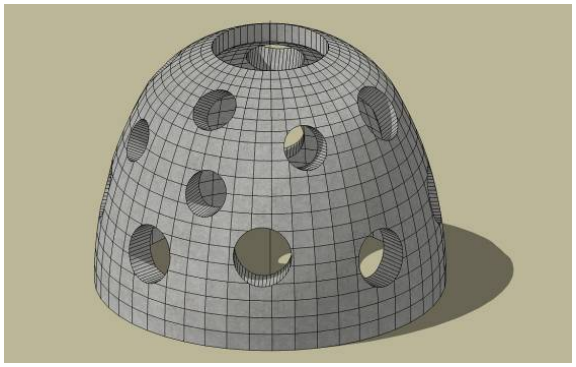
จากเป้าหมายที่กำหนดไว้ ได้นำจุดเด่นของโครงสร้างชนิดเขื่อนกันคลื่นใต้น้ำมาผนวกกับการวางปะการังเทียม โดยใช้แนวคิดที่ว่า คือ (1) แนวปะการังเป็นแนวกันคลื่นตามธรรมชาติที่มีส่วนช่วยในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง โดยสามารถลดพลังงานคลื่นได้ระดับหนึ่งก่อนที่คลื่นจะเข้ากระทบฝั่ง ประกอบกับ (2) การใช้ปะการังเทียมในวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งเพาะพันธุ์ของสัตว์น้ำ ทั้งยังเป็นพื้นผิวสำหรับการลงเกาะของตัวอ่อนปะการัง และ (3) หลักการทำงานของเขื่อนกันคลื่นใต้น้ำ ซึ่งมีจุดเด่นคือนอกจากจะช่วยป้องกันการกัดเซาะแล้ว ยังเป็นโครงสร้างที่ไม่บดบังทัศนียภาพอันสวยงามของชายฝั่งทะเล จากที่กล่าวมานี้ จึงได้ผนวกความรู้ทางด้านนิเวศวิทยาทางทะเลกับความรู้ทางด้านวิศวกรรมชายฝั่งทะเลมาทำการออกแบบโครงสร้างแท่งปะการังเทียมเพื่อการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง โดยประยุกต์จากแท่งปะการังเทียมที่ใช้เพื่อเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ ให้มีลักษณะโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีรูปแบบ รูปทรง ช่องเปิดขนาด และน้ำหนักที่เหมาะสม สามารถลดพลังงานคลื่นได้ และมีศักยภาพในการต้านทานแรงกระทำเนื่องจากคลื่นลมในช่วงฤดูมรสุม (รูปที่ 9) การมีช่องเปิดจะช่วยในการลดแรงกระแทกและลดการกัดเซาะฐานรากของโครงสร้าง และช่องเปิดดังกล่าวยังเป็นทางเข้าออกของสัตว์น้ำที่เข้ามาอาศัยในปะการังเทียม นอกจากนี้พื้นผิวของปะการังเทียมยังเป็นพื้นที่ยึดเกาะ (Substrate) สำหรับตัวอ่อนของปะการังได้อีกด้วย แนวความคิดใช้ปะการังเทียมเพื่อป้องกันแก้ไขการกัดเซาะชายฝั่ง ดังแสดงในรูปที่ 10

การประยุกต์ปะการังเทียมเพื่องานป้องกันแก้ไขการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในลักษณะดังกล่าวได้มีการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ โดยได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยระดับสูงหลายแห่ง เช่น Coastal Engineering Research Center แห่ง US Army Corps of Engineers และ Hydraulic Laboratory แห่ง Florida Institute of Technology ในประเทศสหรัฐอเมริกา และ Delft Hydraulic Laboratory แห่ง Delft University ในประเทศเนเธอร์แลนด์ จากการตรวจสอบเอกสารงานวิจัยในต่างประเทศ พบว่าลักษณะและรูปแบบของปะการังเทียมมีความหลากหลาย ดังแสดงในรูปที่ 11 ถึงรูปที่ 17

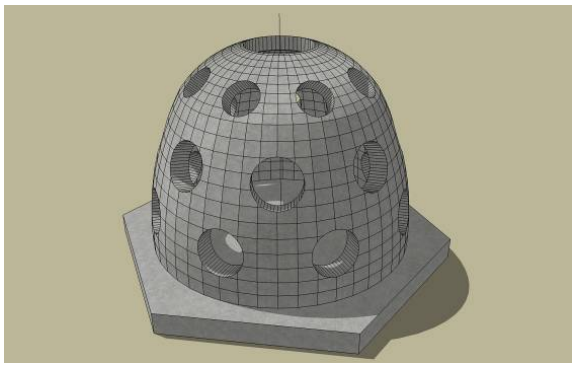
รูปที่ 9 การบูรณาการองค์ความรู้ในงานป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง



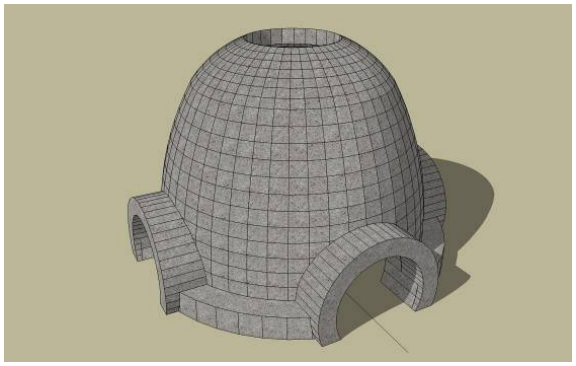
รูปที่ 10 หลักการทำงานของปะการังเทียมป้องกันชายหาด



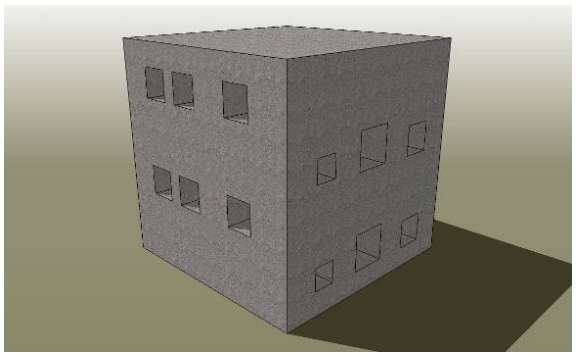
รูปที่ 11 ปะการังเทียมรูปโดมฐานเปิด



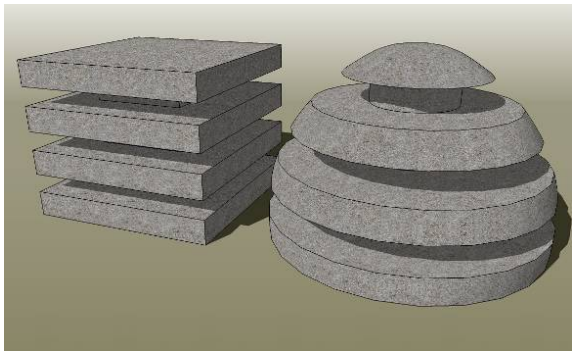
รูปที่ 12 ปะการังเทียมรูปโดมฐานหกเหลี่ยม



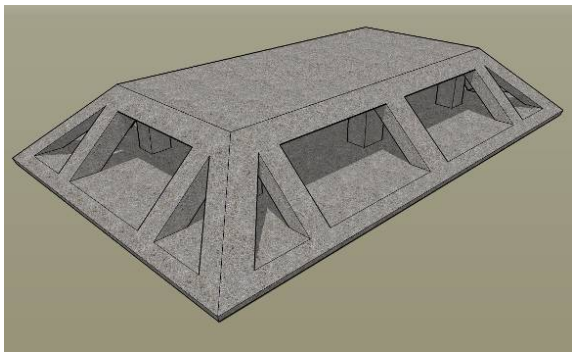
รูปที่ 13 ปะการังเทียมรูปโดมหลังเต่า



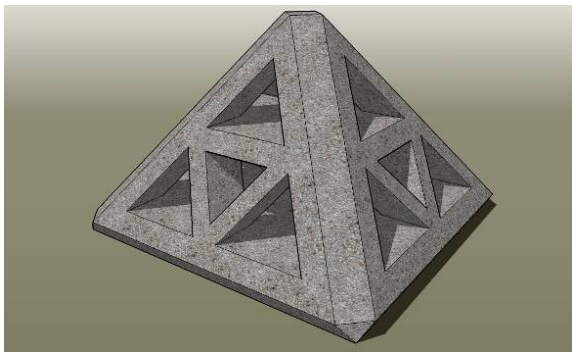
รูปที่ 14 ปะการังรูปทรงสี่เหลี่ยม



รูปที่ 15 ปะการังรูปคอนโด



รูปที่ 16 ปะการังรูปบล็อค

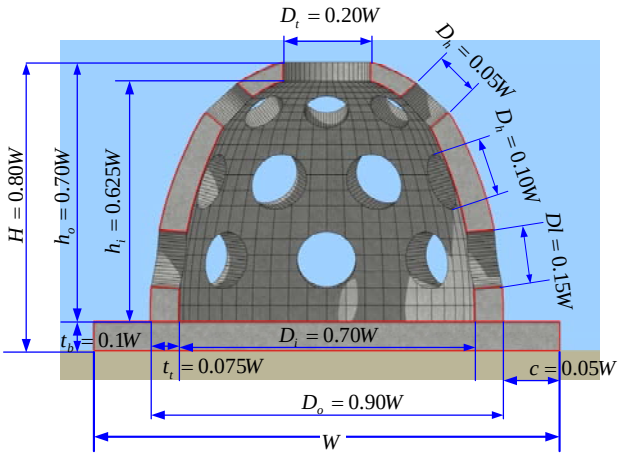


รูปที่ 17 ปะการังรูปปิรามิด

ด้วยจุดแข็งหลายประการของปะการังเทียมป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล จึงมีการนำปะการังเทียมมาวางเพื่อใช้ในโครงการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งในหลายพื้นที่ทั่วโลก เช่น โครงการบูรณาการชายหาดหลังพายุเฮอริเคนยอร์ช (Hurricane George) ในปี ค.ศ.1998 ที่ประเทศสาธารณรัฐโดมินิกัน และโครงการฟื้นฟูชายหาดหลังพายุเฮอริเคนมิเชลล์ (Hurricane Michelle) ในปี ค.ศ. 2002 ที่เกาะแกรนด์เคแมน ในทะเลแคริบเบียน นอกจากนี้ในกรณีที่คุณภาพของน้ำทะเลมีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและเจริญเติบโตของปะการัง จะมีความเป็นไปได้ที่ตัวอ่อนของปะการังจะลงเกาะและเจริญเติบโตเป็นแนวปะการัง หรือสามารถปลูกปะการังบนโครงสร้างได้อีกด้วย

4. การศึกษาแบบจำลองทางกายภาพ

แนวความคิดการใช้ปะการังเทียมในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในประเทศไทย ยังจัดเป็นนวัตกรรมใหม่ ที่จะต้องทำการศึกษาวิจัยอย่างละเอียดก่อน จากนั้นจึงทำการสำรวจและออกแบบรายละเอียดในพื้นที่โครงการสาธิต ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) ในเบื้องต้นได้ทำการคัดเลือกรูปแบบปะการังเทียมที่เหมาะสม โดยพิจารณาทั้งปัจจัยในด้านของรูปทรงที่เกื้อกูลต่อการอยู่อาศัยของสัตว์ทะเลและมีเสถียรภาพที่ดีต่อการต้านทานแรงคลื่น การศึกษาวิจัยในระยะแรกได้ออกแบบรูปทรงปะการังเทียมดังแสดงในรูปที่ 18 มีลักษณะเป็นรูปโดม มีการออกแบบช่องเปิด (Openings) โดยรอบแท่งปะการัง สำหรับเป็นช่องทางเข้าออกของสัตว์ทะเล และลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อกระแสน้ำชายฝั่ง ช่องเปิดเหล่านี้จะช่วยให้กระแสน้ำสามารถไหลผ่านแนวโครงสร้างได้ มีการเสริมฐานหกเหลี่ยมเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของโครงสร้าง เพื่อต้านการพลิกคว่ำ (Overturning) ต้านทานการไถล (Sliding) ลดปริมาณการทรุดตัว (Settlement) และลดการกัดเซาะฐานโครงสร้าง (Scouring) ทั้งนี้ได้ออกแบบการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยแบ่งการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพเป็น 2 ส่วน คือ ปฏิบัติการทดลองในรางจำลองคลื่น (Wave Flume) และในอ่างจำลองคลื่น (Wave Basin)



รูปที่ 18 รูปทรงของปะการังเทียมที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

4.1 ปฏิบัติการทดลองในรางจำลองคลื่น

ปฏิบัติการทดลองในรางจำลองคลื่น (Wave Flume) ดังแสดงในรูปที่ 19 โดยได้จัดทำแบบจำลอง (Model) ของปะการังเทียม 4 ขนาด มีการย่อส่วนในอัตรา 1:10 (Model Type A), 1:8 (Model Type B) 1:5 (Model Type C) และ 1:4 (Model Type D) เพื่อทำการศึกษาใน 3 ประเด็น ดังนี้

1) เสถียรภาพของแท่งปะการังเทียมต่อการรับแรงคลื่น (Structural Stability to Wave Action)

2) พฤติกรรมของคลื่นที่ผ่านแนวปะการังเทียม (Wave Transmission through SMART) และ

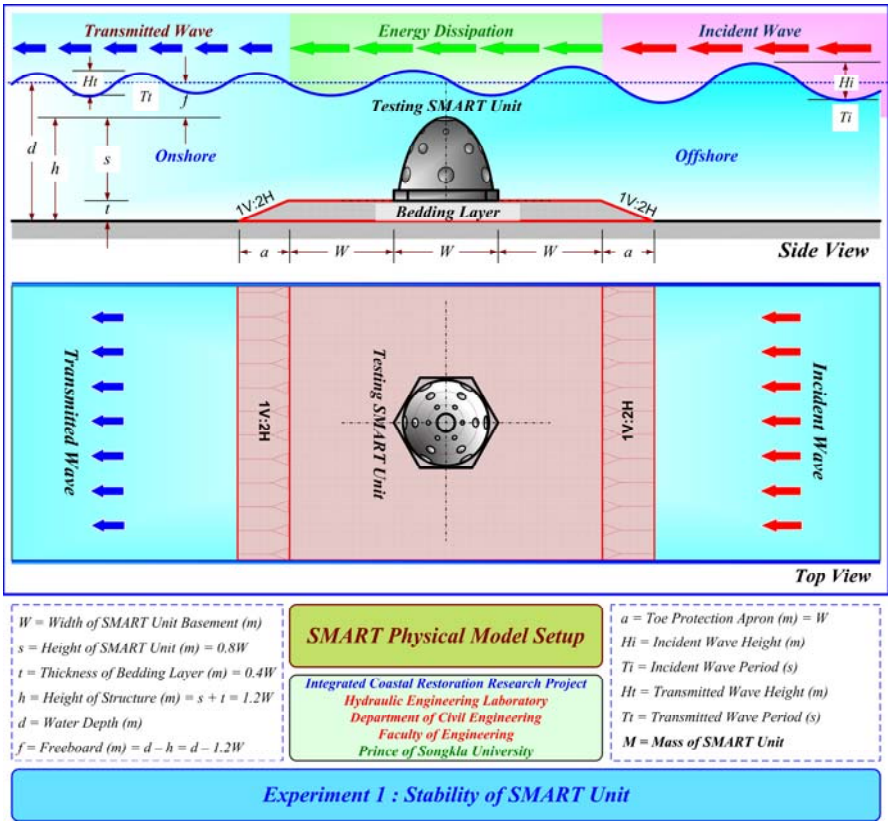
3) ประสิทธิภาพการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล (Beach Protection Efficiency)

ดังแสดงในรูปที่ 20 ถึง 22

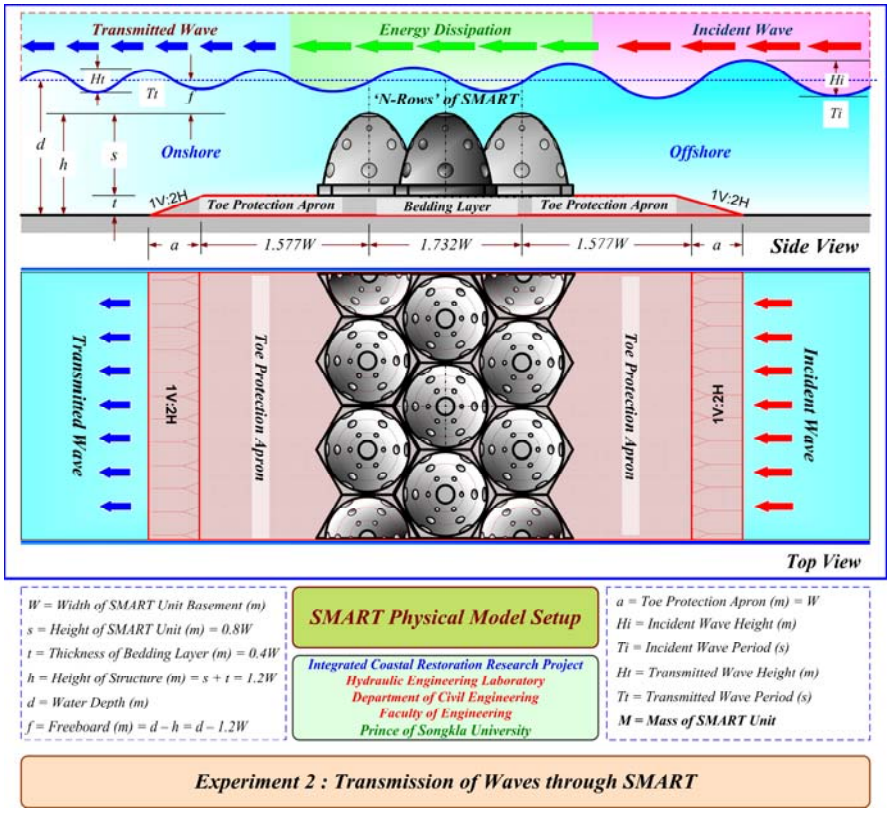
4.2 ปฏิบัติการทดลองในอ่างจำลองคลื่น

ส่วนที่ 2 ปฏิบัติการทดลองในอ่างจำลองคลื่น (Wave Basin) ดังแสดงในรูปที่ 23 เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งทะเลเนื่องจากการก่อสร้างโครงการ (Shoreline Change due to Project) โดยแบบจำลองทางกายภาพจะมีมาตราส่วนเทียบจากมาตราส่วนจริงเท่ากับ 1:20 และกำหนดชุดตัวแปรดังแสดงในรูปที่ 24

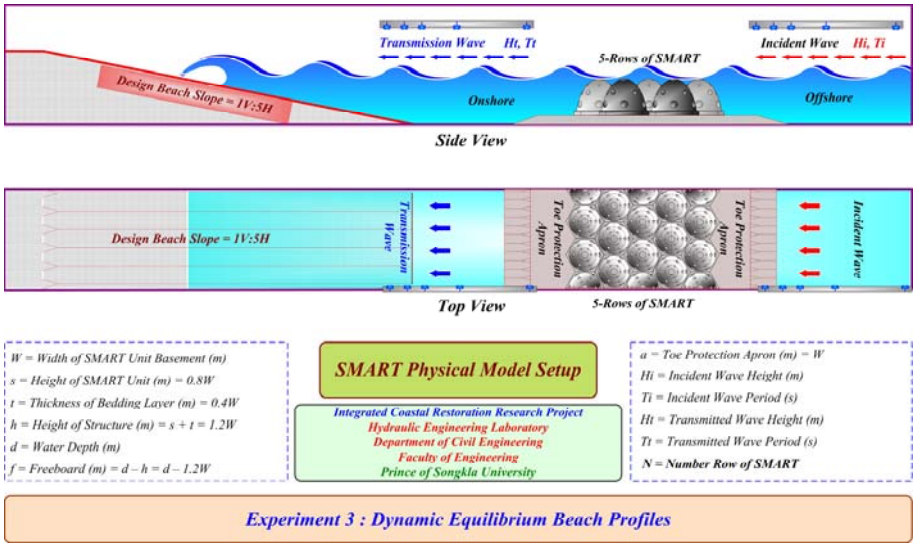
รูปที่ 19 แบบจำลองกายภาพสำหรับปฏิบัติการทดลองในรางจำลองคลื่น



รูปที่ 20 การกำหนดชุดตัวแปรสำหรับการศึกษาเสถียรภาพของแท่งปะการังเทียม

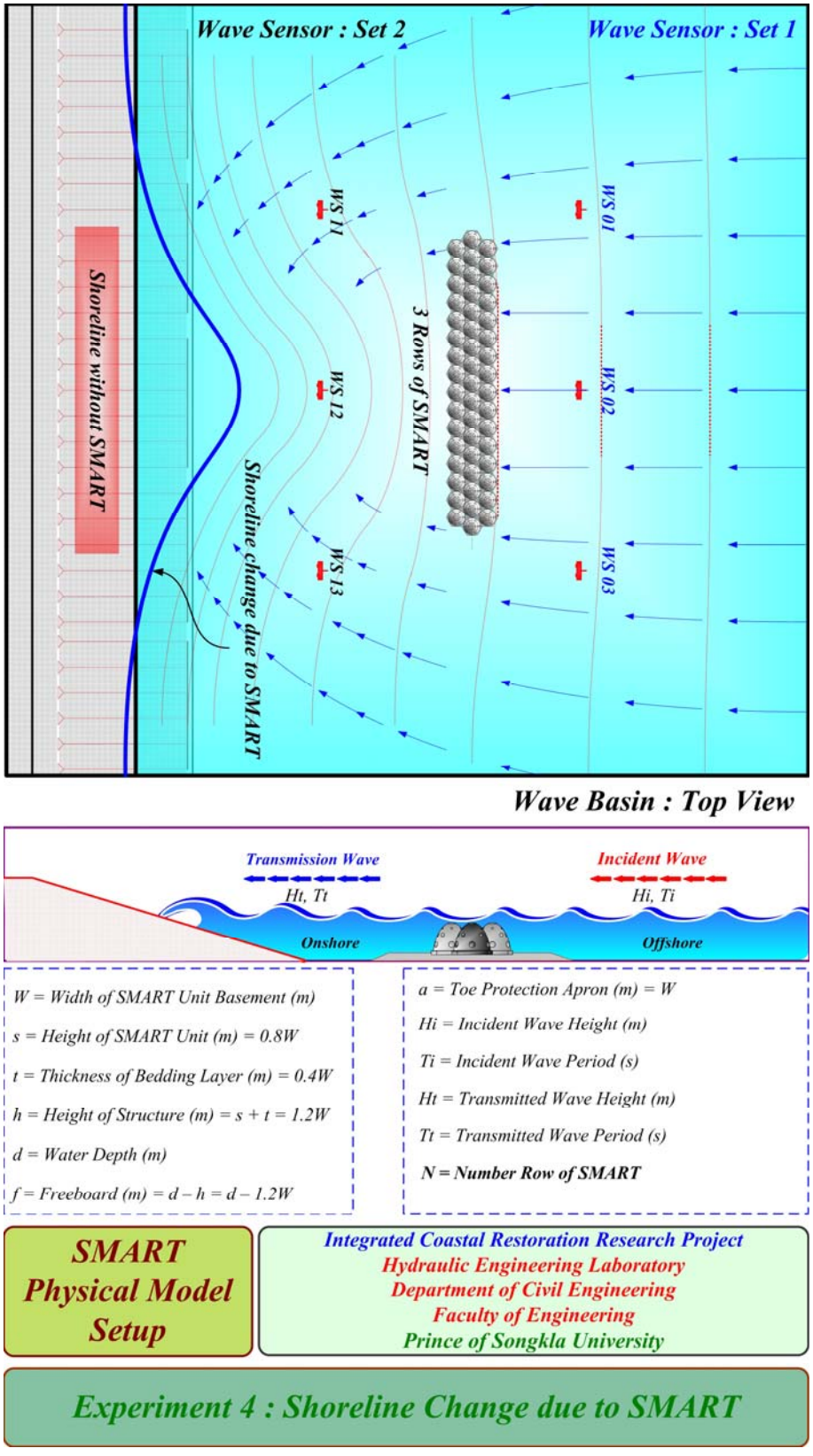


รูปที่ 21 การกำหนดชุดตัวแปรสำหรับการศึกษาพฤติกรรมของคลื่นที่ผ่านแนวปะการังเทียม



รูปที่ 22 การกำหนดชุดตัวแปรสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการกรองคลื่นของแนวปะการังเทียม

รูปที่ 23 แบบจำลองกายภาพสำหรับปฏิบัติการทดลองในอ่างจำลองคลื่น



รูปที่ 24 การกำหนดชุดตัวแปรสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง

4.3 ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ

ผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางกายภาพ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การผ่านแนวปะการังเทียมของคลื่น (K_t) สามารถคำนวณได้จาก

$$K_t = \frac{1.036}{1.370 + 26.642\left(\frac{H_i}{gT^2}\right)^{1.643}\left(\frac{B}{gT^2}\right)^{-1.195}\left(\frac{h}{B}\right)^{-2.726}\left(\frac{h}{d}\right)^{6.994}} \qquad (R^2 = 0.873)$$

เมื่อ

H_i คือ ความสูงของคลื่นก่อนเคลื่อนตัวเข้าสู่แนวปะการังเทียม

T คือ คาบของคลื่นก่อนเคลื่อนตัวเข้าสู่แนวปะการังเทียม

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากสนามโน้มถ่วงของโลก (= 9.807 m/s^2)

B คือ ความกว้างของแนวปะการังเทียม ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนแถวของการวาง ซึ่งหาได้จาก $B = \xi W$ โดย W เป็นขนาดระบุ (Nominal Size) ของแท่งปะการังเทียม สำหรับจำนวนแถวปะการังเท่ากับ 3, 4 และ 5 มีค่า ξ เท่ากับ 2.69, 3.55 และ 4.42 ตามลำดับ

h คือ ความสูงของโครงสร้าง ซึ่งมีค่าเท่ากับความหนาของหินชั้นฐาน (Bedding Layer) รวมกับความสูงของแท่งปะการัง

d คือ ความลึกของน้ำ ณ ตำแหน่งที่วางปะการังเทียม

จากนั้นสามารถคำนวณหาความสูงคลื่นหลังผ่านแนวปะการังเทียม (H_t) ได้จาก

$$H_t = K_t H_i$$

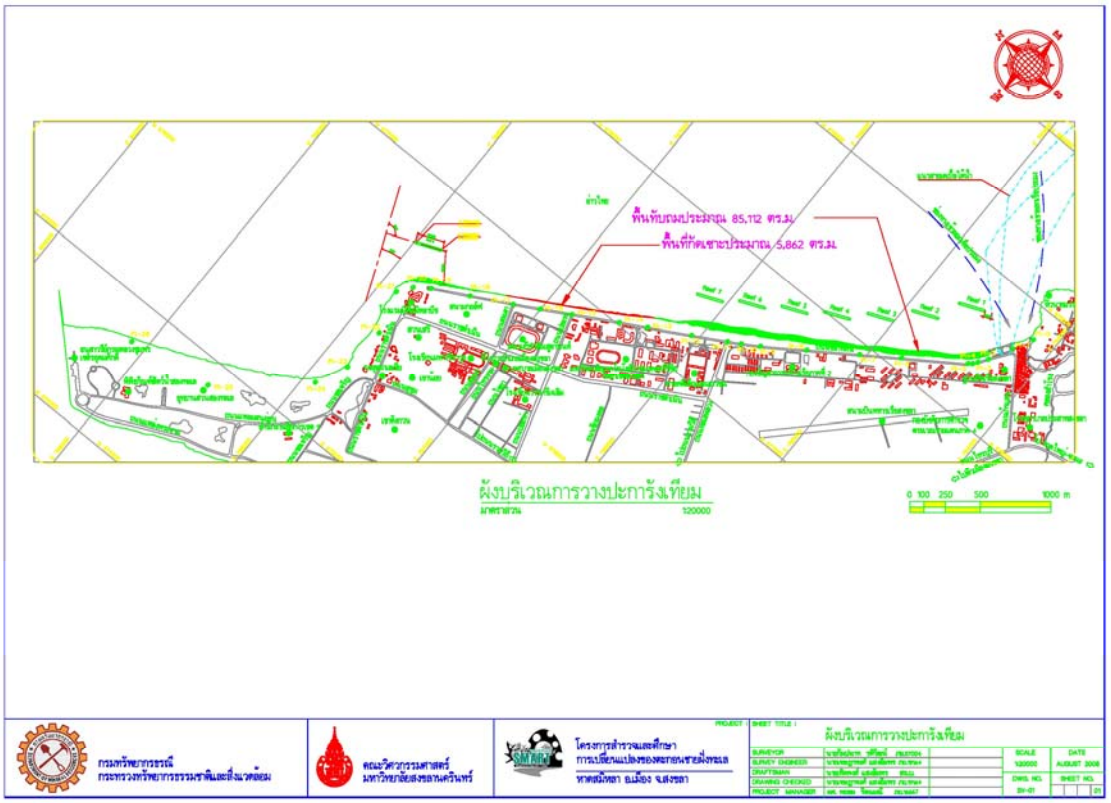
ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่าการวางปะการังเทียมจำนวน 3 แถว สามารถลดความสูงคลื่นลงได้ร้อยละ 15 - 60 สามารถสลายพลังงานคลื่นลงได้ประมาณร้อยละ 28 - 84 ในขณะที่การวางจำนวน 4 แถว สามารถลดความสูงคลื่นลงได้ร้อยละ 20 - 65 สามารถสลายพลังงานคลื่นลงได้ประมาณร้อยละ 36 - 88 และการวางจำนวน 5 แถว สามารถลดความสูงคลื่นลงได้ถึงร้อยละ 30 - 75 สามารถสลายพลังงานคลื่นลงได้ถึงร้อยละ 51 - 94 ทั้งนี้ พบว่าการสลายพลังงานคลื่นจะเกิดขึ้นมากกว่าร้อยละ 70 เมื่อคลื่นมีการแตกตัวในแนวปะการังเทียม

5. การออกแบบโครงการสาธิต

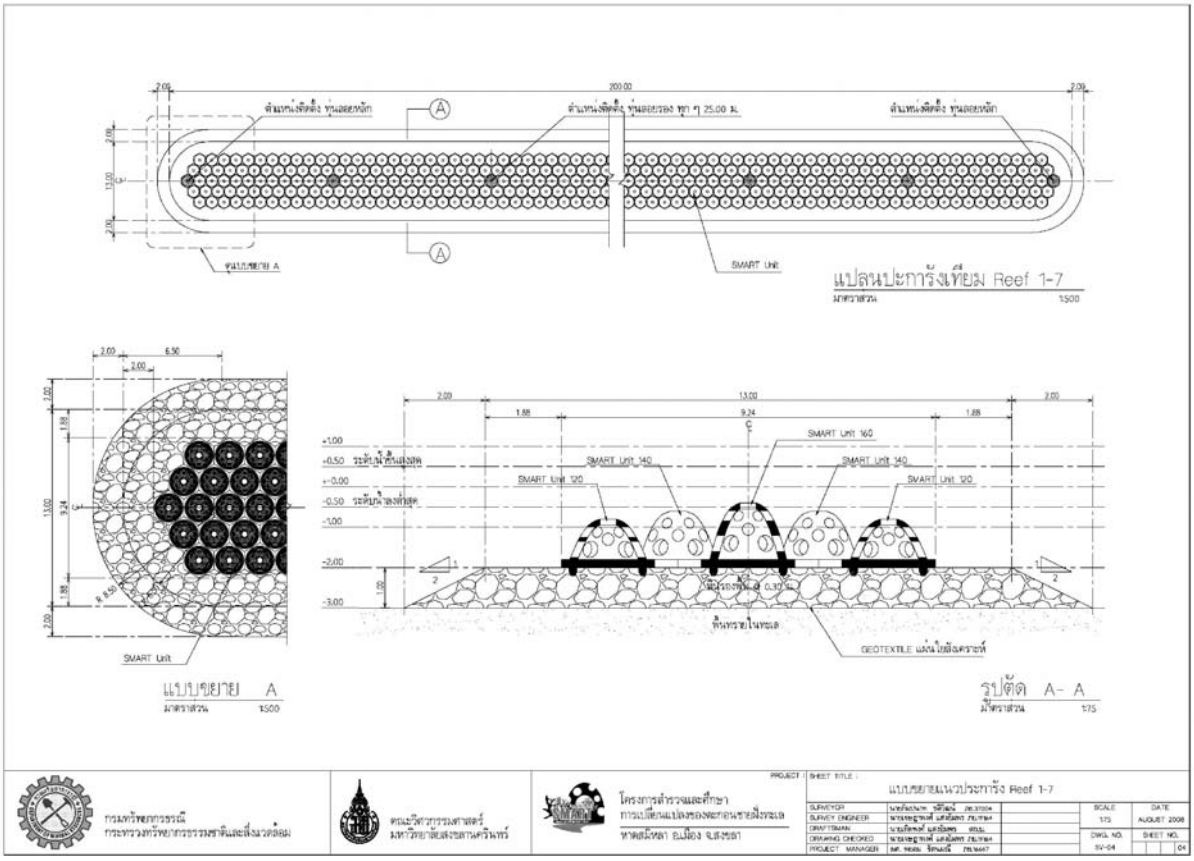
ในการออกแบบโครงการสาธิต โดยคัดเลือกพื้นที่บริเวณหาดชลาทัศน์ เทศบาลนครสงขลา จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่โครงการสาธิต เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลมาตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2545 แม้ทางเทศบาลนครสงขลาจะพยายามแก้ไขโดยใช้มาตรการต่างๆ หลายวิธี เช่น การใช้เขื่อนกันคลื่นรูปตัวที กำแพงหินทิ้งกันคลื่น ตะกร้าหินกันคลื่น กระสอบทรายกันคลื่น และแผ่นใยสังเคราะ แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างสัมฤทธิ์ผล ทางคณะผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการใช้ปะการังเทียมในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

คณะผู้วิจัยได้เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ แล้วจึงทำการสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยละเอียด ซึ่งประกอบด้วย (1) ข้อมูลด้านวิศวกรรม/สมุทรศาสตร์ ได้แก่ ความลึกท้องทะเล สภาพคลื่นลม กระแสน้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยาของชายฝั่ง ธรณีฐานราก สภาพตะกอนท้องทะเลและตะกอนชายฝั่ง (2) ข้อมูลด้านนิเวศวิทยา ได้แก่ สิ่งมีชีวิตในน้ำ ประกอบด้วย แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน ปะการัง ชนิดปลาและการทำประมง (3) ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ คุณภาพน้ำชายฝั่ง คุณภาพน้ำผิวดิน กระแสน้ำ การพัดพาตะกอน คุณภาพอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน และ (4) ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ การกระจายตัวของประชากร คุณภาพชีวิต การท่องเที่ยว อาชีพและรายได้ ผังเมืองและการใช้ที่ดิน รวมถึงการสอบถามทัศนคติของชุมชนและหน่วยงานราชการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินโครงการสาธิต

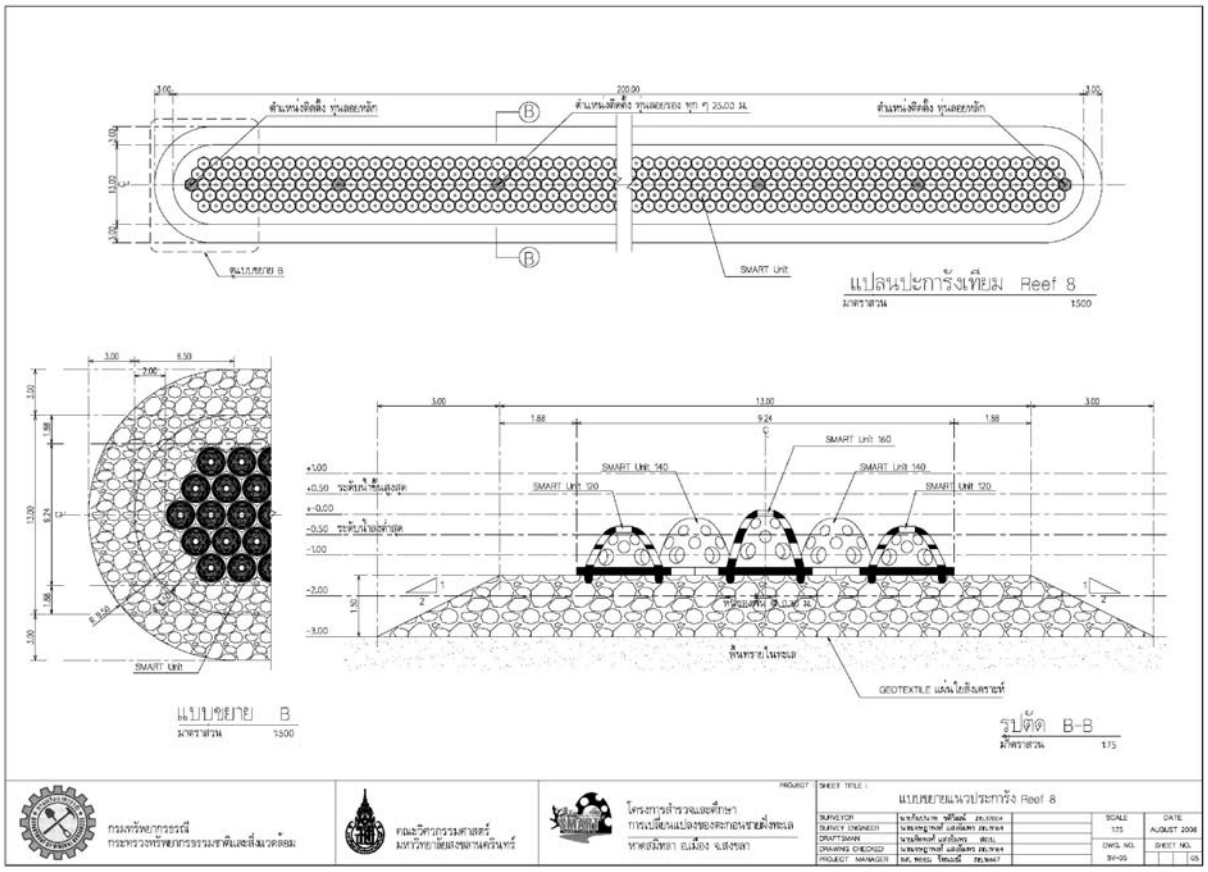
ผังบริเวณของการจัดวางปะการังเทียมแสดงดังรูปที่ 25 โดยมีการจัดวางปะการังเทียมจำนวน 8 กอง (Reef 1 –Reef 8) แนวปะการังกองที่ 1 ถึง 7 ออกแบบไว้ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 3 เมตร แสดงดังรูปที่ 26 ปะการังเทียมแต่ละกองมีความยาวประมาณ 200 เมตร เว้นช่องวางระหว่างกองประมาณ 100 เมตร เพื่อเป็นเส้นทางสัญจรของเรือประมง มีการปรับแนวโครงสร้างเพื่อให้รับคลื่นลมในหน้ามรสุมตะวันออกเฉียงใต้ได้อย่างเต็มที่ ส่วนแนวปะการังกองที่ 8 ได้ออกแบบไว้ที่ระดับน้ำลึก 4 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 27 เพื่อเสริมความแข็งแรงของกองหินหัวหาด (Headland) ที่บริเวณหน้าโรงแรมบีพีสมิหลา และเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเลี้ยวเบนของคลื่นที่อาจเกิดขึ้นทางทิศเหนือของปะการังเทียมกองที่ 7 โดยแท่งปะการังที่ใช้ในโครงการนี้มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 28



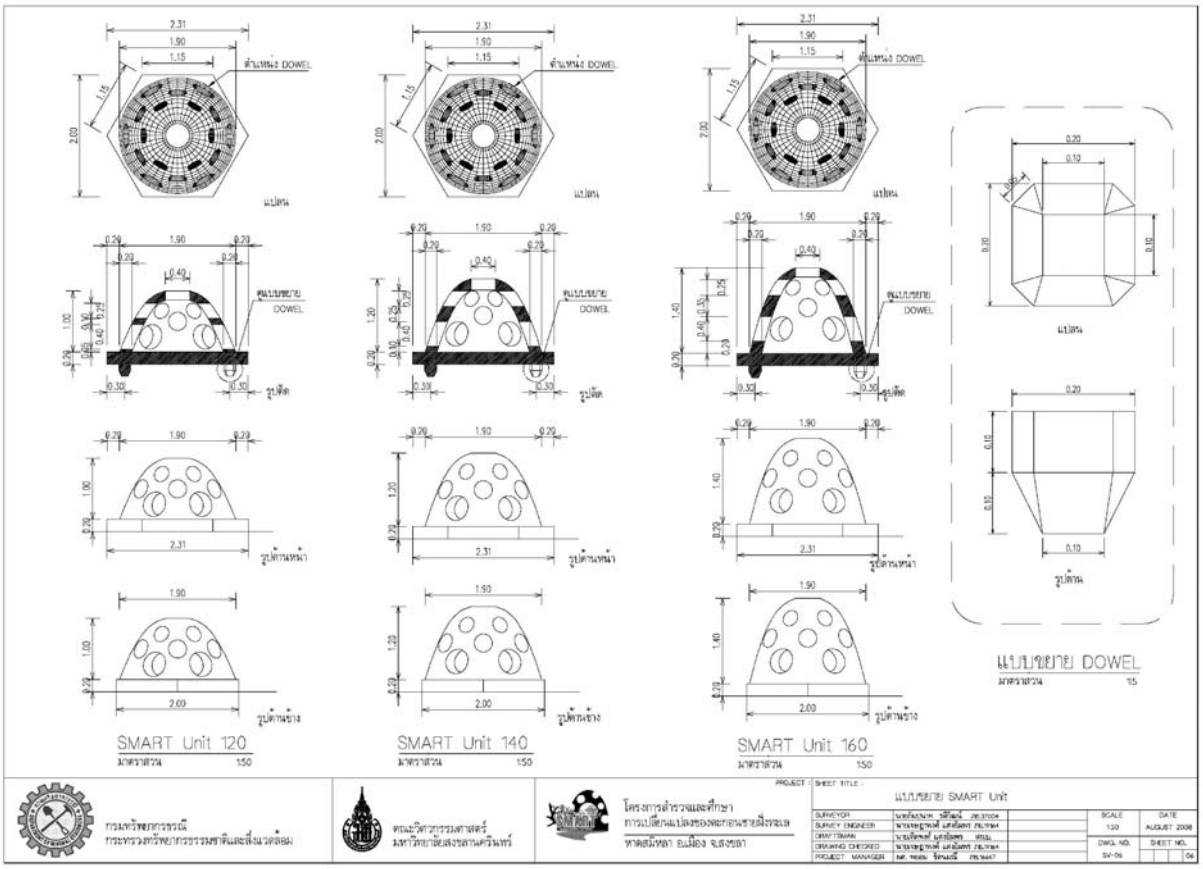
รูปที่ 25 ผังบริเวณของการวางปะการังเทียมที่หาดชลาทัศน์



รูปที่ 26 รายละเอียดของการจัดเรียงแท่งปะการังเทียมกองที่ 1 ถึง 7



รูปที่ 27 รายละเอียดของการจัดเรียงแท่งปะการังเทียมกองที่ 8



รูปที่ 28 รายละเอียดของแท่งปะการังเทียมที่ใช้ในการจัดเรียง

6. การประยุกต์ปะการังเทียมสู่พื้นที่อื่น

การศึกษาวิจัยการใช้ปะการังเทียมป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลหาดชลาทัศน์ เทศบาลนครสงขลา จังหวัดสงขลา เป็นโครงการนำร่องในการสาธิตการใช้ปะการังเทียมในการสลายพลังงานคลื่น เพื่อบรรเทาความรุนแรงของการกัดเซาะชายฝั่งทะเล ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกพื้นที่บริเวณหาดชลาทัศน์ เทศบาลนครสงขลา จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่โครงการสาธิต เนื่องจากเป็นพื้นที่ประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลมาตั้งแต่ปลายปี พ.ศ.2545 แม้ทางเทศบาลนครสงขลาได้พยายามแก้ไขดังกล่าวโดยใช้มาตรการต่างๆ หลายวิธี เช่น การใช้เขื่อนกันคลื่นรูปตัวที (T-Groins) กำแพงหินทิ้งกันคลื่น (Rubble Mound Seawall) ตะกร้าหินกันคลื่น (Gabion) กระสอบทรายกันคลื่น (Sandbags) และไส้กรอกทรายบนฝั่ง (Sand Sausage) แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างสัมฤทธิ์ผล ทางคณะผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการใช้ปะการังเทียมในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ในการศึกษาวิจัยเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ จากนั้นได้ทำการสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยละเอียด อาจแบ่งได้เป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ข้อมูลด้านวิศวกรรม/สมุทรศาสตร์ ได้แก่ ความลึกท้องทะเล สภาพคลื่นลม กระแสน้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยาของชายฝั่ง ธรณีฐานราก สภาพตะกอนท้องทะเลและตะกอนชายฝั่ง
2) ข้อมูลด้านนิเวศทางทะเล ได้แก่ สิ่งมีชีวิตในน้ำ แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน ปะการัง ชนิดและความชุกชุมของฝูงปลา รวมถึงการทำประมง

3) ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ คุณภาพน้ำชายฝั่ง คุณภาพน้ำผิวดิน กระแสน้ำ การพัดพาตะกอน คุณภาพอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน และ
4) ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ การกระจายตัวของประชากร คุณภาพชีวิต การท่องเที่ยว อาชีพและรายได้ ผังเมืองและการใช้ที่ดิน รวมถึงการสอบถามทัศนคติของชุมชนและหน่วยงานราชการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินโครงการสาธิต

การออกแบบเชิงหลักการ (Conceptual Design) ด้านวิศวกรรมชายฝั่งทะเล มีความสำคัญอย่างมากต่อผลสัมฤทธิ์ทางด้านการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล ในการออกแบบจะต้องพิจารณาปัจจัยด้านอื่นๆ ควบคู่ไปด้วยเสมอ ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบทางด้านสังคม ซึ่งรวมถึงคุณภาพชีวิตและวิถีชุมชนของชาวบ้านในพื้นที่โครงการและพื้นที่ข้างเคียง นอกจากนี้ข้อมูลด้านนิเวศทางทะเลในบริเวณพื้นที่โครงการ ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอันหนึ่งที่จะช่วยในการกำหนดแนวทางเลือกต่างๆ ที่มีความเหมาะสม เพื่อให้โครงการจัดวางปะการังเทียมเกิดความสัมฤทธิ์ผลทางด้านการฟื้นฟูทรัพยากรทางทะเลและด้านการประมงด้วย

การศึกษาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) และแบบจำลองทางด้านกายภาพ (Physical Model) เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญมากสำหรับการออกแบบรายละเอียด (Detail Design) เพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีเสถียรภาพ (Structural Stability) ต่อการรับแรงกระทำของคลื่น และมีเสถียรภาพต่อการทรุดตัว (Settlement) และการศึกษาในขั้นตอนนี้ยังช่วยในด้านการออกแบบรูปทรง (Shape) และขนาด (Size) ของปะการังเทียม รวมถึงผังบริเวณ (Project Layout) ของการจัดวางปะการังเทียมด้วย

ทั้งนี้ในการประยุกต์ใช้ปะการังเทียมเพื่อป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในพื้นที่อื่นๆ ที่กำลังประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเล จำเป็นต้องมีกระบวนการศึกษาด้านต่างๆ ให้รอบคอบ จากนั้นจึงนำข้อมูลมาออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิชาการและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เพื่อให้โครงการสัมฤทธิ์ผล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยการบูรณาการชายฝั่งทะเลของประเทศไทยนี้ ใคร่ขอขอบพระคุณ

1) กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
2) กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3) กรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม
4) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5) ศ.ดร.สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
6) รศ.ดร.สุทัศน์ วีสกุล สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
7) Prof. Dr. Lee Harris, Florida Institute of Technology
8) Prof. Dr. Klaus Schwarzer, Christian-Albrechts University (GERMANY)

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2549. โครงการสำรวจและศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยและอันดามัน. รายงานฉบับสมบูรณ์ (รายงานหลัก). กรุงเทพฯ. ประเทศไทย

[2] Ahrens, J. P. Characteristics of reef breakwaters. 1987. Technical report CERC-87-17. Coastal Engineering Research Center, US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, U.S.A.

[3] Harris, L. E. 2003. Artificial Reefs for Beach Artificial Reefs for Beach and Reef Restoration and Reef Restoration. Florida, U.S.A.

[4] Harris, L. E. 2003. Status Report for the Submerged Reef Ball^{TM} - Artificial Reef Submerged Breakwater Beach Stabilization Project for the Grand Cayman Marriott Hotel. Florida, U.S.A.

[5] Turk, G. F. and Thurlow, C. S. 2003. 63rd Street “Hotspot”, Miami Beach, Florida, U.S.A.