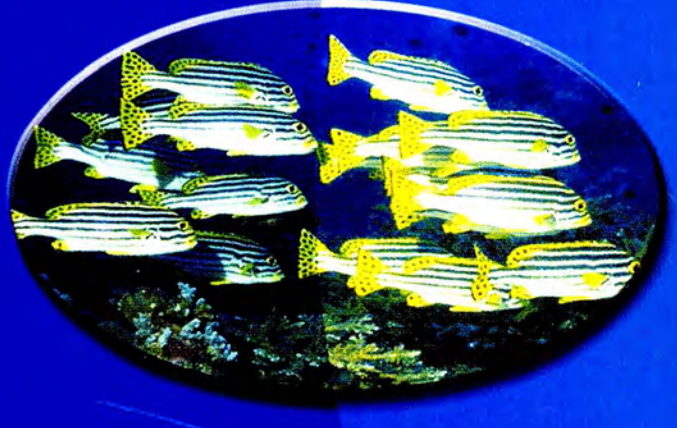
การป้องกันชายฝั่ง



COASTAL PROTECTION

ห้องสมุด
ที่ 2/1645 จ.2
พ.ศ.
12 / มิ.ย. / 44

คำนำ

ชายหาด นับว่าเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยมีเอกลักษณ์เฉพาะแห่งตามลักษณะของพื้นที่ ชายหาดบางแห่งมีความสวยงามของสภาพธรรมชาติ จึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวนิยมมาพักผ่อน กลายเป็นแหล่งสร้างรายได้และสร้างชื่อเสียงของประเทศให้เป็นที่รู้จักแก่คนทั่วโลก เช่น ชายหาดของจังหวัดภูเก็ต และ กระบี่ ชายหาดบางแห่งมีสภาพเป็นหาดเลนไม่เหมาะสมกับการท่องเที่ยว แต่เป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่งที่มีคุณค่ามหาศาล เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ชายหาดบริเวณดอนหอยหลอด จังหวัดสมุทรสงคราม ประโยชน์ที่สำคัญของชายหาดอีกประการหนึ่ง คือ การเอื้อประโยชน์ให้วิถีชาวบ้านที่ดำเนินชีวิตแบบพออยู่พอกิน ได้ใช้สำหรับการดำรงชีพอยู่ได้

ปัจจุบัน สภาพชายหาดหลายแห่งของประเทศอยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรม อีกหลายแหล่งมีแนวโน้มที่จะเสื่อมโทรม เนื่องจากการพัฒนาที่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีการปลูกสร้างสิ่งก่อสร้างจำนวนมากรุกล้ำชายหาด ซึ่งนอกจากจะเป็นการทำลายสภาพธรรมชาติและทัศนียภาพที่สวยงามของแหล่งธรรมชาติในบริเวณที่มีการก่อสร้างแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อความสมดุลทางธรรมชาติในพื้นที่ใกล้เคียง และเกิดผลกระทบต่อพื้นที่อื่นเป็นลูกโซ่ต่อไป

ในโอกาสนี้ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม จึงได้จัดทำเอกสาร เรื่อง "การป้องกันชายฝั่ง" นี้ขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการรักษาสภาพชายฝั่งทะเลที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่ามหาศาลไว้เป็นสมบัติของคนรุ่นต่อ ๆ ไป

(ดร.ศักดิ์สิทธิ์ ตรีเดช)
เลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม

สิ่งพิมพ์รัฐบาล
สมบัติห้องสมุดรัฐสภา

คำกล่าว

เนื่องจากกระแสการพัฒนาที่มุ่งเน้นการสร้างความเจริญ ความทันสมัย ดังเช่นประเทศตะวันตกอย่างรีบเร่งของประเทศไทย ส่งผลต่อความเสื่อมโทรมและการลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วของทรัพยากรธรรมชาติในด้านต่าง ๆ รวมถึงทรัพยากรธรรมชาติในด้านที่ส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมการท่องเที่ยว ซึ่งปัจจุบันได้ถูกกำหนดให้มีบทบาทสำคัญในการฟื้นฟูวิกฤตปัญหาทางด้านการเงินของประเทศ

ชายหาด เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวทั้งในและนอกประเทศให้เดินทางไปพักผ่อนและจับจ่ายใช้สอย ทำให้เกิดการหมุนเวียนของรายได้และเกิดการกระตุ้นเศรษฐกิจในประเทศ แต่ในขณะเดียวกันชายหาดก็กำลังประสบกับปัญหาจากการกัดเซาะจากคลื่นทะเลอย่างรุนแรงทั้งด้านตะวันตกและตะวันออกของประเทศ ซึ่งที่ผ่านมาได้มีความพยายามแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งด้วยวิธีการต่าง ๆ จากหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน แต่ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างยั่งยืน

ด้วยเหตุนี้ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม จึงมีความยินดี ที่จะสนับสนุนและเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจถึงวิธีการป้องกันชายฝั่งและผลกระทบที่เกิดขึ้น จากวิธีการป้องกันชายฝั่งในรูปแบบต่าง ๆ ไปสู่ผู้ที่เกี่ยวข้องและประชาชนทั่วไปอย่างทั่วถึง ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดการรักษาชายฝั่งด้วยวิธีการที่เหมาะสมและยั่งยืน และส่งผลให้ชายหาดยังคงเป็นสมบัติอันล้ำค่าแก่อนุชนสืบต่อไป

(นายชาตรี ช่วยประสิทธิ์)
อธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

สารบัญ

		หน้า
บทนำ		
บทที่ 1	การป้องกันชายฝั่งโดยใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม (Constructed Engineering Technique)	1-1
บทที่ 2	ผลกระทบจากโครงสร้างทางวิศวกรรม	2-1
	วิธีการประเมินการสูญเสียพื้นที่ชายหาดด้านหน้ากำแพงกันคลื่น	2-6
	สรุปผลกระทบจากการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมในการป้องกันชายหาด	2-8
บทที่ 3	การป้องกันชายฝั่งด้วยวิธีชีววิศวกรรม (Bioengineering Technique)	3-1
	วิธีการป้องกันการชะล้างพังทลายของชายฝั่ง จากน้ำไหลบ่าทางด้านบน	3-2
	วิธีการป้องกัน/บรรเทาการกัดเซาะชายฝั่ง ที่เกิดจากคลื่น	3-5
เอกสารอ้างอิง		

บทนำ

ชายหาด มีลักษณะทางกายภาพเป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างแผ่นดินและทะเล ที่ต้องเผชิญกับสภาวะการกัดเซาะของคลื่นและการชะล้างจากน้ำฝนอย่างต่อเนื่อง แนวป้องกันการกัดเซาะและการชะล้าง ที่ได้ผลที่สุดก็คือ แนวต้นไม้และสันดอนทรายชายฝั่งที่ธรรมชาติสร้างขึ้น ชายหาดเป็นทรัพยากร ธรรมชาติที่มีคุณค่ามากทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม ทัศนียภาพที่สวยงามของพื้นที่และเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการพัฒนาพื้นแผ่นดินหลังชายหาด ในอดีตการพัฒนาชายฝั่งจะเริ่มขึ้นในพื้นที่หลังสันดอนทรายห่างจากชายหาด โดยไม่มีการทำลายแนวป้องกันการกัดเซาะตามธรรมชาติ ซึ่งจะเป็นเสมือนกำแพงที่กั้นระหว่างอาคารบ้านเรือนกับทะเล แต่การพัฒนาในปัจจุบันทำให้สันดอนทรายและแนวต้นไม้ตามธรรมชาติ ถูกแทนที่ด้วยอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ที่ติดกับชายหาด ประกอบกับการกัดเซาะชายฝั่งที่เกิดขึ้นในทุกพื้นที่และสิ่งปลูกสร้างที่ดูเหมือนจะแทนที่ระบบนิเวศชายฝั่ง ที่ประกอบด้วยสันดอนทรายและแนวต้นไม้ ซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการลดลงของพื้นที่ชายหาดอันเนื่องมาจากการกัดเซาะชายฝั่งของคลื่น

วิธีการทางวิศวกรรม (Engineering Approaches) ที่นำมาใช้ป้องกันการกัดเซาะ โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงทนทาน (Hard Structures) เช่น Seawalls, Revetments, Groins, Breakwaters เป็นต้น ซึ่งสามารถเป็นเกราะป้องกันไม่ให้พื้นที่ชายหาดถูกกัดเซาะให้น้อยลง แต่ไม่สามารถชดเชยทรายหรือพื้นที่ชายหาดที่ถูกกัดเซาะให้กลับคืนสภาพเป็นชายหาดเหมือนเดิมได้ การฟื้นฟูและบำรุงรักษาชายหาดในลักษณะที่ใช้วิศวกรรมบำบัดโดยธรรมชาติ (Soft Engineering) จึงถูกนำมาพัฒนาขึ้นเพื่อใช้แก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแตกต่างจากวิธีการทางวิศวกรรมที่ได้กล่าวมาในตอนต้น คือ นอกจากจะป้องกันการกัดเซาะแล้วยังสามารถเพิ่มพื้นที่ชายหาดให้กว้างขึ้นอีกด้วย เท่ากับว่ามีพื้นที่สำหรับการพักผ่อนหย่อนใจเพิ่มขึ้น โดยที่ยังสามารถรักษาทัศนียภาพตามธรรมชาติดั้งเดิมของพื้นที่ชายหาดเอาไว้ได้

การบำรุงรักษาชายหาด (Beach Nourishment) มีหลายลักษณะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะทางภูมิประเทศและลักษณะของปัญหาในแต่ละพื้นที่ ซึ่งต้องพิจารณาตามความเหมาะสม

บทที่ 1
การป้องกันชายฝั่ง โดยใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม
(Constructed Engineering Technique)

วิธีการในการป้องกันชายฝั่ง โดยใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมได้แก่การนำโครงสร้างหลักทาง วิศวกรรม คือ เสา และ คาน มาผสมผสานกับวัสดุที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และความรุนแรงของ ปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น ปูน ไม้ พลาสติกแข็งบางชนิด ซึ่งวัตถุประสงค์หลักในการป้องกันชายฝั่งด้วยวิธีนี้ มีอยู่ด้วยกัน 3 วัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อลดแรงปะทะจากคลื่นที่จะกระทบต่อชายฝั่ง
2. เพื่อป้องกันการพังทลาย (Erosion) ของชายฝั่ง
3. เพื่อลดแรงปะทะจากคลื่นและเพิ่มพื้นที่ชายหาดที่ถูกกัดเซาะ

โครงสร้างทางวิศวกรรมที่ใช้ในการป้องกันชายฝั่ง แบ่งตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ใช้ลดแรงปะทะจากคลื่นที่จะกระทบต่อชายฝั่ง ซึ่งจะมีโครงสร้างอยู่ด้วยกัน 2 แบบ ตามลักษณะของพื้นที่ คือ

1.1 Seawalls : แนวกำแพงชิดชายฝั่งที่ใช้สำหรับชายฝั่งที่มีลักษณะหน้าตัดตรง

1.2 Retaining Walls : แนวกำแพงชิดชายฝั่งที่ใช้สำหรับชายฝั่งที่มีลักษณะลาดชันในแนว เฉียง (Slope)

2. ใช้ป้องกันการพังทลายของชายฝั่ง ซึ่งจะมีโครงสร้างอยู่ด้วยกัน 2 แบบ ตามลักษณะของพื้นที่ คือ

2.1 Bulkheads : แนวกำแพงชิดชายฝั่งที่ใช้สำหรับชายฝั่งที่มีลักษณะหน้าตัดตรง

2.2 Revetments : แนวกำแพงชิดชายฝั่งที่ใช้สำหรับชายฝั่งที่มีลักษณะลาดชันในแนวเฉียง (Slope)

3. ใช้ลดแรงปะทะจากคลื่นและเพิ่มพื้นที่ชายหาดที่ถูกทำลายไป ซึ่งจะมีโครงสร้างอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ

3.1 Groins : แนวกำแพงกันคลื่นที่ยื่นออกไปในทะเล

3.2 Breakwaters : แนวกำแพงกันคลื่นที่ขนานกับแนวชายหาด ซึ่งมักใช้ในบริเวณที่มีชายหาดตัดและระดับน้ำลึก

3.3 Perched Beaches : แนวกำแพงกันคลื่นที่ขนานกับแนวชายหาดซึ่งมักใช้ในบริเวณชายหาดที่มีระดับน้ำค่อนข้างตื้น

รายละเอียดของรูปแบบ สำหรับแต่ละวิธีการของโครงสร้างดังกล่าว มีดังต่อไปนี้

Seawalls เป็นแนวกำแพง ซึ่งใช้สำหรับลดแรงปะทะจากคลื่นที่จะกระทบต่อชายฝั่ง ในบริเวณที่มีลักษณะชายฝั่งหน้าตัดตรง การออกแบบ Seawalls และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง จะคำนึงถึงความแรงของคลื่นที่กระทบต่อชายฝั่งเป็นหลัก โดยวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมีหลายชนิด ขึ้นกับความเหมาะสมของพื้นที่ เช่น ไม้ คอนกรีต พลาสติกแข็ง ดังรูปที่ 1-1

รูปที่ 1-1 แสดงลักษณะของ Seawalls

Retaining Walls เป็นแนวกำแพง ซึ่งใช้สำหรับลดแรงปะทะจากคลื่นที่จะกระทบต่อชายฝั่ง ในบริเวณที่มีลักษณะชายฝั่งลาดชันในแนวเฉียง โดยแนวกำแพงจะก่อสร้างเป็นลักษณะขั้นบันได การออกแบบ Retaining Walls และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง จะคำนึงถึงความแรงของคลื่นที่กระทบต่อชายฝั่งเป็นหลัก โดยวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมีหลายชนิด ขึ้นกับความเหมาะสมของพื้นที่ เช่น ไม้ คอนกรีต อิฐบล็อค ตะแกรงลวดบรรจุหิน ดังรูปที่ 1-2

รูปที่ 1-2 แสดงลักษณะของ Retaining Walls

Bulkheads เป็นแนวกำแพง ซึ่งใช้สำหรับป้องกันการพังทลายของดินบริเวณตลิ่ง หรือชายหาดที่มีลักษณะหน้าตัดตรง การออกแบบ Bulkheads และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง จะคำนึงถึงลักษณะทางธรณีวิทยาของชายฝั่งและอัตราการพังทลายเป็นหลัก โดยวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมีหลายชนิด ขึ้นกับความเหมาะสมของพื้นที่ เช่น ไม้ คอนกรีต พลาสติกแข็ง ดังรูปที่ 1-3

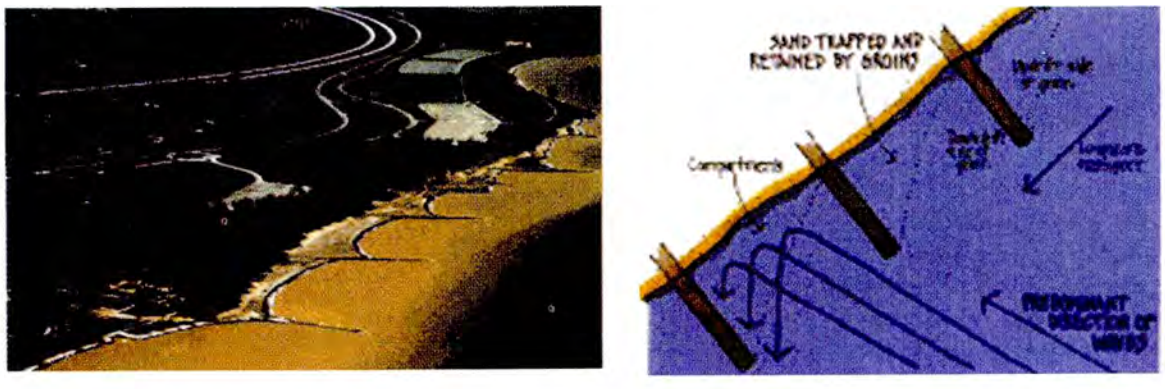
รูปที่ 1-3 แสดงลักษณะของ Bulkheads

Revetments เป็นแนวกำแพง ซึ่งใช้สำหรับป้องกันการพังทลายของดินบริเวณตลิ่ง หรือชายหาดที่มีลักษณะลาดชันในแนวเฉียง โดยแนวกำแพงจะก่อสร้างลาดไปตามแนวชายฝั่ง การออกแบบ Revetments และวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง จะคำนึงถึงลักษณะทางธรณีวิทยาของชายฝั่งและอัตราการพังทลายเป็นหลัก โดยวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมีหลายชนิด ขึ้นกับความเหมาะสมของพื้นที่ เช่น คอนกรีต อิฐบล็อค ดังรูปที่ 1-4

A cofer dam was constructed down the middle of the channel to divert flow away fro work area.

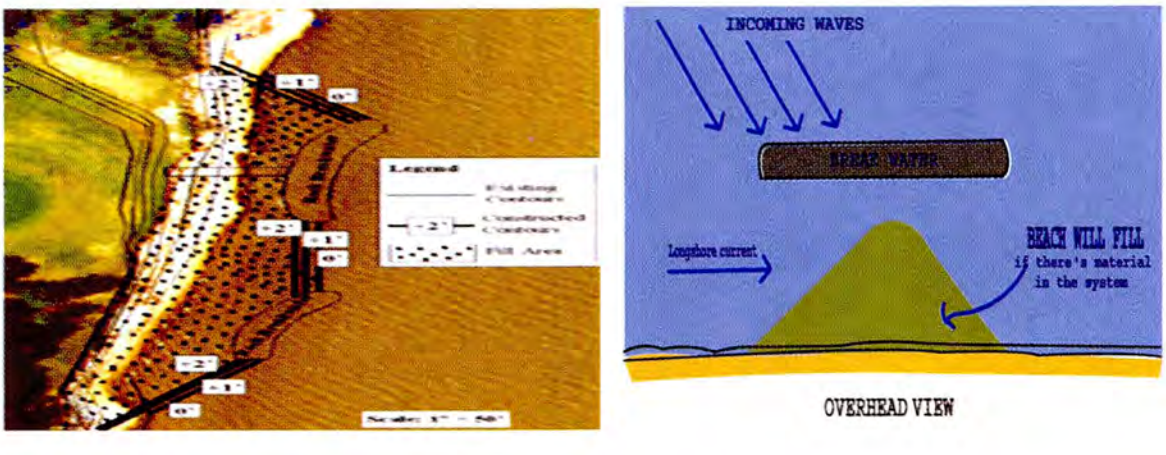
รูปที่ 1-4 แสดงลักษณะของ Revetment

Groin เป็นแนวกำแพง ซึ่งใช้สำหรับลดแรงปะทะจากคลื่นและจะทำให้บริเวณชายหาดมีการเพิ่มของทรายจากการพัดพาของคลื่น และส่งผลให้มีความกว้างของชายหาดมากขึ้น รูปแบบในการก่อสร้างจะเป็นการก่อสร้างกำแพงยื่นออกไปในทะเล โดยแนวของกำแพงอาจเป็นแนวตรงหรือเฉียง ขึ้นกับกระแสลมและทิศทางของคลื่นในบริเวณนั้น ซึ่งแนวกำแพงจะอยู่ในแนวเดียวกับทิศทางของกระแสลมและคลื่น ทั้งนี้เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการลดแรงปะทะจากคลื่นและการดักทรายที่พัดพามากับคลื่นไว้ให้มากที่สุด วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง Groin ส่วนใหญ่จะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากการก่อสร้างกำแพงในทะเลดำเนินการยาก จึงต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนสูง ดังรูปที่ 1-5



รูปที่ 1-5 แสดงลักษณะของ Groins

Breakwaters เป็นแนวกำแพง ซึ่งใช้สำหรับลดแรงปะทะจากคลื่นและจะทำให้บริเวณชายหาดมีการเพิ่มของทรายจากการพัดพาของคลื่น และส่งผลให้มีความกว้างของชายหาดมากขึ้นรูปแบบในการก่อสร้างจะเป็นการก่อสร้างกำแพงที่มีโครงสร้างแข็งแรงขนานกับชายหาดไปตามแนวยาว เพื่อลดแรงปะทะจากคลื่นเข้าสู่ชายหาดและเพิ่มปริมาณทรายด้านหน้ากำแพง ซึ่งพัดพามากับคลื่น วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง Breakwaters ส่วนใหญ่จะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากการก่อสร้างกำแพงในทะเลดำเนินการยาก จึงต้องใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทานต่อสภาพคลื่นและลม ดังรูปที่ 1-6



รูปที่ 1-6 แสดงลักษณะของ Breakwaters

Perched Beaches เป็นแนวกำแพงเตี้ย ๆ ซึ่งใช้สำหรับลดแรงปะทะจากคลื่นบางส่วน โดยวัตถุประสงค์หลัก คือ ป้องกันทรายที่พัดพามากับคลื่นย้อนกลับออกสู่ทะเล ทรายจะถูกดักอยู่ทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลังกำแพง เนื่องจากกำแพงมีความสูงเล็กน้อย จึงมีทรายบางส่วนที่พัดข้ามไปยังด้านหลังของกำแพงได้ รูปแบบการก่อสร้างจะก่อสร้างเป็นช่วง ๆ ขนานกับชายหาดไปตามแนวยาว วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง Perched Beaches ส่วนใหญ่จะเป็นอิฐบล็อคฉาบคอนกรีต เนื่องจากกำแพงมีความสูงไม่มากนัก แรงปะทะจากคลื่นที่มีต่อกำแพงจึงไม่รุนแรง เมื่อใช้งาน Perched Beaches ไประยะเวลาหนึ่งทรายที่ถูกพัดพามากับคลื่นจะกลบทับแนวกำแพงนี้ เพราะการเพิ่มปริมาณของทรายมีทั้งด้านหน้าและด้านหลังของกำแพง ดังแสดงในรูปที่ 1-7

รูปที่ 1-7 แสดงลักษณะของ Perched Beaches

แนวทางการพิจารณาการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมในบริเวณชายหาด มี 5 ประเด็นที่ต้องพิจารณา ได้แก่

1. สภาพพื้นที่ก่อสร้าง
2. ระดับความรุนแรงของคลื่นและลม
3. วัสดุที่เลือกใช้
4. ราคาเริ่มต้นและราคาในการซ่อมแซมสิ่งก่อสร้าง
5. ลักษณะของชายฝั่งในอดีต

เหตุผลที่ต้องพิจารณาใน 5 ประเด็นดังกล่าว เนื่องจากการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันชายหาดนั้นมีราคาในการก่อสร้างสูง ดำเนินการก่อสร้างยาก โครงสร้างมีอายุการใช้งาน และที่สำคัญที่สุดทำให้สภาพธรรมชาติบริเวณชายฝั่งเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการพิจารณาเลือกใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันชายหาด ต้องพิจารณาถึงผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตต่อพื้นที่เป็นสำคัญ

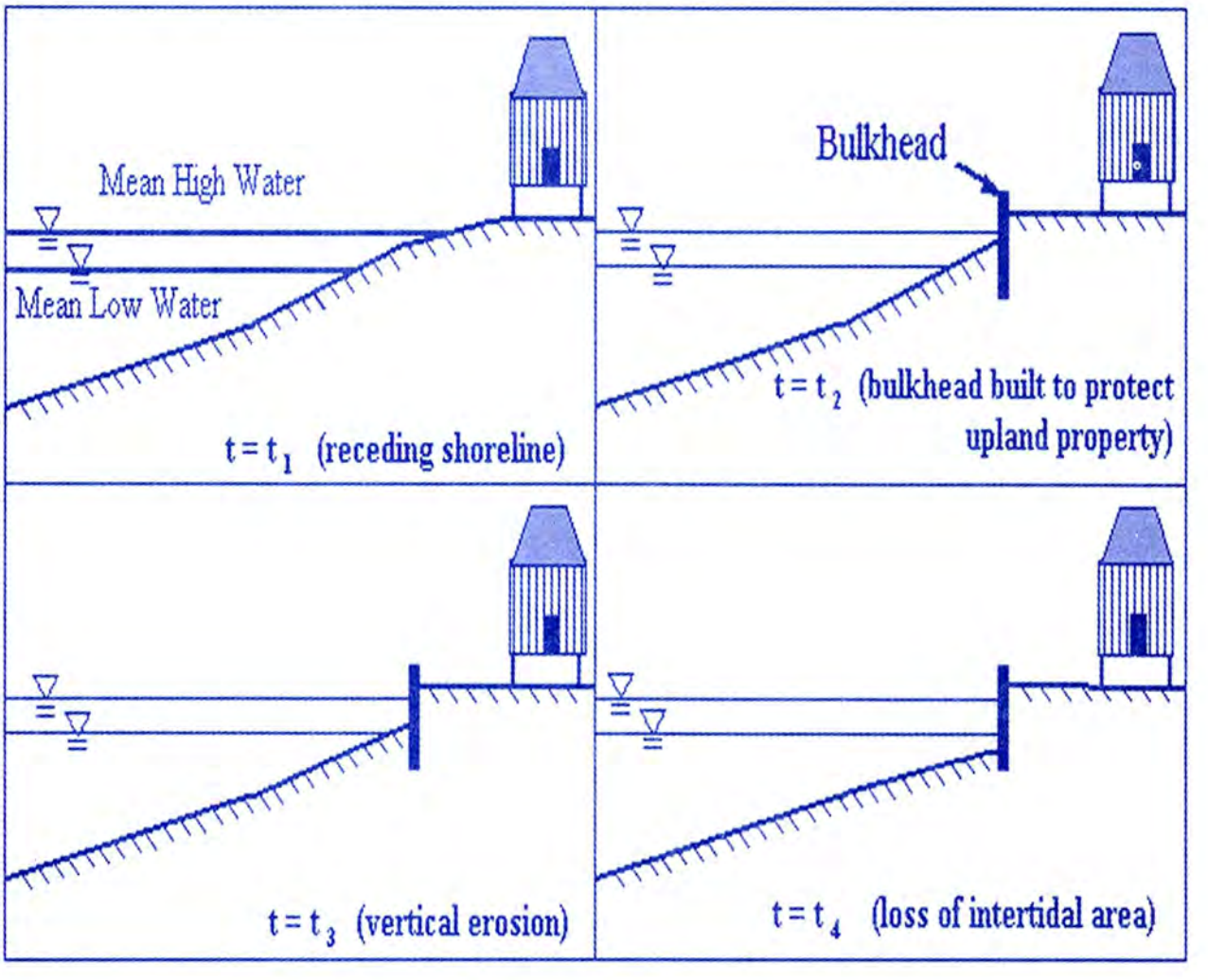
บทที่ 2
ผลกระทบจากโครงสร้างทางวิศวกรรม

ปัญหาการเซาะชายฝั่ง เป็นปัญหาที่พื้นที่ชายทะเลทุกแห่งต้องให้ความสำคัญ และมีการหาแนวทางการแก้ไขตลอดมา ซึ่งหลายพื้นที่ได้เลือกใช้วิธีการก่อสร้าง ด้วยโครงสร้างทางวิศวกรรม (Hard Structure) ในหลายรูปแบบดังที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 1 เพื่อป้องกันสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ที่ติดกับชายหาด ซึ่งผลที่ได้จากการป้องกันชายฝั่งก็คือ สามารถรักษาสิ่งปลูกสร้างไม่ให้ถูกทำลาย แต่ในขณะเดียวกัน พบว่า ชายหาดด้านหน้าโครงสร้างทางวิศวกรรม ได้รับความเสียหาย

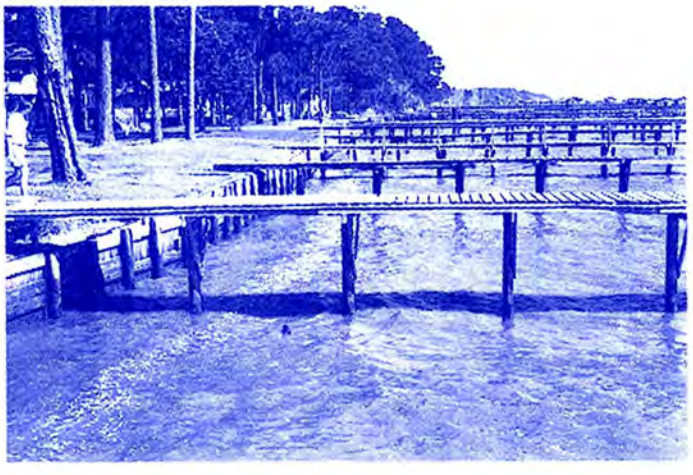
จึงมีการศึกษาถึงผลกระทบของโครงสร้างทางวิศวกรรม ที่มีต่อชายหาดด้านหน้าในด้านต่าง ๆ มากมาย เพื่อที่จะกำหนดแนวทางการป้องกันปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในพื้นที่อื่นต่อไป ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงตัวอย่างการศึกษาของ Scott L. Douglass และคณะ และบทความของ Donny Barber และคณะ

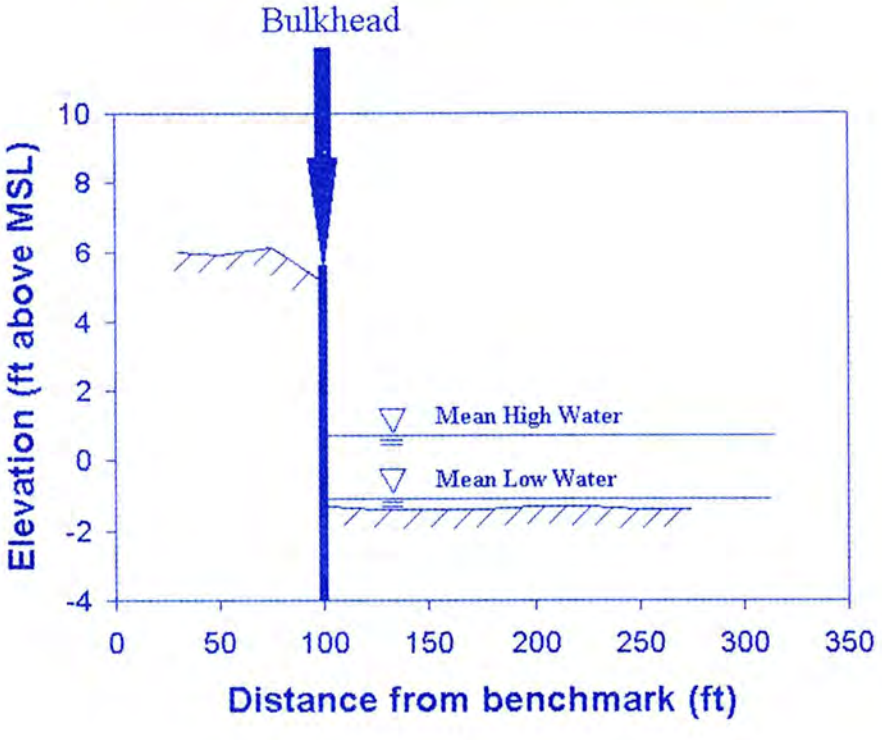
Scott L. Douglass and Bradley H. Pickel, 1995 แห่งมหาวิทยาลัย South Alabama ได้ศึกษาถึงผลกระทบของ Bulkhead ที่มีต่ออ่าวที่อยู่ในเมือง บริเวณอ่าว Mobile รัฐ Alabama ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า มีการก่อสร้างกำแพงป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งอย่างกว้างขวางจากร้อยละ 8 ของชายฝั่งทั้งหมดในปี 1995 เพิ่มเป็นร้อยละ 30 ในปี 1997 ซึ่งโครงสร้างของกำแพงในแนวดิ่ง เช่น Seawalls, Bulkheads และ Revetment เป็นวิธีการป้องกันชายฝั่งที่ได้รับความนิยมมากในบริเวณชายฝั่งทะเลเปิดในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยให้สิ่งปลูกสร้างของเอกชนไม่ได้รับความเสียหายจากการกัดเซาะของคลื่น แต่ในขณะเดียวกันเมื่อเวลาผ่านไป ชายหาดด้านหน้ากำแพงจะค่อย ๆ หายไป เนื่องจากการกัดเซาะในแนวดิ่งมีเพิ่มขึ้น

การสูญเสียชายหาดเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศและสังคมโดยตรง กล่าวคือ พื้นที่ที่อยู่ติดกับกระแส น้ำขึ้นน้ำลง เป็นที่เพาะพันธุ์ที่ดีที่สุดของสิ่งมีชีวิตในทะเล นอกจากนั้นยังเป็นที่ประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของชุมชน จากการคาดการณ์ของผู้ศึกษาเกี่ยวกับการสูญหายของพื้นที่ชายหาด พบว่าชายหาดด้านหน้ากำแพงร้อยละ 15-30 ของพื้นที่ที่มี Bulkhead อยู่จะจมอยู่ใต้น้ำทะเล เมื่อเวลาผ่านไป ผลก็คือปริมาณที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำสูญหายไปโดยประมาณ 10-20 เอเคอร์ คิดเป็นชายหาดที่สูญหายไปประมาณ 4-8 ไมล์ หรือในอีกแง่หนึ่ง พื้นที่ที่ถูกกั้นโดย Bulkhead เป็นระยะประมาณ 29 ไมล์ จะทำให้ชายหาดสูญหายไปโดยประมาณ 6(+/-2) ไมล์



รูปที่ 2-1 แสดงกระบวนการกัดเซาะชายฝั่งในบริเวณที่มีการสร้างกำแพงป้องกันชายฝั่ง การถดถอยของชายฝั่งจะเปลี่ยนไปในแนวดิ่งเมื่อมีสิ่งกีดขวาง และพื้นที่หาดทรายก็จะค่อย ๆ จมลงในน้ำ จนไม่เหลือหาดทราย





รูปที่ 2-2 แสดงตัวอย่างรูปภาพและรูปตัดของพื้นที่ที่สร้างกำแพงกั้นใน 25 ปีก่อน เพื่อป้องกันการถอยร่นของชายหาด หลังจากที่ทำการก่อสร้าง พื้นที่ด้านหน้าของกำแพงจะมีการสะสมของตะกอนน้อย การกัดเซาะจึงรุนแรงขึ้น ในที่สุดทำให้พื้นที่บริเวณด้านหน้ากำแพงจมอยู่ใต้น้ำ

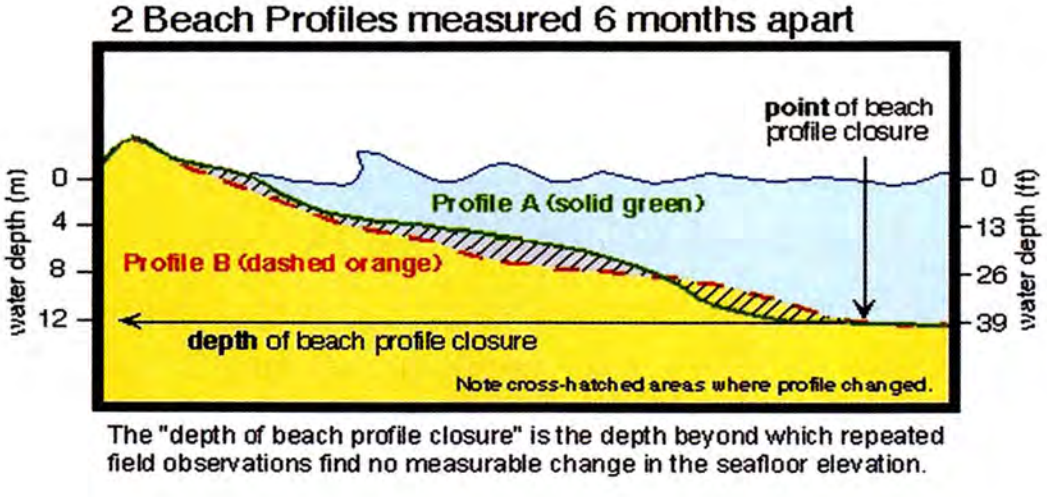
Donny Barber, Kevin DuBois และ Gordon Labedz, 1994 ได้กล่าวสนับสนุนปรากฏการณ์ที่เกิดจากการคุกคามชายหาดด้านหน้าโครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันชายฝั่งในลักษณะโครงสร้างป้องกันชายฝั่ง Hard Structure โดยใช้ชื่อบทความว่า "กำแพงกันคลื่นเจตนาดีที่ทำร้ายชายหาด" (Seawalls Mean Death to the Beach) เนื้อหาของบทความกล่าวไว้ดังนี้

กลางวันที่ท้องทะเลสงบนิ่งในช่วงฤดูร้อน บ้านที่สร้างบนชายฝั่ง Sandiago ซึ่งมีทัศนียภาพที่สวยงามของทะเล โดยมีที่ตั้งประชิดกับทะเลในลักษณะเดียวกับชายฝั่งเกยอยู่บนชายหาด จากมุมมองของชายหาดที่สวยงามโดยสภาพธรรมชาติ หมายถึง มีทรายจำนวนมากอยู่บนหาดและทรายอีกจำนวนมากที่เป็นสันดอนในทะเล ซึ่งช่วยลดความแรงของคลื่นที่มากระทบก่อนถึงฝั่ง การกัดเซาะดำเนินไปอย่างช้า ๆ แต่ในมุมมองของเจ้าของบ้านที่ไม่ศึกษาข้อมูลก่อนการตัดสินใจซื้อบ้าน นั่นคือความหายนะ ผลกระทบที่ตามมาภายหลังไม่ว่าจะเป็นการสร้างอาคารบ้านเรือน เส้นทางคมนาคมติดกับชายหาด โดยไม่มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์กับทะเล และต่อมาได้มีการสร้างสิ่งป้องกันการกัดเซาะจากคลื่นในทะเล เพื่อป้องกันรักษา สิ่งปลูกสร้างที่สร้างขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามชายหาดและตลิ่งไม่ต้องการสิ่งป้องกัน เพราะหาดทรายเป็น ผลผลิตทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากความความสัมพันธ์ระหว่างตลิ่งกับคลื่นในทะเล

ในขณะที่ชายฝั่งด้านตะวันตกมีการพัฒนาพื้นที่ไปพร้อมๆ กับกระบวนการกัดเซาะชายฝั่งตามธรรมชาติที่ดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่อง หมายความว่าแนวชายฝั่งจะถอยร่นเข้าไปในแผ่นดิน และจะส่งผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ ที่อยู่ในพื้นที่พัฒนาจนในที่สุดถูกพัดพาลงไปในทะเล ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้น เป็นผลจากการกัดเซาะชายฝั่ง ส่วนชายฝั่งด้านทิศตะวันออกที่มีการก่อสร้างระบบการป้องกันชายฝั่งจนเต็มพื้นที่เพื่อรักษาสภาพชายฝั่งไว้ให้คงที่ ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และเมื่อมองภาพของชายฝั่งทั้งหมด พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติของชายหาด มีผลมาจากการก่อสร้างถนนและสิ่งปลูกสร้างใกล้ประชิดกับ แนวชายฝั่ง เนื่องจากในอดีตความคิดที่จะหยุดยั้งพลังของคลื่นในทะเล มักใช้การสร้างสิ่งป้องกันชายฝั่ง รวมทั้งถนนและสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ เป็นตัวหยุดยั้งพลังของคลื่นนั่นเอง

บริเวณชายหาด สันดอนทราย และชายฝั่งหลายแห่ง ได้มีการก่อสร้างกำแพงกันคลื่น โดยใช้หิน คอนกรีต ไม้ และ แผ่นเหล็ก โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งสามารถป้องกัน สิ่งปลูกสร้างได้ในช่วงเวลาหนึ่ง แต่ส่วนใหญ่กำแพงกันคลื่นที่สร้างขึ้นจะพังลงมาก่อนเวลาที่ประมาณการไว้ ซึ่งจะทิ้งซากเศษวัสดุที่แตกหักไว้บนชายหาด และพื้นที่ดังกล่าวจะตกอยู่ในสภาวะที่ถูกทำลายมากกว่าเดิม มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่ากำแพงที่สร้างกันคลื่นเกือบทั้งหมดเป็นอันตรายต่อชายหาด เช่น Tait และ Griggs (1990) พบว่า กำแพงกันคลื่นให้ผลในทางตรงกันข้ามกับวัตถุประสงค์ในการฟื้นฟู คือเพิ่มความรุนแรงในการกัดเซาะ แต่ผลที่เกิดขึ้นจะเห็นได้อย่างเด่นชัดในช่วงเวลาหนึ่ง

อิทธิพลของกำแพงกันคลื่นที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ด้านหน้ากำแพง จากรายงานการสังเกตสภาพของกำแพงกันคลื่น (Seawalls) บริเวณชายหาด Aptos South of Santa Cruse ในอ่าว Monterey พบว่า ผลสะท้อนกลับต่อชายหาดจากคลื่นที่กระทบบริเวณกำแพงกันคลื่น จะเกิดขึ้นรุนแรงมากกว่าการสะท้อนกลับของคลื่นที่กระทบกับชายหาดตามธรรมชาติ นอกจากนั้นยังเพิ่มการกวาดทรายกลับลงทะเลตลอดเวลาและในอัตราที่สูงกว่าอีกด้วย (Plant และ Griggs,1992 หน้า 183) นั่นหมายความว่าในขณะที่ระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุด คลื่นที่ซัดกระทบกับกำแพงจะสะท้อนกลับไปในทะเลด้วยพลังงานที่มากกว่าคลื่นที่สะท้อนกลับตามธรรมชาติ ผลสะท้อนกลับของคลื่นเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกัดเซาะชายหาดด้านหน้ากำแพงเร็วกว่าชายหาดที่ไม่มีกำแพงกันคลื่น นอกจากลักษณะดังกล่าวแล้วกำแพงกันคลื่นยังเป็นตัวการในการกีดขวางการทับถมทรายบนชายหาดที่มาจากสันดอนทราย หรือชายฝั่งด้านหลังกำแพงกัน คลื่นการสะท้อนกลับของคลื่นและการกีดขวางการทับถมทรายบนชายหาด เป็นตัวเร่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของสันทรายในทะเล และยังทำให้พื้นทรายที่อยู่ในระดับใต้น้ำทะเลมีสภาพลึกและชัน ซึ่งจะทำให้คลื่นกระทบกับกำแพงโดยไม่มีสันทรายในทเล และทำให้ชายหาดหายไปโดยไม่มีวันคืนกลับมา ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 รูปตัดขวางแสดงการเปลี่ยนแปลงของชายหาด

วิธีการประเมินการสูญเสียพื้นที่ชายหาดด้านหน้ากำแพงกันคลื่น

วิธีการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ที่ดำเนินโครงการแล้วเสร็จ ได้รับการพัฒนาเทคนิควิธีการโดยคณะกรรมการป้องกันชายฝั่ง California (1997) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ลดระดับผลกระทบ จากโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีผลต่อกระบวนการธรรมชาติบริเวณชายฝั่ง

ผลกระทบของโครงสร้างทางวิศวกรรมที่มีต่อชายฝั่ง เกิดจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

1. การสูญเสียพื้นที่ชายหาดที่ถูกนำไปใช้เป็นพื้นที่ในการก่อสร้าง

โครงสร้างทางวิศวกรรมเป็นโครงสร้างทางกายภาพที่ต้องการขยายพื้นที่ ซึ่งพื้นที่ชายหาดส่วนหนึ่งจะถูกแทนที่ด้วยสิ่งก่อสร้าง และประชาชนทั่วไปไม่สามารถรุกล้ำพื้นที่สาธารณะในส่วนดังกล่าวได้ในทางกฎหมายทั้งนี้จะต้องมีการรื้อถอนออกไป อาจกล่าวได้ว่าเครื่องมือในการป้องกัน การรุกล้ำพื้นที่ชายหาดมีวิธีการคิดคำนวนจากพื้นที่ที่ถูกรุกล้ำ (Ac) เท่ากับความกว้างของสิ่งปลูกสร้าง ที่ต้องการ ป้องกัน (W) คูณกับส่วนที่ยื่นล้ำไปในทะเลของสิ่งปลูกสร้าง (E) ดังแสดงในรูปที่ 2-4

$$Ac = W \times E$$

2. การสูญเสียชายหาดในระยะยาว เนื่องจากมีสิ่งปลูกสร้างตรึงอยู่ด้านหลังชายหาด

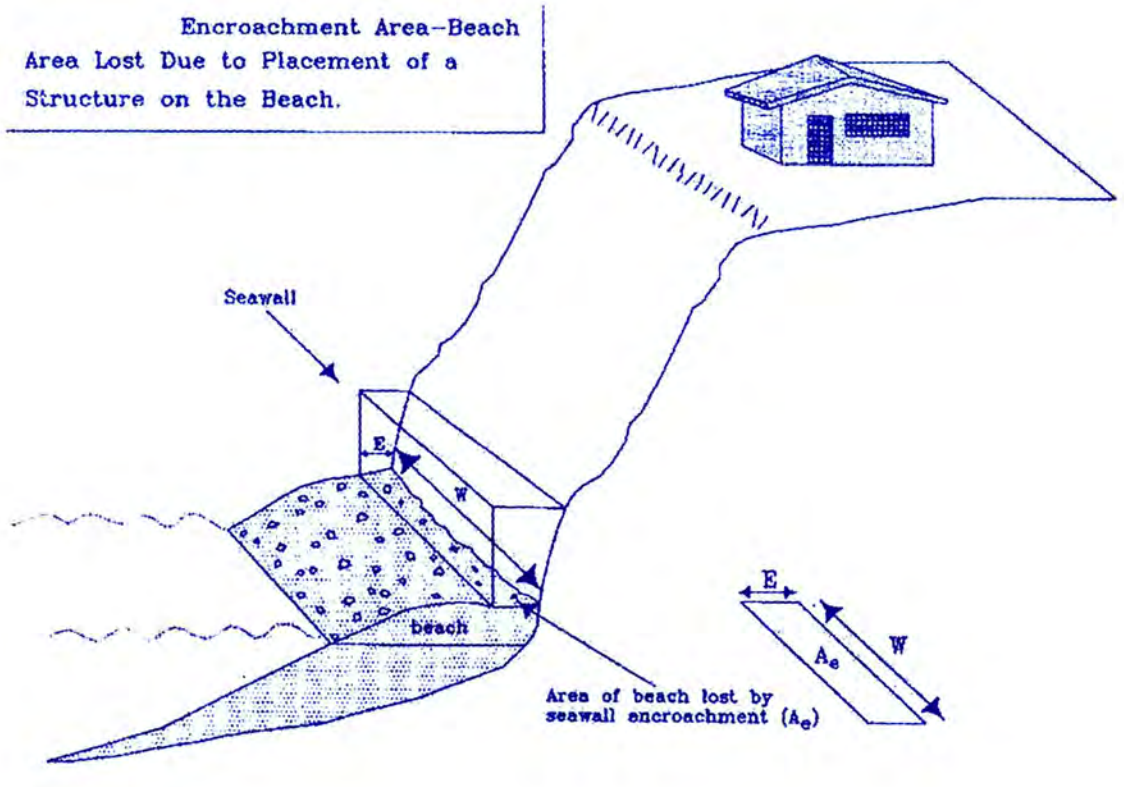
โครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันสิ่งปลูกสร้างบนฝั่ง โดยการต่อต้านแรงปะทะของคลื่นด้วยการสร้างกำแพงขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการกัดเซาะชายฝั่งด้านหลังของสิ่งปลูกสร้าง เนื่องจากพื้นที่ด้านหลังของชายหาดถูกตรึงไว้ด้วยกำแพง แต่ชายหาดด้านหน้ากำแพง จะมีสภาพชายหาด แคบลงเรื่อย ๆ จนในที่สุด พื้นที่ชายหาดด้านหน้ากำแพงจะหมดไป และคลื่นจะกระทบกับกำแพงตลอดเวลา การลดลงของพื้นที่ชายหาดจะทำให้เกิดความไม่สมดุลย์ของการเคลื่อนตัวของคลื่นเข้าไปสู่ฝั่ง และการเคลื่อนตัวออกสู่ทะเลตามสภาพธรรมชาติของชายฝั่งทะเล เนื่องจากมีกำแพงปิดกั้นการเคลื่อนตัวของที่อยู่ด้านหลัง

การสูญเสียสภาพชายหาดในระยะยาวเท่ากับ (Aw) อัตราการกัดเซาะชายฝั่งเฉลี่ยรายปี (R) คูณจำนวนปีที่กำแพงที่สร้างแล้วเสร็จ (L) คูณกับความกว้างของสิ่งปลูกสร้างที่ต้องการป้องกัน (W) ดังแสดงในรูปที่ 2-5

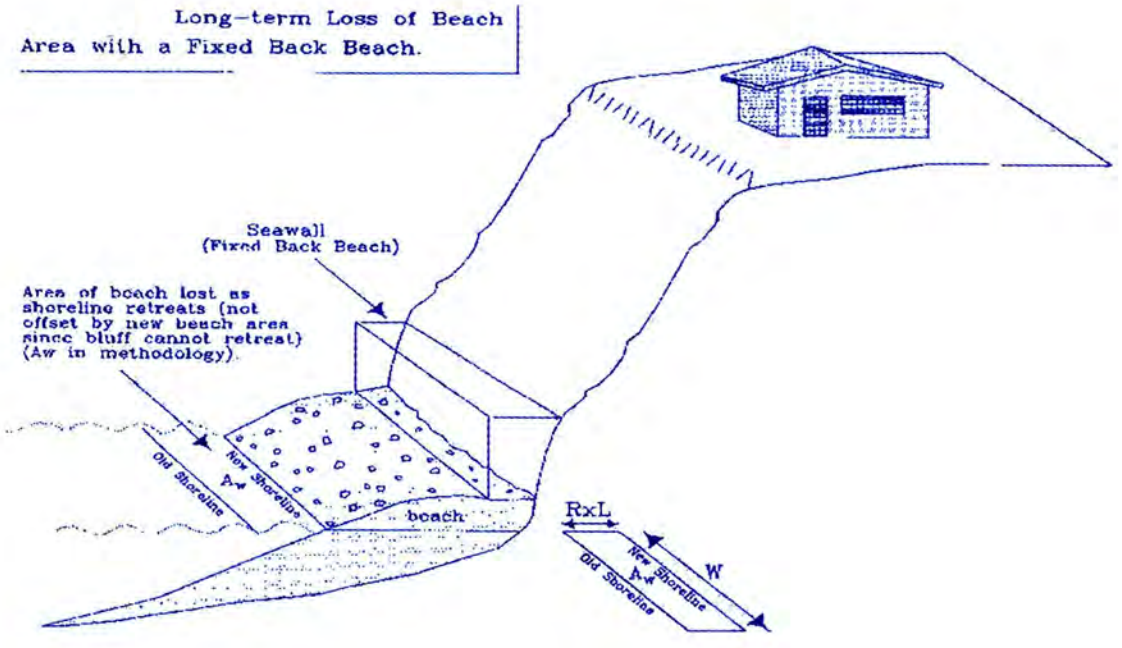
$$Aw = R \times L \times W$$

3. สูญเสียดิน/ทรายชายหาดตามธรรมชาติด้านหลังกำแพง

ดิน/ทรายชายหาดตามธรรมชาติ ที่กล่าวถึงเกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ การพัดพาตะกอนตามธรรมชาติจากน้ำฝนที่ชะล้างดิน/ทราย มาทับถมบนชายหาด และการพัดพาตะกอนจากสันดอนทรายในทะเลมาทับถมบริเวณชายหาดจากอิทธิพลของคลื่นลม โครงสร้างทางวิศวกรรมจะขวางกั้นการสะสมของตะกอน เหล่านี้ ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะมาจากการพัดพาของคลื่น การชะล้างหน้าดิน เป็นต้น สันดอนทรายก็เป็นแหล่ง ทรายที่สำคัญของชายหาด โดยมีลมและคลื่นเป็นตัวการสำคัญในกระบวนการรวมตัวหรือแยกตัว ระหว่างชายหาดกับสันดอนทราย ชายฝั่งหลายแห่งกลายเป็นไหล่ทวีปจนถึงระยะเวลาหนึ่งไหล่ทวีป จะเปลี่ยนสภาพเป็นชายหาดอีกครั้งหนึ่ง และไหล่ทวีปก็เป็นแหล่งทรายคุณภาพดีของชายหาดด้วย การเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าวเป็นไปตามธรรมชาติของธรณีสัณฐาน แต่เมื่อชายหาดด้านหลัง ถูกกั้นด้วยโครงสร้างทางวิศวกรรม กระบวนการดังกล่าวก็จะไม่เกิดขึ้น



รูปที่ 2-4 การสูญเสียพื้นที่ชายหาดที่ถูกใช้ในการก่อสร้าง



รูปที่ 2-5 การสูญเสียชายหาดเนื่องจากสิ่งปลูกสร้างที่สร้างไว้ด้านหลังชายหาด

สรุปผลกระทบจากการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมในการป้องกันชายหาด

ในการพิจารณาเลือกใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันชายหาด นอกจากจะพิจารณา 5 ประเด็นหลักเบื้องต้นที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 1 ในส่วนของรายละเอียดสำหรับโครงสร้างทางวิศวกรรม ยังต้องคำนึงรายละเอียดของลักษณะทางธรรมชาติในบริเวณพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างเป็นสำคัญ อันได้แก่

1. ระดับการขึ้นถึงของคลื่น
2. อัตราและรูปแบบการชะล้างพังทลายของดินและทรายบริเวณชายฝั่ง
3. ความสัมพันธ์ระหว่างการพัดพาของคลื่น ที่ทำให้เกิดการพังทลายและการเพิ่มเติมของทราย
4. ทิศทางของการพัดพาทรายมาเพิ่ม และประมาณการปริมาณทรายสุทธิที่เกิดขึ้นจริง
5. ประมาณการตัวแปรต่าง ๆ เช่น ระดับน้ำผิวดินและใต้ดิน ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของชายฝั่ง

จากประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาดังกล่าว จะเห็นได้ว่าเป็นประเด็นที่เป็นองค์ประกอบทางธรรมชาติของบริเวณพื้นที่ทั้งสิ้น เนื่องจากว่าหากมีการพิจารณาเลือกใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมแล้ว ลักษณะเด่นชัดที่เกิดขึ้นกับชายหาด คือจะทำให้สภาพตามธรรมชาติในบริเวณพื้นที่นั้นเปลี่ยนแปลงไป

ในอดีตการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรมเพื่อป้องกันการพังทลายของชายฝั่ง เป็นเพียงวิธีการเดียวที่ได้มีการศึกษา และเห็นผลรวดเร็วในการหยุดยั้งการพังทลายในบริเวณนั้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโครงสร้างทางวิศวกรรมเหล่านั้นกลับมีมากมาย และส่งผลอย่างรุนแรงต่อสภาพชายหาด ซึ่งหากเปรียบเทียบแล้วรุนแรงกว่าเดิมและไม่คุ้มค่าในการลงทุนก่อสร้าง

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม เพื่อป้องกันการพังทลายของชายฝั่ง จะแยกกล่าวเป็น 2 หัวข้อหลัก ตามลักษณะของโครงสร้าง คือ

1. โครงสร้างที่เป็นแนวกำแพงชิดกับชายฝั่ง
2. โครงสร้างที่เป็นแนวกำแพงยื่นออกไปในทะเล

ผลกระทบจากโครงสร้างที่เป็นแนวกำแพงชิดกับชายฝั่ง

โครงสร้างที่เป็นแนวกำแพงชิดกับชายฝั่ง ได้แก่ Seawalls, Rewetments, Bulkheads และ Retaining Walls ซึ่งผลกระทบจากโครงสร้างดังกล่าวมีดังนี้

1. จากความแข็งแกร่งของโครงสร้างเป็นผลให้เกิดการเพิ่มของแรงปฏิกิริยา โดยกฎของแรงแรงกระทำจะเท่ากับแรงปฏิกิริยาหรือแรงต้าน (Action is equal to reaction) นั้น จากเดิมแรงกระทำจากคลื่นเมื่อกระทบหาดทราย แรงบางส่วนจะถูกทำให้ลดลงจากความพรุนของทราย ทำให้แรงปฏิกิริยาจากคลื่นลดลง แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพชายหาดเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแกร่งและไม่ยืดหยุ่น ทำให้แรงกระทำจากคลื่นเมื่อกระแทกกับโครงสร้าง เปลี่ยนเป็นแรงปฏิกิริยาหรือแรงต้านที่เพิ่มขึ้น และจากการกระแทกของคลื่นกับโครงสร้าง จะทำให้เกิดสภาวการณ์คลื่น 2 จังหวะ คือ จากแรงคลื่นเอง และ จากการกระแทกของคลื่นกับโครงสร้าง

2. ผลจากแรงปะทะที่เกิดจากสภาวการณ์คลื่น 2 จังหวะ ทำให้แนวกำแพงเสียหายในระยะเวลาหนึ่ง และต้องทำการซ่อมแซม หรืออาจต้องก่อสร้างใหม่ ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการซ่อมแซมและก่อสร้าง

3. แรงปะทะของคลื่นที่เพิ่มขึ้นในบริเวณที่มีการก่อสร้างกำแพง จะมีผลต่อการชะล้างพังทลาย ของชายฝั่งในบริเวณใกล้เคียงอีกด้วย โดยจะทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของชายฝั่งขยายตัวออกไป ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงเพิ่มขึ้น

4. ความกว้างของชายหาดจะลดลง เนื่องจากเหตุผล 2 ประการ คือจากการแทนที่ของกำแพงลงบนชายหาด และจากความแรงของแรงที่ย้อนกลับจากคลื่นที่มากระทบมากขึ้นทางด้านหน้ากำแพง ซึ่งส่งผลให้การกัดเซาะพังทลายของชายหาดที่อยู่บริเวณด้านหน้ากำแพงสูงขึ้น

5. ท้องน้ำบริเวณด้านหน้ากำแพง จะมีความลึกและชันมากขึ้นอันเนื่องมาจากแรงย้อนกลับของคลื่นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อการท่องเที่ยวและเล่นน้ำทะเลหน้าชายหาดบริเวณนั้น

6. กำแพงที่สร้างขึ้น จะเป็นโครงสร้างที่กั้นการเพิ่มใหม่ของมวลทรายที่พัดพามาตามธรรมชาติ กล่าวคือกั้นการเพิ่มเติมของมวลทรายจากการพัดพามาของคลื่นทั้งทางด้านหน้ากำแพง และกั้นการเพิ่ม ของมวลดิน/ทรายที่พัดพามากับน้ำฝนทางด้านหลังกำแพง โดยมวลดิน/ทรายส่วนที่ถูกพัดพามานั้นจะไหลเลยกำแพงออกไปสู่ชายหาดด้านหน้ากำแพง และถูกพัดพาออกไปกับคลื่นในที่สุด

7. กำแพงจะเป็นสิ่งที่ขัดขวางจังหวะการเกิดคลื่นตามธรรมชาติ โดยจะทำให้จังหวะของคลื่นแปรปรวนและมีความแรงมากขึ้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อการท่องเที่ยวและเล่นน้ำทะเลในบริเวณนั้น

ในส่วนของ Seawalls และ Retaining Walls ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ก่อสร้างขึ้นโดยคำนึงถึงความแรงของคลื่นลมเป็นหลัก ก็จะเกิดปัญหาดังที่ได้กล่าวแล้ว สำหรับ Bulkheads และ Revetments ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ก่อสร้างขึ้น โดยคำนึงถึงการป้องกันการพังทลายของดิน/ทรายบริเวณชายฝั่งเป็นหลักนั้น หากความแข็งแรงของโครงสร้างไม่มั่นคงนัก จะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อแนวกำแพงในเวลาอันสั้น จึงต้องมีการซ่อมแซมบ่อย จนอาจต้องเปลี่ยนรูปแบบการก่อสร้างเป็น Seawalls หรือ Revetments ซึ่งเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงและคงทนกว่าแล้วแต่ลักษณะ พื้นที่ ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น แต่ก่อให้เกิดผลกระทบดังที่กล่าวมารุนแรงกว่าเดิม

ผลกระทบจากโครงสร้างที่เป็นแนวกำแพงกันคลื่นที่ยื่นออกไปในทะเล

โครงสร้างที่เป็นแนวกำแพงกันคลื่นยื่นออกไปในทะเลได้แก่ Groins , Breakwaters และ Perched Beaches ซึ่งผลกระทบจากโครงสร้างดังกล่าวมีดังนี้

1. จากจุดประสงค์หลักของโครงสร้างดังกล่าว มี 2 จุดประสงค์หลัก คือ เพื่อลดแรงปะทะของคลื่นที่กระทบต่อชายฝั่งและเพื่อเพิ่มปริมาณทราย รวมถึงความกว้างของหาดทรายในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างในเวลาอันรวดเร็ว แต่ในขณะเดียวกันทำให้ปริมาณของทรายในบริเวณใกล้เคียงลดลงอย่างรวดเร็วและมาเพิ่มในบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งส่งผลให้ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงต้องก่อสร้างกำแพงในลักษณะเช่นเดียวกันเพื่อที่จะเพิ่มปริมาณของทรายและพื้นที่ชายหาด ผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจเรียกได้ว่าเป็นผลกระทบแบบต่อเนื่อง (Domino Effect)

2. เกิดความรุนแรงจากปฏิกิริยาของคลื่นมากขึ้นในบริเวณด้านหน้ากำแพง เช่นเดียวกับโครงสร้างที่เป็นแนวกำแพงชิดกับชายฝั่ง นอกจากนั้นยังเกิดความแปรปรวนของกระแสน้ำด้านหลังกำแพง เนื่องจากเป็นช่องทางน้ำที่กระแสน้ำภายในได้รับอิทธิพลจากทั้งคลื่นธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง และจากแรงปะทะของคลื่นกับกำแพงและไหลวกไปยังด้านหลังกำแพง ส่งผลให้บริเวณด้านหน้ากำแพงมีกระแสคลื่นที่แรง และด้านหลังกำแพงมีกระแสน้ำแปรปรวน เป็นอันตรายต่อการท่องเที่ยวและการเล่นน้ำทะเลในบริเวณดังกล่าว

3. กำแพงที่ก่อสร้างขึ้นยื่นออกไปจากฝั่งทำลายจังหวะการเกิดคลื่นทะเลตามธรรมชาติ โดยจะ ทำให้จังหวะของคลื่นมีความแปรปรวนสูงและมีความแรงมากขึ้นทั้งบริเวณด้านหน้าและด้านหลังกำแพง

นอกจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโครงสร้างทางวิศวกรรมทั้ง 2 ลักษณะที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ยังมีผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยไม่สามารถเห็นได้เด่นชัด ทั้งนี้จึงจำเป็นจะต้องใช้วิธีการศึกษา เก็บข้อมูล และทดลองทางเคมีเพิ่มอีก 2 ประเด็น คือ

1. ปริมาณชนิดและจำนวนของสัตว์ พืช และสิ่งมีชีวิตในน้ำ บริเวณที่มีการก่อสร้างจะลดลง เนื่องจากสภาพทางนิเวศวิทยามีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก กล่าวคือความรุนแรงของคลื่นมากขึ้น ลักษณะของท้องน้ำลาดชัน มีการเพิ่มความดันทรายจากบริเวณอื่น จังหวะของคลื่นเปลี่ยนแปลงไป เป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยตรง

2. การปนเปื้อนของสารแปลกปลอมหลายชนิดจากการก่อสร้างลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งที่เกิดขึ้นในช่วงการก่อสร้าง และจากวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง เช่น ปูน น้ำมันจากเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง โลหะหนักบางชนิด (เหล็ก, ตะกั่ว, โครเมี่ยม, ทองแดง ฯลฯ) ซึ่งสารปนเปื้อนเหล่านี้ก็จะสะสม อยู่ในสิ่งมี ชีวิตต่าง ๆ ในน้ำ และส่งผลย้อนกลับสู่มนุษย์ในที่สุด

ผลกระทบประการสุดท้ายที่จะเกิดขึ้นก็คือ ทำให้เกิดมลพิษทางสายตา (Visual Pollution) เนื่องจากสภาพของชายหาด หรือชายฝั่งที่เคยมีลักษณะธรรมชาติจะถูกแทนที่ด้วยโครงสร้างทางวิศวกรรม ที่มีลักษณะแข็งและขัดกับสภาพธรรมชาติของชายหาด ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการท่องเที่ยวโดยมีนัย สำคัญที่ควรพิจารณาดังกล่าวมาแล้วทั้งหมด

บทที่ 3
การป้องกันชายฝั่งด้วยวิธีการด้านชีววิศวกรรม
(Bioengineering Technique)

แนวชายฝั่งหลายแห่งของโลกกำลังเผชิญกับการกัดเซาะของคลื่น ทำให้แหล่งทรัพยากรชายฝั่งที่มีคุณค่าทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมมีพื้นที่ลดลงพร้อมกับคุณค่าทางด้านการท่องเที่ยว ผลจากการกัดเซาะชายฝั่งในหลายพื้นที่ได้สร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินที่อยู่บนชายฝั่ง ประกอบกับกระบวนการเคลื่อนย้ายทรายออกไปจากชายฝั่ง จึงเป็นปัญหาที่จะต้องเร่งหาแนวทางการแก้ไขและป้องกัน ซึ่งจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น

มีความพยายามในการแก้ไขหรือบรรเทาปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งที่แตกต่างกันหลายวิธี ตั้งแต่พื้นที่ชายหาดถูกกัดเซาะหายไป ซึ่งหมายถึงอาคารบ้านเรือนที่อยู่ด้านหลังหาดและสถานที่พักผ่อน จะต้องได้รับความเสียหาย และมีผลกระทบโดยตรงต่อเศรษฐกิจของท้องถิ่นและประเทศ ในการต่อสู้กับปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง อาจแยกออกเป็น 2 สาเหตุ คือปัญหาที่เกิดจากการชะล้างโดยน้ำฝนที่ไหลบ่ามาจาก บนฝั่ง และปัญหาที่เกิดจากการกัดเซาะโดยแรงคลื่น

Soft Engineering เป็นวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขและบรรเทาปัญหาการหดหายของชายฝั่งหรือถูกกัดเซาะ ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมเหมือนเช่นวิธี Hard Engineering และประกอบด้วยหลายวิธี ทั้งนี้ต้องพิจารณาดำเนินการให้เหมาะสมกับพื้นที่ เนื่องจากแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างในด้านต่าง ๆ เช่น สาเหตุของปัญหา ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ และ ลักษณะภูมิอากาศ เป็นต้น วิธีการแบบ Soft Engineering อาจแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามที่มาของปัญหา คือ

1. วิธีการป้องกันหรือบรรเทาการชะล้างพังทลายของชายฝั่ง ที่เกิดจากน้ำไหลบ่าจากด้านบน ของชายฝั่ง
2. วิธีการป้องกันหรือบรรเทาการกัดเซาะชายฝั่ง ที่เกิดจากคลื่น

วิธีการด้านชีววิศวกรรม (Bioengineering Technique) เป็นการรวมเทคโนโลยีของหลักกลศาสตร์ ชีววิทยา และนิเวศวิทยา เข้าด้วยกัน เพื่อสร้างระบบป้องกันการชะล้างพังทลายของชายฝั่งหรือพื้นที่ลาดชัน โดยการนำท่อนไม้มาเป็นโครงสร้างหลัก วิธีชีววิศวกรรมนี้ ทั่วไปจะใช้ท่อนไม้ที่ตัดมาจากลำต้นหรือรากของต้นไม้มาใช้เป็นฐานในการป้องกันการชะล้างพังทลาย ร่วมกับการปลูกต้นไม้คลุมดิน ประกอบด้วยหลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. วิธีการป้องกันการชะล้างพังทลายของชายฝั่ง จากน้ำไหลบ่าทางด้านบนของชายฝั่ง

1.1 Live Staking

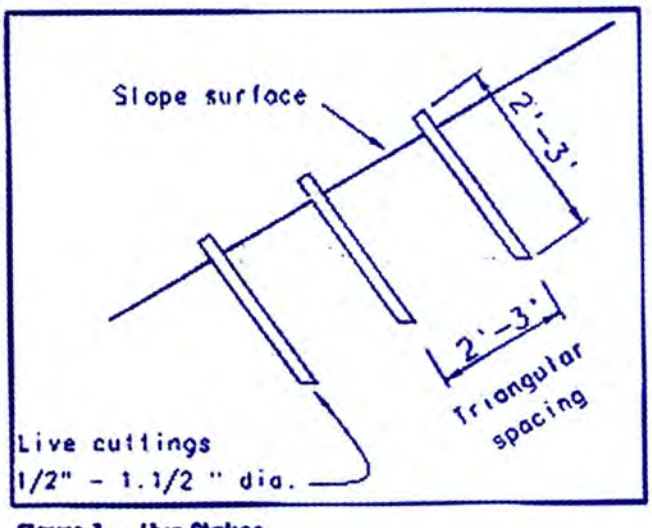


Figure 1 — Live Stakes

รูปที่ 3-1 Live Staking

เป็นวิธีการป้องกันชายฝั่งโดยใช้การปลูกต้นไม้ลงในดินบริเวณที่เกิดปัญหา ซึ่งดำเนินการโดยการนำกิ่งพันธุ์ไม้ขนาดความยาว 2-3 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 1 1/2 นิ้ว มาปลูกในแนวตั้งฉากกับความลาดเอียงของพื้นที่ วิธีการปลูกจะเปิดหน้าดินเพียงเล็กน้อย หรือใช้ท่อนเหล็กแทงดินนำในการปลูก จะไม่มีการแต่งกิ่งต้นไม้ และหากใช้พันธุ์ไม้ที่มีดอก ผล ก็จะสามารถเก็บเกี่ยวดอก ผล เหล่านั้นได้ในอนาคต วิธีการนี้จะใช้ในบริเวณที่มีการพังทลายของดินไม่มากนัก

1.2 Brushlayering

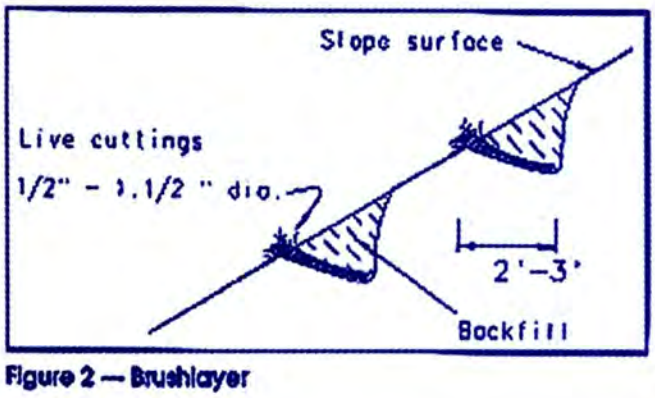


Figure 2 — Brushlayer

รูปที่ 3-2 Brushlayering

เป็นวิธีการป้องกันชายฝั่งโดยใช้การปลูกต้นไม้ลงในดินในแนวตั้งฉากกับความลาดเอียงของพื้นที่ ซึ่งดำเนินการโดยเปิดหน้าดินออกในแนวตั้งฉาก (สามเหลี่ยมมุมฉาก) และนำกิ่งพันธุ์ไม้ขนาดความยาว 2-3 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 1 1/2 นิ้ว มาปลูกในแนวนอนของส่วนที่เปิดหน้าดินไว้ นำดินอัดแน่นลงในบริเวณที่เปิดหน้าดินออกนั้น แล้วปล่อยให้ต้นไม้เจริญเติบโตโดยใช้ระบบให้รากยึดดินต่อไป

1.3 Live Fascines

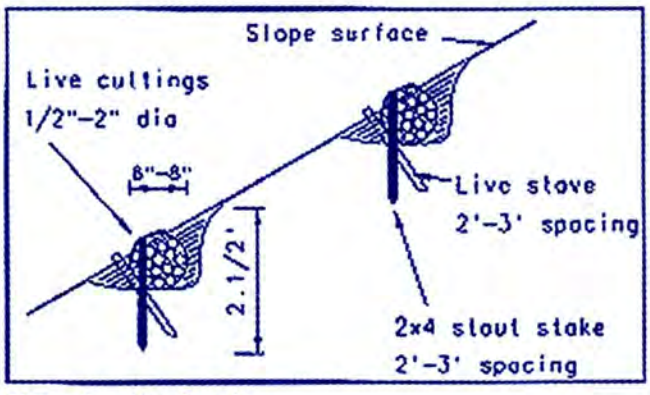


Figure 3 — Live Fascine

รูปที่ 3-3 Live Fascines

เป็นวิธีการป้องกันชายฝั่ง โดยใช้การปลูกต้นไม้และใช้มัดของท่อนไม้ในการป้องกันการพังทลายของดิน ซึ่งดำเนินการ โดยการเปิดหน้าดินออกในแนวตั้งฉาก (สามเหลี่ยมมุมฉาก) และนำกิ่งพันธุ์ไม้ขนาดความยาว 2-3 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 1 1/2 นิ้ว มาปลูกขัดกัน โดยต้นหนึ่งปลูกในแนวตรง อีกต้นหนึ่งปลูกในแนวตั้งฉากกับความลาดเอียงของพื้นที่จากนั้นนำมัดของท่อนไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเมื่อมัดรวมกัน 6-8 นิ้ว มาวางนอนลงในส่วนที่เปิดหน้าดินไว้ แล้วนำดินอัดแน่นในบริเวณที่เหลือต้นไม้ที่นำมาปลูกในแนวตรงต้องเป็นต้นไม้ที่แข็งแรงเนื่องจากทำหน้าที่เป็นเสาหลักในการรับน้ำหนักของมัดท่อนไม้ วิธีการนี้เป็นการใช้มัดท่อนไม้เป็นส่วนเสริมความแข็งแรงของหน้าดินในบริเวณพื้นที่นั้นให้มีการพังทลายน้อยลง

1.4 Brush Mattressing

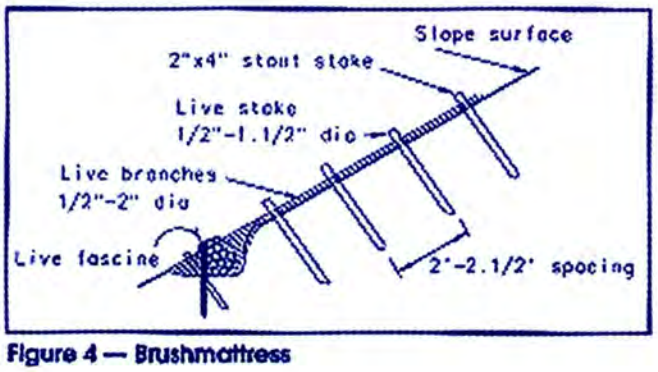


Figure 4 — Brushmattress

รูปที่ 3-4 Brush Mattressing

เป็นวิธีการป้องกันชายฝั่ง โดยใช้การปลูกต้นไม้และการปูท่อนไม้บนหน้าดิน เพื่อป้องกันการพังทลาย และในบริเวณด้านล่างสุดของพื้นที่ลาดเอียงจะใช้วิธีการ Live Fascines มาเป็นส่วนประกอบในการรับน้ำหนักของแนวท่อนไม้ด้านบนซึ่งดำเนินการโดยการปลูกต้นไม้ขนาดความยาว 2-3 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 1 1/2 นิ้ว ลงในแนวตั้งฉากกับความลาดเอียงของพื้นที่ โดยแต่ละต้นจะปลูกห่างกัน 2 - 2 1/2 ฟุต ในระหว่างช่วงห่างของต้นไม้จะปูด้วยท่อนไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 2 นิ้ว ซึ่งต้องอัดลงในดินให้แน่น และในส่วนล่างสุดของพื้นที่จะนำวิธีการ Live Fascines มาใช้ป้องกันการพังทลายของดินและส่วนประกอบที่สร้างขึ้นทั้งหมดอีกชั้นหนึ่ง

1.5 Joint Planting

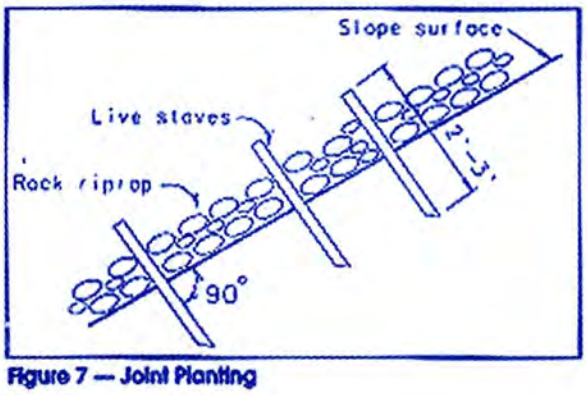


Figure 7 — Joint Planting

รูปที่ 3-5 Joint Planting

เป็นวิธีการป้องกันชายฝั่ง โดยใช้การปลูกต้นไม้และการปูหินบนหน้าดิน เพื่อป้องกันการพังทลายของดิน ซึ่งดำเนินการโดยการปลูกต้นไม้ขนาดความยาว 2-3 ฟุต ลงในแนวตั้งฉากกับความลาดเอียงของพื้นที่ จากนั้นปูหินขนาดเล็กลงในระหว่างช่วงของต้นไม้ ซึ่งต้องอัดลงในดินให้แน่น ต้นไม้ที่นำมาปลูกจะต้องมีความแข็งแรงและมีระบบรากใหญ่เนื่องจากต้องรับน้ำหนักของหินไว้

1.6 Branchpacking

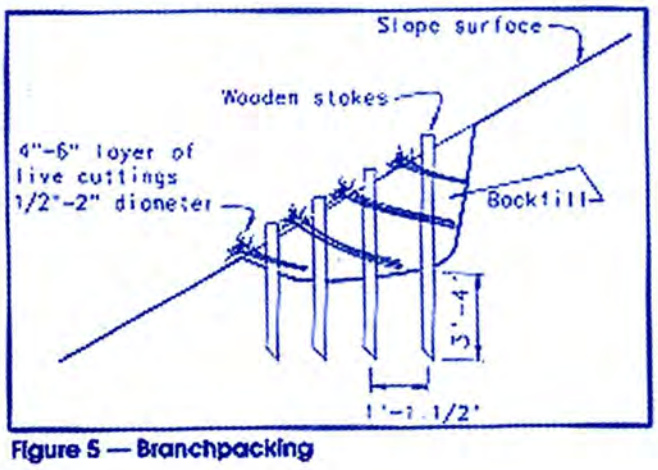


Figure 5 — Branchpacking

รูปที่ 3-6 Branchpacking

เป็นวิธีการป้องกันชายฝั่งในบริเวณที่ถูกกัดเซาะพังทลายเป็นร่องน้ำเปิด โดยใช้การปลูกต้นไม้และมีเสาไม้ค้ำยันดินในบริเวณนั้น ซึ่งดำเนินการโดยการเปิดหน้าดินเป็นมุมฉาก (สามเหลี่ยมมุมฉาก) จากนั้นตอกเสาไม้ในแนวตรงลงในดินลึก 3-4 ฟุต ระยะห่างระว่างเสา 1- 1 1/2 ฟุต และนำกิ่งพันธุ์ไม้ ขนาดความยาว 4-6 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 2 นิ้ว ปลูกในแนวนอนในช่วงระหว่างเสาที่ตอกไว้ แล้วนำดินอัดแน่นลงในบริเวณที่เหลือ วิธีการนี้ใช้เสาไม้เป็นตัวกันการพังทลายเพิ่มของดิน และใช้ระบบให้รากต้นไม้เป็นตัวยึดหน้าดินไว้

2. วิธีการป้องกัน/บรรเทาการกัดเซาะชายฝั่ง ที่เกิดจากคลื่น

2.1 วิธีการด้านชีววิศวกรรม

2.1.1 Live Cribwall

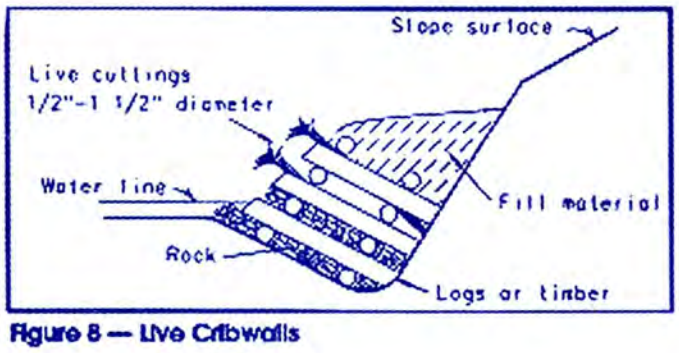


Figure 8 — Live Cribwalls

รูปที่ 3-6 Live Cribwall

เป็นวิธีการซ่อมแซม ส่วนของชายฝั่งที่ถูกทำลายไปแล้ว และป้องกันการพังทลายในอนาคต โดยใช้ หิน ไม้ และการปลูกต้นไม้เพิ่มเติม ซึ่งดำเนินการโดยปูหิน และไม้สลับกันเป็นชั้น จนพ้นบริเวณที่เป็นผิวน้ำในระดับน้ำทะเลปานกลางหรือระดับน้ำเฉลี่ย จากนั้นปลูกต้นไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 1 1/2 นิ้ว สลับกับชั้นไม้อีก 2-3 ชั้น และกลบส่วนบนด้วยดินอัดแน่นอีกชั้นหนึ่ง

2.1.2 Vegetated Rock Gabions

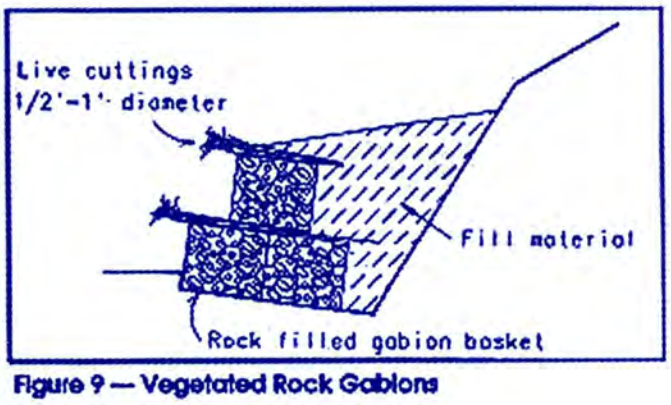


Figure 9 — Vegetated Rock Gabions

รูปที่ 3-7 Vegetated Rock Gabions

เป็นวิธีการซ่อมแซม ส่วนของชายฝั่งที่ถูกทำลายไปแล้วและป้องกันการพังทลายในอนาคตโดยใช้ตะแกรงลวดบรรจุหินและการปลูกต้นไม้เพิ่มเติม โดยการนำตะแกรงลวดบรรจุหินมาเรียงเป็นชั้น ๆ จนพ้นระดับน้ำทะเลปานกลาง หรือระดับน้ำเฉลี่ย ในระหว่างชั้นของตะแกรง ปลูกต้นไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 1 1/2 นิ้ว ส่วนด้านหลังของตะแกรงเติมดินอัดแน่น ให้เต็ม

2.1.3 Vegetated Geogrid

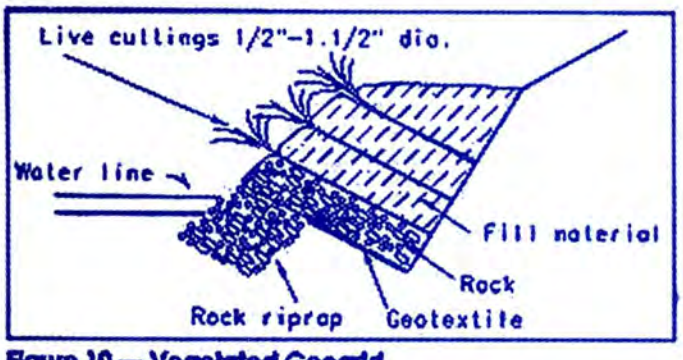


Figure 10 — Vegetated Geogrid

รูปที่ 3-8 Vegetated Geogrid

เป็นวิธีการซ่อมแซม ส่วนของชายฝั่งที่ถูกทำลายไปแล้ว และป้องกันการพังทลายในอนาคต โดยใช้หินกรวดและแท่งดินอัดแข็ง และปลูกต้นไม้เพิ่มเติม โดยการปูหินกรวดในบริเวณพื้นที่ใต้ระดับน้ำจนพ้นระดับน้ำทะเลปานกลางหรือระดับน้ำเฉลี่ย การปูหินกรวดในวิธีนี้จะปูเลยลงไปในน้ำเล็กน้อยเพื่อใช้รับน้ำหนักวัสดุด้านบน จากนั้นปูพื้นด้วยแท่งดินอัดแข็งและกลบด้วยหินกรวดอีกชั้นหนึ่ง แล้วปลูกต้นไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 - 1 1/2 นิ้ว สลับกับการเติมดินอัดแน่นจนเต็ม

2.1.4 Post Plantings

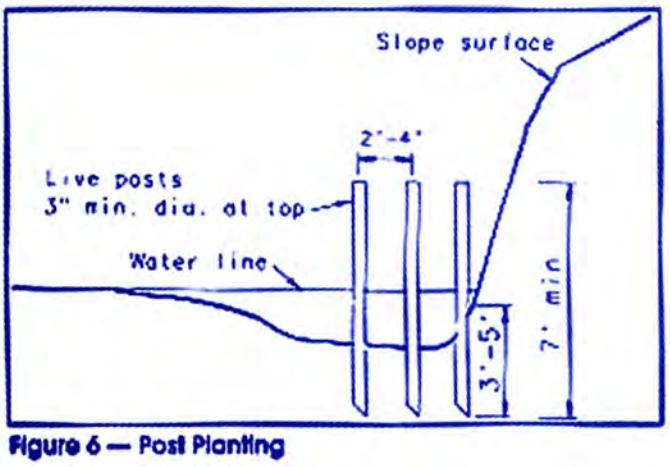


Figure 6 — Post Planting

รูปที่ 3-9 Post Plantings

เป็นวิธีการป้องกันการพังทลายของดินโดยปลูกต้นไม้ลงในน้ำ ด้านหน้าของบริเวณที่มีความลาดชันของพื้นที่ ซึ่งดำเนินการโดยตอกกิ่งพันธุ์ไม้ขนาดความยาว 7-9 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ลงในดินด้านหน้า พื้นที่ลาดชันกิ่งพันธุ์แรกให้ตอกชิดพื้นที่ลาดชันโดยตอกลึกลงไป 3-5 ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลางหรือระดับน้ำเฉลี่ย และทำการตอกกิ่งพันธุ์ 2-3 แถว มีระยะห่าง 2-4 ฟุต

ในการป้องกันการพังทลายของชายฝั่ง โดยใช้วิธีการด้านชีววิศวกรรมมีข้อดี คือ จะคงความเป็นธรรมชาติของชายฝั่งไว้เพื่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และทำให้เกิดความรู้สึกที่เป็นธรรมชาติมากกว่าการใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม อย่างไรก็ดี การเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่จะนำมาปลูก เป็นสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับวิธีการนี้ โดยต้องเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่แข็งแรง มีระบบรากขยายในบริเวณกว้าง ทั้งนี้เพื่อป้องกันแรงจากคลื่นและลม และสามารถยึดเกาะดินให้แน่น ลดการชะล้างพังทลาย แต่อย่างไรก็ตาม การกัดเซาะชายฝั่งที่มีสาเหตุมาจากคลื่น ยังมีความต้องการสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นเขื่อนกั้นแรงปะทะจาก คลื่น หรือการบำรุงรักษาชายหาด (Beach Nourishment) ซึ่งวิธีการด้านชีววิศวกรรมจะเกิดประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งในบริเวณพื้นที่เหนือน้ำทะเลท่วมถึง ดังนั้นควรจะใช้วิธีการนี้ ควบคู่กับวิธีการบำรุงรักษาชายหาด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดในการป้องกันรักษาสภาพชายหาดที่เป็นธรรมชาติ

2.2 Dune Restoration

Dune Restoration เป็นวิธีการป้องกันชายฝั่ง ที่มีลักษณะคล้ายกับ Beach Nourishment โดยการนำทรายจากบริเวณอื่นมาถมเป็นสันดอนและปลูกพืชที่ทนต่อความเค็มบนสันดอนทรายนั้น เพื่อใช้เป็นกับดักทรายที่พัดมาจากชายหาด สันดอนทรายที่สร้างขึ้นจะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและจะกลายเป็นแหล่งทรายให้กับชายหาดต่อไป

วิธีการดำเนินการ มีดังนี้

1. เคลื่อนย้ายพืชที่ไม่ทนต่อความเค็มออกไป
2. ถมทรายเป็นสันดอนและปรับความลาดเอียง
3. ติดตั้งหัวฉีดน้ำหรือระบบน้ำหยด
4. ทำทางเดินบนสันดอนทราย
5. ปลูกพืชที่ทนต่อความเค็มบนสันดอนทราย
6. ติดตามและบำรุงรักษาสันดอนทรา

การดำเนินการตามวิธี Dune Restoration และผลที่เกิดขึ้น บริเวณ Coral Cove Park ใน Tequesta เป็นดังนี้

รูปที่ 3-10 ลักษณะของสันดอนทราย ที่เกิดขึ้นจากการนำทรายถมและปรับความลาดเอียง

รูปที่ 3-11 ลักษณะของสันดอนทราย ซึ่งปลูกพืชที่ทนต่อความเค็มเป็นเวลา 6 เดือน

รูปที่ 3-12 ลักษณะของสันดอนทราย ซึ่งปลูกพืชที่ทนต่อความเค็มแล้ว เมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน

2.3 Beach Nourishment

Beach Nourishment คือ กระบวนการนำทรายจากที่อื่นมาถมบนชายหาดที่มีการกัดเซาะ เพื่อสร้างชายหาดใหม่ หรือ ขยายพื้นที่ชายหาด โดยแหล่งทรายที่นำมาใช้อาจพิจารณาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ แหล่งทรายบนแผ่นดิน เช่น สันดอนชายฝั่ง ที่ราบชายฝั่ง สันดอนทรายบนแผ่นดิน และจากแหล่งทรายในทะเล เช่น บริเวณน้ำตื้นใกล้ชายฝั่ง บริเวณร่องน้ำลึกปานกลาง และบริเวณน้ำลึก (โดยใช้เรือดูดทราย) แต่การดำเนินการตามวิธีนี้ไม่สามารถที่จะหยุดการกัดเซาะได้ เพียงแต่ชะลอความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการกัดเซาะที่จะมีผลต่อสิ่งปลูกสร้างบนชายฝั่ง เนื่องจากไม่สามารถหยุดการกัดเซาะได้ จึงจำเป็นต้องมีการถมทรายเป็นระยะ ตามช่วงเวลาของการกัดเซาะที่เกิดขึ้น กล่าวคือ เมื่อดำเนินการถมทรายแล้วเสร็จ และชายหาดมีการกัดเซาะจนมีความกว้างของชายหาดเท่ากับก่อนมีการถมทราย ก็จะนับเป็นรอบของเวลาที่จะต้องมีการถมทรายใหม่ ซึ่งอาจจะทำทุก 5 หรือ 10 ปี

ที่ Maui ในบริเวณนี้ยังไม่มีการศึกษาโดยใช้วิธีการ Beach Nourishment มากนัก แต่ก็มีการนำวิธีการนี้ไปทดลองดำเนินการ ในโครงการขนาดเล็กที่ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากภาคเอกชน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นกับชายหาดเป็นที่น่าพอใจ จากการดำเนินการในพื้นที่ต้องใช้ปริมาณทรายเบื้องต้น 1,000 ลูกบาศก์เมตร/กิโลเมตร ซึ่งแหล่งของทรายที่สามารถนำมาใช้ยังเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของ การดำเนินการในวิธีนี้

รูปที่ 3-13 Beach Nourishment บริเวณ Sugar Cove, Spreckelsville, Maui (ซ้าย) เป็นสภาพก่อนการดำเนินการ ในเดือนมิถุนายน 1996 (ขวา) เป็นสภาพหลังการดำเนินการในเดือนตุลาคม 1997

ที่ ***Palm Beach Country*** ประเทศสหรัฐอเมริกา มีโครงการบำรุงรักษาชายหาด เพื่อเตรียมการในการป้องกันชายหาดและชายฝั่งจากพายุ โดยได้พิจารณานำวิธีการ Beach Nourishment มาใช้แทนการก่อสร้างโครงสร้างทางวิศวกรรม ซึ่งผลจากการดำเนินการได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ยังคงมีปัญหาในการหาแหล่งทรายที่จะนำมาถมบริเวณชายหาดเช่นเดียวกัน

รูปที่ 3-14 เรือดูดทราย กำลังทำการดูดทรายใกล้ชายฝั่งซึ่งในโครงการต้องใช้ปริมาณของทรายประมาณ 783,000 ลูกบาศก์หลา (ปี 1998)

รูปที่ 3-15 ทรายจะถูกลำเลียงจากเรือดูดทรายไปยังชายหาด ด้วยท่อลอยน้ำและท่อใต้น้ำ

รูปที่ 3-16 ท่อขนาด 30 นิ้วที่ใช้พ่นทรายลงบนชายหาด ซึ่งมีประสิทธิภาพในการพ่นทราย 60,000 ลูกบาศก์หลา/วัน

รูปที่ 3-17 การปรับระดับทรายหลังจากนำทรายมาพ่นลงบนชายหาด

รูปที่ 3-18 ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ ซึ่งได้สถานที่พักผ่อนที่ยังคงสภาพธรรมชาติ และเป็นแนวป้องกันความเสียหาย ที่จะเกิดต่อสิ่งปลูกสร้างจากพายุทำให้เกิดชายหาดกว้าง 200 ฟุต และยาว 1.42 ไมล์

ข้อดีของวิธีการ Beach Nourishment

1. เพิ่มพื้นที่ชายหาดให้กว้างขึ้น
2. ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งปลูกสร้างที่อยู่บนชายฝั่ง
3. เมื่อกระบวนการกัดเซาะยังคงดำเนินต่อไป Beach Nourishment จะไม่สร้างความเสียหายให้แก่บริเวณชายฝั่ง หรือ ชายหาด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งด้วยวิธีการ ใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม เช่น Seawalls หรือ Groins ซึ่งอาจจะสามารถป้องกันสิ่งปลูกสร้างบริเวณชายฝั่งได้ แต่ทำให้ชายหาดด้านหน้าแคบลงและมีเศษวัสดุก่อสร้างที่เกิดจากการกัดเซาะกำแพงกันคลื่นปะปนอยู่บนชายหาด

ข้อเสียของวิธีการ Beach Nourishment

1. ทรายที่เกิดจากกระบวนการ Beach Nourishment จะถูกกัดเซาะเร็วกว่าการกัดเซาะที่เกิดขึ้นกับทรายที่สะสมตามธรรมชาติ
2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสำหรับวิธีการนี้ค่อนข้างสูง จึงเหมาะกับชายหาดที่มีขนาดเล็กเท่านั้น
3. ในระหว่างการดำเนินการ กระบวนการกัดเซาะก็ยังคงเกิดขึ้น
4. ในช่วงการดำเนินการ อาจสร้างความเสียหายให้แก่ระบบนิเวศของพื้นที่ข้างเคียง
5. เป็นการยากที่จะหาทรายที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับทรายในพื้นที่

2.4 Beach Drainagement

ที่มาของวิธีการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ด้วยวิธี Draining

การค้นพบวิธีป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง โดยการระบายน้ำ (The Draining Method) เป็นการค้นพบโดยบังเอิญ โดยสถาบัน Geoteknish ซึ่งเป็นบริษัทที่ปรึกษาด้านวิศวกรรม ได้ศึกษาการนำเอาน้ำไปใช้ในอควาเรียมขนาดใหญ่ ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ตอนกลางของแหลม Jutland

โดยเสนอแนวความคิดให้นำน้ำที่มีการระบายผ่านเม็ดทรายไปใช้ แทนการสูบน้ำทะเลไปใช้โดยตรง เนื่องจากน้ำไหลผ่านทรายเป็นวิธีการกรองสิ่งปนเปื้อนในน้ำทะเลออกโดยธรรมชาติ จากแนวคิดดังกล่าว สถาบันฯ จึงได้ติดตั้งท่อรับน้ำที่ผ่านการกรองจากทรายบริเวณหาดทรายด้านหน้าของ North Sea Center และสูบน้ำดังกล่าวไปใช้ในอควาเรียมดังกล่าว ซึ่งระบบนี้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจในช่วงแรก แต่อีก 8 เดือนถัดมา

มีปัญหาเกิดขึ้นกับระบบนี้ คือ น้ำที่ระบายผ่านทรายลงสู่ท่อมีปริมาณน้อยลง และหลังจากที่มีการติดตั้งระบบดังกล่าวแล้ว แนวของชายหาดได้ถอยร่นจากแนวที่ฝังท่อระบายน้ำไว้ กล่าวคือ ชายหาดมีความกว้างมากขึ้น เมื่อทดลองย้ายแนวท่อออกไปอีก ทำให้ชายหาดมีความกว้างมากขึ้นอีก จากการศึกษาพบว่าการสะสมทรายจากการพัดพาของคลื่นจะเกิดขึ้นประมาณ 25,000 ลบ.ม./ปี

จากการค้นพบและศึกษาวิธีการนี้ ได้ถูกเผยแพร่และนำไปใช้ในประเทศต่าง ๆ เช่น สหรัฐอเมริกา สเปน ญี่ปุ่น และอังกฤษ และล่าสุดได้นำวิธีดังกล่าวไปใช้กับชายหาดทางด้านเหนือของประเทศเดนมาร์ค ซึ่งก่อนมีการติดตั้งระบบนี้ ชาดหาดถูกกัดเซาะประมาณ 1 เมตรในระยะเวลา 5 ปี แต่เมื่อมีการติดตั้งระบบนี้ ชายหาดมีพื้นที่กว้างขึ้น โดยในบางบริเวณกว้างขึ้นถึง 3 เมตร

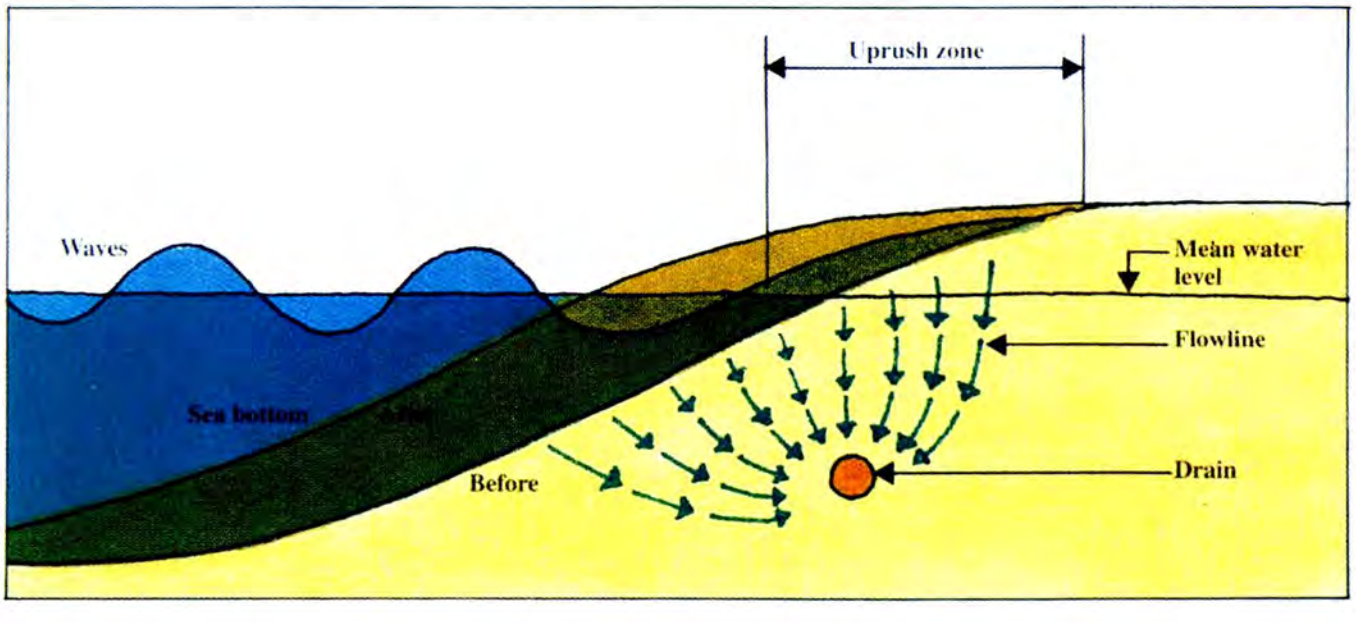
ปัจจุบันในหลายประเทศทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย กำลังประสบปัญหาการกัดเซาะชายหาดและชายฝั่ง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ทำลายทัศนียภาพและส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยว การแก้ไขปัญหาดังกล่าวในปัจจุบัน มีการดำเนินการโดยการก่อสร้างแนวกำแพงกันคลื่น ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นการทำลายทัศนียภาพตามธรรมชาติอย่างรุนแรง ดังนั้นการแก้ไขปัญหาโดยใช้วิธีการ The Draining Method จึงเป็นวิธีการควรนำมาพิจารณาเพื่อใช้ให้เกิดประโยชน์ เนื่องจากต้นทุนในการดำเนินการต่ำ และมีการทำลายทัศนียภาพของชายหาดน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ ที่มีการดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

หลักการทำงานของระบบ Draining

หลักการทำงานของระบบนี้ ใช้ลักษณะทางกายภาพของการไหลของน้ำผ่านทราย ซึ่งจะมีอัตราการไหลซึมลงดินของน้ำสูงเมื่อทรายไม่ชุ่มน้ำ ตามธรรมชาติลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้นในฤดูร้อน กล่าวคือ ในฤดูร้อนระดับน้ำใต้ดินค่อนข้างต่ำประกอบกับทรายด้านบนจะมีอัตราการระเหยของน้ำสูง ส่งผลให้ทรายไม่ชุ่มน้ำ เมื่อคลื่นกระทบชายหาด ทรายบริเวณชายหาดจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำและมีอัตราการไหลของน้ำผ่านทรายได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลย้อนกลับลงสู่ทะเลน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ซัดเข้าหาฝั่ง ดังนั้นทรายซึ่งพัดพามากับคลื่นที่ซัดเข้าหาฝั่งจะสะสมอยู่บนชายหาด เนื่องจากปริมาณน้ำที่ย้อนกลับสู่ทะเลมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ซัดเข้าหาฝั่งและมีความสามารถในการพัดพาปริมาณของทรายกลับสู่ทะเลน้อยกว่า ความสามารถในการพัดพาปริมาณของทรายเข้าสู่ชายหาด ส่วนในฤดูฝนระดับน้ำใต้ดินค่อนข้างสูงประกอบกับทรายด้านบนจะมีอัตราการระเหยของน้ำต่ำ ส่งผลให้ทรายมีความชุ่มน้ำและทำให้ระดับน้ำใต้ดินยกตัวสูงขึ้นเกิดเป็นความลาดเทลงทะเล เมื่อคลื่นกระทบชายหาดทราย ทรายบริเวณชายหาด

จึงมีความสามารถในการดูดซับน้ำและมีอัตราการไหลของน้ำผ่านทรายได้ช้า ทำให้มีปริมาณน้ำที่ไหลย้อนกลับลงสู่ทะเลในปริมาณที่ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ซัดเข้าหาฝั่ง ดังนั้นทรายซึ่งพัดพามากับคลื่นที่ซัดเข้าหาฝั่ง จึงไม่มีการสะสมอยู่บนชายหาด ประกอบกับระดับน้ำใต้ดินที่มีความลาดเทเป็นปัจจัยที่สนับสนุนให้การกวาดทรายย้อนกลับลงทะเลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ปริมาณของทรายและพื้นที่ชายหาด ลดลง

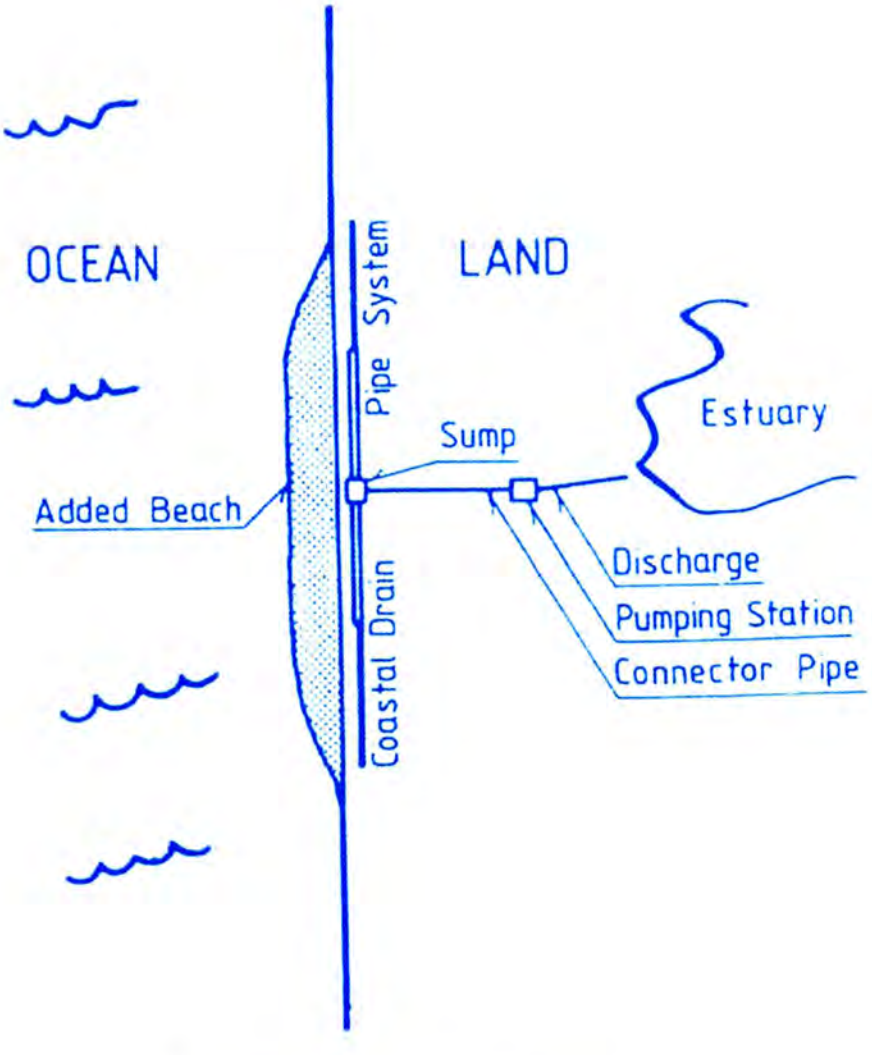
เมื่อมีการติดตั้งระบบ Draining บริเวณชายหาด ซึ่งประกอบด้วยแนวท่อระบายน้ำและสถานีสูบน้ำ จะทำให้ระดับน้ำใต้ดินต่ำและมีระดับคงที่ ซึ่งทำให้เกิดสภาวการณ์เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในฤดูร้อน ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณของทรายบริเวณชายหาดและพื้นที่ชายหาดเพิ่มขึ้น



รูปที่ 3-19 Operation Concept

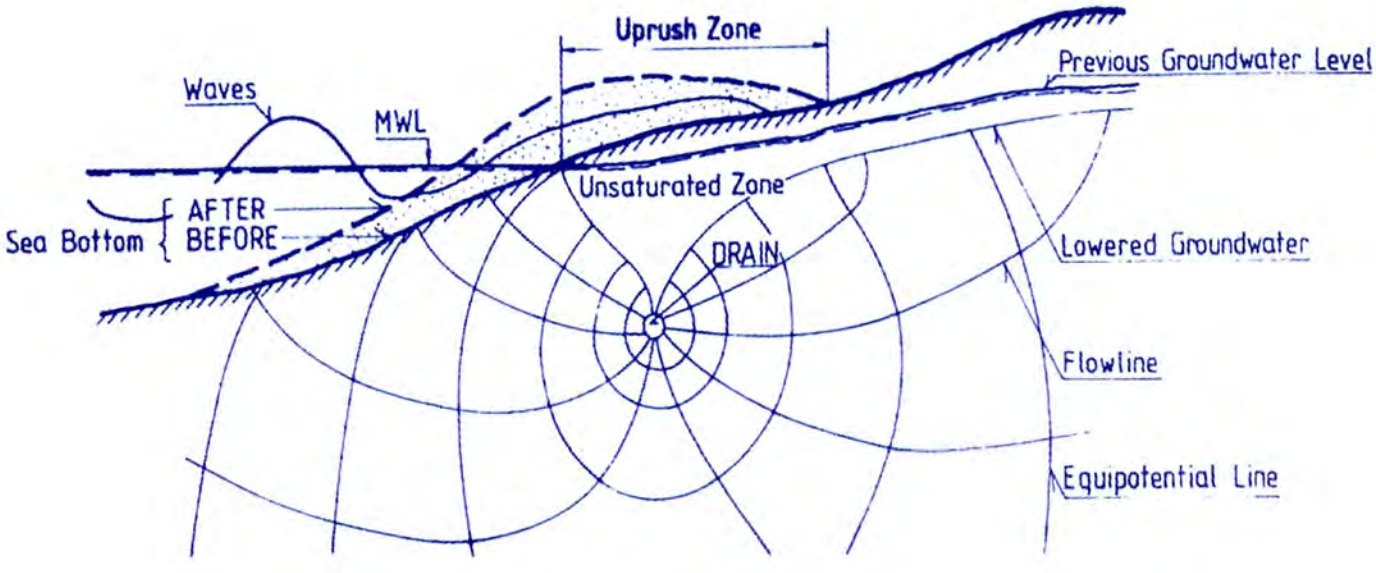
Beach Drainage System

Beach Drainage System เป็นวิธีการทำให้ระดับน้ำใต้ดินบริเวณชายหาดต่ำลงจากระดับน้ำใต้ดินปกติ โดยการวางท่อให้น้ำซึมผ่านได้ขนานไปตามแนวชายหาด และมีลักษณะการวางท่อที่ลาดเอียงเพื่อให้น้ำไหลผ่านท่อตามแรงโน้มถ่วงของโลกไปสะสมในบ่อพักแล้วเชื่อมต่อท่อจากบ่อพักน้ำไปยังสถานีสูบน้ำเพื่อระบายน้ำให้กลับออกไปสู่ทะเลหรือปากแม่น้ำต่อไป



รูปที่ 3-20 Plan View of Installation

ระดับน้ำใต้ดินที่คงที่และมีระดับต่ำอันเนื่องมาจากระบบระบายน้ำที่เปลี่ยนทิศทางการไหลย้อนกลับของคลื่นลงสู่พื้นล่างแทนการไหลย้อนกลับลงทะเล ช่วยลดผลกระทบของการกัดเซาะชายหาดจากการกระแทกของคลื่นและเพิ่มการทับถมของทรายบนชายหาด ตามหลักการของระบบดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น



รูปที่ 3-21 Cross Section Lower Water Table Principles

การออกแบบ Drainage System

ในการออกแบบและติดตั้งระบบนี้บนชายหาด ต้องใช้การออกแบบโดยวิธีการทางวิศวกรรมที่เหมาะสม ซึ่งต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ จึงจะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด ตัวแปรหลักที่ต้องนำมาพิจารณา ได้แก่ อัตราการระบายน้ำของทรายบนชายหาด ลักษณะการเกิดของคลื่น ระดับน้ำทะเลสูงสุดและต่ำสุด ความลาดเอียงของชายหาด ลักษณะของชายฝั่ง และความหยาบความละเอียดของทรายบนชายหาด

จากการศึกษาและนำระบบดังกล่าวไปใช้ในบริเวณชายหาดหลายแห่ง พบว่าขนาดของทรายบนชายหาด 0.1-0.5 มิลลิเมตร และพื้นผิวของชายหาดที่มีความลาดเอียง 1/50 -1/10 เป็นลักษณะที่มีความเหมาะสมในการนำระบบ Beach Drainage ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การเพิ่มขึ้นของชายหาดเนื่องจากการฝังแนวท่อ แสดงในรูปที่ 3-22 (1) และ (2) โดยรูปที่ 3-22 (1) เป็นสภาพชายหาดก่อนมีการฝังท่อ รูปที่ 3-22 (2) เป็นการฝังแนวท่อบริเวณชายหาด และส่วนรูปที่ทับด้านขวาเมื่อซ้อนทับแล้วจะเห็นการเปลี่ยนแปลงของชายหาดที่กว้างขึ้น และไม่เห็นแนวท่อข้างใต้

ระบบ Draining ที่ดำเนินการในบริเวณ Denmark Hirtshals West

ในปี 1981 สถาบัน Danish Geotechnical ได้เริ่มโครงการนำน้ำทะเลที่สะอาดจากตอนกลางของทะเลเหนือมาใช้ในเมือง Hirtshals โดยการฝังท่อใต้ชายหาดลึกประมาณ 5 เมตร ขนานกับแนวชายฝั่งยาว 200 เมตร ทางด้านทิศตะวันตกของอ่าว Hirtshals หลังจากการติดตั้งระบบจนถึงเดือนกันยายน 1981 มีการสูบน้ำในอัตรา 270 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง แต่หลังจากนั้นในช่วงฤดูหนาว พบว่าปริมาณน้ำทะเลที่ไหลในระบบลดลง โดยในเดือนมีนาคม 1982 ปริมาณน้ำที่ไหลในระบบเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 60 ของปริมาณน้ำเมื่อเริ่มเดินระบบ

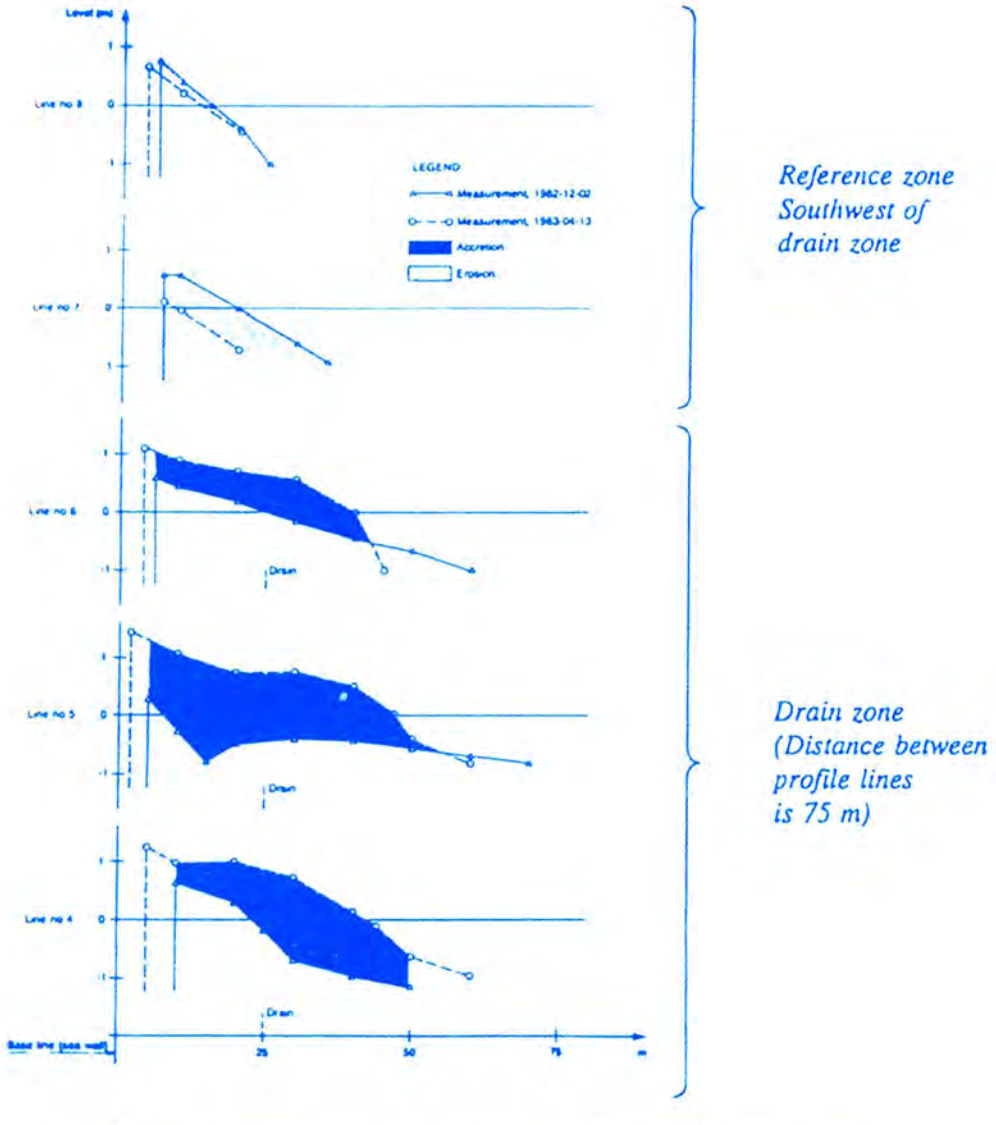
จากปัญหาการระบายน้ำลักษณะดังกล่าว ทำให้พบว่ามีการสะสมของทรายบนชายหาดและมีแนวชายหาดเพิ่มขึ้นจากเดิม 20-30 เมตร จึงส่งผลให้ระยะห่างระหว่างแนวการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเลกับแนวท่อเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ท่อลดลง และเกิดการทับถมบนชายหาดเพิ่มมากขึ้น

เนื่องจากผลดังกล่าวที่เกิดขึ้น ทำให้มีการทดลองขยายแนวท่อระบายน้ำออกไปอีก 220 เมตร จากการสำรวจผลที่เกิดขึ้นจากการขยายแนวท่อ แสดงดังรูปที่ 3-23 ซึ่งเป็นภาพตัดขวางของชายฝั่งในระยะ 75 เมตร 5 แนว โดย 3 แนว ครอบคลุมพื้นที่ระบายน้ำ อีก 2 แนว อยู่ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ระบายน้ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในส่วนของพื้นที่ระบายน้ำมีการสะสมของมวลทรายมากขึ้นและมีชายหาดกว้างขึ้น และขยายพื้นที่หน้าหาดออกไปในทะเลเป็นระยะประมาณ 25 เมตร บริเวณด้านหน้าของแนวท่อระบายน้ำ

จากประสบการณ์ที่ได้จาก Hirtshals เป็นรูปแบบพื้นฐานของการทดลองให้ระบบ Beach Drainage อย่างเต็มรูปแบบในบริเวณชายฝั่งทางด้านตะวันตกของ Jutland Thorsminde, Denmark ซึ่งมีลักษณะการกัดเซาะชายหาดจากคลื่นอย่างรุนแรง โดยในบริเวณดังกล่าวมีความผันแปรของฤดูกาลสูง เป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแนวชายหาด +/- 15 เมตร และมีอัตราการกัดเซาะเฉลี่ย 4 เมตร/ปี

โครงสร้างของ ***Beach Drainage*** บริเวณ Thorsminde ประกอบด้วย ท่อระบายน้ำขนาด 200 มิลลิเมตร ยาว 500 เมตร ฝังอยู่ใต้ทรายบริเวณชายหาด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของทราย (k) เท่ากับ $4x10^{-4}$ เมตร/วินาที

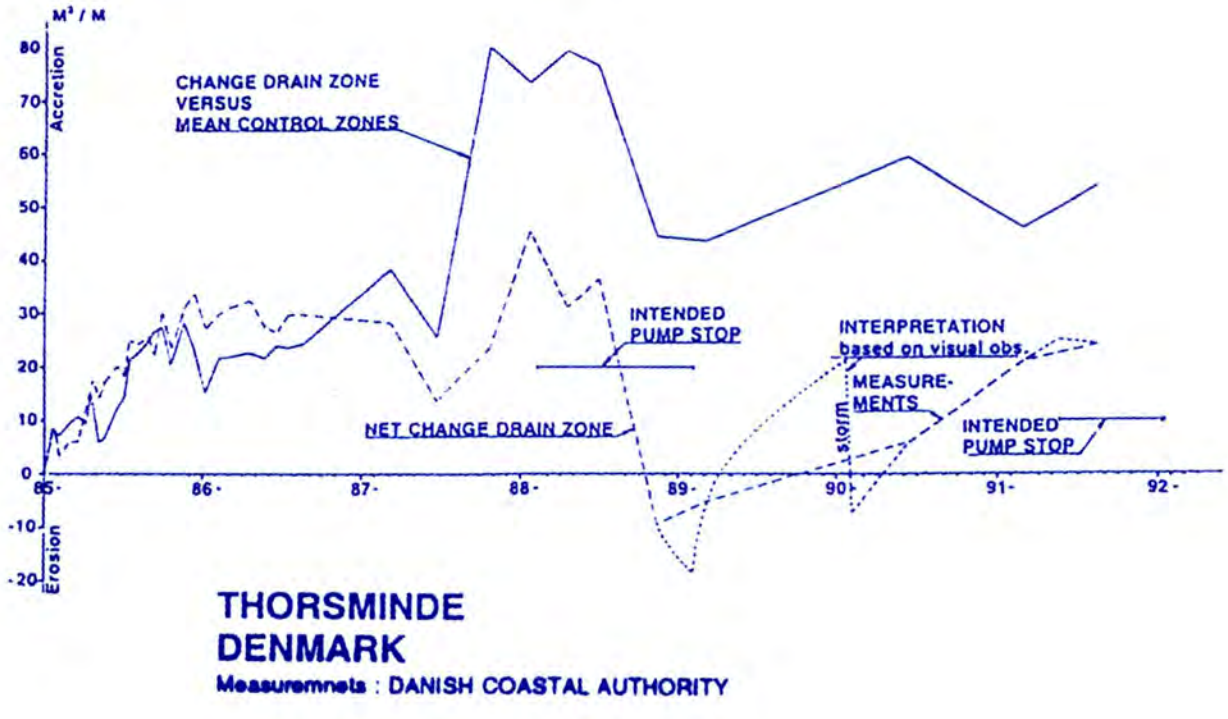
หลังจากมีการสำรวจก่อนการติดตั้งระบบ โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 โซน คือ โซนทดสอบ ได้แก่ บริเวณชายหาดใกล้กับแนวท่อระบายน้ำ และโซนควบคุม ได้แก่ บริเวณใต้น้ำทะเลถึงบริเวณชายฝั่งเหนือน้ำทะเล และได้ทำภาพตัดขวางบริเวณชายหาด เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของชายหาด ในช่วงเวลา 6 1/2 ปี โดยระบบเริ่มดำเนินการในเดือนมกราคม 1985 และมีกำลังการสูบน้ำ 200-630 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ซึ่งกำลังการสูบน้ำสูงสุดอยู่ในช่วงฤดูฝน



รูปที่ 3-23 Accretion/Erosion at the Histshals West Site

หลังจากการเดินระบบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของชายหาด กล่าวคือเกิดความสมดุลย์ระหว่างการกัดเซาะของชายหาดกับการทับถมของชายหาดอย่างรวดเร็ว โดยในระยะเวลา 9 เดือน มีแนวชายหาดขยายออกไปจากเดิมประมาณ 25 เมตร ทางด้านหน้าของแนวท่อระบายน้ำ และมีการเปลี่ยนแปลงของชายหาดหลังจากการขยายออกไปแล้วน้อยมาก โดยมีการทับถมของทรายบริเวณโซนทดสอบประมาณ 30 ลูกบาศก์เมตร/เมตร และบริเวณโซนควบคุมประมาณ 75 ลูกบาศก์เมตร/เมตร

เพื่อให้เห็นถึงผลของระบบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของชายหาดอย่างชัดเจน ดังนั้นในปี 1988 ได้มีการหยุดการดำเนินการระบบ ซึ่งคาดว่าจะเกิดการกัดเซาะชายฝั่งย้อนกลับมาอีกครั้งหนึ่ง ดังรูปที่ 3-24



รูปที่ 3-24 Long-term Effects at the Thorsminde Site

ตารางแสดงการดำเนินงานของระบบ Beach Drainagement

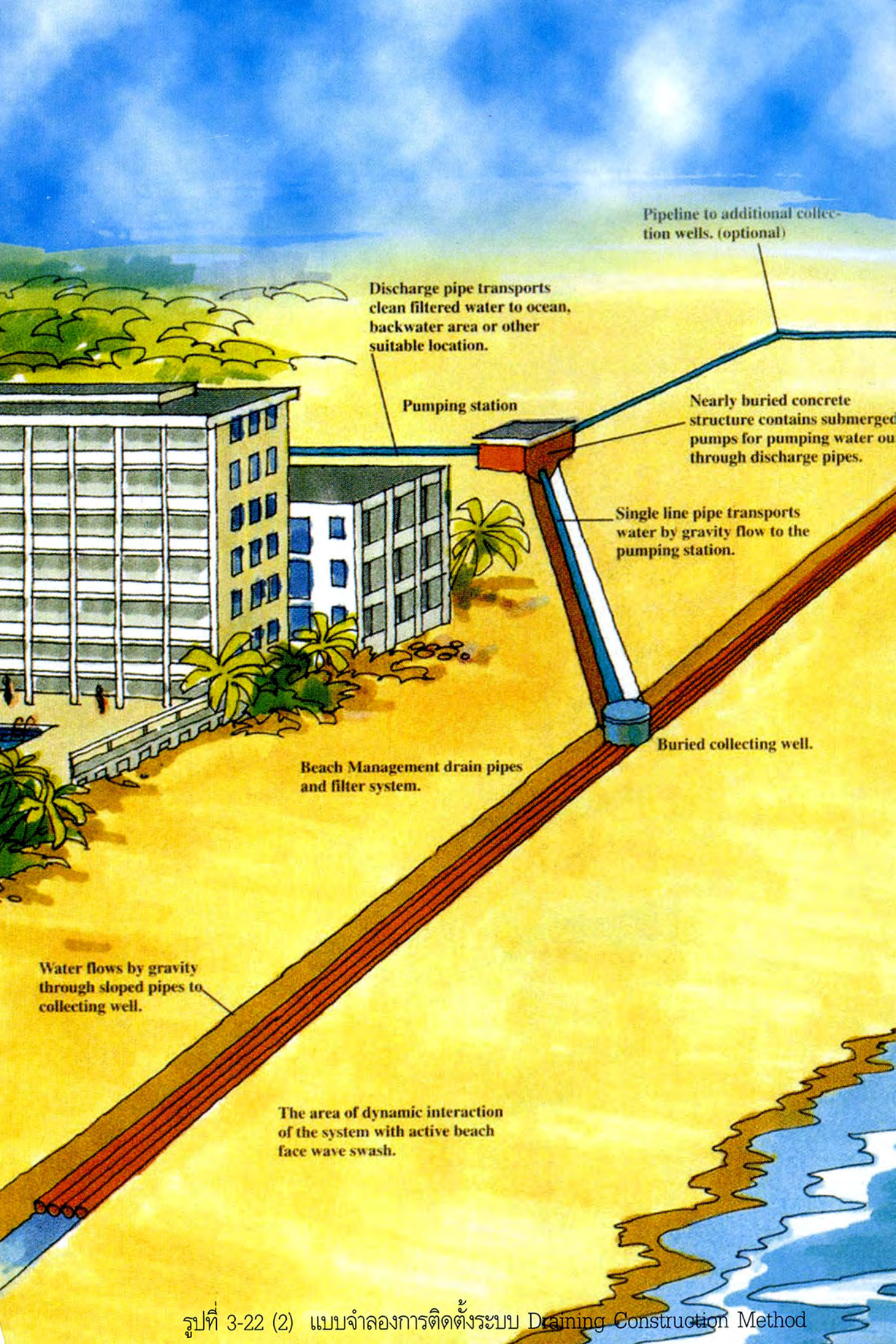
Beach Management Systems, Danmark A/S

Overview of BMS Projects 1999-06-23

Project	Year installed	Period of operation	Length of system	Drain material	Drain diameter & Invert El. (MSL)	Installation method	Tide range	Beach slope Initial / Final	Pump arrangement	dw/U Sand Grain Size	Pump capacity initial	Flow rate m³/h/m Initial / Final	Appr. drawdown C drain	Littoral conditions	Comments
Hirtshals W, Denmark	1981	Since 9/81	200 m 656'	1)	315 mm 185/200 -2.5m	Backhoe W.pts.	~1.5 m	1:20/1:20	2)	0.26/1.7	400 m³/h	2.0/1.0			25,000 m³ sand harvested each year to renourish other beaches
Hirtshals E, Denmark	1983	8 months 1983	200 m 656'	1)	200 mm -2.0 m	Backhoe W.pts.	~1.0 m	1:25/1:20	2)	0.2/1.3	100 m³/h	0.4/0.15			Width maintained. Erosion rate: 7 m/year
Thorsminde, Denmark	1985	1/85 – 4/91	500 m 1640'	1)	200 mm -2.0/-2.5	Backhoe W.pts.	1.5 m	1:25/1:30	2)	0.35/1.7	700 m³/h	1.7/1.1			Experimental system, width increased 25 m
Sailfish Point Stuart, Fl, USA	1988	7/88 – 8/96	177 m 580'	3)	50/450 mm -2.4 m	Backhoe W.pts.	0.8 m	1:25/1:15	4)	0.3/3	340 m³/h	1.5/0.60	0.8 m	9)	Width increased 20-25 m during operation
Enoe Strand, Denmark	1994	Since 7/94	600 m 1968'	5)	113 mm -1.8 m	Plough	0.5-1.0 m	1:15/	2)	0.25/2.3	300 m³/h	0.4/0.1	1.0 m		Width increased 3 m August 1996. Maintained
Towan Bay, U.K.	1994	Since 9/94	180 m 591'	6)	300 mm	Backhoe W.pts.	7 m	1:45/	2)	0.2/1.7	200 m³/h	1.27/1.0			General accretionary trend Exposed seawall footing safeguarded
Codfish Park Nantucket I, MA, USA	1994	Since 1/95	357 m 1170'	7)	300 mm -2.1 m	Trench machine	1.0-1.5 m	1:45/	Low vac. wet well (3-5"HG)	1.5/4.2	700 m³/h	1.7/	0.3 m	8)	Decreases in shoreline width due to storm events. Shoreline erosion rate in the treated areas has been reduced compared to untreated areas
Lighthouse S Nantucket I, MA , USA	1994	Since 1/95	309 m 1015'	7)	300 mm -2.1 m	Trench machine	1.0-1.5 m	1:6/	2)	0.6/3.2	1400 m³/h	1.8/	0.3 to 1.3 m	8)	
Lighthouse N Nantucket I, MA, USA	1994	Since 1/95	405 m 1330'	7)	300 mm -2.1 m	Trench machine	1.0-1.5 m	1:6/	2)	0.4/3.7	1400 m³/h	3.2/	0.9 to 1.8 m	8)	
Chigasaki-Naka Beach Japan	1996	5/96 – 9/96 7/97 -	180 m 600'	10)	300 mm -2.3 m	Trench machine Sheet wall	1.6 m	1:10/	2)	0.5/4	500 m³/h	2.8/			Temporary shut down due to typhone damage. Repaired and reactivated. Shore-line stabilized. Beach level increased
Riumar, Ebro Delta Spain	1996	Since 10/96	300 m 985'	11)	160 mm -2.3 m	Backhoe W.pts.	0.2-0.4 m	1:20/	2)	0.2/1.4	290 m³/h	0.5/	1.0		Width maintained after severe storm event Oct. 97
Hornbaek W Denmark	1996	Since 12/96	450 m 1410'	11)	160 mm -0.8 m	Plough	0.2-0.4 m	1:10/	2)	0.3/2	170 m³/h	0.1/	0.5		Width increased 0-5 m, May 1997
Hornbaek E Denmark	1996	Since 12/96	530 m 1650'	11)	160 mm -1.5 m	Plough	0.2-0.4 m	1:20	2)	0.3/2	325 m³/h	0.3/	1.0		
Ystad Sweden	1998	Since 3/98	200 m 656'	11)	160 mm -1.5 m	Plough	~ 1.0 m	1:15/	2)	0.3/3	240 m³/h	0.8/	1.0		Accretionary trend on the lee side of the 90 metres long groyne.
Hitotsumatsu Beach Japan	1998	Since 6/98	800 m 2490'	12)	300 mm -2.4	Trench machine	~ 2.0 m	1:20	2) 2 separate wet wells	0.25/2	2 x 300 m³/h				Accretionary trend. Beach level increased. 200 metres foreshore treated by 4 drain structures in parallel.
Les Sables d'Olonne France	1999	Since 4/99	300 m 985'	11)	160 – 215 – 280 – 355 – 470 mm -1.2	Trench machine	3.4 m mean	1:70	2)	0.25/3	250 m³/h				Accretionary trend and foreshore dry up in the drain zone.

[1] Epoxy cemented filter sand around PVC perforated pipe
[2] Gravity wet well with pressure discharge pipe
[3] Horizontal wellpoints with epoxy cemented sand filter attached to PVC pipe
[4] Inlet/mole south of system can add 1 knot to littoral current
[5] Flexible perforated corrugated pipe with filter sand and geotextile cover (at bottom side)
[6] Perforated PVC pipe with gravel wrapped in geotextile
[7] Flexible PE perforated corrugated pipe with geotextile stocking
[8] Tide induced littoral current less severe to 3 knots max.
[9] Tide induced littoral current less severe to 1-2 knots max.
[10] Flexible perforated corrugated pipe with filter gravel 90 m and without filter gravel 90 m
[11] Flexible perforated corrugated pipe with geotextile stocking and filter gravel

รูปที่ 3-22 (1) แบบจำลองการติดตั้งระบบ Draining Construction Method



รูปที่ 3-22 (2) แบบจำลองการติดตั้งระบบ Draining Construction Method

เอกสารอ้างอิง

Barber, D.C., D.F. Belknap, S.M. Dickson, and J.T. Kelley, 1993. ***Depositional History and Modern Sand Budget, Saco Bay, Maine,*** GSA Abstracts w/ Programs,25-6: A125.

Barber, D.C., R.S. Young,and O.H. Pilkey, 1991. ***Alteration of Barrier Island Morphology by Ungulate Grazing: Cedar Island***, Pamlico Sound, North Carolina. GSA Abstracts w/ Programs, 23-1: A62.

D.H. Bache and I.A. MacAskill, ***Vegetation in Civil and Landscape Engineering,*** Granada Publishing, London, England, 1984.

Donny Barber, Kevin DuBois, and Gordon Labedz, ***Seawalls Mean Death to the Beach,***

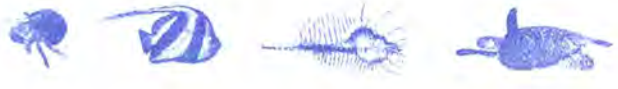
http://ucsub.colorado.edu

Fort Collins, ***Agroforestry and Sustainable Systems***, Paper presented at symposium, August 1994.

Gary W. Wells is Landscape Architect, ***USDA Soil Conservation Service,*** Midwest National Technical Center, located at Lincoln, NE.

H. Schiechtl, ***Bioengineering for Land Reclamation and Construction,*** The University of Alberta Press, Alberta, Canada, 1980.

Hans Vesterby, ***Beach Drainage State of The Art,*** Wallingford Training Seminar on Shoreline Management Techniques, 18 April 1996.



J.A. Dickerson, T.L. Kelsey, C.R. Jones, D.W. Lake, and R.G. Godfrey, ***Obtaining PlantMaterials for Biotechnical Work,*** International Erosion Control Association Proceedings.

Jennifer R. Wiens, ***Effects of Tree Revetment on the Abiotic and Biotic Components in Two Kansas Streams,*** Kansas State University, 1996.

Scott L. Douglass and Bradley H. Pickel, ***The Tide Doesn't Go Our Anymore - The Effect of Bulkheads on Urban Bay Shorelines,*** University of South Alabama.

USDA SCS, Engineering Field Handbook-Chapter 18, ***Soil Bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction***, USDA-SCS Washington, D.C. 1992.

Beach Management System, Danmark A/S, Worldwide patented.

Report on In-Lieu Fee Beach Sand Mitigation Program, San Diego County, January 1997.

Beach Nourishment, www.co.plam-beach.fl.us

Beach Nourishment, www.soest.hawaii.edu

Dune Restoration, www.co.plam-beach.fl.us

Groins, www.bergen.org

Low Cost Shore Protection, www.lre.usace.army.mil/shore.protection

Seawalls, www.bergen.org

Shoreline Enhancement & Restoration, www.co.plam-beach.fl.us

Streambank and Shoreline Erosion Management Measure, www.epa.gov/owow/nps/MMGI/

The Basics of Beach Nourishment for Surfrider Foundation Activists, http://ucsub.colorado.edu

ผู้สนับสนุนในการดำเนินการ

ชัยวัฒน์ จังสถิตย์

ภักดี นุ่นแก้ว

สุปรีดา เสนามาตย์

ชัวชม ไทยวุฒิพงค์

ชรินทร์ เดชโชติ

อรุณ ทรัพย์ประเสริฐ

นุจรีย์ เติมงาม

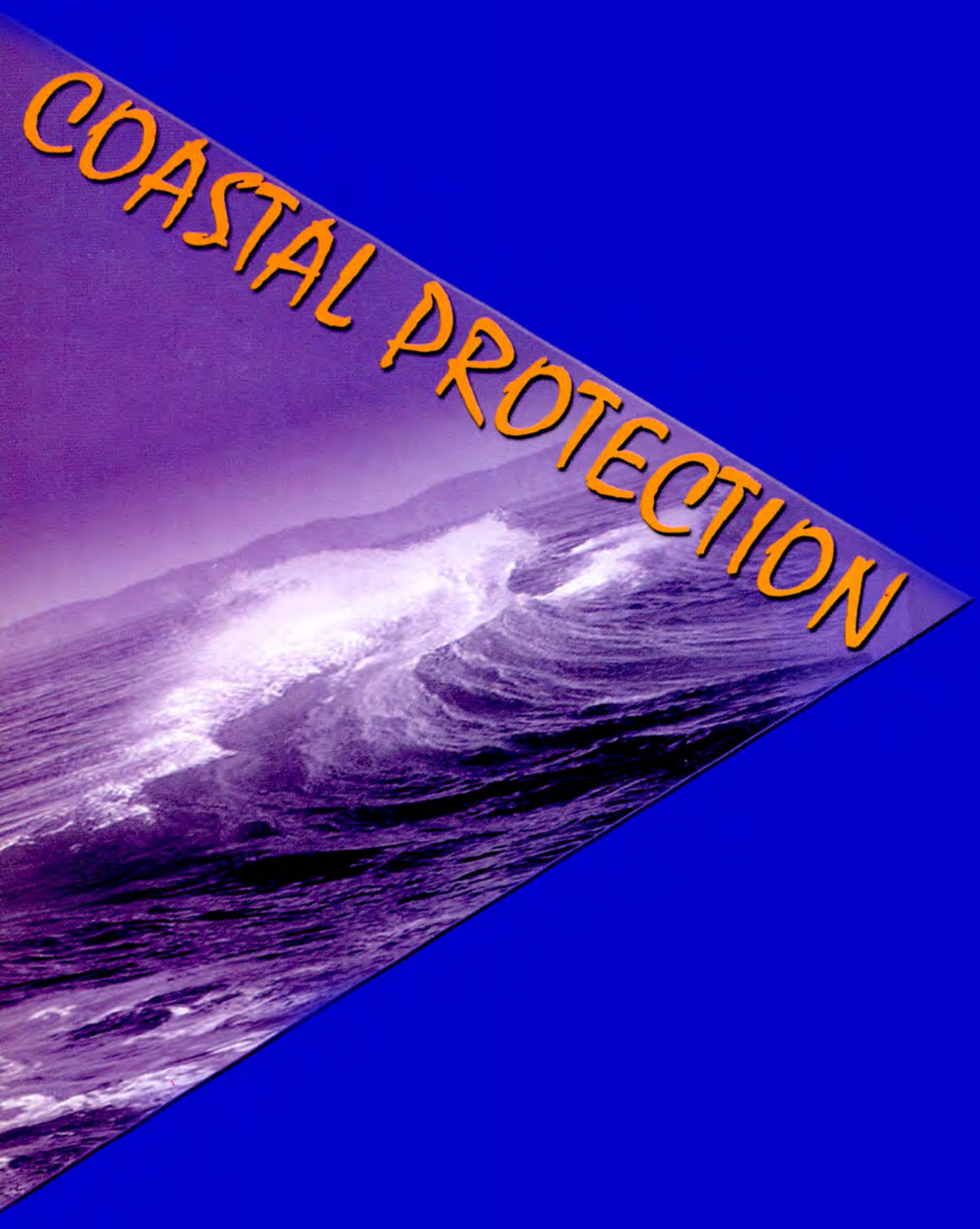
ทศกร เอื้อสุขสถาพร

ยศนันท์ โสภิตภักดีพงษ์

ทวีสิทธิ์ เพ็ญรัศมีพูนสุข

พรพิมล ศิริมัย

COASTAL PROTECTION



สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม
www.oepp.go.th

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
www.environnet.in.th