การกัดเซาะของหน้าผาชายฝั่งบริเวณบ้านฝั่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

นาย ศุภกร เทกมล

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี

ภาควิชา ธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

Erosion of cliffed coast at Ban Fang Daeng,

Changwat Prachuap Khiri khan

Mr. Supakorn Takamol

A report submitted in partial fulfillment ff the requirement for degree of bachelor of scince

Department of geology, Chulalomgkorn University

Academic year 2017

หัวข้อโครงงาน การกัดเซาะของหน้าผาชายฝั่งบ้านฝั่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

โดย นาย ศุภกร เทกมล สาขาวิชา ธรณีวิทยา

อาจาร์ยที่ปรึกษาโครงงานหลัก อ.ดร สุเมธ พันธุวงค์ราช

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

_____

(อาจารย์ ดร.สุเมธ พันธุวงค์ราช)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

Project Title Erosion of cliffed coast at Ban Fang Daeng,Changwat Prachuap Khiri khan

ByMr.Supakorn Takamol Field Study Geology

Project Advisor Dr.Sumet Phantuwongraj

Submitted Date.....

Approval Date.....

_____

Project Advisor

นาย ศุภกร เทกมล : การกัดเซาะของชายฝั่งหน้าผาบริเวณบ้านฝั่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์.
(EROSION OF CLIFFED AT BAN FANG DAENG, CHANGWAT PRACHUAP KHIRI KHAN)
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : ดร. สุเมธ พันธุวงค์ราช .,46 หน้า

ในปัจจุบันพื้นที่ชายฝั่งของประเทศไทยประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำทางธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นกระแสน้ำชายฝั่ง คลื่นลมพายุมรสุมประจำฤดู หรือ การกระทำของมนุษย์ที่ทำให้เกิดความเสียหายบริเวณชายฝั่ง ซึ่งพื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านฝั่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีลักษณะเป็นชายฝั่งหน้าผาของชั้นหินทรายสลับชั้นกรวดมน ในปัจจุบันบริเวณหน้าผาชายฝั่งพบร่องรอยของการถล่มของชั้นตะกอนพบกองหินที่เกิดจากการถล่มจำนวนมาก การปริแตกที่ผิวของชั้นตะกอนในแนวดิ่งและร่องรอยการกัดเซาะที่ฐานของหน้าผาจากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาลักษณะการกัดเซาะที่เกิดขึ้นเพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ของการกัดเซาะกับลักษณะวิทยาหิน (lithology) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในพื้นที่เพื่อให้รู้และเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาจากการออกภาคสนามโดยทำการข้อมูลวิทยาของหินและโครงสร้างทางธรณีวิทยาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยเทคนิคซ้อนทับ (Overlay)โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในช่วงปีพ.ศ. 2509 - 2560 จากการศึกษาสามารถแบ่งลักษณะของธรณีสัณฐานที่เกิดจากการกัดเซาะได้ 6 บริเวณดังนี้ 1).ลักษณะการถล่มของชั้นดิน 2).ลักษณะชายฝั่งที่ถูกควบคุมด้วยโครงสร้างทางธรณีวิทยาแสดงลักษณะเป็นชายฝั่งเว้าแหว่ง 3).ลักษณะที่มีกระบวนการของรอยเลื่อนและกระบวนการแปรสภาพ (Alteration) 4).ลักษณะวิทยาของหินเป็นชั้นที่เป็นพวกตะกอน ละเอียด แสดงลักษณะการกัดเซาะในแนวดิ่งจากน้ำฝน 5).ลักษณะการหล่นของหินที่เกิดจากการกัดเซาะในแนวราบ6).ลักษณะของชั้นศิลาแลง และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งชายฝั่งหน้าผาบ้านฝั่งแดงแสดงลักษณะการกัดเซาะอย่างเนื่องโดยพบว่าบริเวณที่มีการกัดเซาะสูงได้แก่บริเวณที่ 2 และ 3 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการกัดเซาะคือโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ประกอบไปด้วย รอยแตก ระบบรอยแตก และ รอยเลื่อน ซึ่งทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างไม่ต่อเนื่องในเนื้อหินมีผลต่อค่าความทนทานในเนื้อหินซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกัดเซาะของชายฝั่งหน้าผาบ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ภาควิชา.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....
ปีการศึกษา.....

Mr .Supakorn Takamol : EROSION OF CLIFFED AT BAN FANG DAENG,
CHANGWAT PRACHUAP KHIRI KHAN
Advisor : Dr.Sumet Phantuwongraj .,46 pp

In present costal area of Thailand were suffered from the coastal ersion problem which resulted from natural processes (strong wave, strome surge and longshore current), and human activity (construction at the coast). The study area ,Ban Fang Daeng PRACHUAP KHIRI KHAN province is characterized as a cliffed coast which consist of red bed sandstone and conglomerate sandstone include sand bed and gravel bed. Along the cliff, evidences of coastal erosion such as notch, sea cave, sea stack, wave-cut platefrom, and rock fall were exhibited through the area.So.researcher interesting in the controlling factor of cliff erosion in this area which may result from the lithology and structure of the rock at Fang Daeng cliffed coast. This study will investigate the lithology and structure of rock at cliffed coast and relative changing of geomorphology of cliffe at Ban Fang Daeng for learn and understand this problem.

Form the results of study by lithology and stucture data. From the filed From the filed and result of coastline change from years 1966-2017 by remote sensing interpretation, the cliffed coast can be divided into 6 zone base on the different erosional geomprphology. 1) land slide 2) indented coast 3) Fault zone and Alterlation country rock 4) fine-grined sediment shows vertical erosion by precipitation 5) rock fall 6) laterlite layer .From remote sensing interpretation, this cliffed coast characterized as erosional coastline which the highest area of erosion rate are at zone 2 and zone 3. As zone 2 and 3 were characterized as idented coast and fault, which result from fracture joint and fult therefore, the major factors that control the erosion of this cliffed coast is structure and discontinuity of rock. Structure is fracture, joint and fault. Because structure is discontinues of rock. It reduce strength of rock, which is facter of erosion

Department..... Student's signature.....
Fiele of study..... Advisor's signature.....
Academic Year.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. สุเมธ พันธุวงค์ราชที่ได้ให้คำปรึกษาตลอดจนการออกภาคสนามที่ทำให้โครงงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอบพระคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้สร้างองค์ความรู้ของข้าพเจ้าตลอดมา และบุคลากรทุกคนในภาควิชา
ขอขอบคุณ นาย จิรพัฒน์ เพ็ชรหีด นาย ณัฐภัทร คารวะ และ นาย ชยุตถ์ แสงสุวรรณ ที่ให้ความช่วยเหลือในการออกภาคสนาม

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยจอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

สารบัญเนื้อหา **หน้า**

บทคัดย่อ.....ก

Abstract.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

บทที่ 1 บทนำ (Introduction).....1

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....1

บทที่ 2 พื้นที่ศึกษา (Study area).....2

2.1 ลักษณะภูมิศาสตร์.....2

2.1.1 ขนาดและที่ตั้ง.....2

2..1.2 ลักษณะภูมิประเทศ.....2

2.1.3 ลักษณะภูมิอากาศ.....2

2.2 สภาพธรณีวิทยา.....3

2.2.1 สภาพธรณีวิทยาทั่วไปจังหวัดประจวบคีรีขันธ์.....3

2.2.2 สภาพธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา.....3

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology).....6

3.1 วิธีการดำเนินการ.....6

3.1.1 ศึกษาข้อมูลพื้นที่ศึกษา.....6

3.1.1.1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูลพื้นที่.....6

3.1.1.2. เก็บข้อมูลภาคสนาม.....6

3.1.1.2.1. ศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษา.....6

3.1.1.2.2. ศึกษาลักษณะวิทยาหินและโครงสร้าง.....6

(ชั้นหิน, รอยแตกและระบบรอยแตก)

3.1.1.2.3. ศึกษาการกัดเซาะในแต่ล่ะบริเวณ.....6

3.1.2.วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง.....6

3.1.2.1. ทำการหาพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะโดยใช้โปรแกรม ArcGIS.....6

3.1.3.อภิปรายสรุปผล.....6

3.1.4.นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปแบบรูปเล่มรายงาน.....7

3.2.การรวบรวมข้อมูล.....8

3.2.1.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....8

สารบัญเนื้อหา **หน้า**

3.2.2.การรวบรวมข้อมูลภาพ....9

3.2.3 การสำรวจภาคสนาม....10

3.2.3.1.ศึกษาลักษณะของชายฝั่งหน้าผา....10

3.2.3.2.ศึกษาลักษณะวิทยาของหินและโครงสร้าง....11

3.2.3.3.ศึกษาการกัดเซาะในแต่ล่ะบริเวณ....13

3.3.การวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ....13

3.3.1.การวิเคราะห์ลักษณะวิทยาของหิน....13

3.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา....15

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่าย....15

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Result and Interpretation)....16

4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสภาพธรณีวิทยา....16

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะชายฝั่ง....16

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะวิทยาของหิน....18

4.1.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างธรณีวิทยา....21

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการกัดเซาะชายฝั่ง....23

4.2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง....32

บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (Discussion and Conclusion)....34

5.1 การกัดเซาะหน้าผาชายฝั่งและอัตราการเปลี่ยนแปลง....34

5.2 วิวัฒน์การเปลี่ยนแปลงของลักษณะธรณีสัณฐาน....35

5.3 สรุปผลการศึกษา....38

เอกสารอ้างอิง....39

ภาคผนวก....41

สารบัญรูป

สารบัญรูป **หน้า**

รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์....4
รูปที่ 2.2 แผนที่ภูมิประเทศ L7018 บริเวณพื้นที่ศึกษา....5
บ้านฝั่งแดง อำเภอบางสะพานน้อยจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์
รูปที่ 3.1 แสดงการศึกษาการกัดเซาะชายฝั่ง....9
ของชายฝั่งหน้าผาบ้านฝั่งแดง (สิน สินสกุลและคณะ,2544)
รูปที่ 3.2 หลักฐานการกัดเซาะที่เกิดจากกระบวนการชายฝั่ง....10
รูปที่ 3.3 ลักษณะของน้ำในชั้นหินที่มีผลต่อความทนทานของหน้าผาชายฝั่ง....10
รูปที่ 3.4 แสดงจุดที่ทำการศึกษาเก็บข้อมูล....11
รูปที่ 3.5 แสดงการศึกษาลักษณะวิทยาของหินเพื่อทำลำดับชั้นหิน....12
เพื่อศึกษาสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่
รูปที่ 3.6 แสดงเก็บข้อมูลลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาความไม่ต่อเนื่องของชั้นหิน....12
รูปที่ 3.7 แสดงถ้ำทะเล (sea cave) ในชั้นหินกรวดมน (Conglomerate)....13
รูปที่ 3.8 แสดงการใส่ข้อมูลลำดับชั้นหินในโปรแกรม Sed Log....13
รูปที่ 3.9 แสดงจุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง FD-1 เพื่อหาแร่ที่มีผลต่อปัจจัยในการกัดเซาะ....14
รูปที่ 3.10 แสดงการเตรียมตัวอย่างผงสำหรับการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRD....14
รูปที่ 3.11 แสดงเครื่อง XRD (X-Ray Diffract meter) รุ่น Model D8 Advance....15
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งแบบสึกกร่อน....16
A รอยเว้า (notch)และเกาะหินโด่ง (sea stack),
B หินราบ(platform),C ถ้ำทะเล (sea cave), D สัน (ridge), E หินถล่ม
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของน้ำในชั้นหินที่ไหลออกมาซึ่งมีผลต่อความทนทานของหิน....18
รูปที่ 4.3 แสดงหอประปาหมู่บ้าน และบ้านเรือน บนชายฝั่งหน้าผา....18
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะการลำดับชั้นหินของสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่....19
มีการแทรกสลับของหินทรายหยาบกับชั้นกรวดมน
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะชั้นหินเฉียงระดับ (Cross bedding)....19
รูปที่ 4.6 แสดงค่าโครงสร้างไม่ต่อเนื่อง(รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน)....21
และลักษณะการกัดเซาะที่แสดงลักษณะเป็นสัน
รูปที่ 4.7 แสดงค่าโครงสร้างไม่ต่อเนื่อง(รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน....22
รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะธรณีสัณฐานของบริเวณหน้าผาชายฝั่งบ้านฝั่งแดง....23
รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะการถล่มของชั้นหินกรวดมนบริเวณด้านบน....24
รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะของชายฝั่งเว้าแหว่ง....25

สารบัญรูป **หน้า**

รูปที่ 4.11 แสดงลำดับวิวัฒนาการของลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งเว้าแหว่ง.....26
รูปที่ 4.12 ลักษณะของรอยเลื่อนปกติ.....27
รูปที่ 4.13 ลักษณะของสายแร่ควอตซ์ในหิน และลักษณะการแปรสภาพบริเวณชายฝั่งหน้าผา.....27
รูปที่ 4.14 ลำดับชั้นหิน และลักษณะการกัดเซาะจากน้ำฝนและระดับชั้นน้ำในหิน.....28
รูปที่ 4.15 การพัฒนาของรอยแตกบริเวณด้านบน Tetsuyu Kogure และคณะ,2006.....29
รูปที่ 4.16 ลักษณะการถล่มของชั้นหิน และลำดับชั้นหินของบริเวณพื้นที่ศึกษา.....30
รูปที่ 4.17 ลักษณะของกระบวนการน้ำในชั้นหิน และการกัดเซาะในแนวราบ.....30
รูปที่ 4.18 ลักษณะของชั้นศิลาแลงที่แสดงลักษณะความทนทานที่แตกต่างกัน.....31
รูปที่ 4.19 ร่องรอยของแร่ออกไซด์ที่เคลือบบริเวณพื้นผิว.....31
รูปที่ 4.20 ระยะการกัดเซาะของหน้าผาชายฝั่งเทียบกับเส้น Base line ตั้งแต่ปี พ.ศ.2509-2560.....32
รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2509-2560.....33
รูปที่ 5.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปี พ.ศ.2509-2560.....34
รูปที่ 5.2 กระบวนการกัดเซาะด้วยเกลือ (Salt weathering).....35
รูปที่ 5.3 แสดงลำดับวิวัฒนาการของลักษณะธรณีสัณฐานของชายฝั่งหน้าฝั่ง.....36

สารบัญแผนภูมิ

สารบัญแผนภูมิ **หน้า**

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....7
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะ,Sunamaru,1983.....8
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงแผนภูมิกุหลาบ (Rose Diagram).....22

สารบัญกราฟ

สารบัญกราฟ **หน้า**

กราฟที่ 4.1 แสดงพื้นที่ใต้กราฟของ ตัวอย่าง FD-1 และ FD-2.....20

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง **หน้า**

ตารางที่ 4.1 แสดงร้อยล่ะของแร่ในตัวอย่าง FD-1 และ FD-2.....20

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจ

ปัจจุบันพื้นที่ชายฝั่งด้านอ่าวไทยเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของไทย เป็นบริเวณที่ทำการท่องเที่ยวที่สำคัญ การเป็นท่าเรือที่ใช้ในการขนส่ง แต่ในปัจจุบันในหลายๆพื้นที่ของชายฝั่งโดยรวมของประเทศไทยไม่ว่าจะเป็นบริเวณอ่าวไทยหรืออันดามันกำลังประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำทางธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นจากกระแสน้ำชายฝั่ง หรือจากลมพายุมรสุมประจำฤดูหรือเป็นผลที่มาจากการกระทำของมนุษย์ ที่ทำให้เกิดความเสียหาย

พื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านฝั่งแดงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีลักษณะเป็นชายฝั่งหน้าผาของชั้นหินทรายสลับชั้นกรวดมน จากการศึกษาของมนตรี ชูวงษ์ และคณะ ,2557 ได้ให้บริเวณนี้เป็นแหล่งที่ท่องเที่ยวทางธรณีที่น่าสนใจ มีความสำคัญทางการท่องเที่ยวและการศึกษาในทางด้านธรณีวิทยา และจากการศึกษาของ สินสินสกุลและคณะ,2544 ได้ให้บริเวณนี้มีลักษณะเป็นชายฝั่งหินที่มีการกัดเซาะปานกลาง 1-5 เมตรต่อปี ในปัจจุบันบริเวณหน้าผาชายฝั่งพบร่องรอยของการถล่มของชั้นตะกอนพบกองหินที่เกิดจากการถล่มจำนวนมาก การปริแตกที่ผิวของชั้นตะกอนในแนวดิ่งและร่องรอยการกัดเซาะที่ฐานของหน้าผาจากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ผู้วิจัยต้องการศึกษาลักษณะการกัดเซาะที่เกิดขึ้นเพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ของการกัดเซาะกับลักษณะวิทยาหิน (lithology) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในพื้นที่เพื่อให้รู้และเข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1. ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของหน้าผาชายฝั่งทะเลบริเวณบ้านฝั่งแดงระหว่างปี พ.ศ.2509-พ.ศ.2559

1.2.2. ศึกษาความสัมพันธ์ของการกัดเซาะกับลักษณะวิทยาหินและโครงสร้าง (ชั้นหิน,รอยแตก และระบบรอยแตก) ของชายฝั่งหน้าผา

1.3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของหน้าผาชายฝั่งทะเลบริเวณบ้านฝั่งแดงระหว่างปีพ.ศ.2509-2560

1.3.2. ความสัมพันธ์ของการกัดเซาะกับลักษณะวิทยาหินและโครงสร้าง(ชั้นหิน,รอยแตกและระบบรอยแตก) ของชายฝั่งหน้าผา

1.3.3. อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งหน้าผา

บทที่ 2 พื้นที่ศึกษา (Study Area)

จากข้อมูลการศึกษา การจำแนกเขตเพื่อการจัดการทางด้านธรณี และทรัพยากรธรณี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์,กรมทรัพย์ยากรธรณี,2551

2.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

2.1.1 ขนาดและที่ตั้ง

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์เป็นจังหวัดหนึ่งใน 25 จังหวัดภาคกลางของประเทศไทยอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 12 องศา 31 ลิบดาเหนือ เส้นแวงที่ 99 องศา 9 ลิบดาตะวันออก กับ 100 องศา 1 ลิปดาตะวันออก ความยาวจากทิศเหนือจดทิศใต้ประมาณ 212 กิโลเมตร และชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 224.8กิโลเมตร มีส่วนแคบที่สุดของประเทศอยู่ในเขตตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จากอ่าวไทยถึงเขตแดนพม่าประมาณ 12 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 6,367.62 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3,979,762.50 ไร่ มีอาณาเขตติดต่อจังหวัดใกล้เคียงและประเทศเพื่อนบ้าน ดังนี้
ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอชะอำ อำเภอท่ายางและอำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี
ทิศใต้ เขตอำเภอปะทิวและอำเภอท่าแซะจังหวัดชุมพร
ทิศตะวันออก ติดกับอ่าวไทย
ทิศตะวันตก ติดกับสาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า

2.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ พื้นที่ภูเขาและพื้นที่ราบชายฝั่งทะเล ลักษณะภูมิประเทศจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีความลาดเอียงจากทิศตะวันตก ซึ่งเป็นเทือกเขาตะนาวศรีลงสู่ด้านตะวันออกซึ่งเป็นอ่าวไทย และมีเทือกเขาและภูเขากระจัดกระจายทั่วไปทั้งบริเวณชายฝั่งทะเล และบริเวณส่วนกลางของพื้นที่จังหวัด เทือกเขาที่สำคัญได้แก่ เทือกเขาสามร้อยยอด ซึ่งมีความสูงโดยเฉลี่ยของเทือกเขาด้านตะวันออกประมาณ 750 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลสูงสุด 1,215 เมตร ต่ำสุด 306 เมตร ส่วนความสูงจากระดับน้ำทะเลแถบชายฝั่งตะวันออกโดยเฉลี่ยประมาณ 1-5 เมตร ทางด้านตะวันตกของจังหวัดมีลักษณะเป็นป่าตลอดแนวเขตจังหวัด มีแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญคือ แม่น้ำปราณบุรี มีแม่น้ำ ห้วย ลำธาร คลอง 266 สาย

2.1.3 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ได้รับอิทธิพลของเขตมรสุมร้อนชื้น อากาศโดยทั่วไปไม่ร้อนไม่หนาวจนเกินไป ความชื้นเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง เนื่องจากอยู่ใกล้ทะเล อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี28.6 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ยตลอดทั้งปี 72% ปริมาณน้ำฝน 734.50 มิลลิเมตร จำนวนวันที่มีฝนตก 44 วัน แบ่ง

ฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดู คือ
1)ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึง กลางเดือนพฤษภาคม
2)ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม
3)ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม ถึง กลางเดือนกุมภาพันธ์

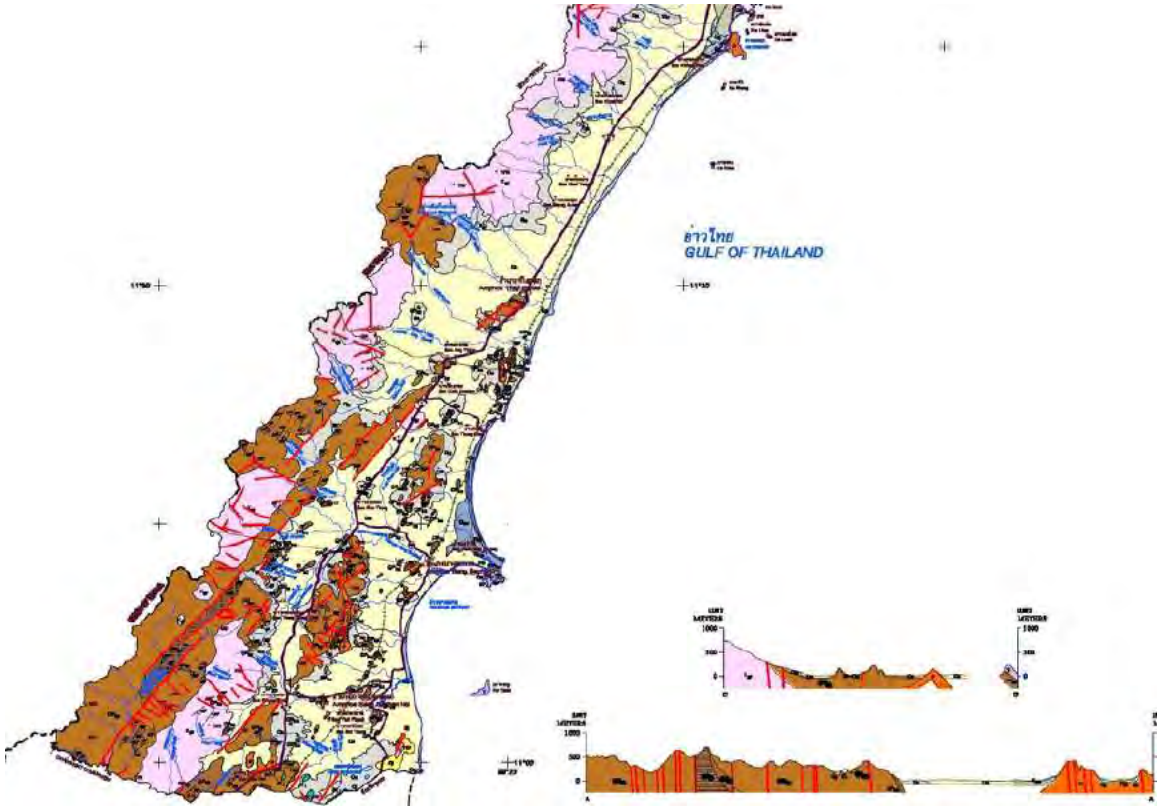
2.2 สภาพธรณีวิทยา

2.2.1 สภาพธรณีวิทยาทั่วไปจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

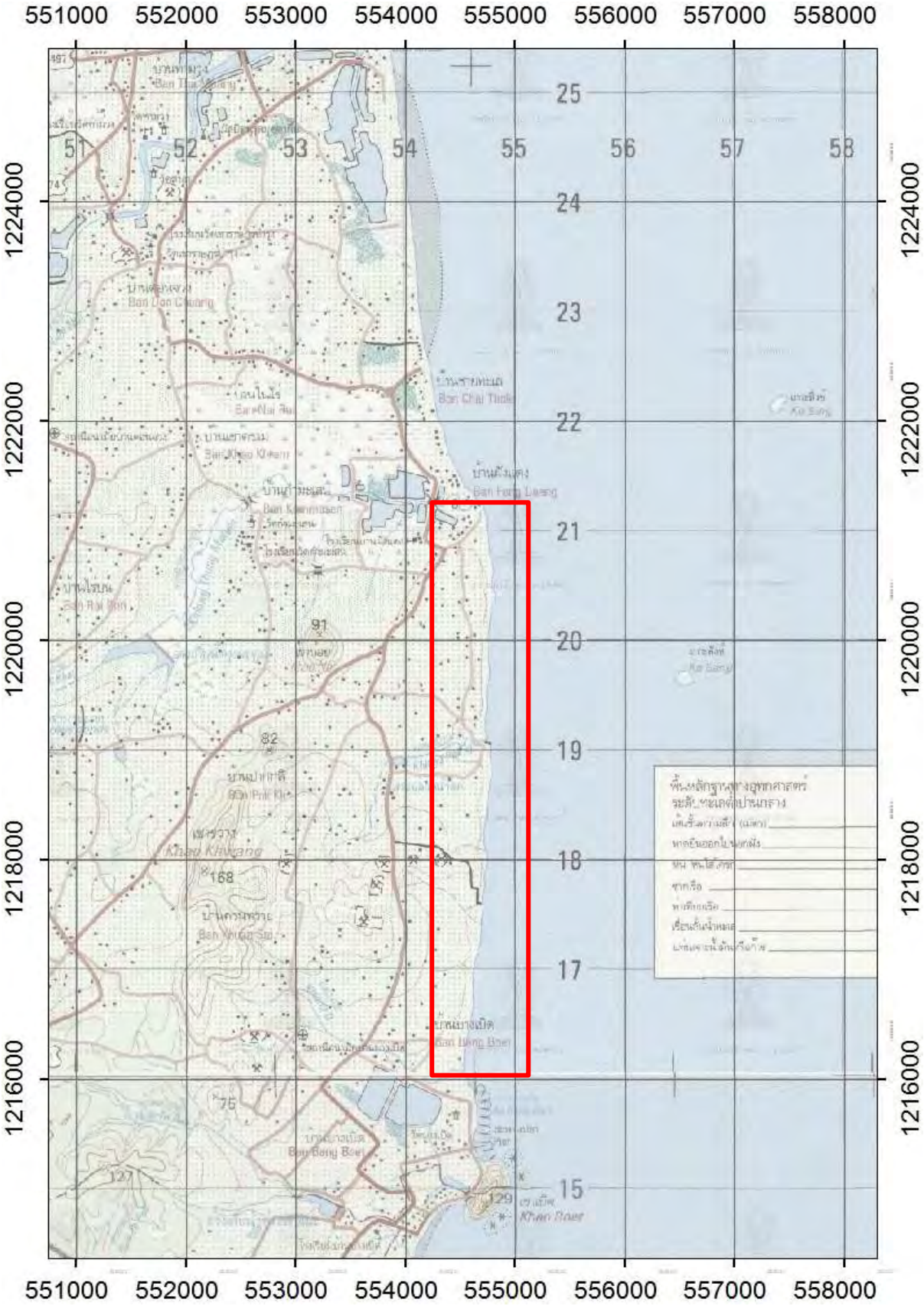
ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดเอียงจากทิศตะวันตก ซึ่งเป็นเทือกเขาตะนาวศรีอันเป็นเทือกเขากั้นระหว่างพรมแดนไทยกับพม่าลงสู่ด้านตะวันออก ซึ่งเป็นอ่าวไทย และมีเทือกเขาและภูเขากระจัดกระจายทั่วไป บริเวณเทือกเขาตะนาวศรีมีหินอัคนีชนิดหินแกรนิตเป็นหินฐานแกนกลางซึ่งส่วนใหญ่อยู่ติดกับหินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียน บริเวณเชิงขอบเทือกเขาด้านตะวันออก เป็นภูเขาเตี้ยและแนวภูเขาโดดที่ส่วนใหญ่ ประกอบด้วยหินปูน นอกนั้นเป็นหินปูนเนื้อโดโลไมต์ หินเชิร์ต และหินโดโลไมต์ ส่วนบริเวณที่เป็นหุบเขา ที่ราบ และที่ลุ่ม เป็นตะกอนน้ำพา และตามบริเวณชายฝั่งมีการสะสมตัวของตะกอนยุคควอเทอร์นารีพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์รองรับด้วยหินแข็งอายุมากกว่า 570 ล้านปี จนถึงตะกอนปัจจุบัน โดยร้อยละ 40 รองรับด้วยหินแข็งจำพวกหินชั้น และหินแปร ร้อยละ 15 เป็นหินอัคนี และร้อยละ45 เป็นตะกอนปัจจุบัน สามารถจำแนกย่อยเป็นหินชั้นและหินแปร 12 หน่วยหิน หินอัคนี 3 หน่วยหิน และตะกอนร่วน 7 หน่วยตะกอน

2.2.2 สภาพธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจภาคสนาม จากการเทียบลักษณะทางด้านวิทยาของหินสามารถเทียบเคียงได้กับหินยุคไทรแอสซิก (Tr)หมวดหินแม่รำพึง ประกอบด้วยหินทรายสีน้ำตาลแกมแดง เนื้อละเอียดถึงปานกลาง เม็ดแร่เหลี่ยม การคัดขนาดดี เป็นแถบชั้นบางถึงชั้นหนา สลับด้วยหินกรวดมน กรวดประกอบด้วย หินทรายควอร์ต และหินดินดาน กรวดกึ่งกลมถึงกลม วัสดุประสานเป็นทรายและทรายแป้ง ตอนล่างเป็นหินกรวดมนฐานกรวดประกอบด้วยหินปูนรูปร่างเหลี่ยม หินทรายและควอร์ต รูปร่างกึ่งกลมถึงกลม วัสดุประสานเป็นทรายและทรายแป้งสีแดง หมวดหินนี้อายุประมาณ 210-245 ล้านปี พบกระจายตัวเป็นหย่อมๆเล็กน้อยด้านทิศใต้ของบ้านแม่รำพึง อำเภอบางสะพาน ซึ่งติดกับอ่าวไทยชั้นหินมีการเอียงเทประมาณ 20-35 องศา ทางทิศตะวันตก และทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของบ้านทรายทอง อำเภอบางสะพานน้อย ใกล้เขตรอยต่อกับจังหวัดชุมพร และยังพบบริเวณเกาะทะลุในพื้นที่อ่าวไทย



รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่มา การจำแนกเขตเพื่อการจัดการทางด้านธรณี และทรัพยากรธรณี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์,กรมทรัพย์ยากรธรณี,2551



รูปที่ 2.2 แผนที่ภูมิประเทศ L 7018 บริเวณพื้นที่ศึกษา บ้านฝั่งแดง อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัด ประจวบคีรีขันธ์

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

3.1 วิธีการดำเนินงาน

3.1.1.ศึกษาข้อมูลพื้นที่ศึกษาโดยแบ่งเป็น

3.1.1.1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูลพื้นที่ศึกษาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย

3.1.1.2. เก็บข้อมูลภาคสนาม

3.1.1.2.1. ศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษา

3.1.1.2.2. ศึกษาลักษณะวิทยาหินและโครงสร้าง (ชั้นหิน, รอยแตกและระบบรอยแตก)

3.1.1.2.3. ศึกษาการกัดเซาะในแต่ล่ะบริเวณ

3.1.2.วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

3.1.2.1. ทำการหาพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะโดยใช้โปรแกรม ArcGIS โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล

(Overlay)จากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมตามวิธีของChoowong et al (2009), Gioacchino F. Andriani et al , (2007)

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในปี พ.ศ. 2509, พ.ศ. 2538, พ.ศ. 2546

2) แผนที่ภูมิประเทศ ลำดับชุด L 7017 ข้อมูลปี พ.ศ. 2536

3) แผนที่ภูมิประเทศ ลำดับชุด L 7018 ข้อมูลปี พ.ศ. 2543

4) ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงจากโปรแกรมจาก Google Earth ปี พ.ศ. 2554, พ.ศ. 2555, และ พ.ศ. 2557

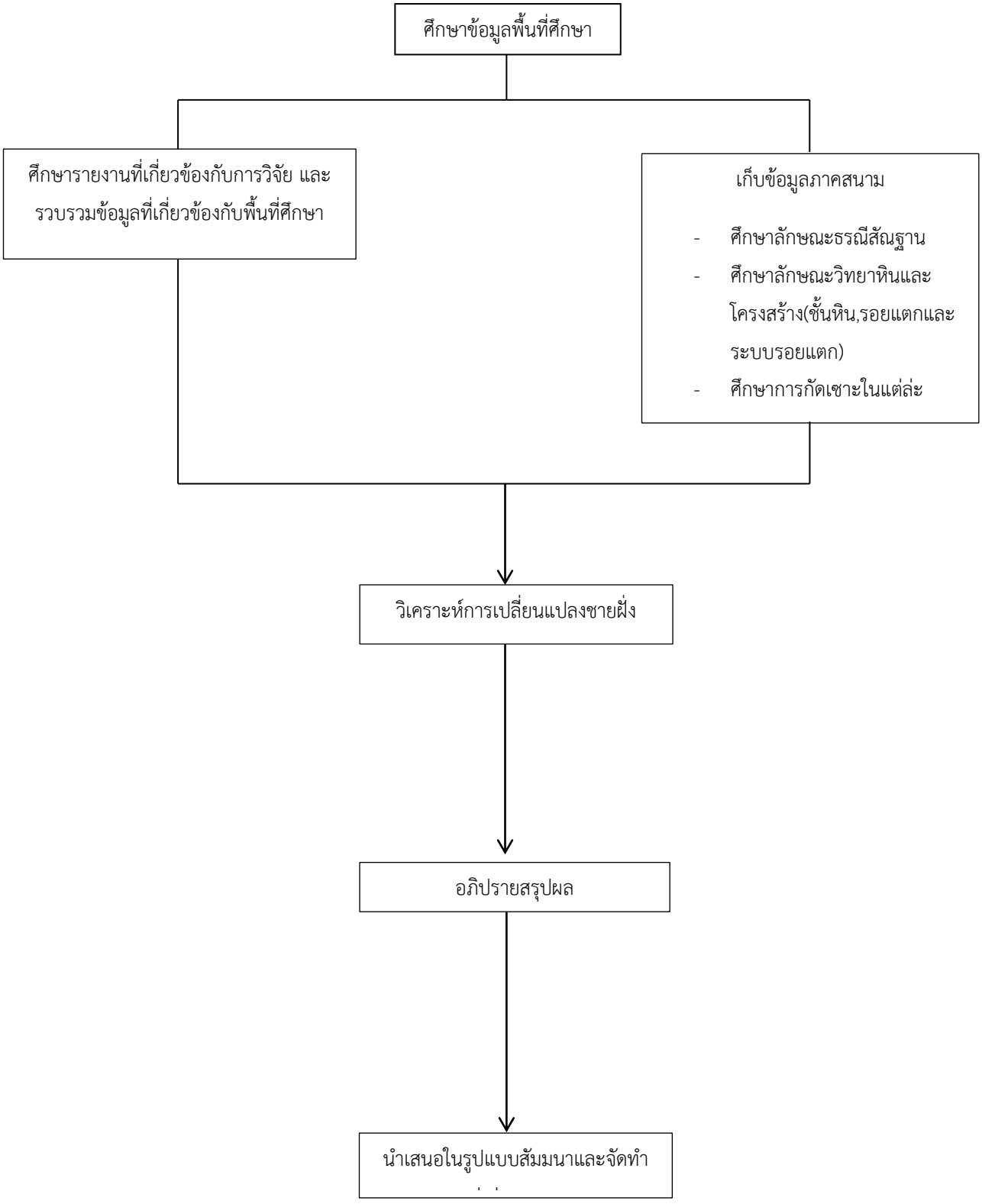
3.1.2.2.วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะวิทยาของหินและโครงสร้างเพื่อหาความสัมพันธ์กับการกัดเซาะ

3.1.3.อภิปรายสรุปผล

นำข้อมูลที่ได้จากการออกภาคสนามจากการเก็บข้อมูลลักษณะวิทยาของหินและโครงสร้าง กับ ข้อมูลที่ได้จาการแปลภาพถ่ายเพื่อหาความเปลี่ยนแปลง วิเคราะห์ความสัมพันธ์การกัดเซาะ และสรุปผล

3.1.4.นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปแบบรูปเล่มรายงาน

โดยนำผลที่สรุปจากการออกภาคสนาม และ การแปลภาพถ่ายมานำเสนอในรูปแบบรายงาน

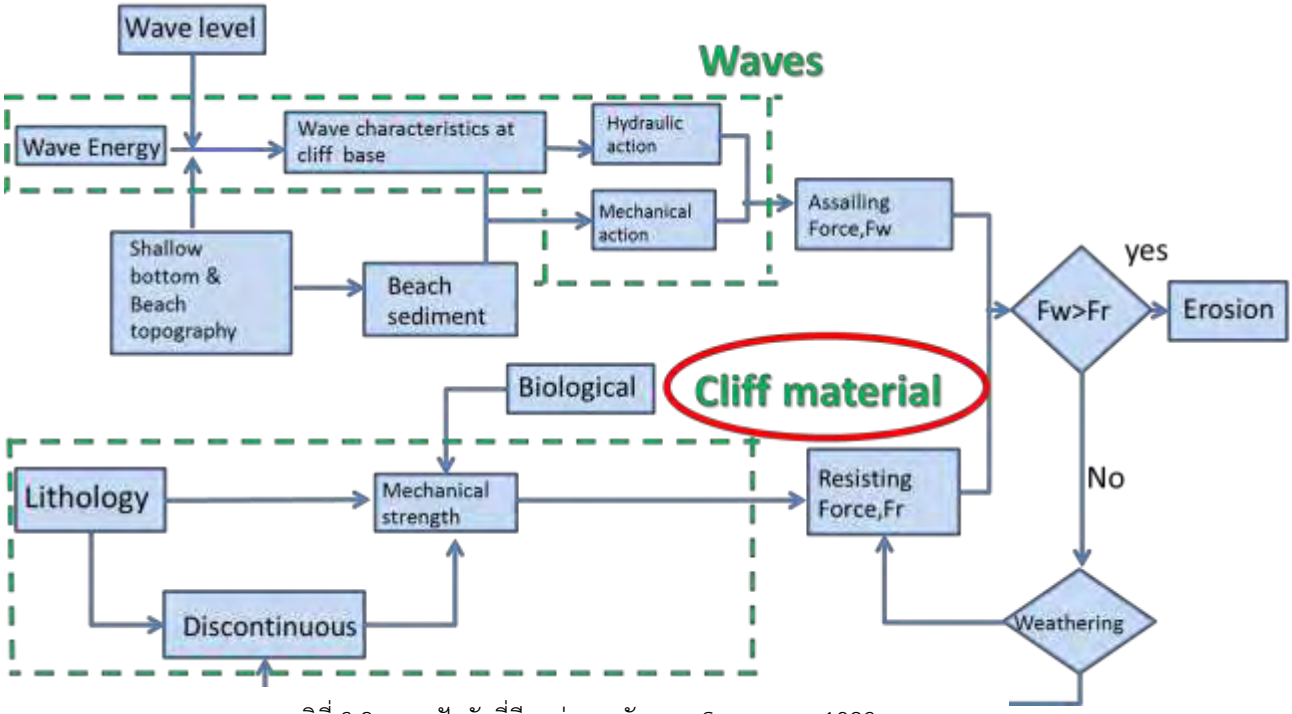


แผนภูมิที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.การรวบรวมข้อมูล

3.2.1.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

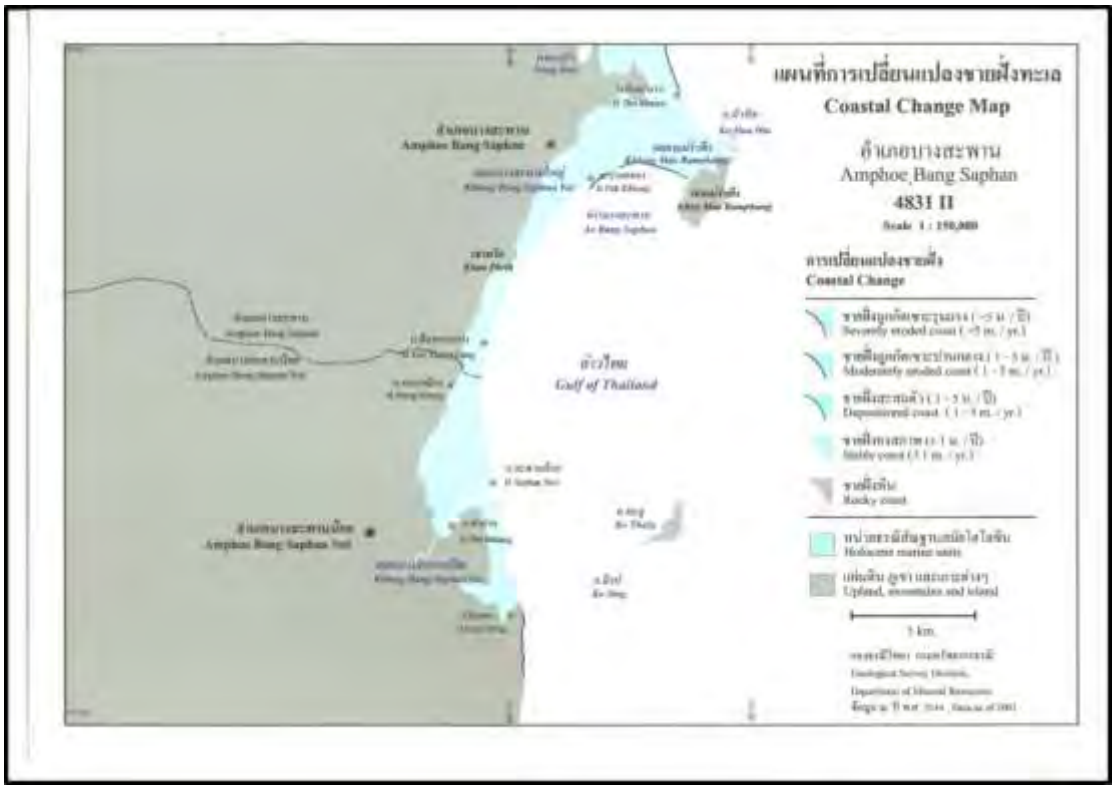
Sunamaru 1983 ได้ทำการศึกษาและจำแนกปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะ โดยคลื่นดังไดอะแกรมในแผนภูมิที่ 3.2 โดยได้จำแนกเป็น 2 ปัจจัยหลักคือแรงกระทำจากคลื่น (Fw) และแรงรับที่เกิดลักษณะของหน้าผา (Fr) ถ้า Fw > Fr จะทำให้เกิดลักษณะกัดเซาะเกิดขึ้น โดยปัจจัยของแรงรับขึ้นกับ ลักษณะวิทยาของหิน ลักษณะความไม่ต่อเนื่องของชั้นหินประกอบด้วย รอยแตก ระบบรอยแตก และรอยเลื่อน ทำให้มีผลต่อความทนทานของหิน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกจากสิ่งมีชีวิตที่ผลต่อการกัดเซาะโดยเรียกทั้งหมดว่า วัศดุของหน้าผา (Cliff material)



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะ,Sunamaru 1983

ลักษณะของหน้าผาที่มีผลต่อการกัดเซาะ (the resisting force of cliff materials) โดยค่านี้พบว่าสัมพันธ์กับความไม่ต่อเนื่องของเนื้อหิน เช่น ระนาบการวางตัว รอยร้าว แนวแตก รอยแตก และรอยเลื่อน บางที่อาจมีผลมาจากลักษณะวิทยาของหินหรือการแปรธรณีสัณฐาน ในบางพื้นที่ รอยแตก และ รอยเลื่อนเป็นตัวควบคุมความคงทน และ การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายฝั่ง (e.g. Wilson,1952; Byrne, 1964)

การศึกษาของ สิน สินสกุล และคณะ ,2544 ได้ให้บริเวณเพื้นที่บ้านฝั่งแดงเป็นชายฝั่งหินที่มีการกัดเซาะปานกลาง 1-5 เมตร ต่อปี



รูปที่ 3.1 แสดงการศึกษาการกัดเซาะชายฝั่ง ของชายฝั่งหน้าผาบ้านฝั่งแดง (สิน สินสกุลและคณะ,2544)

3.2.2.การรวบรวมข้อมูลภาพ

1) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในปี พ.ศ. 2509, พ.ศ. 2538, พ.ศ. 2546

2) แผนที่ภูมิประเทศ ลำดับชุด L 7017 ข้อมูลปี พ.ศ. 2536

3) แผนที่ภูมิประเทศ ลำดับชุด L 7018 ข้อมูลปี พ.ศ. 2543

4) ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงจากโปรแกรมจาก Google Earth ปี พ.ศ. 2554, พ.ศ. 2555, พ.ศ. 2557 และ พ.ศ.2560

เนื่องจากความละเอียดของข้อมูล แผนที่ภูมิประเทศ ลำดับชุด L7017 และ แผนที่ภูมิประเทศ ลำดับชุด L7018 มีความละเอียดของข้อมูลต่ำทำให้ไม่สามารถมานำมาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบชายฝั่งได้จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ และ ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงจากโปรแกรม Google Earth ในปี พ.ศ. 2554, พ.ศ. 2555, พ.ศ. 2557 มีปัญหาในความต่อเนื่องของข้อมูลเนื่องจากมีข้อมูลในบางช่วงที่ขาดหายซึ่งมีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูลดังนั้นไม่สามารถใช้ภาพในช่วงดังกล่าวในการวิเคราะห์ข้อมูลได้

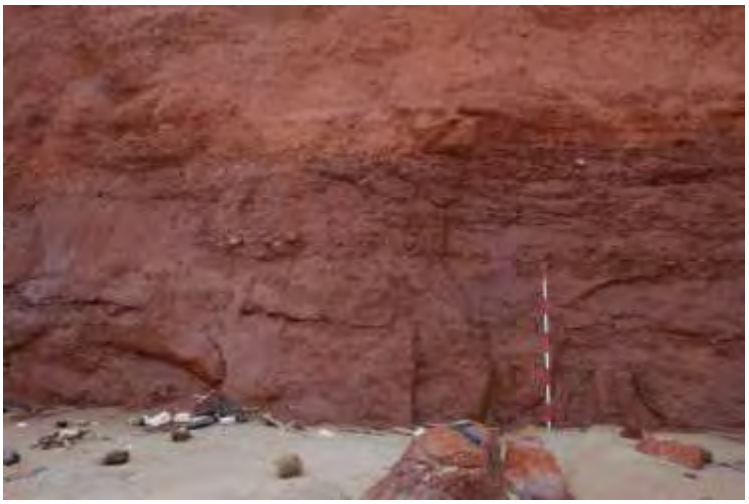
3.2.3 การสำรวจภาคสนาม

การสำรวจชายฝั่งหน้าผาบริเวณ บ้านฝั่งแดง อำเภอบางสะพานจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ระหว่างวันที่ 4-6 มีนาคม พ.ศ.2560 เพื่อเข้าตรวจสอบพื้นที่จริงตามที่ได้ศึกษารายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งเก็บข้อมูลตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานข้อมูลที่ตั้งไว้ได้ทำการเก็บข้อมูลดังนี้

3.2.3.1.ศึกษาลักษณะของชายฝั่งหน้าผา

เพื่อศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานของชายฝั่งที่เป็นตัวบ่งชี้กระบวนการชายฝั่ง หรือ กระบวนการที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการกัดเซาะในบริเวณนี้

รูปที่ 3.2 หลักฐานการกัดเซาะที่เกิดจากกระบวนการชายฝั่ง



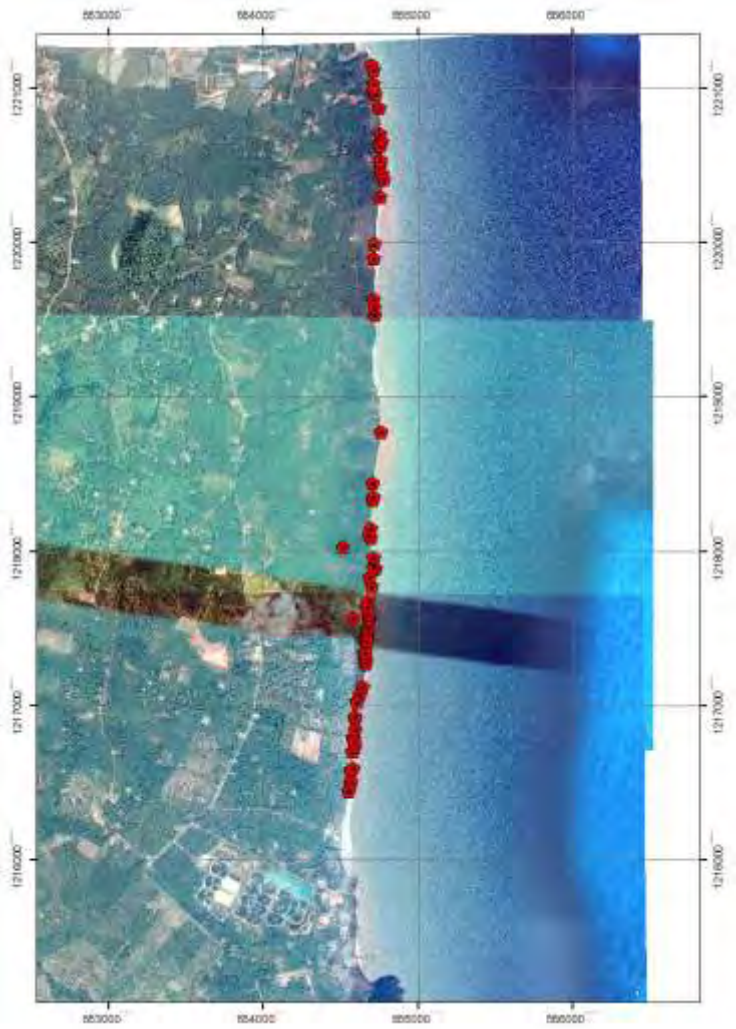
รูปที่ 3.3 ลักษณะของน้ำในชั้นหินที่มีผลต่อความทนทานของหน้าผาชายฝั่ง

3.2.3.2.ศึกษาลักษณะวิทยาของหินและโครงสร้าง

เพื่อจัดจำแนกลักษณะที่แตกต่างกันของหินแต่ล่ะชนิดเพื่อสร้างแบบจำลองของสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่ และศึกษาลักษณะของโครงสร้างของหิน(ชั้นหิน, รอยแตกและระบบรอยแตก) เพื่อดูว่ามีผลในการควบคุมปัจจัยรูปแบบการกัดเซาะธรณีสัณฐานที่พบในปัจจุบันอย่างไรโดยแบ่งเป็น

1.)การศึกษาสภาพธรณีวิทยา โดยจะทำการศึกษาตลอดแนวชายฝั่งเป็นระยะทางประมาณ 6 กิโลเมตรโดยจะทำการเก็บลักษณะของชั้นหินในแต่ล่ะจุดศึกษาเพื่อทำลำดับของชั้นหินในแต่ล่ะจุดศึกษาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ที่มีผลต่อการกัดเซาะ

2.)การศึกษาลักษณะโครงสร้างของหิน(ชั้นหิน, รอยแตกและระบบรอยแตก) โดยจำทำการศึกษาตลอดแนวชายฝั่งเป็นระยะทางประมาณ 6 กิโลเมตรโดยจะเก็บลักษณะของชั้นที่แสดงความไม่ต่อเนื่องซึ่งมีผลต่อความทนทานของชายฝั่งหน้าผาหิน เพื่อวิเคราะห์ลักษณะที่ควบคุมการกัดเซาะที่ทำให้เกิดลักษณะธรณีสัณฐานในปัจจุบัน



รูปที่ 3.4 แสดงจุดที่ทำการศึกษาเก็บข้อมูล

รูปที่ 3.5 แสดงการศึกษาลักษณะวิทยาของหินเพื่อทำลำดับชั้นหินเพื่อศึกษาสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่

รูปที่ 3.6 แสดงเก็บข้อมูลลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาความไม่ต่อเนื่องของชั้นหิน

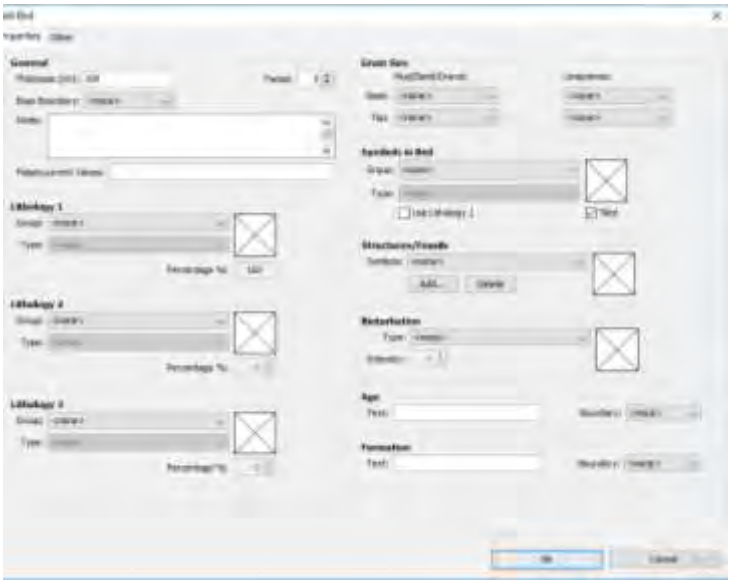
3.2.3.3.ศึกษาการกัดเซาะในแต่ล่ะบริเวณ โดยจะทำการศึกษาการกัดเซาะที่เกิดขึ้นในแต่ล่ะจุดในภาคสนาม เพื่อหาปัจจัยที่ควบคุมลักษณะธรณีสัณฐานในปัจจุบัน

รูปที่ 3.7 แสดงถ้ำทะเล (seacave) ในชั้นหินกรวดมน (Conglomerate)

3.3.การวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

3.3.1.การวิเคราะห์ลักษณะวิทยาของหิน

1) ทำการทำลำดับชั้นหินโดยใช้ข้อมูลจากภาคสนามด้วยโปรแกรม SedLog เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ลักษณะวิทยาของหินในแต่ล่ะบริเวณ



รูปที่ 3.8 แสดงการใส่ข้อมูลลำดับชั้นหินในโปรแกรม SedLog

2) ทำการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินโดยทำการเก็บตัวอย่างของหินที่มีลักษณะวิทยาของหินที่มีลักษณะวิทยาของหิน (Lithology) ภายนอกเหมือนกันแต่มีการกัดเซาะที่ไม่เท่ากันเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของแร่ที่มีปัจจัยต่อการกัดเซาะที่แตกต่างกัน ด้วยเครื่อง XRD (X-Ray Diffractometer) รุ่น Model D8 Advance เป็นเครื่องวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินโดยเครื่องที่ใช้มีคุณสมบัติดังนี้

Target/Wavelength	Cu / 1.5406
Voltage/Current	40 kV / 30 mA
Conditions	2 theta 5-70 degree, Increment 0.02 degree, scan 1s/step
Program used	Diffrac Plus software of the Bruker Analytical X-ray System
Interpreted using	Eva Program

รูปที่ 3.9 แสดง จุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง FD-1 เพื่อหาแร่ที่มีผลต่อปัจจัยในการกัดเซาะ

รูปที่ 3.10 แสดงการเตรียมตัวอย่างผงสำหรับการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRD

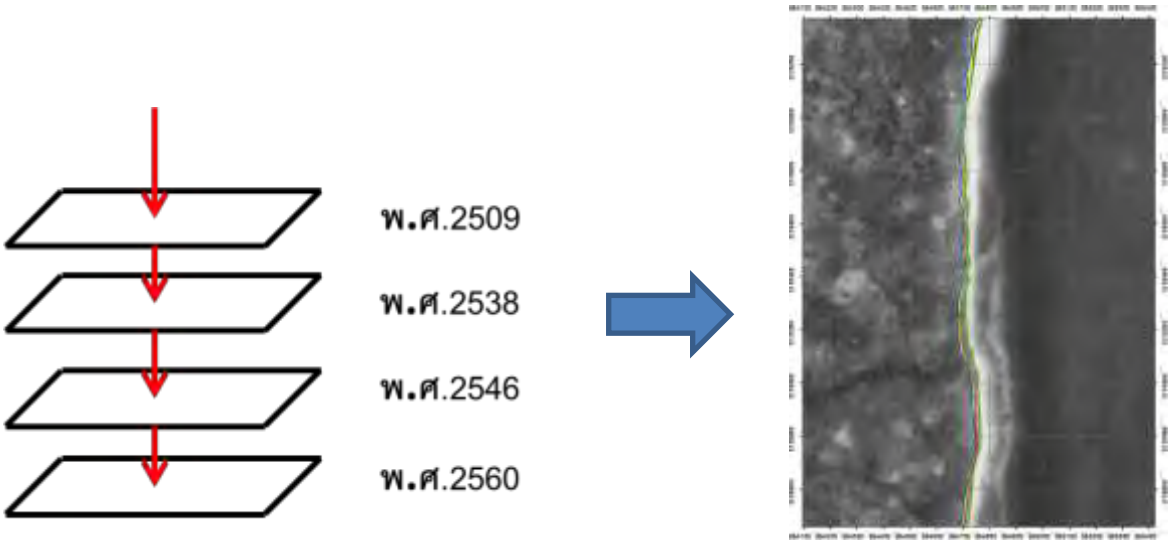
รูปที่ 3.11 แสดงเครื่อง XRD (X-Ray Diffract meter) รุ่น Model D8 Advance

3.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา

ทำการเก็บลักษณะของรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (รอยแตก, ระบบรอยแตก,รอยเลื่อน) แล้วนำมาหาค่าแนวโน้มในแผนภูมิกุหลาบ (Rose Diagram) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับการกัดเซาะที่มีผลต่อลักษณะธรณีสัณฐานในปัจจุบัน

3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่าย

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของพื้นที่ของชายฝั่งหน้าผาโดยใช้เทคนิค ซ้อนทับข้อมูล (overlay) โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ.2509 – พ.ศ.2560 จากนั้นทำการ Digitize ตามเส้นขอบหน้าผาชายฝั่งเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลง



บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Result and Interpretation)

4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสภาพธรณีวิทยา

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะชายฝั่ง

จากการสำรวจภาคสนามลักษณะของพื้นที่ชายฝั่งเป็นลักษณะพื้นที่ชายฝั่งหน้าผาหินและประกอบด้วยลักษณะของชั้นหินตะกอนมีการแทรกสลับของชั้น หินทรายขนาด ทรายละเอียด – ทรายหยาบ กับ ชั้นกรวดมน โดยเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่บริเวณทางทิศใต้พบว่ามีความสูง2-3เมตร และมีความสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึง18-20เมตรในปรเวณตอนกลางของพื้นที่และระดับความสูงค่อยลดลงจนถึงยริเวณทางตอนเหนือของพื้นที่มีความสูง3-5เมตรจนลักษณะปรากฏของชายฝั่งหน้าผาหายไปซึ่งในพื้นที่พบลักษณะการกัดเซาะ ที่เกิดจากอิทธิพลของกระบวนการชายฝั่งได้แก่ รอยเว้า (notch) ,ลานหินราบ(platform), ถ้ำทะเล (sea cave) , เกาะหินโด่ง (sea stack) นอกจากนั้นพบลักษณะของการถล่มของดินและนอกจากนี้พบลักษณะของชั้นหินที่ทนต่อการกัดเซาะแสดงรูปร่างเป็นสัน (ridge) ที่มีลักษณะยื่นเข้าไปในทะเลที่เกิดจากมีแร่องค์ประกอบที่แตกต่างกัน

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งแบบสึกกร่อน A รอยเว้า (notch)และเกาะหินโด่ง (sea stack), B หินราบ(platform),C ถ้ำทะเล (sea cave), D สัน (ridge), E หินถล่ม ,

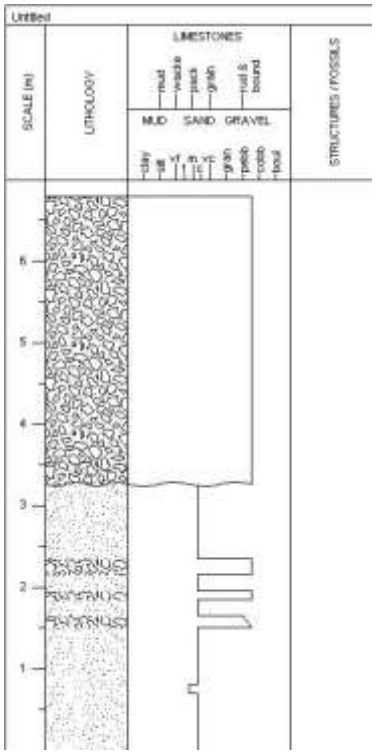
นอกจาก นี้พบลักษณะการกระทำของน้ำในชั้นหินในบริเวณชายฝั่งหน้าผาอันเนื่องมาจากการมีบ้านเรือนมาอยู่อาศัย มีการขุดสระน้ำ มีการใช้น้ำบาดาล หรือน้ำจากบ้านเรือน ทำให้บริเวณพื้นที่ศึกษามีค่าความทนทานลดลงซึ่งเป็นปัจจัยทำให้บริเวณนั้นมีการกัดเซาะและการถล่มของชายฝั่งหน้าผาหิน

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของน้ำในชั้นหินที่ไหลออกมาซึ่งมีผลต่อความทนทานของหิน

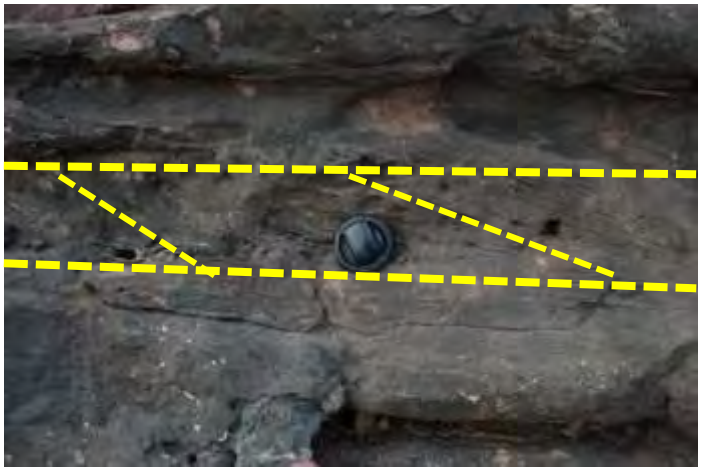
รูปที่ 4.3 แสดงหอประปาหมู่บ้าน และบ้านเรือน บนชายฝั่งหน้าผา

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะวิทยาของหิน

จากการเก็บข้อมูลในภาคสนามได้ทำการเก็บ ลักษณะวิทยาของหิน (lithologies) เพื่อทำการลำดับชั้นหินและเพื่อสร้างสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา โดยจาการศึกษาพบว่าลักษณะสภาพธรณีวิทยาของหินในพื้นที่เป็นเป็นลักษณะของชั้นทรายหยาบสลับกับชั้นกรวดมนแสดงลักษณะเป็นหินตะกอนทางน้ำใกล้แหล่งพัดพาเนื่องจากแสดงลักษณะของตะกอนขนาดใหญ่แสดงสภาวะแวดล้อมการพัดพาที่มีพลังงานสูงพบลักษณะโครงสร้างในชั้นตะกอนได้แก่ชั้นหินเฉียงระดับ (Cross bedding)



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะการลำดับชั้นหินของสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่ มีการแทรกสลับของหินทรายหยาบ กับชั้นกรวดมน



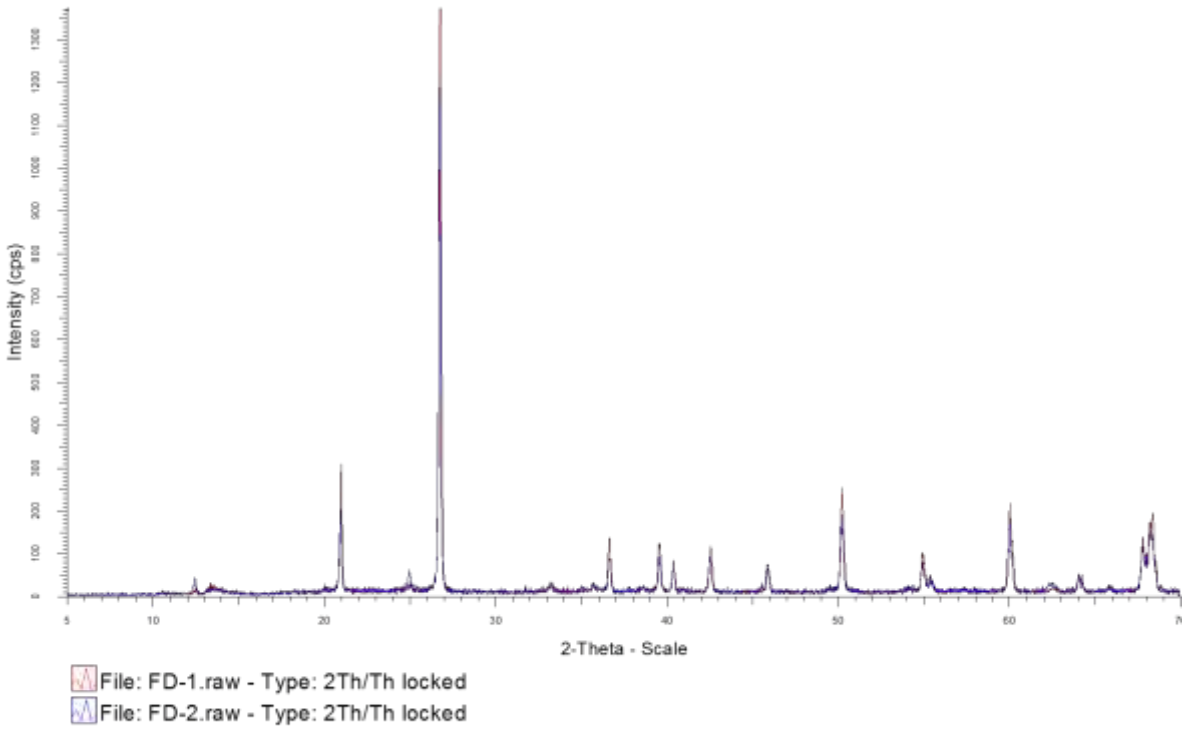
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะชั้นหินเฉียงระดับ (Cross bedding)

และจากการศึกษาในภาคสนามพบลักษณะของสัน (ridge)ยื่นเข้าไปในทะเลตามรูป 4.1 D ซึ่งเป็นหินกรวดมนซึ่งแสดงลักษณะทนทาน แตกต่างกับ ชั้นกรวดที่อยู่บริเวณชายฝั่งหน้าผาจึงทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินเพื่อหาปัจจัยแร่ที่มีผลต่อการกัดเซาะที่แตกต่างกันจากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่าง FD-1 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เก็บมาจากบริเวณสัน ตามรูป 3.9 นำมาเปรียบเทียบกับ FD-2 ซึ่งเป็นหิน

กรวดมน ที่อยู่บริเวณชายฝั่งหน้านำมาวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินด้วยเครื่อง XRD (X-Ray Diffract meter) จากผลการวิเคราะห์จากแผนภูมิ 4.1 พบว่าเส้นกราฟสีแดงที่เป็นกราฟของตัวอย่าง FD-1 มีปริมาณของแร่ควอตซ์ที่สูงกว่าเส้นสีน้ำเงิน FD-2 อย่างมีนัยยะ ซึ่งแสดงปริมาณของแร่ที่แตกต่างกันมีผลต่อการกัดเซาะที่แตกต่างกันซึ่งแร่ควอตซ์นั้นมีคุณสมบัติความแข็งที่สูง และ ทำปฏิกิริยาเคมีได้ยากทำให้มีความทนทานสูงกว่า ซึ่งสันนิฐานว่าบริเวณนี้มีกระบวนการของน้ำแร่ร้อนที่แทรกเข้ามาตามรอยแตกเข้ามาทำให้หินในบริเวณนี้มีความทนทานกว่าหินกรวดมนทั่วไปในพื้นที่ และเมื่อวิเคราะอัตราส่วนร้อยล่ะของปริมาณแร่จากตาราง 4.1 พบว่าในตัวอย่าง FD-2 มีร้อยล่ะของแร่ orthoclase และ kaolinite ที่สูงกว่าตัวอย่าง FD – ซึ่งแร่สองตัวนี้เป้นแร่ที่ผุพังง่ายจึงทำให้ชั้นกรวดทั่วไปมีการกัดเซาะที่สูงกว่าบริเวณสัน

Min FD-1	% Min	Min FD- 2	% Min
quartz	94.70546	quartz	82.32901
orthoclase	3.690346	orthoclase	12.23123
hematite	1.604195	hematite	1.89243
		kaolinite	3.547322

ตารางที่ 4.1 แสดงร้อยล่ะของแร่ในตัวอย่าง FD-1 และ FD-2

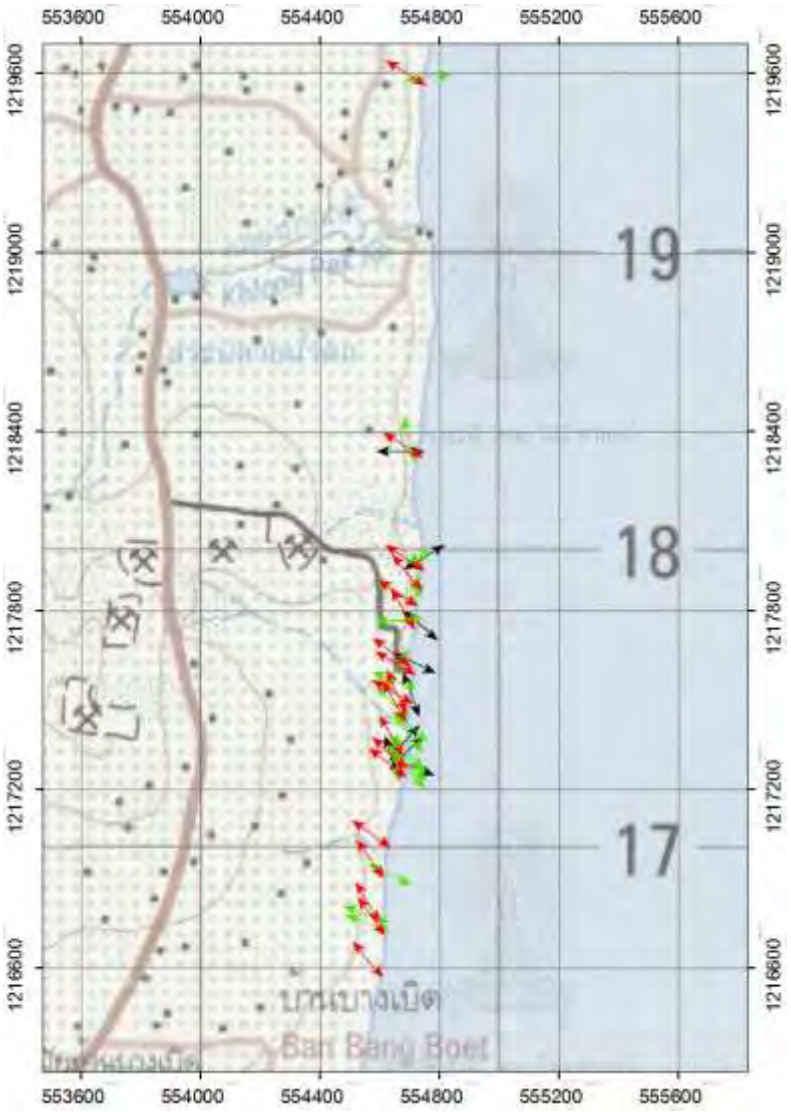


กราฟที่ 4.1 แสดงพื้นที่ใต้กราฟของ ตัวอย่าง FD-1 และ FD-2

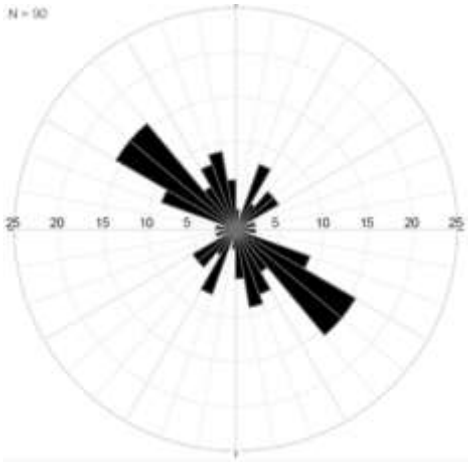
4.1.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างธรณีวิทยา

จากการสำรวจภาคสนามทำการเก็บข้อมูลโครงสร้างทางธรณีวิทยาโดยทำการเก็บข้อมูล รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่แสดงลักษณะความไม่ต่อเนื่องความในชั้นหิน ตลอดแนวชายฝั่ง แสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งเป็นปัจจัยทำให้ความทนทานในชั้นหินมีค่าต่ำลง ซึ่งลักษณะนี้ทำให้เกิดโครงสร้างธรณีสัณฐานในปัจจุบัน โดยนำค่า รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน มาหาค่าแนวโน้มในแผนภูมิกุหลาบ (Rose Diagram) แผนภูมิ 4.2 ซึ่งได้แนวโน้มหลักในตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวรอง ตะวันออกเฉียงเหนือ –ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งลักษณะนี้ทำให้เกิดลักษณะธรณีสัณฐานที่พบในปัจจุบัน นอกจากนี้พบว่าลักษณะของบริเวณที่ถูกกัดเซาะแสดงลักษณะเป็นสัน มีค่าการวางตัวสัมพันธ์กับ รอยแตก

รูปที่ 4.6 แสดงค่าโครงสร้างไม่ต่อเนื่อง(รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน)และลักษณะการกัดเซาะที่แสดงลักษณะเป็นสัน



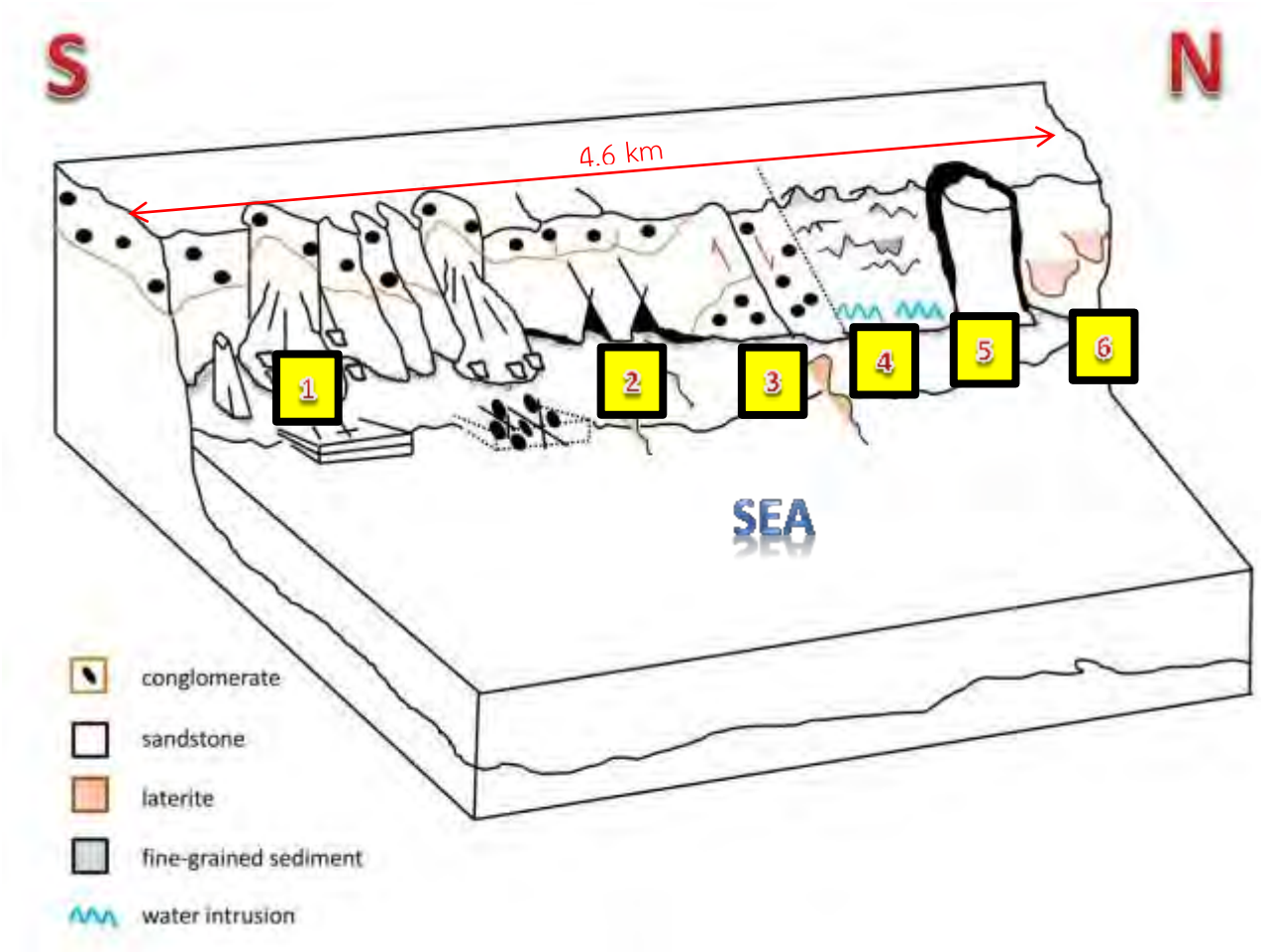
รูปที่ 4.7 แสดงค่าโครงสร้างไม่ต่อเนื่อง(รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน) โดยแสดงแนวหลักด้วยเส้นสีแดง



แผนภูมิที่ 4.2 แสดงแผนภูมิกุหลาบ (Rose Diagram) ซึ่งมีค่าวางตัวอยู่ในแนว แนวโน้ม
หลักในตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ลักษณะการกัดเซาะชายฝั่ง

จากการสามารถสร้างแบบจำลองลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งโดยสามารถแบ่งได้เป็น 6 บริเวณได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะธรณีสัณฐานของบริเวณหน้าผาชายฝั่ง บ้านฝั่งแดง

โดยในแต่ล่ะบริเวณแสดง วิทยาของหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา ทำให้ในแต่ล่ะบริเวณแสดงลักษณะการกัดเซาะที่แตกต่างกันดังนี้โดยทำการศึกษาจากทางใต้ขึ้นเหนือของพื้นที่ศึกษา

บริเวณที่ 1 ลักษณะการถล่ม โดยจากการศึกษาในภาคสนามพบว่าในบริเวณนี้มีลำดับชั้นของชั้นกรวดมนในชั้นบนที่หนาดังรูป4.9 แสดงลักษณะการผุพังบริเวณด้านบนมีการกัดเซาะ จากปัจจัยของน้ำฝน และกระบวนการกัดเซาะทางชีวภาพจากการชอนไชของรากไม้ทำให้ชั้นกรวดมนมีความทานทานที่ลดลงแสดงลักษณะการผุพังที่ค่อนข้างสูงทำให้แสดงลักษณะการถล่มของชั้นหินกรวดมน

รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะการถล่มของชั้นหินกรวดมนบริเวณด้านบน

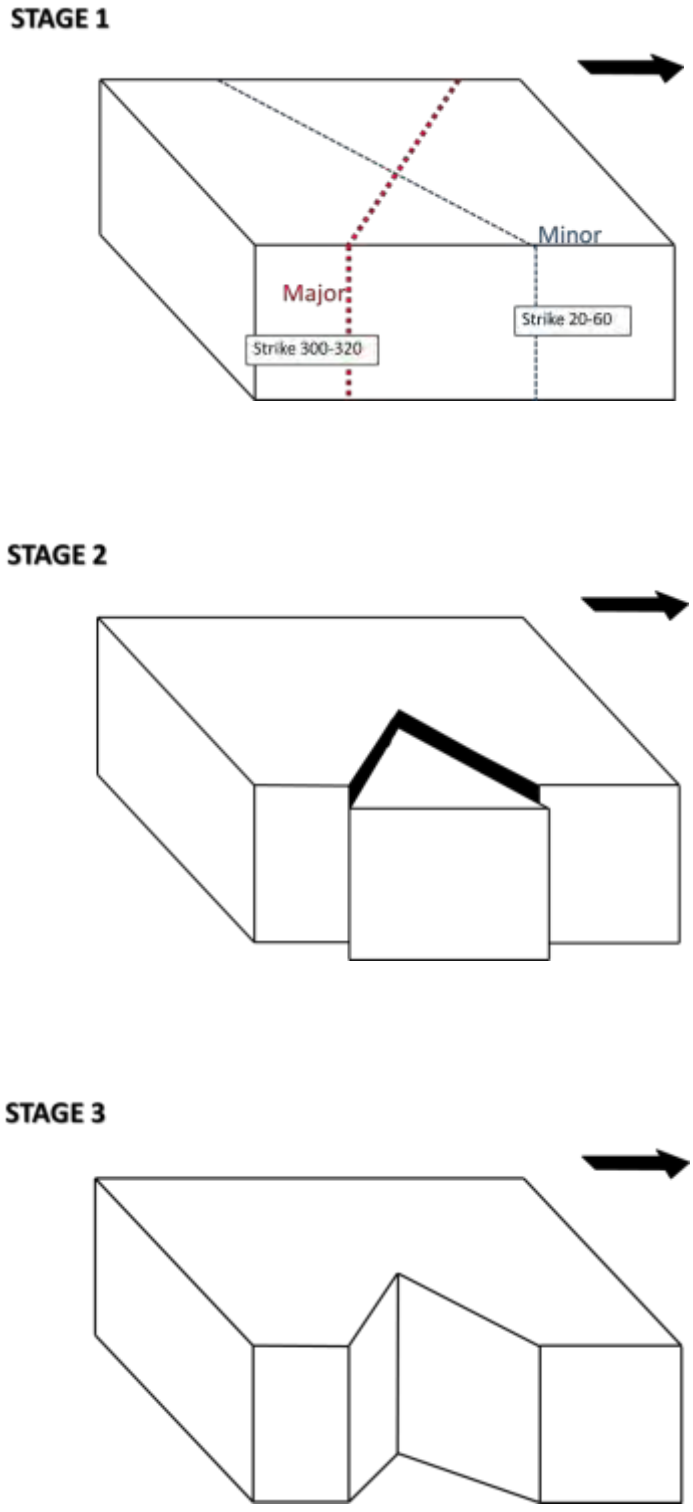
บริเวณที่ 2 ลักษณะการกัดเซาะที่ถูกควบคุมด้วยโครงสร้างทางธรณีวิทยาประกอบด้วยรอยแตกระบบรอยแตก จากภาพแผนภูมิกุหลาบแผนภูมิที่ 4.2 แสดงค่าวางตัวแนวหลักอยู่ในแนวระดับอยู่ในแนว 300 – 320 และแนวรอง 20 - 60 ซึ่งลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่แสดงลักษณะความไม่ต่อเนื่องความในชั้นหินตลอดแนวชายฝั่ง ซึ่งเป็นปัจจัยทำให้ความทนทานในชั้นหินมีค่าต่ำลง ซึ่งลักษณะนี้ทำให้เกิดโครงสร้างธรณีสัณฐานแสดงลักษณะเป็นชายฝั่งเว้าแหว่งแสดงในรูป 4.10 นอกจากนี้สามารถอธิบายลำดับวิวัฒนาการของลักษณะชายฝั่งเว้าแหว่งแสดงในรูป 4.11 โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะดังนี้

ระยะที่1.มีลักษณะของรอยลักษณะโครงสร้างไม่ต่อเนื่องในชั้นหินโดยเกิดจาก รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน

ระยะที่2.ซึ่งลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยานี้มีผลต่อความทนทานของหิน

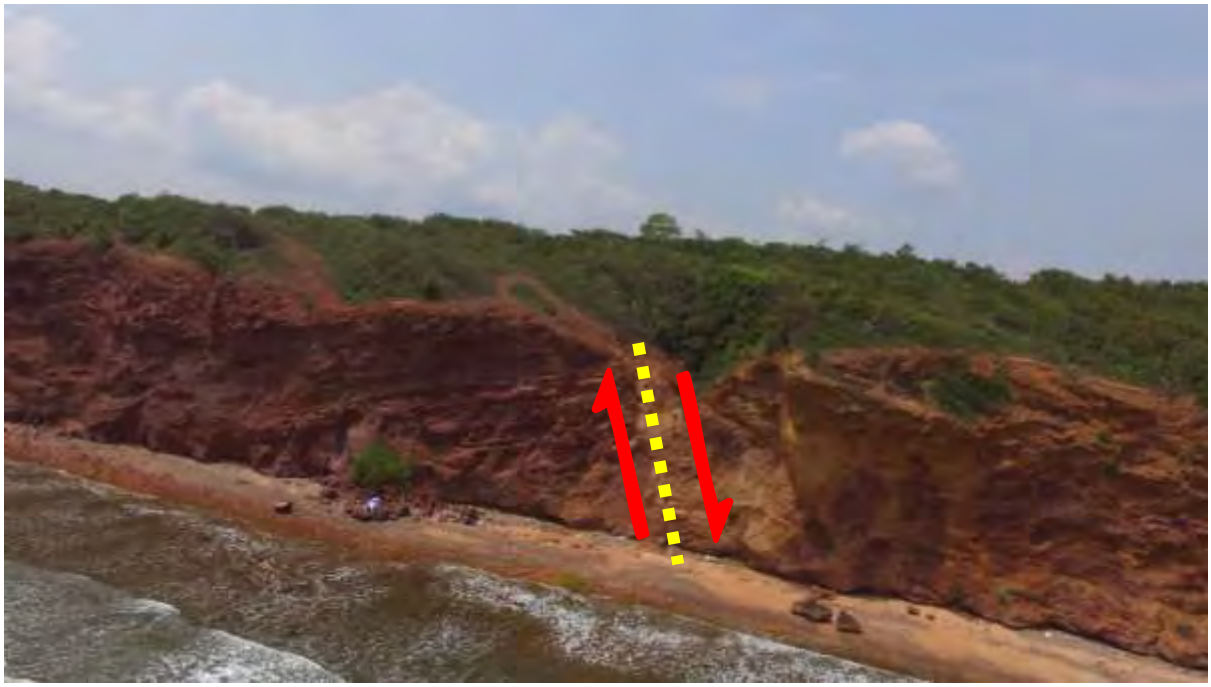
ระยะที่3.ซึ่งลักษณะนี้ทำให้เกิดลักษณะกัดกัดเซาะตามแนวรอยแตกทำให้ได้ลักษณะของชายฝั่งเว้าแหว่ง

รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะของชายฝั่งเว้าแหว่ง



รูปที่ 4.11 แสดงลำดับวิวัฒนาการของลักษณะธรณีสัณฐานชายฝั่งเว้าแหว่ง

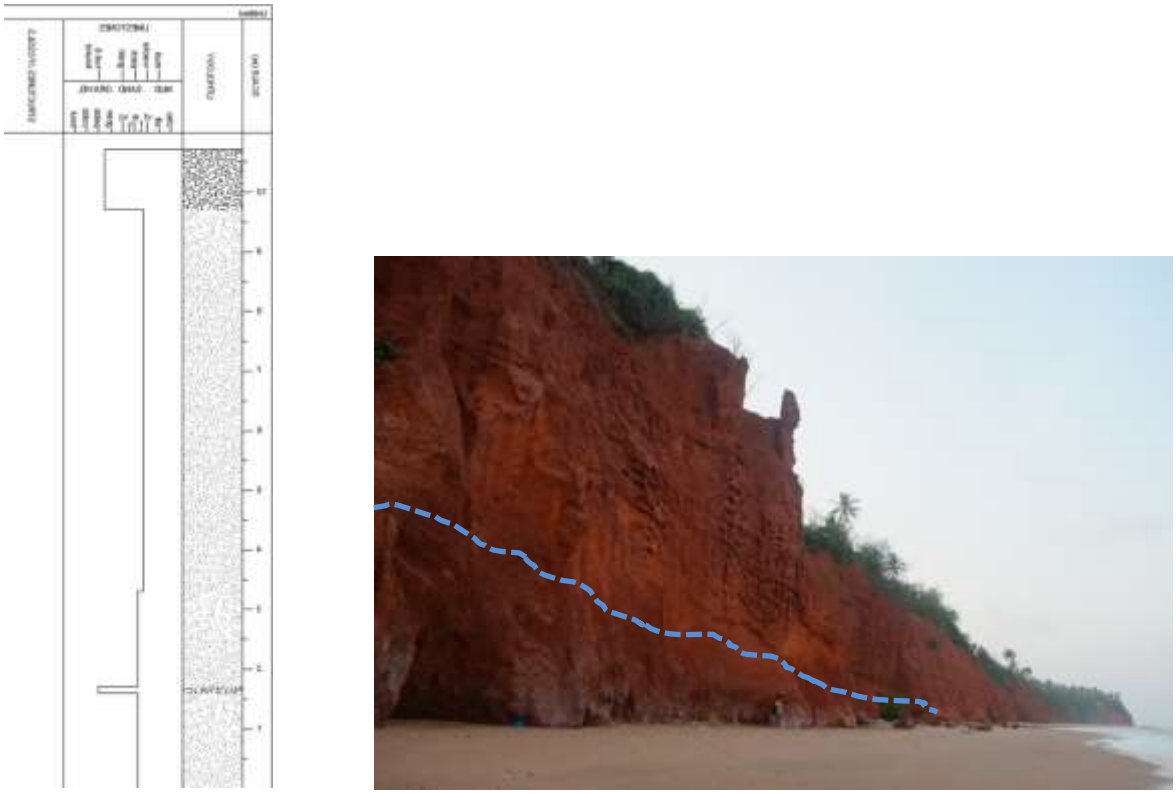
บริเวณที่ 3 ลักษณะของรอยเลื่อน และมีการแปรสภาพจากน้ำแร่ร้อน ในบริเวณนี้พบลักษณะของรอยเลื่อนซึ่งมีค่าการวางตัวสัมพันธ์กับแนวการวางตัวหลักโดยมีค่าการวางตัว 300/65 โดยพบลักษณะการแทรกตัวเข้ามาของน้ำแร่ร้อนเข้ามาตามรอยแตกจากการพบลักษณะการกัดเซาะที่แตกต่างกันดังรูปที่ 4.12 จากการตรวจสอบวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในหินแสดงลักษณะพบว่าตัวอย่างบริเวณที่คงสภาพมากกว่ามีองค์ประกอบของแร่ควอตซ์ที่สูงกว่าซึ่งมีผลต่อความทนทานของหน้าผาที่แตกต่างกัน และพบลักษณะของของการแปรสภาพในบริเวณชั้นหินของหน้าผาจากการเข้ามาของน้ำแร่ร้อนดังแสดงในรูป 4.13



รูปที่ 4.12 ลักษณะของรอยเลื่อนปกติ

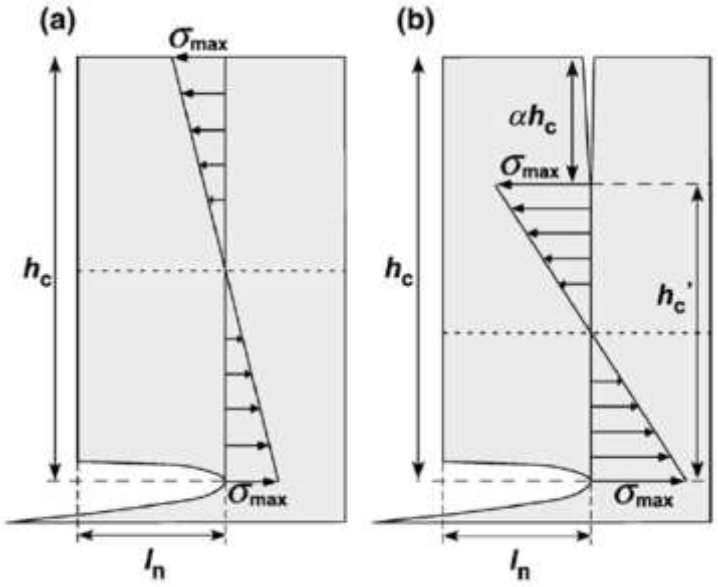
รูปที่ 4.13 ลักษณะของสายแร่ควอตซ์ในหิน และลักษณะการแปรสภาพบริเวณชายฝั่งหน้าผา

บริเวณที่ 4 ลักษณะของชั้นหินทรายขนาดละเอียด (fine – grine) ในบริเวณนี้พบลักษณะการกัดเซาะในแนวดิ่งซึ่งเกิดจากการกัดเซาะจากกระบวนการน้ำฝนนอกจากนี้ในบริเวณนี้แสดงลักษณะค่าความทนทานของหินที่แตกต่างกันโดยแสดงลักษณะเป็นรังผึ้งดังรูปที่4.14 โดยสัณนิฐานว่าในบริเวณนี้มีการเข้ามาของแร่ออกไซด์จากการชะล้างของน้ำฝนทำให้ทำให้ในบางบริเวณมีความทนทานที่แตกต่างกัน และในบริเวณนี้แสดงลักษณะของน้ำในชั้นหินดังรูปที่4.2 ซึ่งมีผลต่อค่าความทนทานของหิน

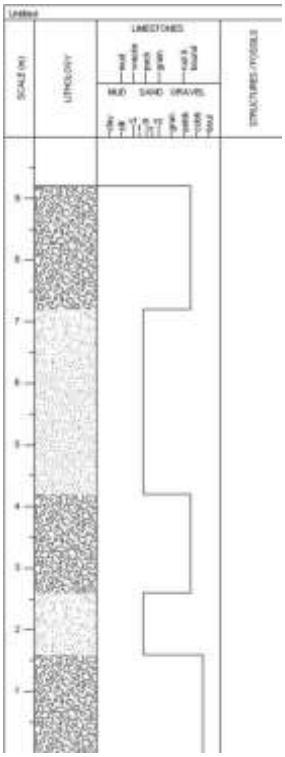


รูปที่ 4.14 ลำดับชั้นหิน และลักษณะการกัดเซาะจากน้ำฝนและระดับชั้นน้ำในหิน (เส้นสีฟ้า)

บริเวณที่ 5 ลักษณะของชั้นหินที่มีการถล่มโดยในบริเวณนี้มีลักษณะของลำดับชั้นหินที่มีการแทรกสลับของชั้นหินทรายและชั้นหินกรวดมนอย่างชัดเจนโดยลักษณะการถล่มสามารถอธิบายได้ด้วยการศึกษาของ Tetsuyu Kogure และคณะ , 2006 ดังรูปที่4.15 โดยกระบวนการนี้เกิดจากการกัดเซาะในแนวราบจากกระบวนการกัดเซาะชายฝั่งลักษณะรอยเว้าในบริเวณด้านล่างทำให้ชายฝั่งหน้าผาเกิดลักษณะชะโงกหน้าผา (Hanging) ทำให้เกิดแรงเค้นในบริเวณบนทำให้เกิดการพัฒนาของรอยแตกบริเวณด้านบน(tension crack) โดยบริเวณด้านบนจะเป็นบรเวณที่มีค่าความเค้นมากที่สุดและลดลงตามระดับความสูงโดยรอยแตกนี้ทำให้เกิดลักษณะการถล่มเกิดขึ้นดังรูปที่4.16และนอกจากนี้บริเวณนี้มีลักษณะของกระบวนการน้ำในชั้นหินดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.15 การพัฒนาของรอยแตกบริเวณด้านบน Tetsuyu Kogure และคณะ , 2006



รูปที่ 4.16 ลักษณะการถล่มของชั้นหิน และลำดับชั้นหินของบริเวณพื้นที่ศึกษา

รูปที่ 4.17 ลักษณะของกระบวนการน้ำในชั้นหิน และการกัดเซาะในแนวราบ

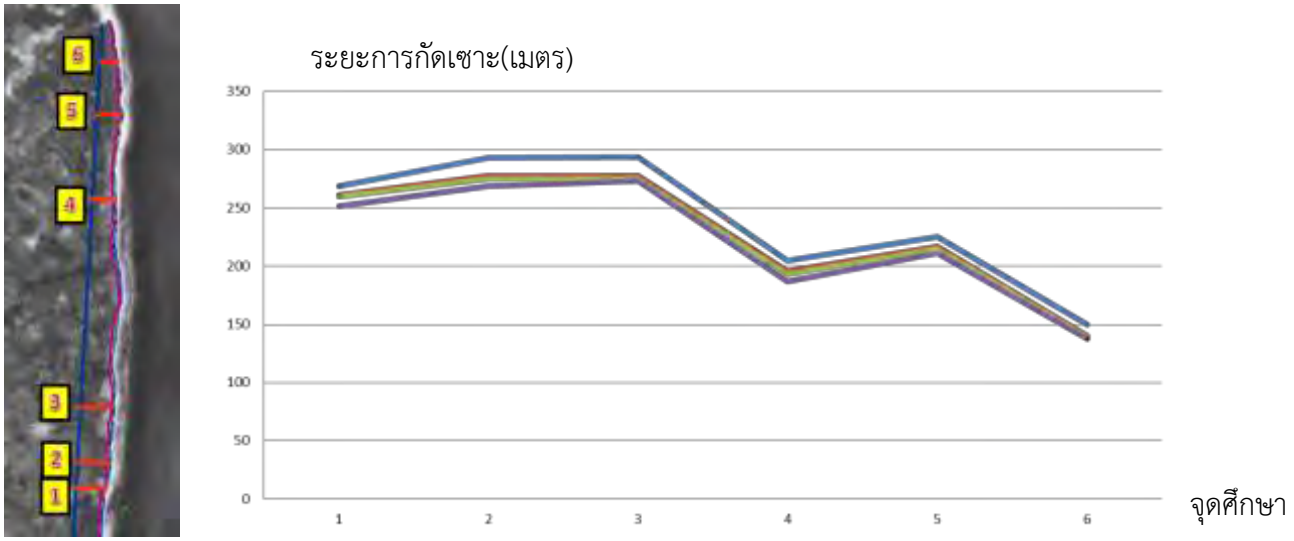
บริเวณที่ 6 ลักษณะของชั้นศิลาแลงโดยในบริเวณนี้แสดงลักษณะของการกัดเซาะที่เท่ากันเกิดจากในบริเวณมีลักษณะของไอออนออกไซด์มาเคลียบบริเวณพื้นผิวทำในบริเวณนั้นมีความทนทานมากกว่าแสดงดังรูปที่ 4.18 และ 4.19 ตามลำดับซึ่งการปัจจัยในการเกิดนั้นสัมพันธ์กับการชะล้างออกไซด์ไอออนนั้นสัมพันธ์กับกระบวนการชะล้างแร่ในหินจากกระบวนการของน้ำในหิน

รูปที่ 4.18 ลักษณะของชั้นศิลาแลงที่แสดงลักษณะความทนทานที่แตกต่างกัน

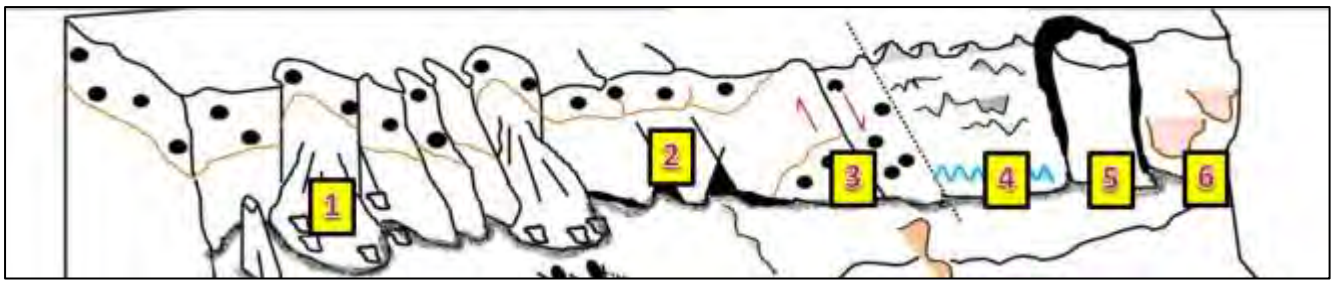
รูปที่ 4.19 ร่องรอยของแร่ออกไซด์ที่เคลือยบบริเวณพื้นผิว

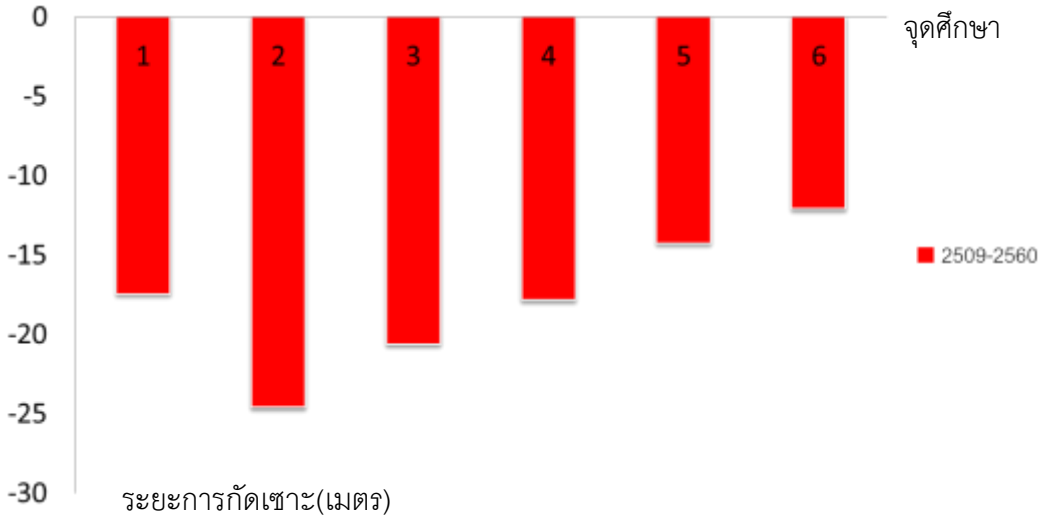
4.2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

จากการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งโดยทำการวิเคราะห์วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ.2509-2560 โดยการลากเส้นแนวหน้าผาชายฝั่งจากนั้นทำการลากเส้นตัดขวาง(transect) บริเวณ 6 จุดศึกษาตามลักษณะธรณีสัณฐานที่แตกต่างกันเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเทียบกับเส้น Base line จากการศึกษาพบว่าทั้ง 6 บริเวณมีการร่นถอยอย่างต่ออย่างต่อเนื่องเทียบกับเส้น Base line ตั้งแต่ปีพ.ศ.2509-2560 ดังแสดงในรูป4.20 และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปีพ.ศ.2509-2560 รูปที่4.21 พบว่าบริเวณที่ 2 และ 3 มีการกัดเซาะสูงเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นซึ่งบริเวณที่ 2 และ 3 แสดงลักษณะทางโครงสร้างทางธรณีวิทยาเด่นกว่าบริเวณอื่น



รูปที่ 4.20 ระยะการกัดเซาะของหน้าผาชายฝั่งเทียบกับเส้น Base line ตั้งแต่ปี พ.ศ.2509-2560



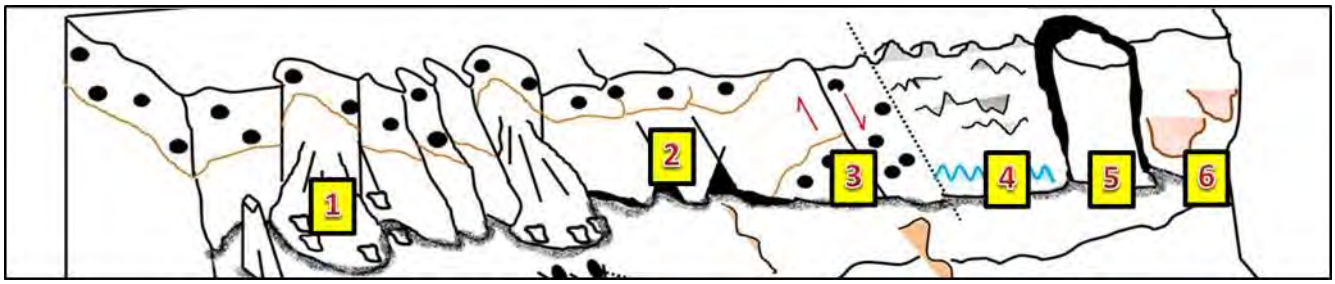


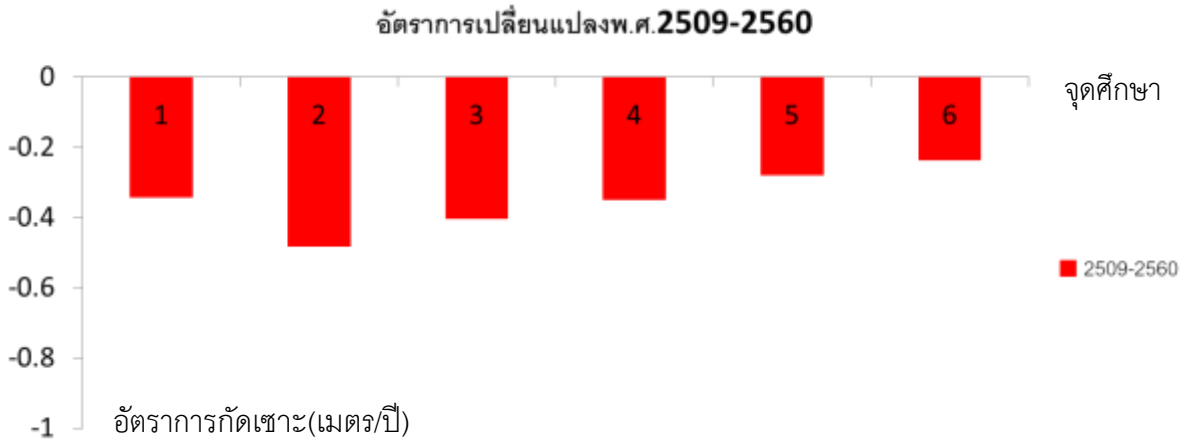
รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2509-2560

บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

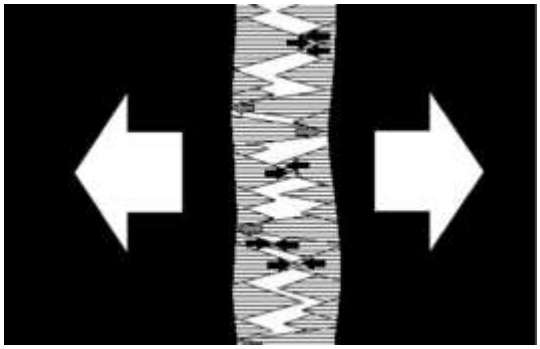
5.1 การกัดเซาะหน้าผาชายฝั่งและอัตราการเปลี่ยนแปลง

จากการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีอัตราการกัดเซาะสูงสุดคือบริเวณที่2 อัตรา 0.48 เมตร/ปี และ 3 อัตรา 0.40 เมตร/ปี จากรูป 5.1 ซึ่งทั้งสองบริเวณนี้ถูกควบคุมคุมด้วยปัจจัยลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา รอยแตก ระบบรอยแตก รอยเลื่อน ซึ่งทำให้ความทนทานในเนื้อหินลดลง เนื่องจากลักษณะความไม่ต่อเนื่องในเนื้อหิน ซึ่งลักษณะทางโครงสร้างทางธรณีวิทยานี้ทำให้เกิดกระบวนการกัดเซาะด้วยเกลือ (Salt weathering) รูป 5.2 จากการศึกษาของ Wellman และ Wilson, 1965 โดยเกิดจากน้ำทะเลเข้าไปในรอยแตกในหิน เกิดการระเหยทำให้เกิดผลึกเกลือในรอยแตก โดยการเกิดผลึกในช่องว่างรอยแตกนี้ทำให้เกิดแรงดันในรอยแตก ซึ่งเพิ่มการผุพังในเนื้อหินสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่ควบคุมอัตราการกัดเซาะของหน้าผาชายฝั่งบริเวณบ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ คือลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่มีผลต่อการกัดเซาะในบริเวณนี้ นอกจากนี้การตั้งถิ่นที่อยู่อาศัยของชุมชนทำให้น้ำที่เกิดจากการอุปโภค และบริโภค จากครัวเรือน ตามรูป4.4 ได้ซึมลงสู่ชั้นหิน ซึ่งมีผลต่อความค่าความทนทานของหิน





รูปที่ 5.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปี พ.ศ.2509-2560



รูปที่ 5.2 กระบวนการกัดเซาะด้วยเกลือ (Salt wheathering)

5.2 วิวัฒนการเปลี่ยนแปลงของลักษณะธรณีสัณฐาน

จากการศึกษาสามารถสรุปและสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการของหน้าผาชายฝั่งได้ 6 ระยะดังนี้ตามรูป 5.3 ระยะที่ 1 เกิดลักษณะโครงสร้างความไม่ต่อเนื่องในเนื้อหินเกิดจาก รอยแตกและแนวแตกในเนื้อหินโดยแสดงค่าการวางตัวในแนวหลัก ตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ และ มีการวางตัวในแนวรอง ตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้สัมพันธ์กับแนวสันที่เกิดจากการกัดเซาะไม่เท่ากันบริเวณหน้าหาด

ระยะที่ 2 จากลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นทำให้บริเวณที่เกิดรอยแตกเกิดการกัดเซาะได้ง่ายจากกระบวนการชายฝั่งทำให้น้ำทะเลเข้าไปตามรอยแตกเกิดลักษณะธรณีสัณฐานของชายฝั่งเว้าแหว่ง

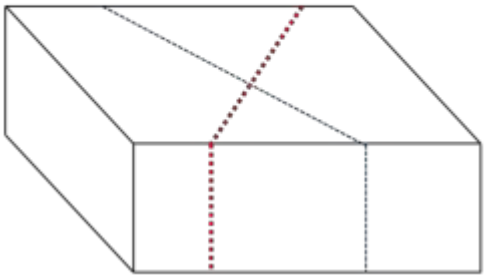
ระยะที่3 เกิดการกัดเซาะในแนวราบเกิดเป็นลักษณะของรอยเว้า (notch) และถ้ำทะเล (sea cave) ลำดับซึ่งการเกิดถ้ำทะเลบางส่วนสัมพันธ์กับโครงสร้างทางธรณีวิทยา

ระยะที่ 4 ซึ่งเมื่อเกิดการกัดเซาะในแนวราบมากขึ้นทำให้เกิดลักษณะของชะโงกหินหน้าผา (hanging) เมื่อบริวณนั้นเกิดความไม่สมดุลทำให้เกิดแรงเค้นในปริมาณมากในบริเวณด้านบนของชะโงกหินหน้าเกิดการพัฒนาของรอยแตกบริเวณด้านบนเนื่องจากแรงดึง (tension crack) ทำให้เกิดลักษณะของการถล่มเกิดขึ้น

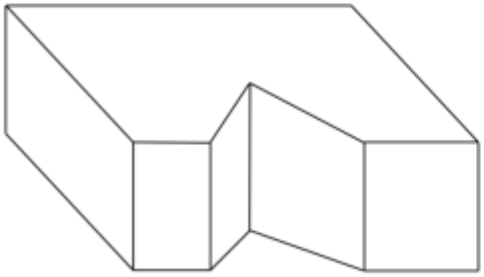
ระยะที่ 5 ทำให้ปรากฏของลักษณะลานหินราบ (playform) ซึ่งยังปรากฏของลักษณะของรอยแตก และระบบรอยแตก ค่าการวางตัวสัมพันธ์กับชายฝั่งหน้าผา

ระยะที่ 6 จากรอยแตก และ ระบบรอยแตกที่เกิดขึ้นทำให้เกิดลักษณะการกัดเซาะจากกระบวนการชายฝั่งตามแนวรอยแตกทำให้ปรากฏลักษณะของหินกรวดมน ที่เกิดจากการกัดเซาะที่พบบริเวณหน้าหาดในปัจจุบัน

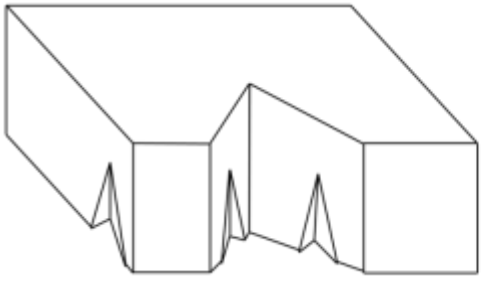
STAGE 1



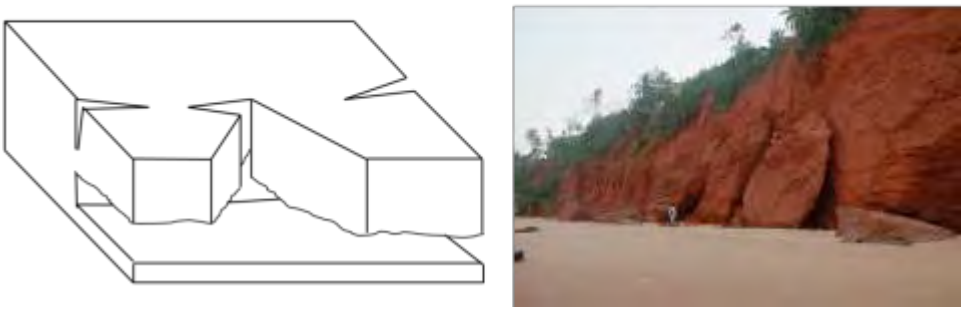
STAGE 2



STAGE 3

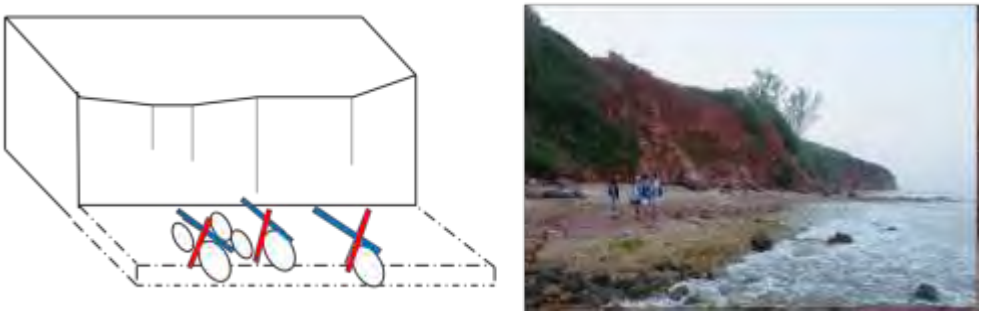


STAGE 4



STAGE 5

STAGE 6



รูปที่ 5.3 แสดงลำดับวิวัฒนาการของลักษณะธรณีสัณฐานของชายฝั่งหน้าฝั่ง

5.3 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาบริเวณชายฝั่งหน้าผา บริเวณบ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์พบว่า ปัจจัยที่ควบคุมลักษณะธรณีสัณฐานในปัจจุบัน เกิดจากกระบวนการแปรธรณีสัณฐานซึ่งควบคุมลักษณะ ความทนทานและลักษณะโครงสร้างของหิน แต่ในปัจจุบันลักษณะของชายฝั่งหน้าผาถูกควบคุมคุมด้วยกระบวนการชายฝั่งและสภาพอากาศในพื้นที่ และนอกจากนี้ยังมีการกระทำของมนุษย์ซึ่งมีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งจากการศึกษาสามารถแบ่งลักษณะของหน้าผาได้จากการกัดเซาะได้ 6 ลักษณะดังนี้ -

1.ลักษณะการถล่มของชั้นดิน

2.ลักษณะชายฝั่งที่ถูกควบคุมด้วยโครงสร้างทางธรณีวิทยาแสดงลักษณะเป็นชายฝั่งเว้าแหว่ง

3.ลักษณะที่มีกระบวนการของรอยเลื่อนและกระบวนการแปรสภาพ (Alteration)

4.ลักษณะวิทยาของหินนเป็นชั้นที่เป็นพวกตะกอน ละเอียด แสดงลักษณะการกัดเซาะในแนวดิ่งจากน้ำฝน

5.ลักษณะการหล่นของหินที่เกิดจากการกัดเซาะในแนวราบ

6.ลักษณะของชั้นศิลาแลง

และปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการกัดเซาะคือโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ประกอบไปด้วย รอยแตก ระบบรอยแตก และ รอยเลื่อน ซึ่งทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างไม่ต่อเนื่องในเนื้อหินมีผลต่อค่าความทนทานในเนื้อหินซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกัดเซาะของชายฝั่งหน้าผาบ้านฝั่งแดง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ กรุงเทพฯ.2551

ภัทรานิษฐ์ พยัฆศิริ. การเปลี่ยนแปลงธรณีสัณฐานวิทยาชายฝั่ง บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระยอง. ระดับปริญาตรี, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553.

มนตรี ชูวงศ์ และคณะ. การสำรวจและจัดทำแผนบริหารจัดการระดับชุมชนอย่างยั่งยืนของแหล่งท่องเที่ยวทางธรณีที่ยังไม่เป็นที่รู้จักตามแนวชายฝั่งทะเลไทยสำหรับพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวระดับสากล, รายงานความก้าวหน้า,กรุงเทพฯ,2557

สิน สินสกุล, สุวัฒน์ ติยะไพรัช, นิรันดร์ ชัยมณีและบรรเจิด อร่ามประยูร, 2545, รายงานวิชาการการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งด้านทะเล ด้านอ่าวไทย, พิมพ์ครั้งที่ 1,กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี

สมศักดิ์ พิริยโยธา และคณะ. คู่มือแนวปฏิบัติเบื้องต้นความรู้เกี่ยวกับชายฝั่งและการจัดการปัญหาชายฝั่งสำหรับประชาชน,พิมพ์ครั้งที่1. ปทุมธานี: บริษัท วิสุทธิ คอนซัลแตนท์ จำกัด, 2556.

Gioacchino F. Andriani, Nicola Walsh, Rocky coast geomorphology and erosional processes: A case study along the Murgia coastline South of Bari, Apulia — SE Italy , Italy , Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università degli Studi di Bari, Via Orabona , 2007

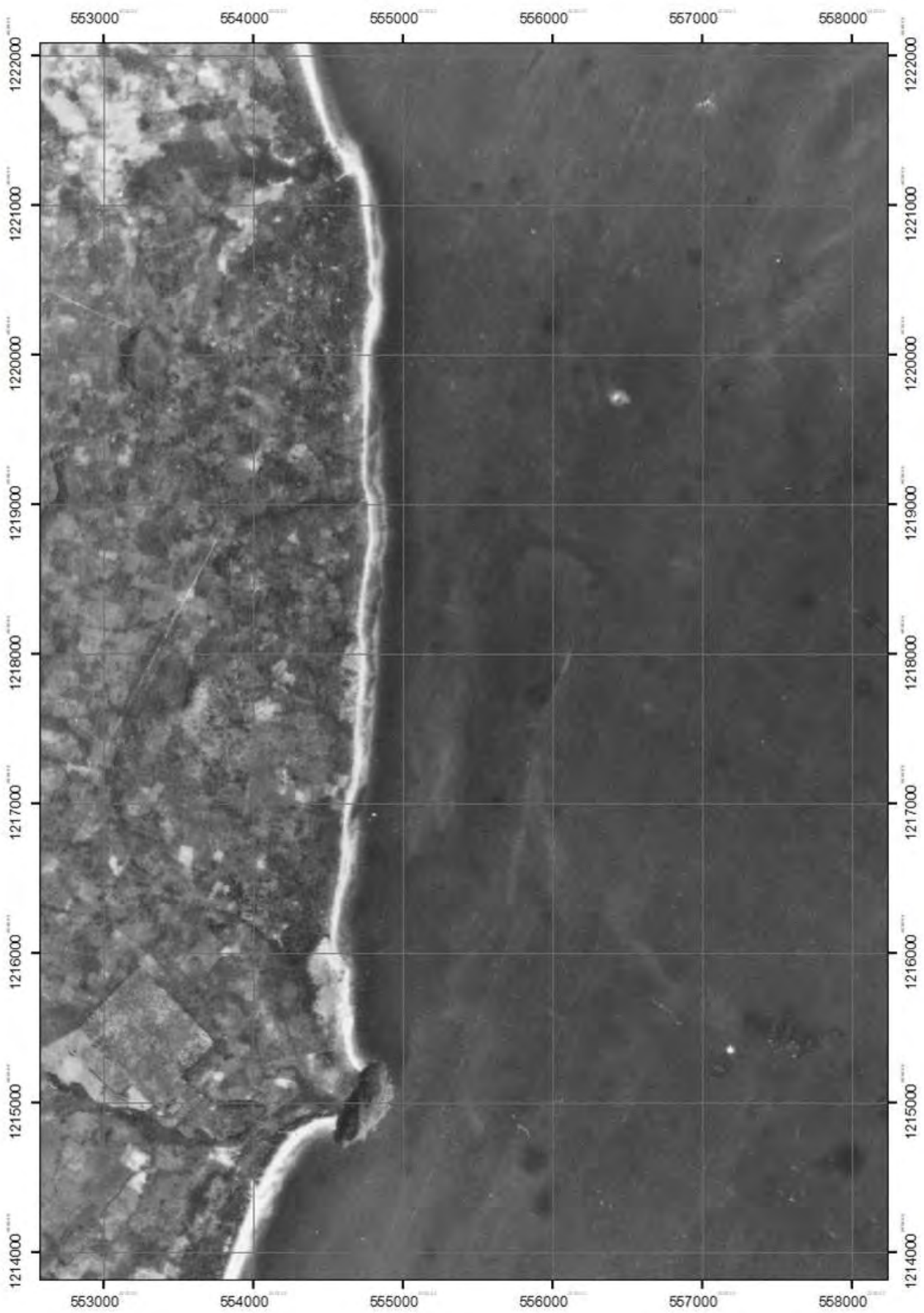
Laura J. Moore, Gary B. Griggs, Long-term cliff retreat and erosion hotspots along the central .shores of the Monterey Bay National Marine Sanctuary,Earth Science Department and .Institute of Marine Sciences, University of California Santa Cruz, Santa Cruz, CA .95064, USA, 2002

Montri Choowong ,Sumet Phantuwongraj ,Thasinee Charoenthitirat ,Vichai Chutakositkanon ,Sombat Yummung ,Punya Charusiri . Beach recovery after 2004 Indian Ocean tsunami from Phang-nga, Thailand, Department of Geology, Faculty of scince, Cholalongkorn University,2009

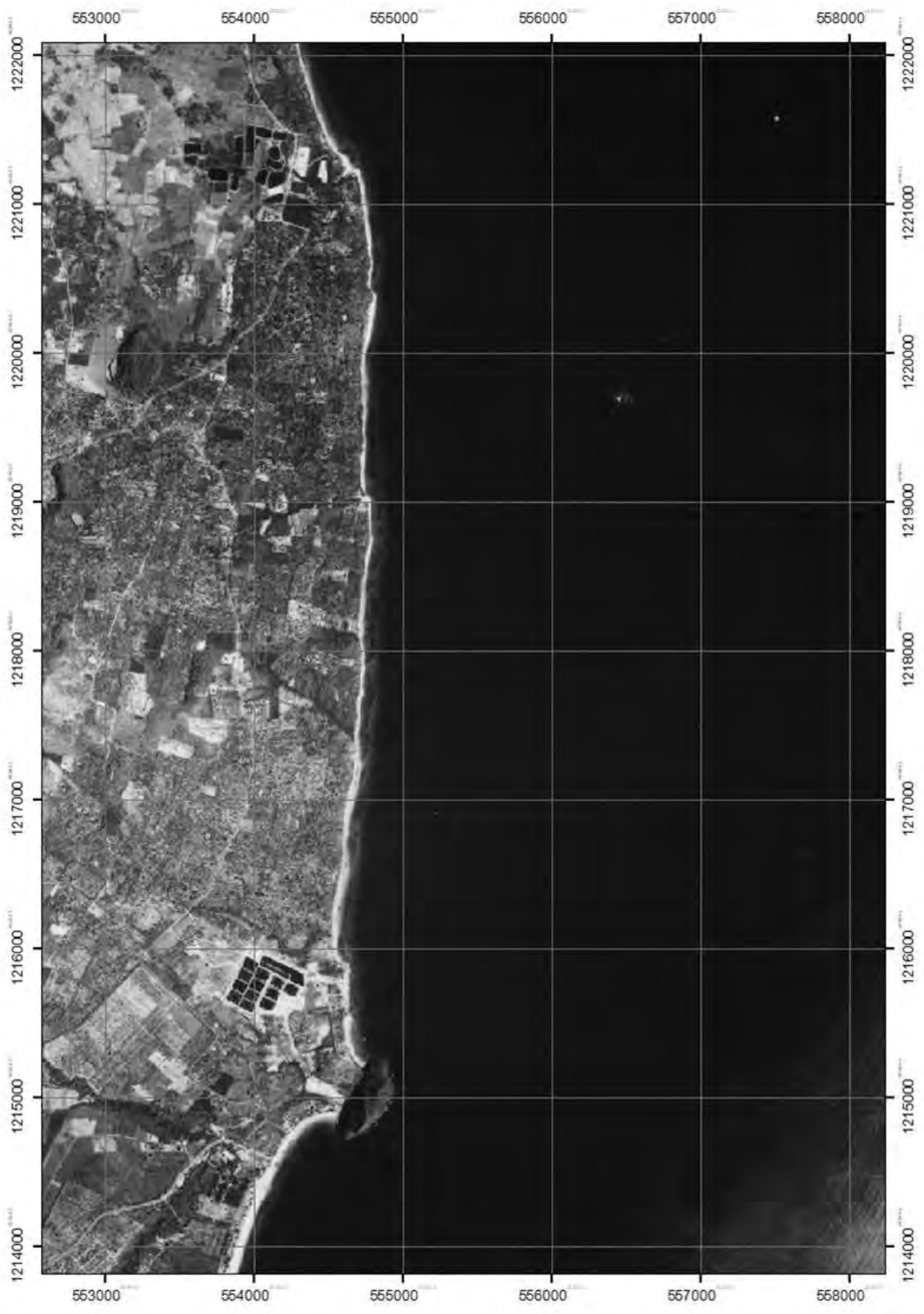
Tsuguo Sunamura. Geomorphology of rocky coast, Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Ibaraki 305, japan, 1992

Tetsu Korure , Hisashi Aoki , Akira Maekado , Takashi Hirose , Yukinori Matsukura , Effect of the development of notches and tension cracks on instability of limestone coastal cliffs in the Ryukyus, Japan, University of Tsukuba, Ibaraki , 2006

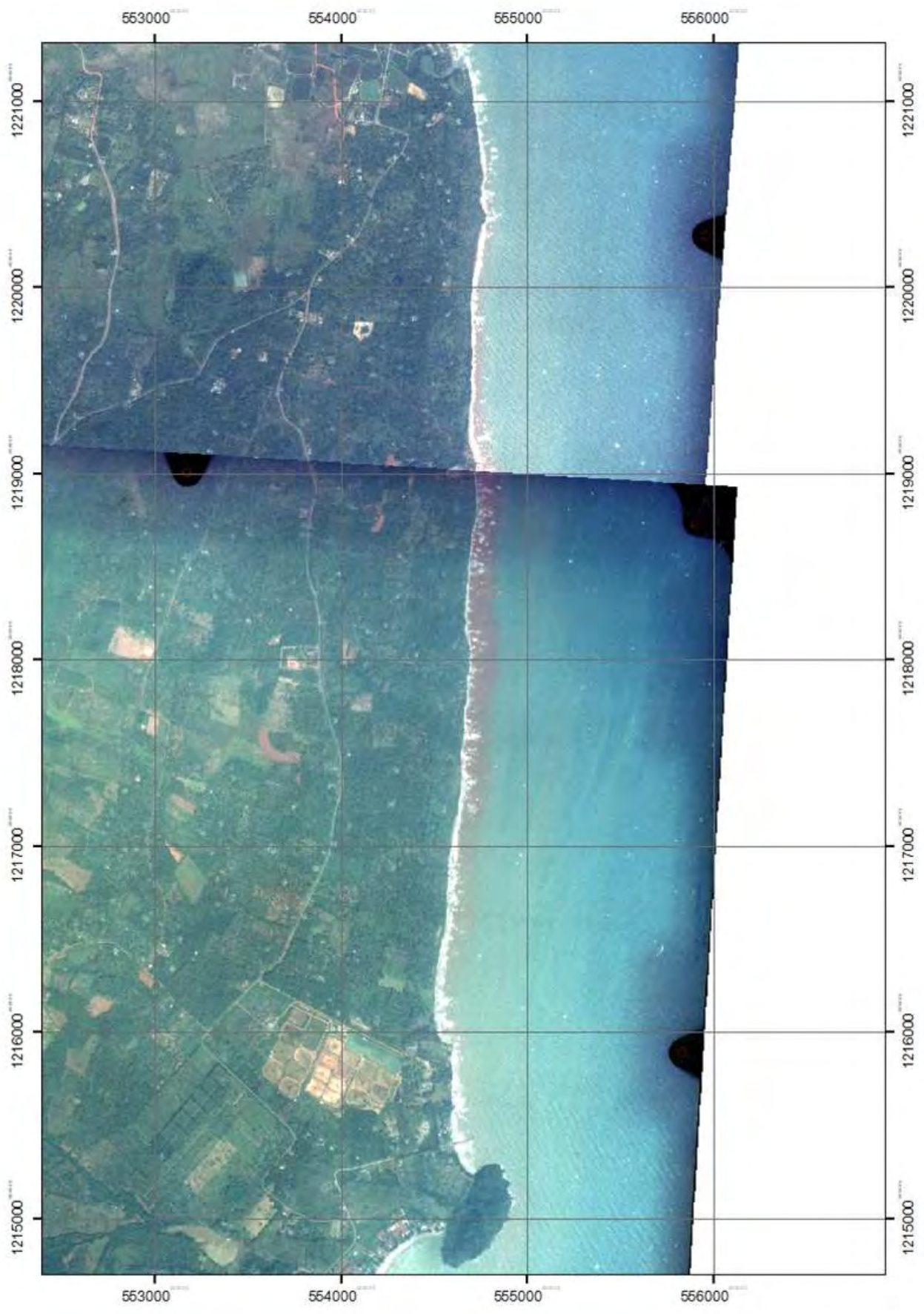
ภาคผนวก



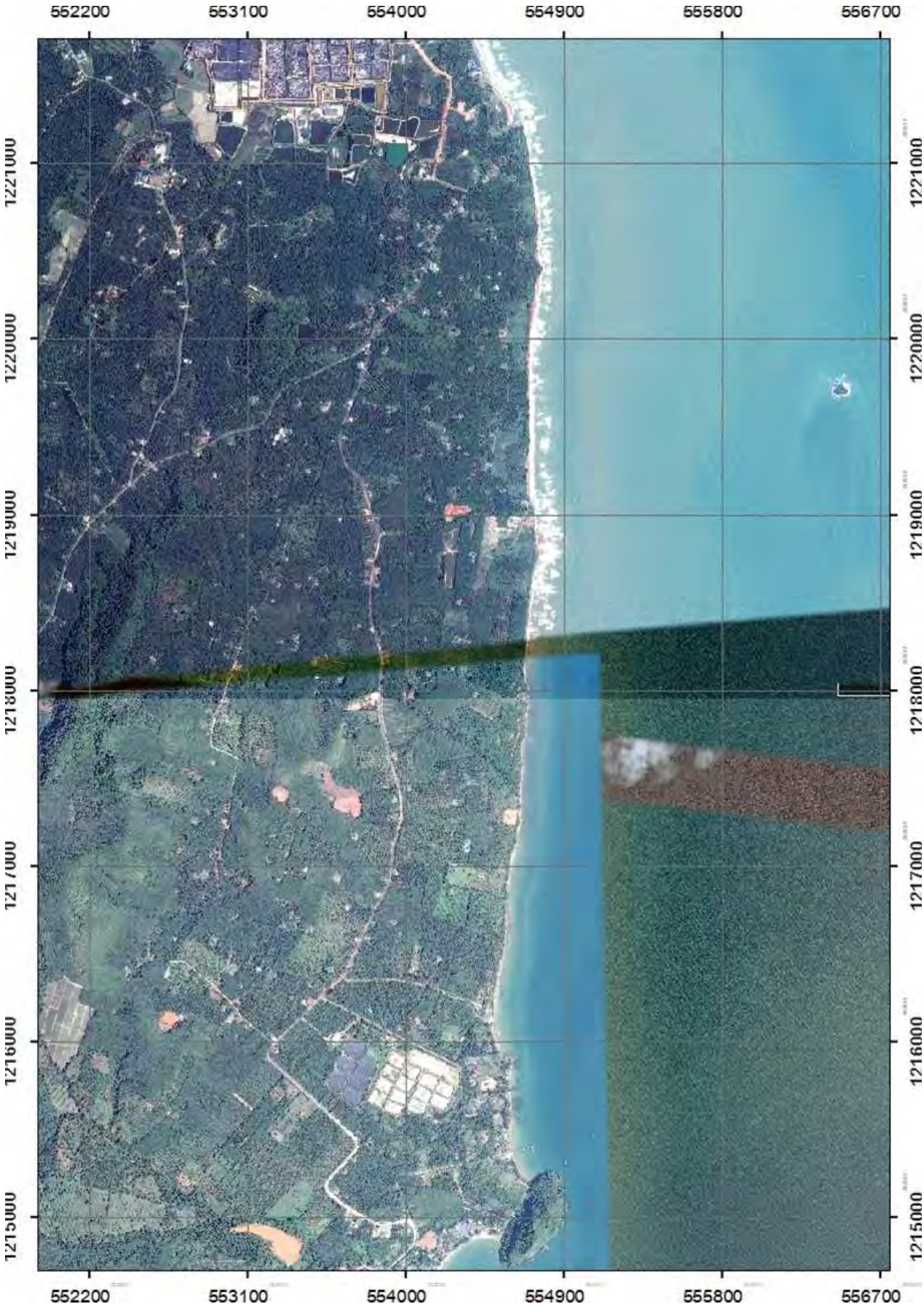
ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ.2509



ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ.2538



ภาพถ่ายทางอากาศ พ.ศ.2546



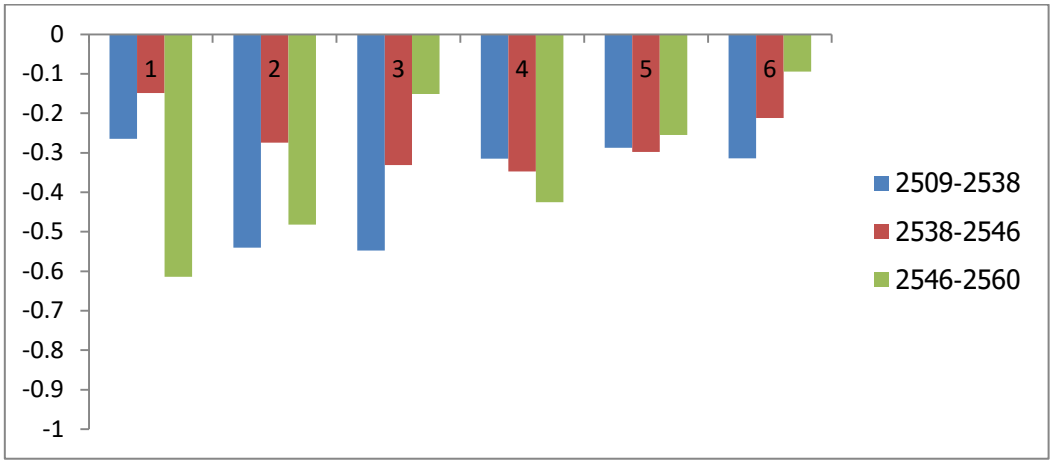
ภาพถ่ายจากดาวเทียม Google Earth พ.ศ.2560

zone	2509	2538	2546	2560
1	268.8185	261.147	259.9549	251.3552
2	292.8943	277.231	275.0352	268.2886
3	293.6892	277.8136	275.1672	273.0511
4	204.7879	195.6598	192.882	186.9285
5	225.4255	217.0914	214.7098	211.1383
6	149.437	140.3353	138.6419	137.319

ระยะการเปลี่ยนแปลงหน้าผาชายฝั่งแต่ละปีเทียบกับเส้น Base line

zone	2509-2538	rate	zone	2538-2546	rate	zone	2546-2560	rate
1	-7.67155	-0.26454	1	-1.19213	-0.14902	1	-8.59963	-0.61426
2	-15.6633	-0.54012	2	-2.19578	-0.27447	2	-6.74665	-0.4819
3	-15.8756	-0.54743	3	-2.64634	-0.33079	3	-2.11616	-0.15115
4	-9.12814	-0.31476	4	-2.77772	-0.34722	4	-5.95355	-0.42525
5	-8.33403	-0.28738	5	-2.38162	-0.2977	5	-3.57151	-0.25511
6	-9.10169	-0.31385	6	-1.69334	-0.21167	6	-1.32292	-0.09449

อัตราการเปลี่ยนของหน้าผาชายฝั่งแต่ละช่วง



กราฟแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงของชายฝั่งหน้าผา