

การแปลความหมายทางธรณีโครงสร้างและการลำดับชั้นหินจากคลื่นไหวสะเทือน
บริเวณแอ่งทارانากิ ประเทศนิวซีแลนด์

นายณพณัฐ บางนิ่มน้อย

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559

STRUCTURAL AND SEISMIC STRATIGRAPHY INTERPRETATION
IN TARANAKI BASIN, NEW ZEALAND

Mr. Noppanut Bangnimnoi

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Bachelor of Science Program in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2016

หัวข้อโครงการ

การแปลความหมายทางธรณีโครงสร้างและการลำดับ
ชั้นหินจากคลื่นไหวสะเทือน บริเวณแอ่งทارانากิ
ประเทศนิวซีแลนด์

โดย

นายพนัธฐ์ บางนิ่มน้อย

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

อาจารย์ ดร.ปิยพงษ์ เชนรัมย์

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก
(อาจารย์ ดร.ปิยพงษ์ เชนรัมย์)

นพณัฐ บางนันทน้อย : การแปลความหมายทางธรณีโครงสร้างและการลำดับชั้นหินจากคลื่นไหวสะเทือน บริเวณแอ่งทารานากิ ประเทศนิวซีแลนด์. (STRUCTURAL AND SEISMIC STRATIGRAPHY INTERPRETATION IN TARANAKI BASIN, NEW ZEALAND) อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ: อาจารย์ ดร. ปิยพงษ์ เชนรัมย์, 46 หน้า.

แอ่งสะสมตะกอนทารานากิตั้งอยู่บริเวณทางทิศตะวันตกของเกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์ ครอบคลุมพื้นที่นอกชายฝั่งทั้งหมดประมาณ 100,000 ตารางกิโลเมตร โดยมีชั้นหินสะสมตัวหนาสูงสุดถึง 8 กิโลเมตร และมีธรณีโครงสร้างภายในแอ่งที่มีความซับซ้อน โดยการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และข้อมูลหลุมเจาะ เพื่อทำการวิเคราะห์และจำแนกลักษณะธรณีโครงสร้างที่แตกต่างกัน และการลำดับชั้นหินในช่วงอายุต่างๆ ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าสามารถจำแนกบริเวณพื้นที่ทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ ที่มีลักษณะทางธรณีโครงสร้างที่แตกต่างกันได้เป็น 4 บริเวณ คือ Western Stable Zone โดยเป็นบริเวณทางทิศตะวันตกสุดของพื้นที่ศึกษาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากธรณีแปรสัณฐานทำให้ไม่พบความหลากหลายของธรณีโครงสร้าง และ Cape Egmont Fault Zone ทางตอนกลางของพื้นที่ ซึ่งเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนหลักที่มีแนวในการเอียงเทไปทางทิศตะวันออกโดยมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วย planar normal fault, listric normal fault, normal fault related fold และ horst and graben และถัดมาคือ Turi Fault Zone บริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีทั้งธรณีโครงสร้างชนิดขยายตัวและบีบตัวอยู่ด้วยกัน ซึ่งมี planar normal fault เป็นรอยเลื่อนหลักที่เอียงเทไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ กับพวก rollover structure และบริเวณสุดท้ายคือ Northern Rotational Fault Zone ที่มีการกระจายตัวของโครงสร้างชนิด domino style fault เป็นหลัก โดยมีการลำดับชั้นหินในพื้นที่ ทั้งหมด 5 ช่วงอายุ คือช่วงครีเทเชียสตอนปลาย ที่มีการสะสมตัวของหินทรายและถ่านหินเป็นส่วนใหญ่ หลังจากนั้นในช่วงพาลีโอซีนถึงอีโอซีน พบว่ามีการสะสมตัวของหินโคลน เพิ่มมากขึ้น พร้อมกับมีการลดลงของหินทราย หลังจากนั้นในสมัยโอลิโกซีน พบว่ามีการสะสมตัวของหินปูน ร่วมกับหินโคลน ที่มีองค์ประกอบเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ต่อมาในสมัยไมโอซีนพบว่าการสะสมตัวของ ชั้นหินทรายแทรกสลับกับชั้นหินโคลน ในลักษณะของ Turbidite sequence พร้อมกับมีการสะสมตัวของหินจำพวกหินตะกอนภูเขาไฟ จำพวกหินเถ้าภูเขาไฟ ในสมัยไมโอซีนตอนกลางถึงตอนปลายด้วย และในช่วงสุดท้ายของการสะสมตัวของตะกอนพบว่าการสะสมตัวของหินจำพวกหินโคลน อย่างต่อเนื่องตั้งแต่สมัยพาลีโอซีนจนถึงปัจจุบัน

ภาควิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....

ปีการศึกษา.....2559.....

5632720423 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : NORTH TARANAKI BASIN / STRUCTURAL STYLES / SEISMIC INTERPRETATION

NOPPANUT BANGNIMNOI : STRUCTURAL AND SEISMIC STRATIGRAPHY INTERPRETATION IN TARANAKI BASIN, NEW ZEALAND. ADVISOR : DR. PIYAPHONG CHENRAI., 46 pp.

Taranaki basin is located in the western offshore area of northern island New Zealand. The basin area covers 100,000 square kilometers with maximum depth of sedimentary rocks of 8 kilometers. The basin has complex structural geology because of deformation in tectonic activity. This study used seismic and well log data to analyze and classify the difference of structural geology and stratigraphy. This study area can be divided into 4 different structural zones which consist of Western Stable Zone, Cape Egmont Fault Zone, Turi Fault Zone and Northern Rotational Fault Zone. Western Stable Zone is located in the western part of study area that has little to no tectonic activity and no complex structural geology. Cape Egmont Fault Zone is the area in the center of study area that is composed of group of main faults that have dip direction in the east. This zone has planar normal fault, listric normal fault, normal fault related fold and horst and graben. Turi Fault Zone is in the east-west area of north Taranaki basin and has rollover structures and main planar normal faults that dip into north-west direction. The last zone is Northern Rotational Fault Zone dominated with domino style normal faults. The stratigraphy of North Taranaki Basin consists of 4 depositional ages. There are mostly sandstone and coal deposit in late Cretaceous. And mudstone is increased and sandstone is decreased in deposition from Paleocene to Eocene, and then, there are limestone and calcareous mudstone dominated in Oligocene. During Miocene, there is sandstone interbedded with mudstone within the turbidite sequence and volcanic clastic rocks such as tuff. The last phase of deposition, there is mudstone deposited continually from Pliocene to present.

Department :Geology.....Student's Signature.....

Field of Study :Geology.....Advisor's Signature.....

Academic Year : 2016.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทั้งทางด้านคอมพิวเตอร์สำหรับทำงานวิจัย และโปรแกรมที่ใช้ในการแปรข้อมูลที่ได้รับข้อมูลอนุเคราะห์จากบริษัท ชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger)

ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ อาจารย์ ดร. ปิยพงษ์ เชนรัมย์ ที่เป็นทีปรึกษางานวิจัยนี้ ซึ่งท่านอาจารย์ได้เสียสละเวลาคอยช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในทุกๆด้าน ทั้งการใช้โปรแกรม การทำรูปเล่ม การนำเสนอ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้ออกมาสมบูรณ์ รวมไปถึงการให้คำปรึกษาทั้งในด้านการเรียน ด้านการประกอบอาชีพ และด้านอื่นๆ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่อาจารย์ทุกๆท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน และให้ความรู้ ทั้งในด้านการเรียน ด้านกระบวนการคิด ด้านการสำรวจภาคสนาม ด้านคุณธรรม และด้านการใช้ชีวิต ซึ่งเป็นแรงจูงใจที่สำคัญที่จะทำให้ผมเติบโตเป็นนักธรณีวิทยาที่ดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ จีไอ 57 ทุกๆคน ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน ที่ได้ร่วมทุกข์ร่วมสุข และคอยให้คำปรึกษาในทุกๆเรื่อง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญรูปภาพ	ญ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 พื้นที่ศึกษา	2
1.4 ขอบเขต และวิธีการศึกษา	2
บทที่ 2 ธรณีวิทยาในพื้นที่	3
2.1 วิวัฒนาการของแอ่งทارانากิ	3
2.2 ธรณีโครงสร้างภายในแอ่งทارانากิ	5
2.3 ธรณีวิทยาบริเวณตอนเหนือของแอ่งทارانากิ	7
2.4 ธรณีแปรสัณฐาน และการลำดับชั้นหินบริเวณแอ่งทارانากิ	7
2.5 กิจกรรมภูเขาไฟบริเวณทางตอนเหนือของแอ่งทارانากิ	10
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	13
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	13
3.2 การปรับตั้งค่าของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	15
3.3 การผูกข้อมูลหลุมเจาะเข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	15
3.4 การปรับค่าคุณลักษณะของคลื่นไหวสะเทือน	19

3.5 การแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	20
3.6 การเทียบสัมพันธ์ข้อมูลหลุมเจาะ	20
บทที่ 4 ผลการศึกษา	21
4.1 กลุ่มของธรณีโครงสร้างในพื้นที่	21
4.1.1 Western Stable Zone	24
4.1.2 Cape Egmont Fault Zone	24
4.1.3 Turi Fault Zone	26
4.1.4 Northern Rotational Fault Zone	26
4.2 รูปแบบการกระจายตัวของธรณีโครงสร้างในพื้นที่	29
4.2.1 Planar Normal Fault	29
4.2.2 Listric Normal Fault	29
4.2.3 Reverse Fault	30
4.2.4 Planar Rotational Fault	30
4.2.5 Rollover Structure	30
4.2.6 Normal Fault-Related Fold	30
4.2.7 Horst and Graben	31
4.3 การลำดับชั้นหินในพื้นที่	34
4.3.1 Late Cretaceous	34
4.3.2 Paleocene – Eocene	34
4.3.3 Oligocene	34
4.3.4 Miocene	35
4.3.5 Pliocene-Pleistocene	36

บทที่ 5 อภิปรายผลการศึกษา	37
5.1 วิวัฒนาการโครงสร้าง และกรณีแปรสัณฐานของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ	37
5.2 การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนในอดีต	40
5.3 ลักษณะกรณีแปรสัณฐานบริเวณแอ่งทารานากิในปัจจุบัน	41
บทที่ 6 สรุปผลการศึกษา	45
เอกสารอ้างอิง	46

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนที่ภูมิประเทศแสดงลักษณะธรณีแปรสัณฐานบริเวณ ประเทศนิวซีแลนด์	4
รูปที่ 2.2 แสดงการจำแนกบริเวณที่มีความแตกต่างทางธรณีวิทยาโครงสร้างบริเวณ แอ่งสะสมตะกอนทารานากิ รวมถึงบริเวณที่มีปิโตรเลียมสะสมตัวอยู่	6
รูปที่ 2.3 แสดงการลำดับชั้นหิน และธรณีประวัติของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ	9
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะแนวภูเขาไฟ อายุต่างๆที่กระจายตัวอยู่ในบริเวณ ทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ	11
รูปที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของธรณีวิทยาแปรสัณฐานในระดับไพศาล บริเวณแอ่งทารานากิ	12
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในพื้นที่ศึกษา	13
รูปที่ 3.2 แสดงการค่าแอมพลิจูดของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	14
รูปที่ 3.3 แสดงแผนผังการทำงาน และขั้นตอนในการผูกข้อมูลหลุมเจาะเข้ากับ ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	16
รูปที่ 3.4 แสดงกราฟของข้อมูลเช็คซ็อต ที่ใช้ในการสร้างไซส์โมแกรมสังเคราะห์	16
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะการผูกข้อมูลหลุมเจาะเข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ที่แสดงผลจากโปรแกรม Petrel 2013	17
รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะการเทียบข้อมูลหลุมเจาะที่ได้จากการผูกข้อมูลหลุมเจาะ เข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	18
รูปที่ 3.7 แสดงการปรับค่าคุณลักษณะของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแบบสามมิติ โดยใช้การปรับค่าชนิด Variance	19

รูปที่ 4.1 แสดงแนวการวางตัวและทิศทางการเอียงเท (dip direction) ของรอยเลื่อน หลักๆในพื้นที่ศึกษา และแสดงบริเวณที่มีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่แตกต่างกัน	21
รูปที่ 4.2 แสดงภาพตัดขวาง A-A' ที่พาดผ่านทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา	22
รูปที่ 4.3 แสดงภาพตัดขวาง B-B' ที่พาดผ่านทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา	23
รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะชั้นหินที่สะสมตัวในช่วงเวลาตั้งแต่ยุคครีเทเชียสตอนปลาย ถึงสมัยไพลสโตซีน บริเวณ Western Stable Zone	24
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะรอยเลื่อนปกติชนิด listric normal fault บริเวณทางตอนบน ของ Cape Egmont Fault Zone	25
รูปที่ 4.6 แสดงถึงปริมาณ และทิศทางของรอยเลื่อนปกติชนิด Domino Styles Fault บริเวณ Northern Rotational Fault Zone	27
รูปที่ 4.7 ภาพตัดขวางแสดงลักษณะธรณีโครงสร้างรอยเลื่อนชนิด domino style normal fault ที่พบบริเวณ Northern Rotational Fault Zone	28
รูปที่ 4.8 แสดงการลำดับชั้นหินภายในพื้นที่ศึกษา บริเวณทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ ประเทศนิวซีแลนด์	36
รูปที่ 5.1 แสดงลำดับวิวัฒนาการของแอ่งทารานากิ โดยเริ่มตั้งแต่ครีเทเชียสตอนปลาย จนถึงปัจจุบัน	43
รูปที่ 5.2 แสดงถึงลักษณะธรณีแปรสัณฐาน และธรณีโครงสร้างบริเวณทางตอนเหนือ ของแอ่งทารานากิ	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงการกระจายตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างชนิดต่างๆ บริเวณพื้นที่ศึกษา	32
ตารางที่ 1 แสดงการกระจายตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างชนิดต่างๆ บริเวณพื้นที่ศึกษา (ต่อ)	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แอ่งสะสมตะกอนทารานากิ ประเทศนิวซีแลนด์ มีการเกิดสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นออสเตรเลีย และแผ่นแปซิฟิก ทำให้บริเวณโดยรอบแนวการมุดตัว และประเทศนิวซีแลนด์มีความหลากหลายทางธรณีวิทยาโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วย โครงสร้างผกผัน (inversion structure), รอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault), รอยเลื่อนปกติ (normal fault) , โครงสร้างภูเขาไฟ (volcanic edifices) และโครงสร้างฮอสต์และกราเบน (horst and graben) (New Zealand Petroleum & Minerals, 2013) ซึ่งในปัจจุบัน แอ่งสะสมตะกอนทารานากิได้มีการเจาะสำรวจ และผลิตปิโตรเลียมอยู่ ดังนั้นการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้าง และการลำดับชั้นหินจึงมีความสำคัญในการบ่งบอกลำดับที่มา ความสัมพันธ์กับปิโตรเลียม และการกระจายตัวของกลุ่มโครงสร้างดังกล่าว

ซึ่งความรู้และความเข้าใจในเรื่องธรณีวิทยาโครงสร้าง และการลำดับชั้นหินในแอ่งสะสมตะกอน เช่น การวางตัวของชั้นหิน, อายุในการเกิดรอยเลื่อน, ชั้นหินคดโค้ง และการลำดับชั้นหิน จะสามารถบ่งบอกถึงวิวัฒนาการของการเกิดแอ่งสะสมตะกอน และการเปลี่ยนแปลงของธรณีแปรสัณฐาน รวมถึงกระบวนการสะสมตัวของตะกอนในแอ่งได้ และสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอนในอดีตได้ ซึ่งแอ่งทารานากิ เป็นแอ่งสะสมตะกอนที่มีการศึกษาได้ไม่นาน ดังนั้นการศึกษารณีวิทยาโครงสร้าง และการลำดับชั้นหินเพิ่มเติมจึงมีความสำคัญในการช่วยเพิ่มความเข้าใจในพื้นที่ได้

การศึกษารณีวิทยาโครงสร้าง และการลำดับชั้นหิน สามารถศึกษาได้หลายวิธี โดยการศึกษาด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อน เป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีประสิทธิภาพ โดยอาศัยคุณสมบัติการสะท้อนของคลื่น เมื่อคลื่นถูกปล่อยออกไปกระทบกับรอยต่อของตัวกลางสองตัวกลางที่มีค่าอคูสติกส์อิมพีแดนส์ (acoustic impedance) ที่แตกต่างกัน และนำค่าของเวลาและแอมพลิจูดของคลื่นสะท้อนที่แตกต่างกัน มาแปลความหมายหาความลึก ลักษณะโครงสร้าง และการลำดับชั้นหินได้ (เพียงตา สาตวรรษ, 2550) โดยการศึกษาด้วยคลื่นไหวสะเทือนชนิดนี้ สามารถศึกษาโครงสร้างในบริเวณลึกได้ดี และสำรวจได้ในบริเวณกว้างกว่าวิธีอื่นๆ จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้

1.2 วัตถุประสงค์

- วิเคราะห์ และศึกษาธรณีโครงสร้าง และการลำดับชั้นหิน บริเวณแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ ประเทศนิวซีแลนด์
- ศึกษาการกระจายตัวของธรณีโครงสร้างชนิดต่างๆในแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ

1.3 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ที่บริเวณทางตอนเหนือของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ (Taranaki Basin) ทางทิศตะวันตกของเกาะเหนือประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งมีพิกัดอยู่ที่ ลองจิจูด $173^{\circ}70'E$ ถึง $174^{\circ}90'E$ และละติจูดที่ $38^{\circ}05'S$ ถึง $38^{\circ}53'S$

1.4 ขอบเขตและวิธีการศึกษา

ในการศึกษาธรณีโครงสร้างและการลำดับชั้นหินในแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

- ช่วงแรก ทำการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนทั้ง 3 มิติ และ 2 มิติ แล้วศึกษาการกระจายตัวของธรณีโครงสร้างต่างๆนั้น ทั้งในเชิงของอายุ และเชิงการกระจายตัว โดยจะได้ผลออกมาในรูปแบบของตารางการกระจายตัวคู่กับภาพตัดขวางที่บ่งบอกถึงการกระจายตัวและลักษณะธรณีโครงสร้างโดยรวม
- ช่วงที่สอง ทำการศึกษาข้อมูลหลุมเจาะทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาในเชิงของลักษณะชนิดหิน (lithology) และการกระจายตัว
- ช่วงที่สาม ทำการแปลความและสรุปผลการวิจัย ในเชิงวิวัฒนาการของแอ่งสะสมตะกอน และที่มาของโครงสร้างต่างๆ ภายในแอ่งสะสมตะกอน รวมถึงสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนในอดีต

บทที่ 2

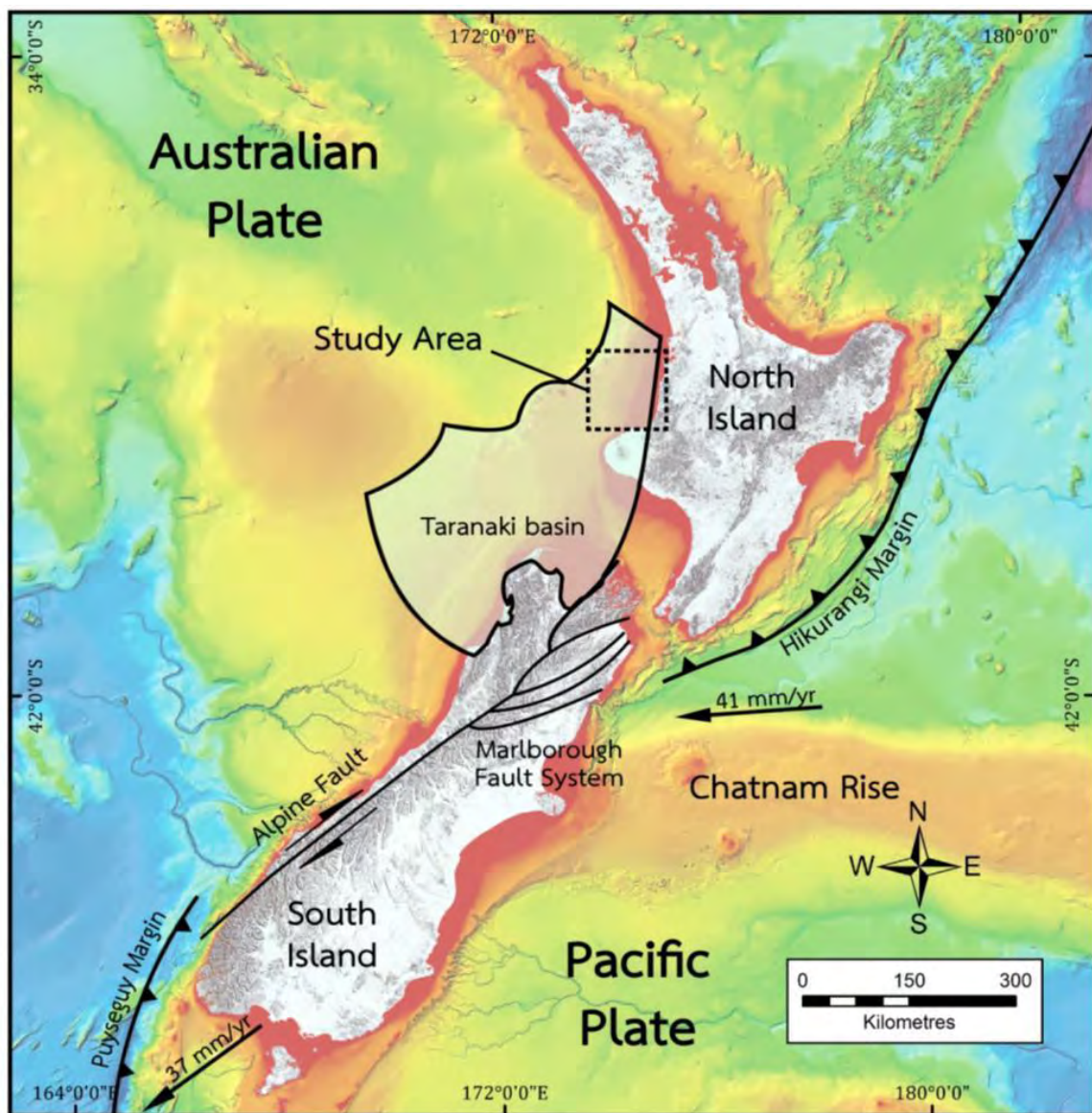
ธรณีวิทยาในพื้นที่

แอ่งสะสมตะกอนทารานากิ ตั้งอยู่บริเวณนอกชายฝั่งทางทิศตะวันตกของเกาะเหนือ ประเทศนิวซีแลนด์ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 100,000 ตารางกิโลเมตร (King & Thrasher, 1996) ซึ่งเป็นแอ่งสะสมตะกอนหลักของประเทศนิวซีแลนด์ ที่มีการสำรวจและผลิตปิโตรเลียม โดยมีการสะสมตัวของชั้นหินหนา 8 กิโลเมตร ซึ่งสะสมตัวตั้งแต่ยุคครีเทเชียสตอนปลาย (80 ล้านปีก่อน) สัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีต คือการแยกตัวของมหาทวีปกอนด์วานา และเกิดทะเลแทสมัน ทำให้แอ่งสะสมตะกอนทารานากิเกิดการสะสมตัวของตะกอนในลักษณะแอ่งชนิดขอบทวีปสเถียร (passive continental margin) และเกิดการลุกจ้าของน้ำทะเล ในช่วงสมัยอีโอซีนตอนต้นถึงโอลิโกซีนตอนปลาย หลังจากนั้นเกิดการมุดตัวของแผ่นแปซิฟิกในสมัยไมโอซีนตอนต้น ทำให้การสะสมตัวของตะกอนและธรณีวิทยาโครงสร้างมีความซับซ้อน (King & Thrasher, 1996)

แอ่งสะสมตะกอนทารานากิ ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของแนวการมุดตัว Hikurangi ซึ่งเป็นแนวการมุดตัวของแผ่นแปซิฟิกซึ่งเคลื่อนที่ไปในทางทิศตะวันตกใต้แผ่นออสเตรเลีย โดยมีอัตราการมุดตัวในอยู่ที่ 41-48 มิลลิเมตร/ปี (Wallace et al., 2004) และวางตัวอยู่ทางทิศเหนือของรอยเลื่อน Alpine บริเวณเกาะใต้ของประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะธรณีแปรสัณฐานจากลักษณะการมุดตัวเป็นแบบ transpression หรือแบบบีบตัว (collision) และบริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะใต้ต่อจากรอยเลื่อน Alpine คือแนวการมุดตัว Puysegur ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการมุดตัวของแผ่นออสเตรเลียใต้แผ่นแปซิฟิก โดยมีอัตราการมุดตัวอยู่ที่ 30-35 มิลลิเมตร/ปี (Wallace et al., 2004)

2.1 วิวัฒนาการของแอ่งทารานากิ

กระบวนการธรณีวิทยาแปรสัณฐานในการเกิดแอ่งสะสมตะกอนทารานากิแบ่งออกเป็น 3 ช่วง (King & Thrasher, 1996) ช่วงแรกเกิดขึ้นในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงสมัยพาลีโอซีน โดยช่วงนี้เกิดการแยกตัวของแผ่นเปลือกโลกทวีป (cartonic rifting) บริเวณทิศตะวันตกของมหาทวีปกอนด์วานา ทำให้บริเวณที่แผ่นเปลือกโลกแยกตัว เกิดเป็นพื้นที่ทรุดต่ำลง จึงเริ่มเกิดการสะสมตัวของตะกอนร่วมกับรอยเลื่อนปกติ จนเริ่มเกิดทะเลแทสมัน จากธรณีแปรสัณฐานแบบแยกตัว และเกิด thermal subsidence จนกระทั่งถึงช่วงที่ 2 ในการเกิดแอ่ง ในสมัยพาลีโอซีนถึงอีโอซีน โดยแอ่งสะสมตะกอนจะมีลักษณะแบบ



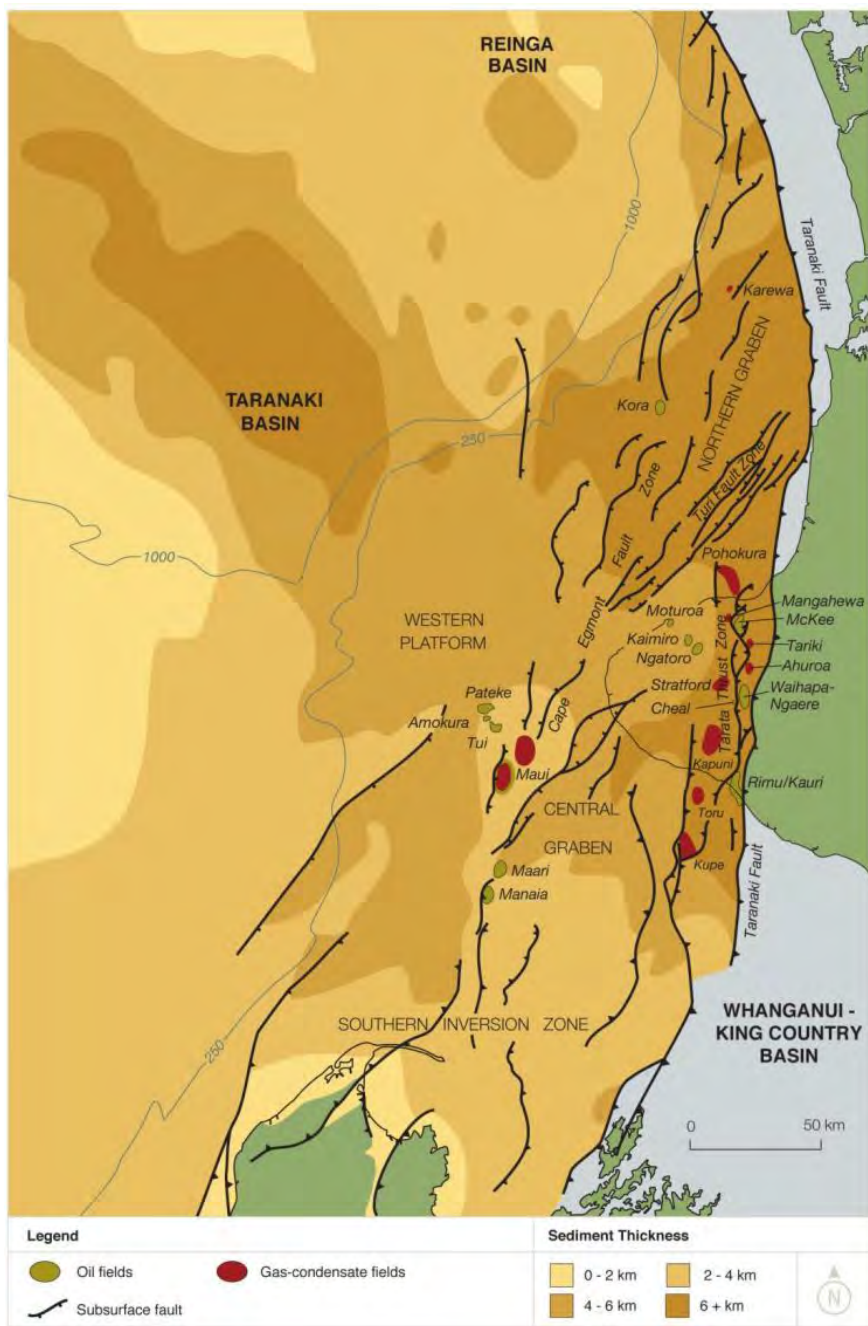
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานบริเวณประเทศนิวซีแลนด์ ที่อยู่ระหว่างรอยต่อแผ่นแปซิฟิก และออสเตรเลีย ซึ่งมีอัตราเร็วในการเคลื่อนที่แสดงบนลูกศรดังภาพ โดยพื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณทิศตะวันตกของเกาะเหนือซึ่งเป็นบริเวณทางตอนเหนือของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ พื้นที่สีเทาแสดงบริเวณที่อยู่เหนือระดับน้ำทะเล และบริเวณสีแดง, ส้ม, เหลือง, เขียว, ฟ้า แสดงบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลโดยมีระดับความสูงของพื้นที่จากน้อยไปมากตามลำดับสีดังกล่าว

ขอบทวีปสลิติย์ (passive margin) โดยแผ่นเปลือกโลกจะหยุดการแยกตัวและทรุดตัวลงไปเรื่อยๆ ทำให้ในช่วงนี้มีการลู่ล้าของน้ำทะเลมากขึ้น และนำเอาตะกอนมาสะสมตัว และในช่วงสุดท้ายของการเกิดแอ่งสะสมตะกอน ซึ่งเกิดขึ้นตั้งแต่สมัยอีโอซีนจนถึงปัจจุบัน โดยในช่วงไมโอซีนตอนต้น ได้เกิดการมุดตัวระหว่างแผ่นแปซิฟิก และแผ่นออสเตรเลีย ทำให้ธรณีวิทยาโครงสร้างบริเวณโดยรอบของรอยต่อแผ่นทวีปเกิดการเปลี่ยนแปลง (deformation) โดยเกิดเป็นรอยเลื่อน Alpine พร้อมกับรอยเลื่อนปกติ และรอยเลื่อนย้อนในบริเวณทิศตะวันออกของแอ่งทารานากิ และเกิดการทรุดตัวในบริเวณของขอบทวีปสลิติย์ (passive margin subsidence) ขึ้นในบริเวณทิศตะวันตกของเกาะเหนือ

2.2 ธรณีโครงสร้างภายในแอ่งทารานากิ

แอ่งสะสมตะกอนทารานากิ มีความหลากหลายทางธรณีวิทยาโครงสร้าง ซึ่งเกิดจากลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานตั้งแต่ยุคครีเทเชียส ถึงมหายุคซีโนโซอิก โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 บริเวณหลักๆ ประกอบด้วย Western Platform, North Taranaki Graben, South Taranaki Graben, Tarata Thrust Zone และ Southern Zone (King & Thrasher, 1996)

Western Platform เป็นบริเวณที่มีธรณีวิทยาโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน โดยเกิดการสะสมตัวขึ้นในช่วงยุคครีเทเชียสตอนปลาย และมีการพัฒนาค่อนข้างน้อย ทำให้ได้เป็นลักษณะพื้นที่ราบ ไม่มีธรณีวิทยาโครงสร้างที่หลากหลาย ส่วนอีก 4 บริเวณที่เหลือนั้นได้รับอิทธิพลต่างๆจากธรณีแปรสัณฐานในช่วงยุคนีโอจีน ซึ่งมีการมุดตัวของแผ่นแปซิฟิกและแผ่นออสเตรเลีย โดยมีแนวธรณีวิทยาโครงสร้างแบบหดตัว (contractional structure) คือ Cook-Turi lineament (Knox, 1982) ที่พาดผ่านกลางแอ่งสะสมตะกอน ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่บริเวณอ่าว Kawhia ถึงบริเวณตอนเหนือของเกาะใต้ประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งวางตัวขนานกับแนวรอยต่อของแผ่นทวีป และบริเวณพื้นที่บนชายฝั่งทางทิศตะวันตกของแอ่งสะสมตะกอน ซึ่งขนานกับรอยเลื่อน Taranaki ที่เกิดขึ้นในสมัยไมโอซีนตอนต้นในลักษณะ overthrust จัดเป็นบริเวณ Tarata thrust zone และเกิดร่วมกับ Manaia faulted anticline ซึ่งเป็นลักษณะโครงสร้างผกผัน (Inversional structure) ที่เกิดจากการเลื่อนตัวย้อนกลับของ รอยเลื่อนปกติในสมัยไมโอซีนตอนปลาย ถึงไพลโอซีน ส่วนบริเวณ South Taranaki Graben เป็นบริเวณที่เกิดการทรุดตัวในสมัยไพลโอซีน โดยไม่ค่อยพบรอยเลื่อน ในขณะที่บริเวณ North Taranaki Graben เป็นบริเวณที่มีการทรุดตัว และการแยกตัว อย่างชัดเจนทำให้เกิดการพัฒนาของรอยเลื่อนที่ซับซ้อน ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงไมโอซีนตอนปลาย ถึงไพลโอซีน (King & Thrasher, 1996)



รูปที่ 2.2 แสดงการจำแนกบริเวณที่มีความแตกต่างทางธรณีวิทยาโครงสร้างบริเวณแอ่งสะสมตะกอน ทารานากิ ประกอบด้วย North Taranaki Graben, South Taranaki Graben, Tarata Thrust Zone และ Southern Zone โดยมีแนวรอยเลื่อนหลักในพื้นที่ คือ Cape Egmont Fault และ Turi Fault ที่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือในบริเวณ North Taranaki Graben (New Zealand Petroleum & Mineral, 2013)

2.3 ธรณีวิทยาบริเวณตอนเหนือของแอ่งทารานากิ

บริเวณตอนเหนือของแอ่งทารานากิ หรือ North Taranaki Graben เป็นหนึ่งในแอ่งสะสมตะกอนย่อยของแอ่งทารานากิหลัก โดยมีความกว้างของโครงสร้างกราเบน (graben) ประมาณ 40 - 50 กิโลเมตร ซึ่งตั้งอยู่บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของคาบสมุทรทารานากิ โดยมีขอบเขตทางทิศตะวันตกสิ้นสุดอยู่ที่ Cape Egmont Fault ซึ่งวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (N-NE) และขอบเขตทางตะวันออกเฉียงอยู่ที่ Turi fault ซึ่งวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) โดยรอยเลื่อนใน 2 บริเวณนี้ตัดกันบริเวณทิศตะวันตกของคาบสมุทรทารานากิ เกิดเป็นขอบเขตทางทิศใต้ของแอ่ง ซึ่ง cape Egmont fault เป็นบริเวณที่ประกอบไปด้วย กลุ่มของรอยเลื่อนปกติที่วางตัวขนานไปกับรอยเลื่อนหลัก ซึ่งส่วนใหญ่มีแนวการเอียงเทไปในทิศตะวันออกเฉียง โดยเป็นผลมาจากการแยกตัว (Extension) ของแผ่นเปลือกโลกที่สัมพันธ์กับการทรุดตัวตั้งแต่ช่วงปลายของสมัยไมโอซีนตอนกลาง ซึ่งยังคงเกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบัน ส่วนบริเวณ Turi Fault นั้นประกอบไปด้วย กลุ่มของรอยเลื่อนปกติที่วางตัวขนานไปกับรอยเลื่อนหลักเช่นเดียวกัน แต่มีทิศทางการเอียงเทของรอยเลื่อนส่วนใหญ่ไปในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยผลจากธรณีแปรสัณฐานที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นที่ดังกล่าว ทำให้บริเวณตอนเหนือของแอ่งทารานากิ มีความลึกของพื้นที่จากระดับจากระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ยประมาณ 500 - 1,000 เมตร (King & Thrasher, 1996) และมีความหนาของชั้นหินในมากที่สุดประมาณ 8 กิโลเมตร และมีอัตราการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนในแนวแนวขี้น (fault throw displacement rate) บริเวณ Turi Fault ในสมัยไพลโอซีนถึงปัจจุบัน ประมาณ 0.16 มิลลิเมตรต่อปี และมีอัตราการสะสมตัวของตะกอนในช่วงเดียวกันอยู่ที่ 0.6 มิลลิเมตรต่อปี (King & Thrasher, 1996)

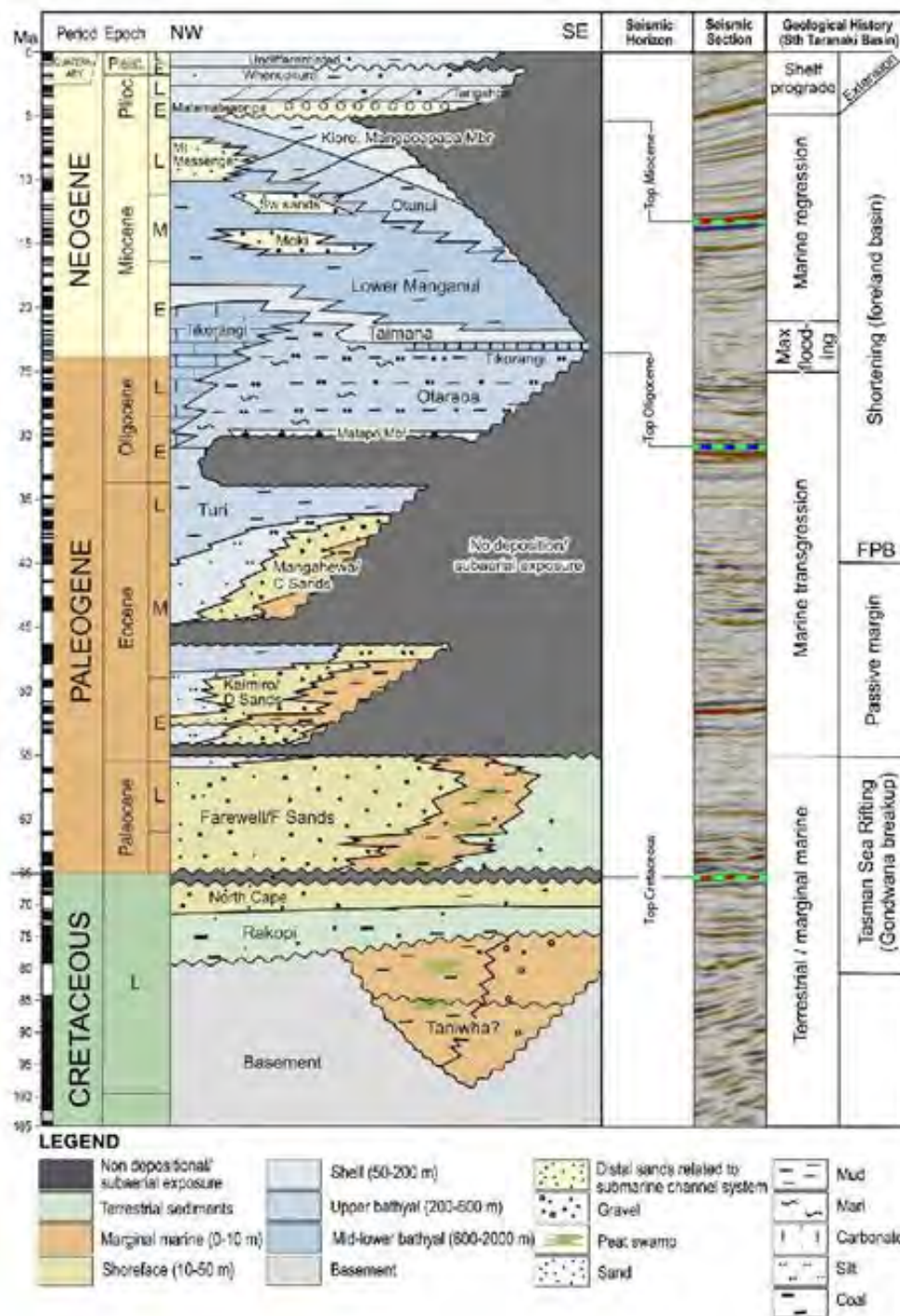
2.4 ธรณีแปรสัณฐาน และการลำดับชั้นหินบริเวณแอ่งทารานากิ

ลักษณะการทรุดตัวของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ เริ่มต้นขึ้นในยุคครีเทเชียสตอนปลาย ในตอนที่ประเทศนิวซีแลนด์ ยังคงเป็นส่วนหนึ่งบริเวณขอบของแผ่นมหาทวีปกอนด์วานา (King & Thrasher, 1996) โดยการทรุดตัวดังกล่าวทำให้เกิดรอยเลื่อนปกติในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และเริ่มเกิดพื้นที่ต่ำซึ่งเป็นแอ่งสะสมตะกอนในลักษณะ Intra-cratonic basin ซึ่งสัมพันธ์กับตอนเริ่มต้นในการเกิดทะเลแทสมัน (King & Thrasher, 1996) โดยแหล่งของตะกอนที่มาสะสมตัวในแอ่งในช่วงนั้นมาจากแหล่งตะกอนบนบก (terrestrial sediment) ซึ่งสะสมตัวพร้อมกันกับการเกิดการแยกตัว (syn-rift sediment) และมีซากสิ่งมีชีวิตที่สะสมตัวให้ปิโตรเลียมในปัจจุบัน

ในสมัยพาลีโอซีนซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มมีทะเลแทสมันเกิดขึ้น โดยที่แอ่งทารานากิก็เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะแอ่งจาก Intra-cratonic basin ไปเป็นลักษณะขอบทวีปสติดิตย์ (passive margin) และมีการทรุดตัวซึ่งเป็นผลมาจาก thermal subsidence โดยการทรุดตัวดังกล่าวทำให้เกิดการรุกล้ำของน้ำทะเล (transgressive) เข้ามาในบริเวณที่มีลักษณะพื้นที่ต่ำ ทำให้มีการสะสมตัวของหินตะกอนจำพวก หินทราย ซึ่งมาจากสภาพแวดล้อมแบบ ทางน้ำ (fluvial), ชายฝั่ง (coastal), ขอบทะเล (marginal marine) และบนบก (terrestrial sandstone) (King & Thrasher, 1996)

ในระหว่างสมัยโอลิโกซีนตอนต้น (ประมาณ 33 ล้านปีก่อน) การสะสมตัวของตะกอนในสภาพแวดล้อมแบบขอบทะเล (marginal marine) เริ่มสิ้นสุดลง แต่แอ่งสะสมตะกอนยังคงมีการทรุดตัวลงอย่างต่อเนื่อง และแหล่งของตะกอนที่มาจากบนบก (terrestrial sediment supply) เริ่มลดน้อยลงเนื่องจากยุคน้ำแข็งในสมัยโอลิโกซีน ทำให้ในช่วงนี้มีอัตราการสะสมตัวของตะกอนภายในแอ่งลดลงเป็นอย่างมาก เป็นผลให้เกิดรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (unconformity) และในช่วงสมัยนี้ได้เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการสะสมตัวของตะกอน ซึ่งเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ชนกันระหว่างแผ่นแปซิฟิก และแผ่นออสเตรเลีย ทำให้เกิดรอยเลื่อนย้อนทารานากิ (Taranaki Thrust Fault) ขึ้นบริเวณทิศตะวันออกทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ และจากการทรุดตัวของแอ่งสะสมตะกอน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ที่เหมาะกับการสะสมตัวของหินปูน ในสมัยโอลิโกซีน (King & Thrasher, 1996)

หลังจากนั้นการสะสมตัวของหินปูนได้มีการหยุดตัวลงเนื่องจากมีการพัฒนาของโครงสร้างในบริเวณแนวแผ่นเปลือกโลกคู่เข้าหากัน (convergent plate boundary) ระหว่างแผ่นออสเตรเลีย และแผ่นแปซิฟิก และทำให้เกิดโครงสร้างจำพวกชั้นหินคดโค้ง (fold) และแนวรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust belt) ขึ้น และทำให้เกิดการยกตัว (uplift) ของพื้นที่สูงมากขึ้น ในสมัยไมโอซีนตอนปลาย แอ่งสะสมตะกอนทารานากิได้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะแอ่งไปเป็นรูปแบบ back-arc basin ที่เกิดจากการมุดตัวลงอย่างต่อเนื่องของแผ่นแปซิฟิก ซึ่งลักษณะธรณีแปรสัณฐานนี้ทำให้เกิดอัตราการทรุดตัวที่มากขึ้น ทำให้ลักษณะการสะสมตะกอนในแอ่งตั้งแต่สมัยไมโอซีนตอนปลายเป็นการสะสมตะกอนจากสภาพแวดล้อมที่มีการสแป่นปูน (turbidite) ในบริเวณที่มีความชัน ซึ่งทำให้เกิดการสะสมตัวของหินประกอบไปด้วยลักษณะ basin floor turbidity deposits, slope fan turbidites และนอกจากนั้นลักษณะการแยกตัวร่วมกันกับการทรุดตัวของพื้นที่ ที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดลักษณะภูเขาไฟของหินจำพวกแอนดีไซต์ขึ้นเมื่อ 16 ล้านปีก่อน (King et al., 2013)

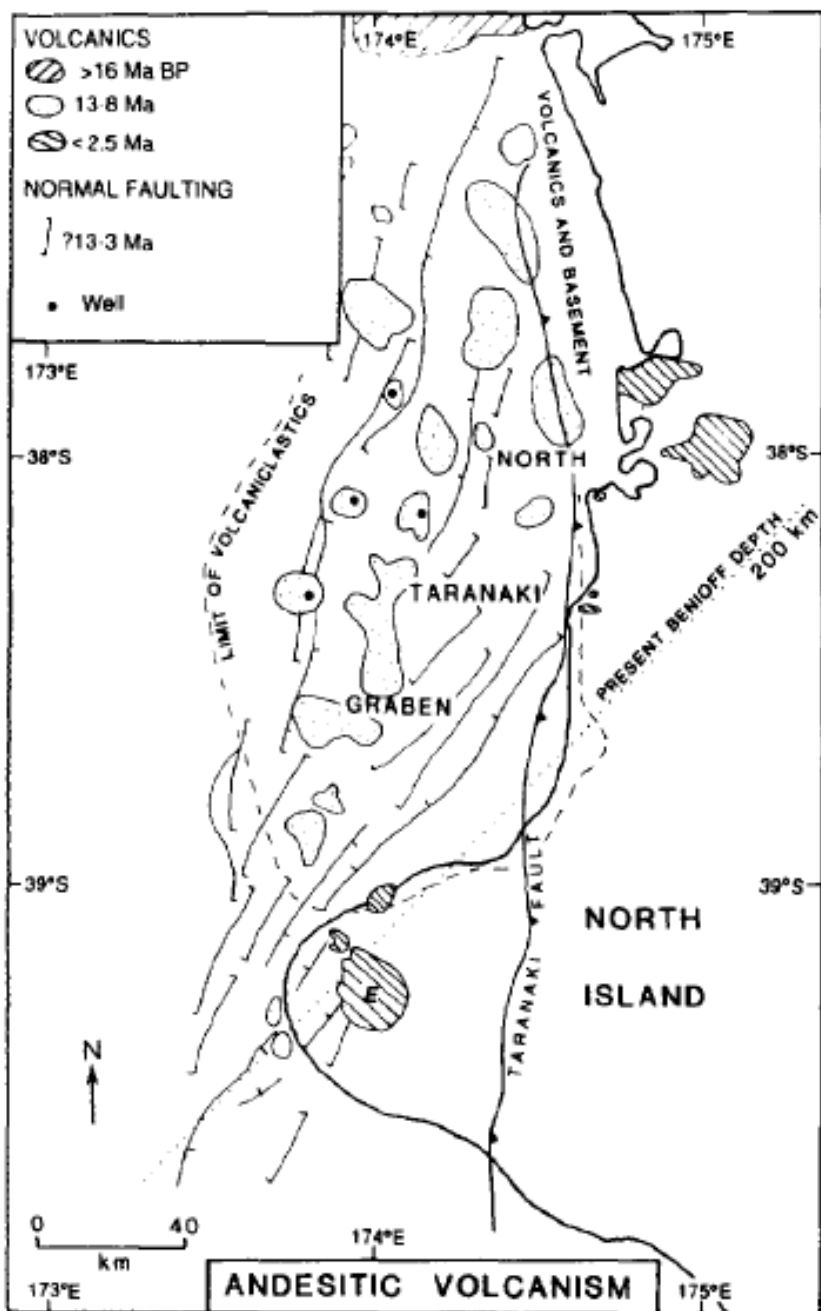


รูปที่ 2.3 แสดงการลำดับชั้นหิน และธรณีประวัติของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ ที่สะสมตัวตั้งแต่ยุค ครีเทเชียสตอนปลาย ถึงยุคควอร์เทอนารีและแนวชั้น (horizon layer) หลักในจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน 2 มิติ NM-17 (ปรับปรุงจาก Reilly et al., 2015)

2.5 กิจกรรมภูเขาไฟบริเวณทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ

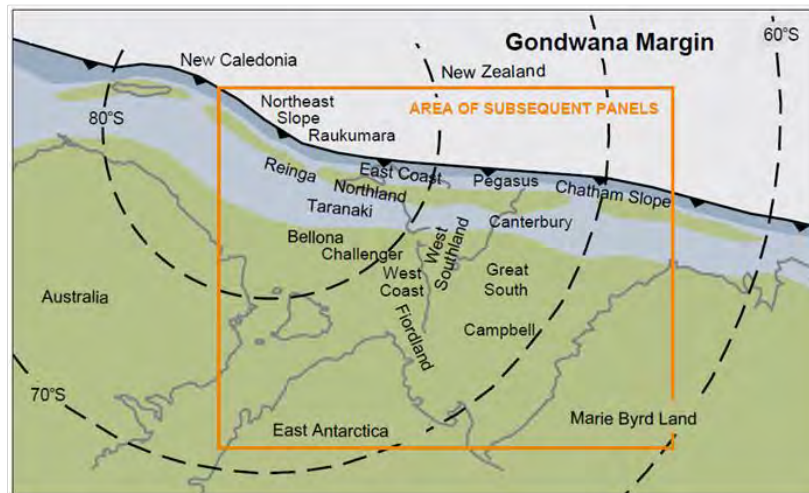
หินภูเขาไฟ หรือ volcanic rock ที่สะสมในแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงสมัยไมโอซีนตอนปลายซึ่งเกิดจากกระประทุของภูเขาไฟชนิดแอนดีไซต์ (andesitic volcanoes) ทั่วบริเวณทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ ซึ่งเป็นผลมาจากการแยกตัวของแผ่นเปลือกโลก โดยมีลักษณะเป็นหินแอนดีไซต์ที่มีองค์ประกอบจำพวกโพแทสเซียม, แคลเซียมและอะลูมิเนียมสูง (high-potash, calc-alkaline andesite) ซึ่งได้จากการศึกษาข้อมูลหลุมเจาะบริเวณนอกชายฝั่งทารานากิ ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวได้มีการศึกษาการเทียบเคียงอายุ อยู่ในช่วง 13 - 8 ล้านปีก่อน ซึ่งมีอายุใกล้เคียงกับหมวดหิน Mohakatino บริเวณชายฝั่งแอ่งทารานากิทางตอนเหนือ ซึ่งหาอายุได้ประมาณ 12 - 10 ล้านปีก่อน ซึ่งปิดทับด้วยหมวดหิน Mount Messenger และหมวดหิน Urenui ที่ประกอบไปด้วยหินทัฟฟ์ (King & Thrasher, 1996) จากการศึกษาอายุดังกล่าวพบว่ากิจกรรมภูเขาไฟ ที่มีอายุในช่วงไมโอซีนตอนปลายนี้ มีการกระจายตัวจากทางเหนือลงมาสู่ทางใต้ นอกจากนี้ หินภูเขาไฟที่พบนอกชายฝั่งทารานากินี้ ยังมีลักษณะองค์ประกอบทางเคมีคล้ายกันกับ หินภูเขาไฟที่พบบริเวณทิศตะวันออก และทิศใต้บนชายฝั่งทารานากิ ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วงสมัยไพลโอซีนและไพลสโตซีน จนถึงปัจจุบัน โดยหินภูเขาไฟอายุน้อย ที่พบบริเวณภูเขา Egmont มีลักษณะอายุที่ลดลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

ซึ่งช่วงเวลาในการเกิดการสะสมตัวของ หินภูเขาไฟบริเวณนอกชายฝั่งทารานากิ เป็นช่วงเวลาเดียวกันกับ ช่วงที่เกิดการกระตุ้น (reactivate) การเลื่อนตัวของรอยเลื่อนบริเวณ cape Egmont fault และการหดตัว (shortening) ของรอยเลื่อนทารานากิ ซึ่งบ่งบอกว่าการสะสมตัวของภูเขาไฟชนิดแอนดีไซต์ บริเวณทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ เกิดจากการแทรกดันตัวของแมกมาขึ้นมาในบริเวณที่เกิดการแยกตัว (rifting) ของแผ่นเปลือกโลก ซึ่งทำให้บริเวณนั้นมีแผ่นเปลือกโลกที่บาง และสะสมตัวขนานไปกับแนวรอยเลื่อน (King & Thrasher, 1996)



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะแนวภูเขาไฟชนิดแอนดีไซต์อายุต่างๆ ที่กระจายตัวอยู่ในบริเวณทางตอนเหนือของแองทาร์นาทิก ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งขนานกับแนวการวางตัวของ แนวการมุดตัวของแผ่นแปซิฟิกและแผ่นออสเตรเลีย โดยแสดงลักษณะแนวภูเขาไฟในช่วงอายุ 13 – 8 ล้านปีก่อน และ 2.5 ล้านปีก่อน (King & Thrasher, 1996)

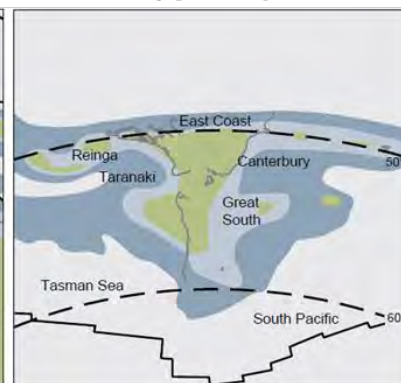
EARLY CRETACEOUS - 120 MA



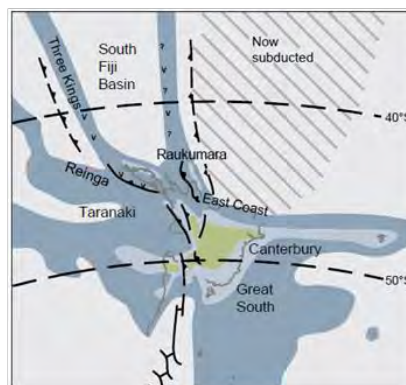
LATE CRETACEOUS - 85 MA



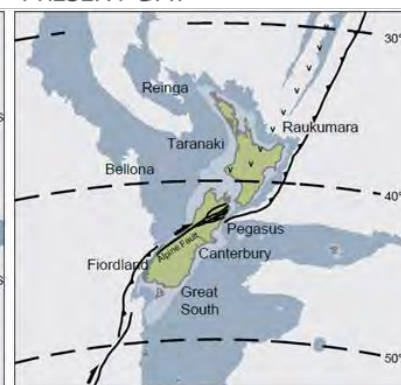
LATE PALEOCENE - 57 MA



EARLY MIOCENE - 22 MA



PRESENT DAY



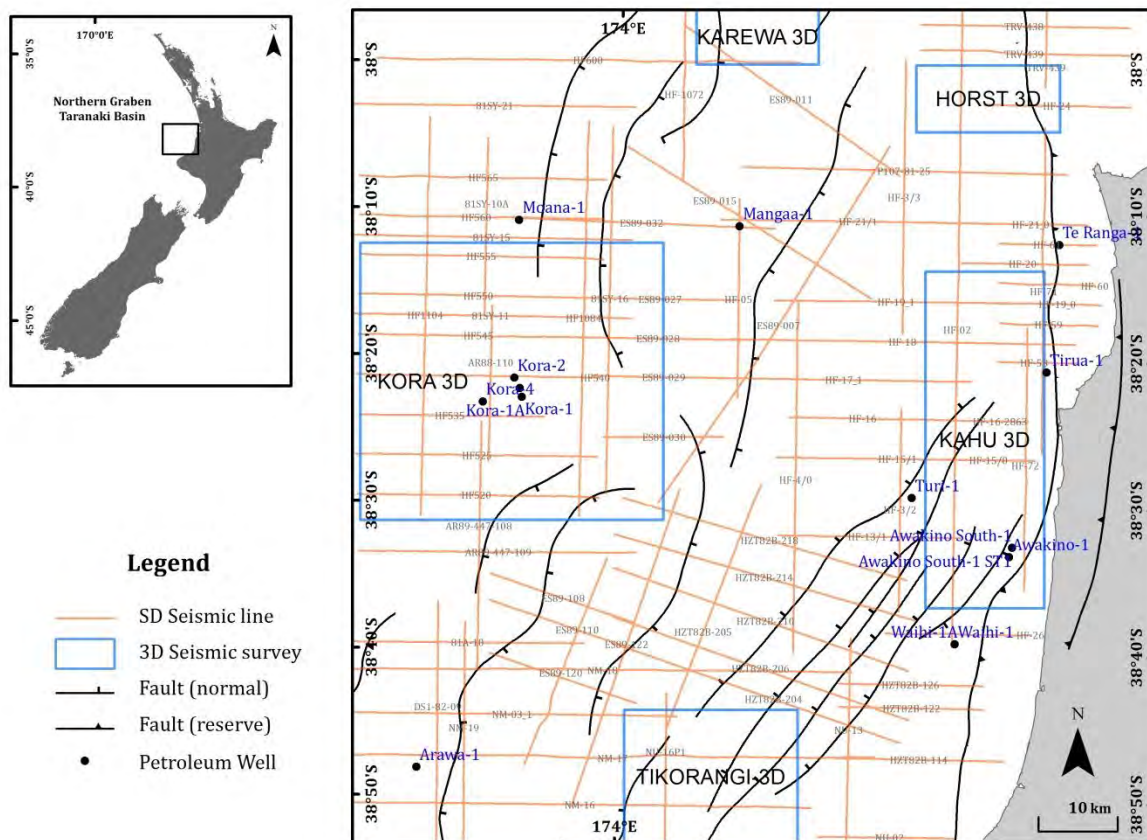
รูปที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของธรณีวิทยาแปรสัณฐานในระดับไพศาล (regional tectonic) บริเวณแอ่งทารานากิ และพื้นที่โดยรอบตั้งแต่สมัยครีเทเชียสตอนต้นจนถึงปัจจุบัน (New Zealand petroleum and mineral, 2013)

บทที่ 3

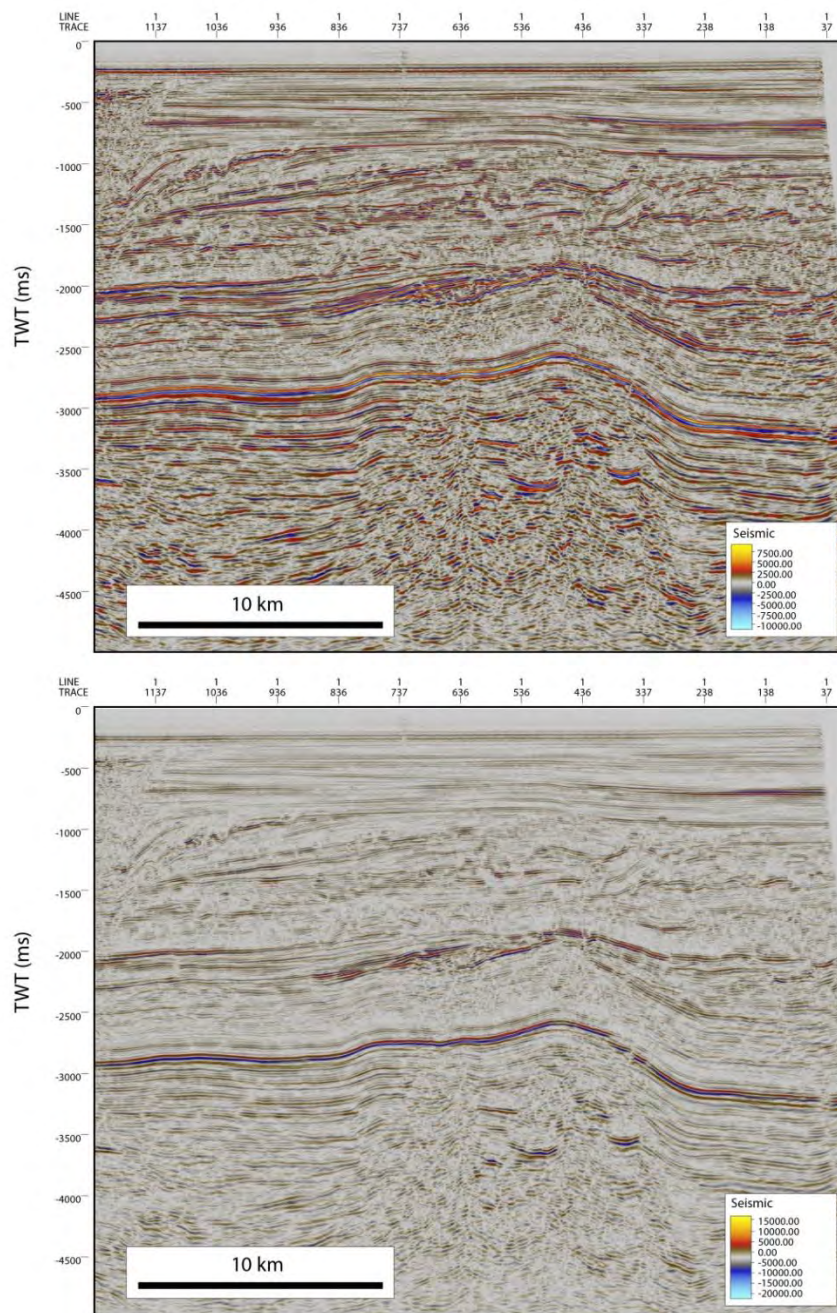
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนในพื้นที่ศึกษา ประกอบไปด้วยข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิดสามมิติ และสองมิติ จากการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อน (reflection seismic survey) และข้อมูลหลุมเจาะ ซึ่งครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษาบริเวณทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ โดยมีแหล่งที่มาของข้อมูลจาก New Zealand Petroleum and Minerals 2015



รูปที่ 3.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในพื้นที่ศึกษาบริเวณ โดยแสดงเป็นลักษณะแผนที่ ที่ประกอบด้วยแนวการวางตัวของรอยเลื่อนหลักในพื้นที่ศึกษา (เส้นสีดำ), ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนสองมิติ (เส้นสีส้ม), ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนสามมิติ (เส้นสีฟ้า) และข้อมูลหลุมเจาะ (จุดสีดำ)



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนสองมิติ HF545 โดยแสดงผลด้วยโปรแกรม Petrel 2013 ที่มีลักษณะช่วงของแอมพลิจูดในการแสดงผลที่แตกต่างกัน รูปบนแสดงถึงข้อมูลที่ยังไม่ได้ทำการปรับค่าให้เหมาะสม โดยมีค่า แอมพลิจูดสูงสุด (minimum amplitude) : 11,304.84 แอมพลิจูดต่ำสุด (maximum amplitude) : 9,212.50 และรูปล่าง คือ ข้อมูลที่ได้ทำการปรับค่าแอมพลิจูดให้เหมาะสมแล้ว โดยมีค่า แอมพลิจูดสูงสุด : 20,000 และ แอมพลิจูดต่ำสุด : 20,000

3.2 การปรับตั้งค่าของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

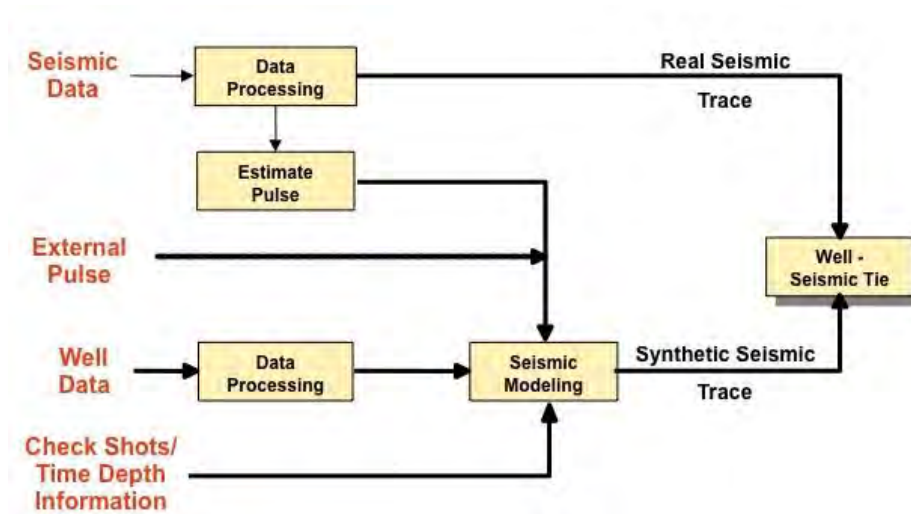
ก่อนที่จะทำการแปลความหมายข้อมูล หรือนำข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนมาใช้ในการวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างในการวิจัย จะต้องทำการปรับตั้งค่าข้อมูลก่อน เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในแต่ละปีนั้นมีค่าความกว้างของช่วงในการแสดงแอมพลิจูด (min, max) ที่แตกต่างกัน และการสำรวจในแต่ละปีหรือแต่ละครั้ง นั้นใช้คลื่นความถี่ในการสำรวจที่ต่างกัน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาแสดงในโปรแกรม Petrel 2013 จะไม่สามารถมองเห็นลักษณะของชั้นหิน และธรณีวิทยาโครงสร้างได้ชัดเจน และไม่สามารถนำข้อมูลต่างๆมาเปรียบเทียบกันได้ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับค่าความกว้างของช่วง (min, max) แอมพลิจูด โดยใช้โปรแกรม Petrel 2013 ดังรูปที่ 3.2 ให้ได้มาตรฐานเท่ากันในระดับสายตาที่สามารถมองเห็นได้ และสามารถเปรียบเทียบได้กับทุกๆข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

3.3 การผูกข้อมูลหลุมเจาะเข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

ในการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการเทียบสัมพันธ์ข้อมูลหลุมเจาะ เข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนโดยการสร้างไฮสโมแกรมสังเคราะห์ที่ขึ้นมาจากข้อมูลหลุมเจาะ โดยใช้โปรแกรม Petrel 2013 เพื่อที่จะทำการระบุการลำดับชั้นหินในข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนในบริเวณหลุมเจาะนั้นได้ และสามารถระบุชั้นหินอ้างอิง (marker key horizon) จากข้อมูลหลุมเจาะว่าชั้นหินที่มีระดับความลึกเป็นเวลา (two way time) และทำให้เราทราบข้อมูลต่างๆที่ได้จากหลุมเจาะ เช่น ข้อมูลชนิดหิน และการลำดับชั้นหิน เป็นต้น

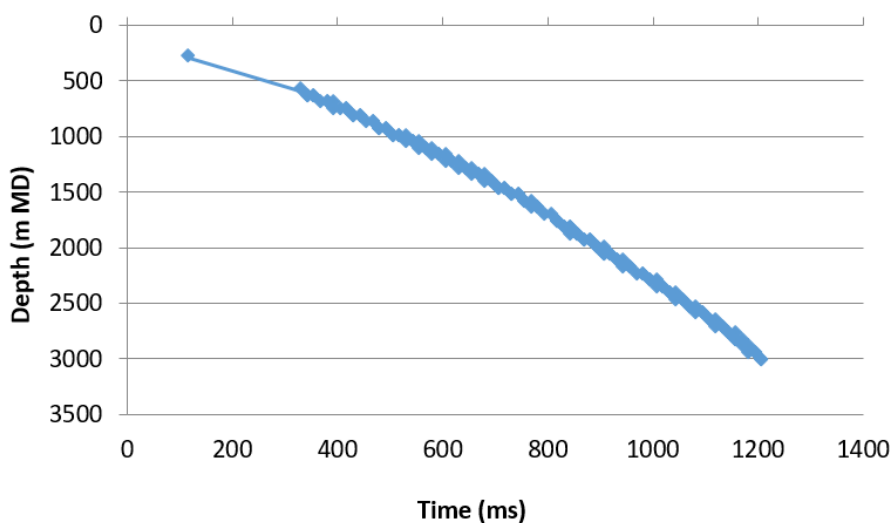
ในการสร้างไฮสโมแกรมสังเคราะห์ จากข้อมูลหลุมเจาะ ทำได้โดยการนำข้อมูลความหนาแน่นและค่าความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนของชั้นหิน มาคำนวณหาค่าอคูสติกส์อิมพีแดนส์ ของชั้นหินชั้นนั้นๆ โดยในงานวิจัยฉบับนี้ใช้ข้อมูลความเร็วของชั้นหินจากทั้งคลื่นโซนิค (sonic wave) จากหลุมเจาะ และข้อมูลเช็คช็อต (checkshot) เพื่อคำนวณหาค่าอคูสติกส์อิมพีแดนส์ (acoustic impedance) และไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (reflection coefficient) และนำไปทำการคอนโวลูชัน (convolution) กับ เวฟเล็ต (wavelet) ทำได้จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่จะใช้ผูกกับข้อมูลหลุมเจาะนั้น เพื่อให้ได้ลักษณะเวฟเล็ตชนิดเดียวกัน หลังจากนั้นทำการสร้างไฮสโมแกรมสังเคราะห์ออกมา และนำไปผูกกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนต่อไป

หลังจากการสร้างไฮสโมแกรมสังเคราะห์ จากข้อมูลหลุมเจาะออกมาได้แล้ว ก็ทำการนำข้อมูลไปผูกกับข้อมูลหลุมเจาะที่ระดับจุดอ้างอิงเดียวกัน คือที่ระดับ Kelly Bushing (KB) ของหลุมเจาะ และแสดงออกมาบนข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน เพื่อเลือกแนวชั้นอ้างอิง (horizon) ในการแปลความหมาย

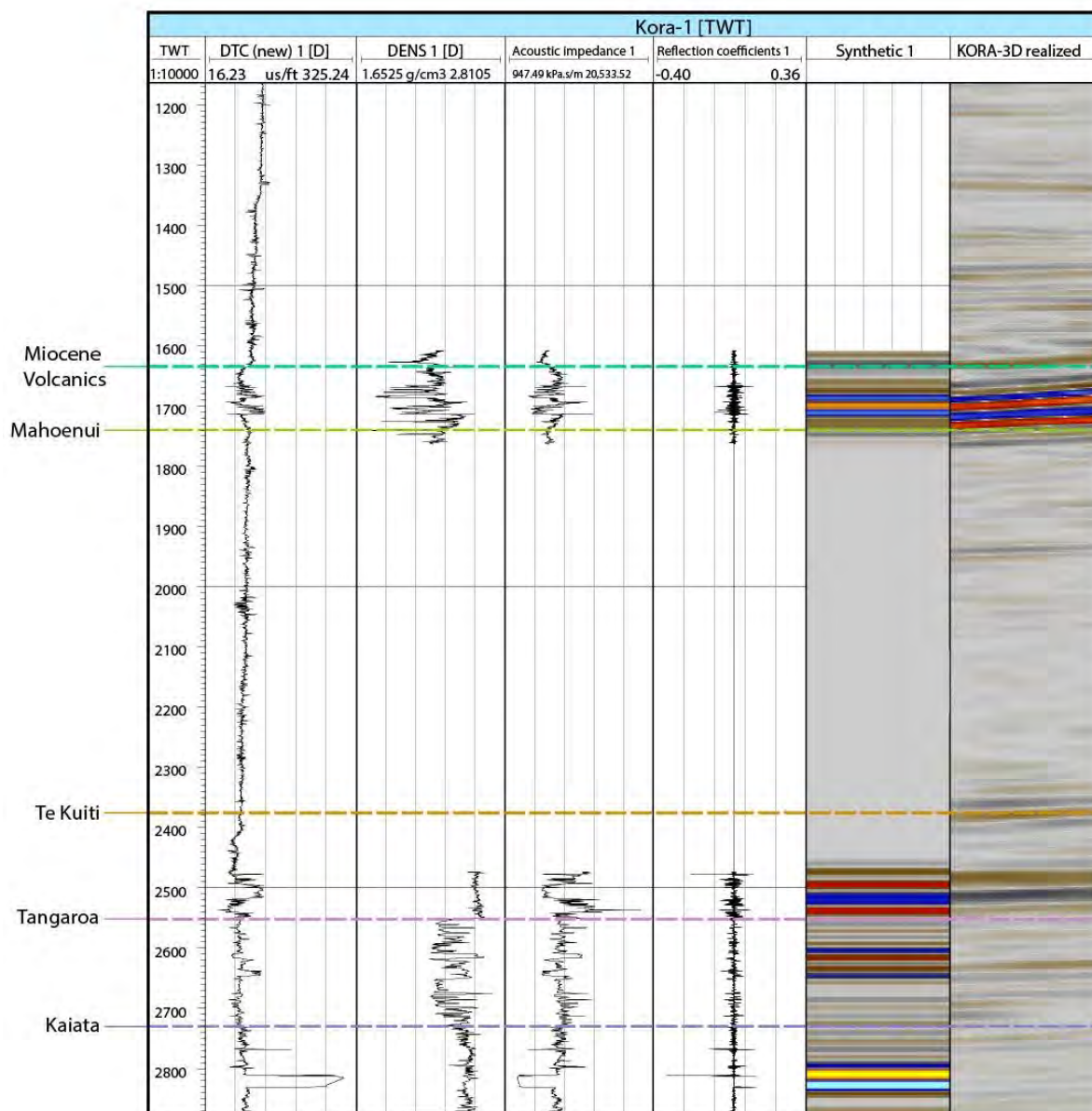


รูปที่ 3.3 แสดงแผนผังการทำงาน และขั้นตอนในการผูกข้อมูลหลุมเจาะเข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน โดยเริ่มจากการนำข้อมูลความเร็วคลื่นไหวสะเทือน และข้อมูลความหนาแน่นของชั้นหินจากหลุมเจาะ มาสร้างเป็นโมเดลคลื่นไหวสะเทือน พร้อมกับนำเวฟเล็ต จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน มาสร้างไซส์โมแกรมสังเคราะห์ และนำไปผูกกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนต่อไป

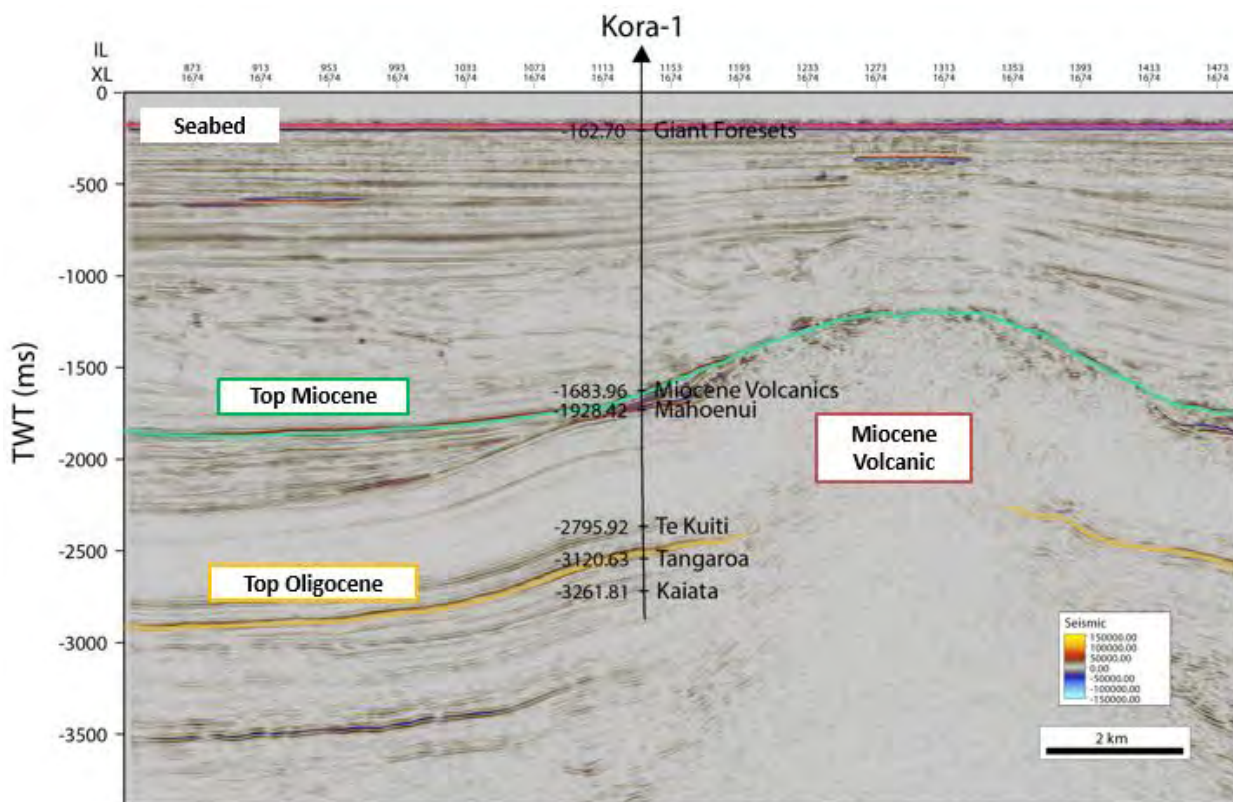
Depth vs. Time Curve



รูปที่ 3.4 แสดงกราฟของข้อมูลเช็คช็อต ที่ใช้ในการสร้างไซส์โมแกรมสังเคราะห์ ในการทำในการผูกข้อมูลหลุมเจาะเข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนสามมิติ KORA-3D ซึ่งเป็นข้อมูลจากหลุมเจาะ KORA-1



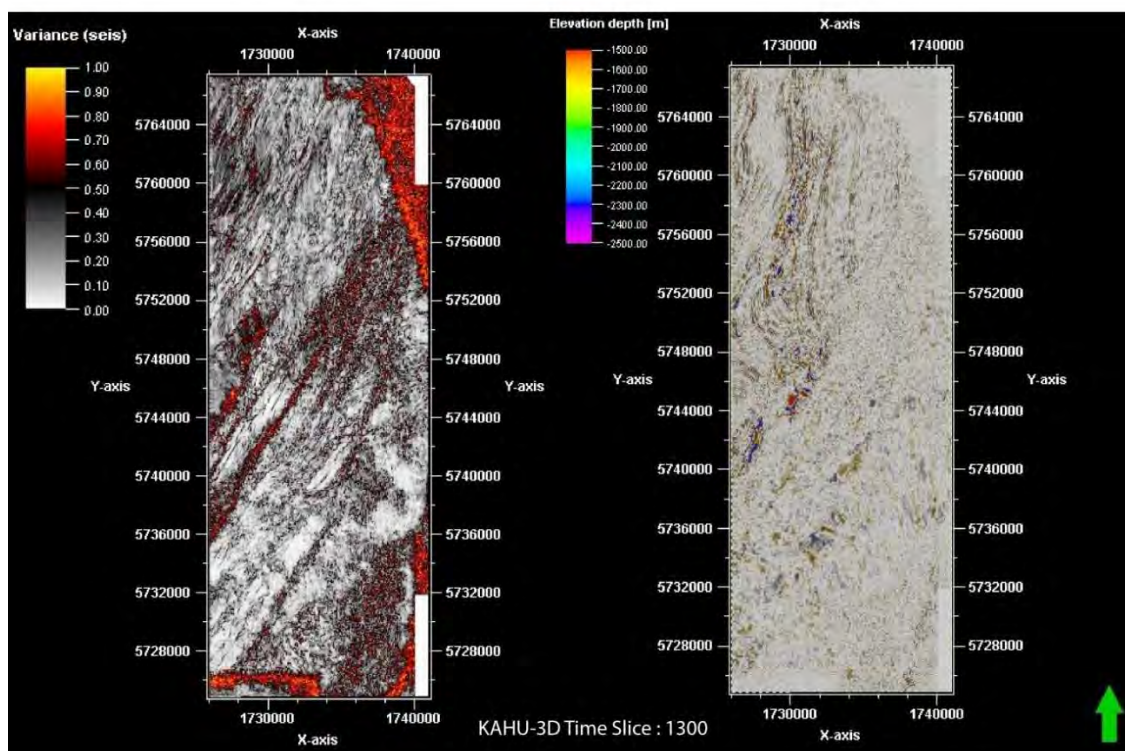
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะการผูกข้อมูลหลุมเจาะเข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ที่แสดงผลจากโปรแกรม Petrel 2013 โดยคอลัมน์ที่ 1 แสดงถึงความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนจากข้อมูลคลื่นโซนิก ของชั้นหินในระดับความลึกบริเวณต่างๆของหลุมเจาะในหน่วย us/ft คอลัมน์ที่ 2 แสดงถึงข้อมูลความหนาแน่นของชั้นหินในหน่วย g/cc คอลัมน์ที่ 3 และ 4 แสดงถึงค่าคอสติกส์อิมพีแดนส์ และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนตามลำดับ ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Petrel 2013 และคอลัมน์ที่ 4 แสดงออกมาเป็นไฮสโมแกรมสังเคราะห์ โดยเทียบข้อมูลของหน่วยหินที่ได้จากหลุมเจาะ และนำไปเทียบกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะการเทียบข้อมูลหลุมเจาะที่ได้จากการผูกข้อมูลหลุมเจาะเข้ากับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน จากหลุมเจาะ KORA-1 ซึ่งแสดงลักษณะความลึกของชั้นหินเป็น เวลา (two way time) ของชั้นหินต่างๆในบริเวณนั้น แล้วนำไปเทียบกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนสามมิติที่บริเวณ KORA-3D Cross-line ที่ 1674 ทำให้ทราบถึงความลึกของชั้นหินและอายุในการสะสมตัวของชั้นต่างๆในข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน และทำการกำหนดเป็นแนวชั้นอ้างอิง ในการแปลความหมายข้อมูลแนวชั้น (horizontal interpretation)

3.4 การปรับค่าคุณลักษณะของคลื่นไหวสะเทือน

ในการวิจัยฉบับนี้ได้ใช้การปรับปรุงคุณลักษณะข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน (seismic attribute) ชนิด variance attribute โดยใช้โปรแกรม Petrel 2013 ในการปรับแต่งข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนสามมิติ โดยจะการปรับปรุงข้อมูลจากข้อมูลชั้นเวลา (time slice) เพื่อแสดงความต่อเนื่องของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ทำให้เห็นแนวการวางตัวของรอยเลื่อนได้ชัดเจนมากขึ้น ดังรูปที่ 3.7 คือการทำการปรับแต่งข้อมูลชั้นเวลา (time slice) บริเวณ KAHU-3D ทำให้สามารถเห็นแนวการวางตัวของรอยเลื่อนหลักๆ ที่แสดงลักษณะมุมมองจากด้านบน (top view) ที่มีการวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 3.7 แสดงการปรับปรุงคุณลักษณะของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแบบสามมิติ (seismic attribute) ชนิด variance เพื่อแสดงความต่อเนื่องของรอยเลื่อน และทิศทางในการวางตัวของรอยเลื่อนที่ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยรูปขวาคือภาพข้อมูลชั้นเวลา ที่ระดับความลึกในหน่วยเวลา ที่ 1,300 ms ที่ยังไม่ได้ทำ variance attribute และรูปซ้าย คือรูปข้อมูลชั้นเวลา หลังจากทำ variance attribute แล้ว จะเห็นว่า มีลักษณะแนวการวางตัวของรอยเลื่อนที่ชัดเจนกว่า

3.5 การแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

ในการแปลความหมายคลื่นไหวสะเทือนในงานวิจัยนี้การแปลความหมายใน 2 ส่วนคือการแปลความหมายแนวชั้น และการแปลความหมายโครงสร้าง โดยในการแปลความหมายแนวชั้น จากการกำหนดแนวชั้นอ้างอิง (marker key horizon) ที่จะทำการแปลความหมายจากการผูกข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนเข้ากับข้อมูลหลุมเจาะแล้ว โดยในการวิจัยนี้ได้ทำการแปลข้อมูลแนวชั้นหลักๆทั้งหมด 3 แนว คือ ชั้น Top Cretaceous, Top Oligocene และ Top Miocene โดยเริ่มจากการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิดสามมิติในบริเวณที่มีแนวชั้นอ้างอิงก่อน หลังจากนั้นก็เริ่มทำการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนทั้ง 2 และ 3 มิติ ในบริเวณโดยรอบจนทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ทำให้เราได้ชั้นหินที่สะสมตัวยุคนั้นๆมา หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการแปลรอยเลื่อน และโครงสร้างต่างๆในพื้นที่ศึกษา โดยธรณีโครงสร้างหลักๆ เช่น รอยเลื่อนหลัก จะใช้โปรแกรม Petrel ในการแปลโดยเริ่มทำการแปลจากบริเวณที่มีข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแบบ 3 มิติ จากการใช้ variance attribute ที่ทำให้สามารถเห็นความต่อเนื่องของแนวในการวางตัวของรอยเลื่อนได้ชัดเจน หลังจากแปลความหมายข้อมูล 3 สามมิติเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มแปลโครงสร้างหลักในข้อมูล 2 มิติ ต่อ และทำการเทียบสัมพันธ์ของแนวในการวางตัวต่อจากข้อมูล 3 มิติ จนได้เป็นรอยเลื่อนหลักๆทั้งหมดในพื้นที่ ส่วนโครงสร้างย่อยๆ จะใช้การแปลปกติโดยใช้โปรแกรม Illustrator โดยการแปลความหมายจะเน้นทางด้านรูปร่าง การวางตัว และขนาดของโครงสร้าง ที่สัมพันธ์กับการเกิดจากธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่แตกต่างกัน เช่น โครงสร้างที่เกิดจากการแยกตัวของแผ่นเปลือกโลก และบีบตัวของแผ่นเปลือกโลก รวมถึงการกระจายตัวในช่วงอายุต่างๆเพื่อจะได้รู้วิวัฒนาการของพื้นที่ว่าในอดีตในช่วงเวลาต่างๆ มีลักษณะธรณีแปรสัณฐานเป็นแบบใด และมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร และลักษณะธรณีแปรสัณฐานดังกล่าว ส่งผลต่อบริเวณใดในพื้นที่ศึกษาบ้าง หลังจากแปลความหมายทางธรณีวิทยาโครงสร้างแล้ว ก็จะมีการจำแนกกลุ่มของโครงสร้างและบริเวณที่ได้รับผลจากธรณีแปรสัณฐานที่มีลักษณะแตกต่างกัน

3.6 การเทียบสัมพันธ์ข้อมูลหลุมเจาะ

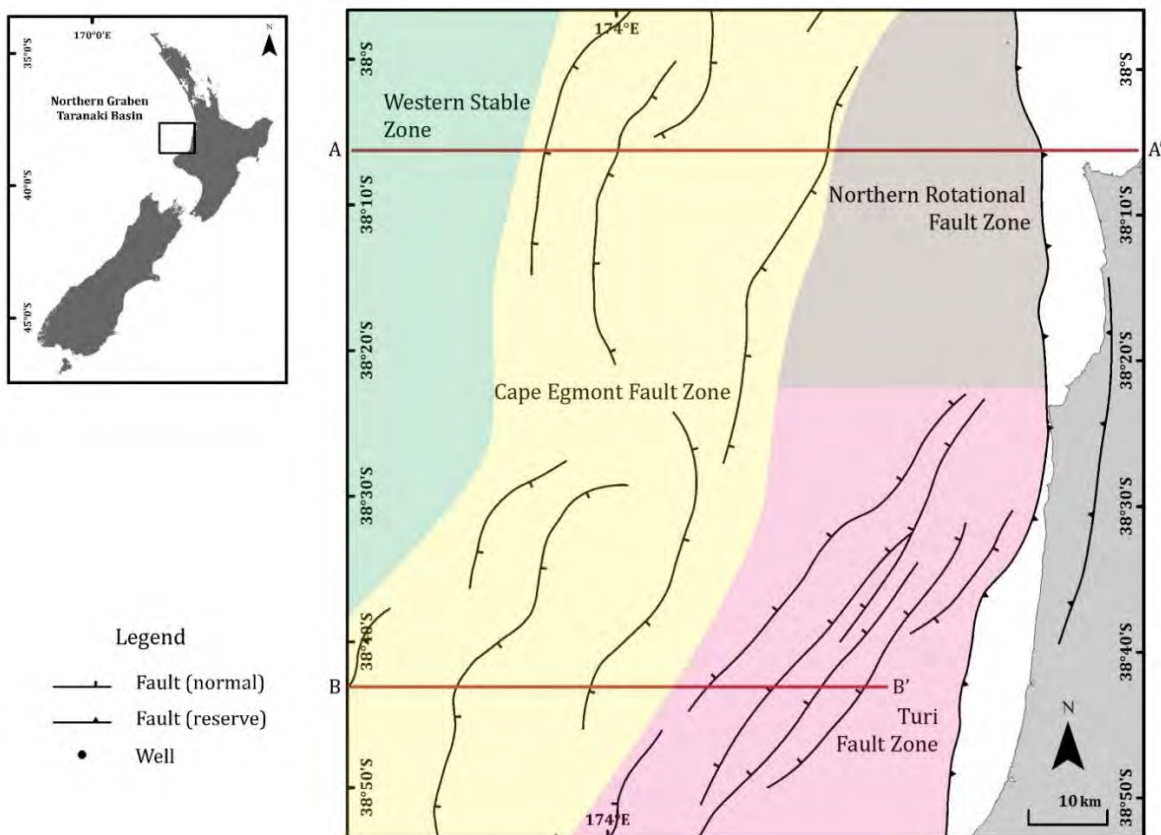
คือขั้นตอนในการนำข้อมูลหลุมเจาะทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา มาทำการเทียบเคียงกันในเชิงของชนิดหิน และความลึกของชุดหินต่างๆ เพื่ออธิบายถึงสภาพแวดล้อมการสะสมตัวในอดีตในช่วงอายุต่างๆของพื้นที่ศึกษา โดยขั้นตอนการวิจัยในขั้นนี้ ได้ใช้ข้อมูลหลุมเจาะทั้งหมด 9 หลุมในพื้นที่ศึกษา อธิบายการลำดับชั้นหิน ตั้งแต่ยุคครีเทเชียสจนถึงปัจจุบัน โดยใช้ข้อมูลชนิดหิน, ความหนา, และความลึก ซึ่งเป็นข้อมูลของหน่วยหินต่างๆในพื้นที่จากข้อมูลหลุมเจาะ

บทที่ 4

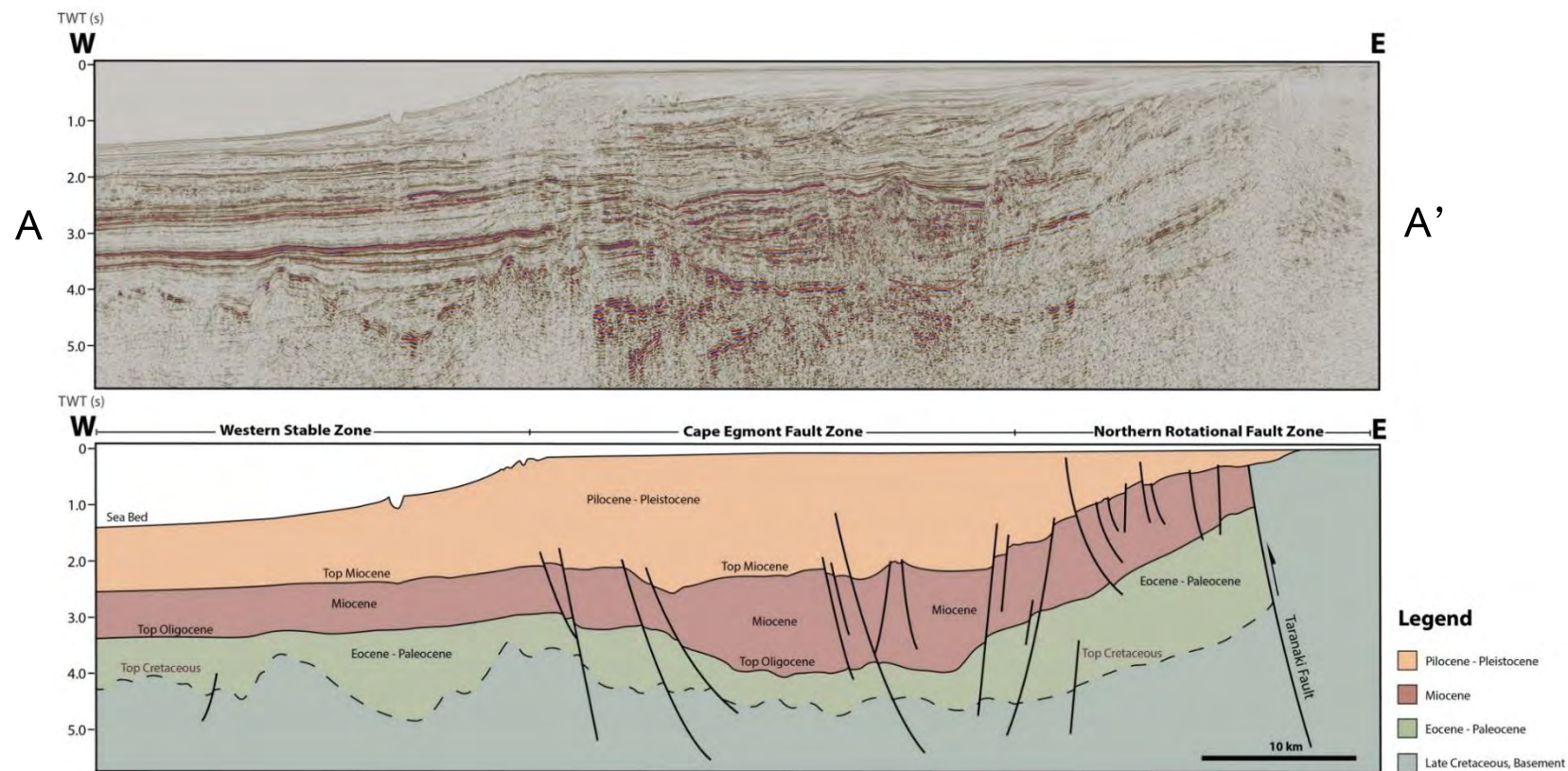
ผลการศึกษา

4.1 กลุ่มของธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่

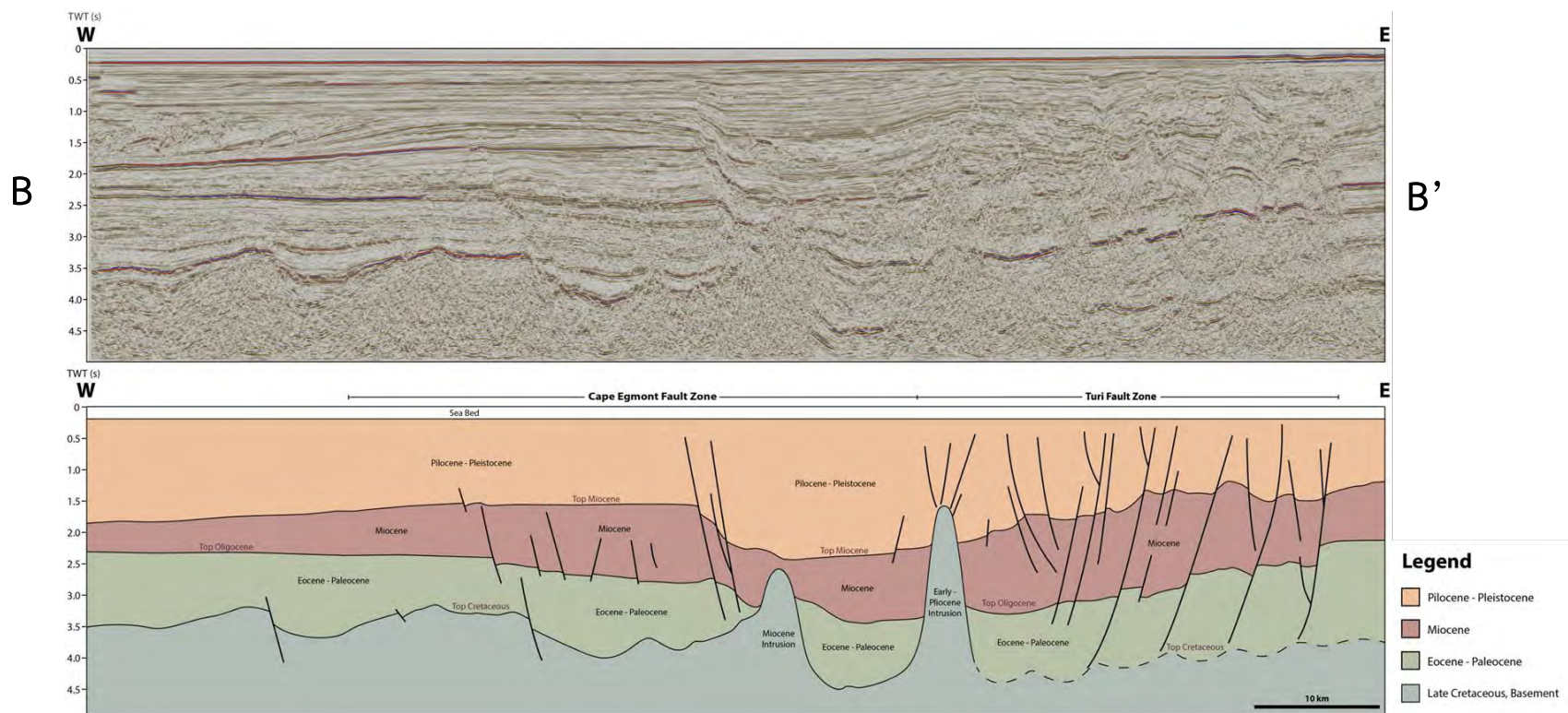
จากการศึกษาการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน พบว่าลักษณะธรณีโครงสร้างในพื้นที่ศึกษา บริเวณทางตอนเหนือของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ มีการกระจายตัวของกลุ่มธรณีโครงสร้างที่บ่งบอกถึงลักษณะธรณีแปรสัณฐานที่แตกต่างกันอยู่ทั้งหมด 4 บริเวณ โดยประกอบไปด้วย Western Stable Zone, Cape Egmont Fault Zone, Turi Fault Zone และ Northern Rotational Fault Zone



รูปที่ 4.1 แสดงแนวการวางตัวและทิศทางการเอียงเท (dip direction) ของรอยเลื่อนหลักๆในพื้นที่ศึกษา และแสดงบริเวณที่มีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่แตกต่างกันเป็น 4 บริเวณ ดังรูป โดยมีภาพตัดขวาง 2 แนว (เส้นสีแดง) A-A', B-B' แสดงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่ศึกษา

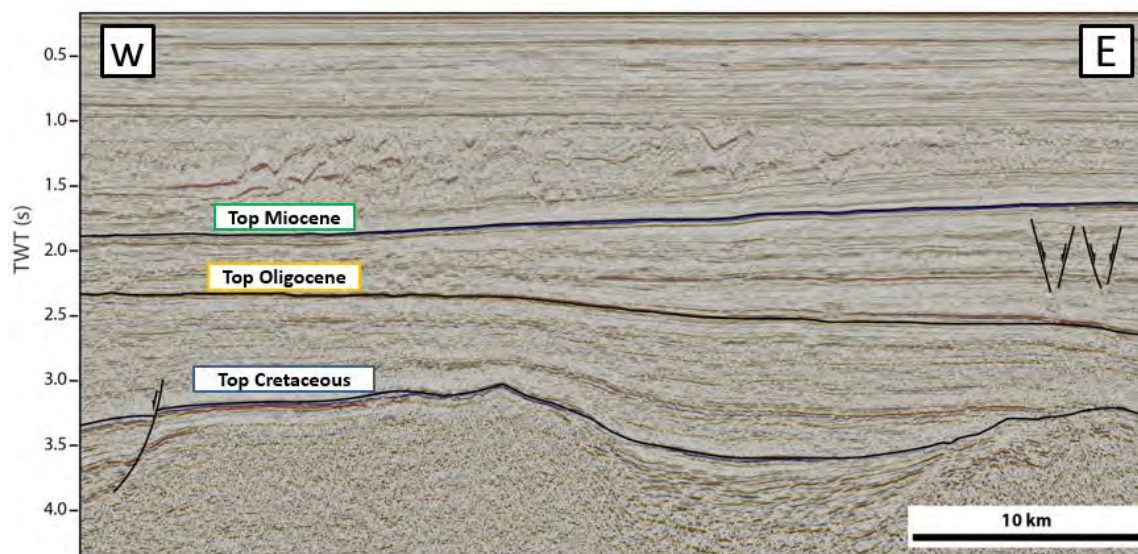


รูปที่ 4.2 แสดงภาพตัดขวาง A-A' ที่พาดผ่านทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา โดยประกอบด้วยบริเวณ Western Stable Zone Cape, Egmont Fault Zone, Northern Rotational Fault Zone ซึ่งได้จากการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน (seismic interpretation) DSR89-01



รูปที่ 4.3 แสดงภาพตัดขวาง B-B' ที่พาดผ่านทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา โดยประกอบด้วยบริเวณ Cape Egmont Fault Zone และ Turi Fault Zone ซึ่งได้จากการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน (seismic interpretation) NM-17

4.1.1 Western Stable Zone



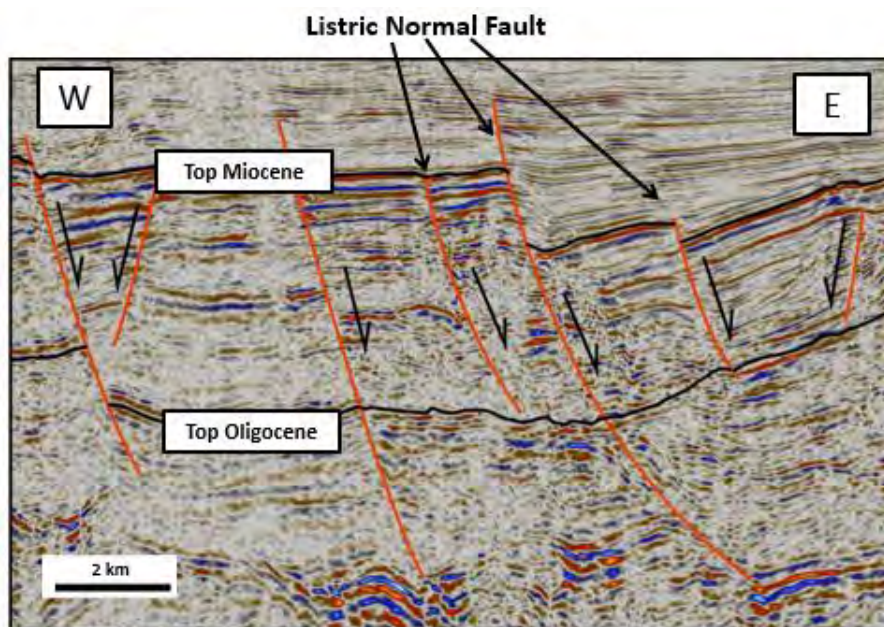
รูปที่ 4.4 2D Seismic Profile : AR90-445-110 แสดงลักษณะชั้นหินที่สะสมตัวในช่วงเวลาตั้งแต่ยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงสมัยไพลสโตซีน บริเวณ Western Stable Zone

Western Stable Zone อยู่บริเวณขอบทางทิศตะวันตกสุดของพื้นที่ศึกษา ทิศตะวันตกถัดจากบริเวณ Cape Egmont Fault Zone เป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากธรณีแปรสัณฐานน้อยมาก ตั้งแต่สมัยอีโอซีนตอนปลาย ซึ่งมีเพียงบางบริเวณเท่านั้นที่ได้รับอิทธิพลในช่วงสมัยไมโอซีน โดยพบเป็นลักษณะของรอยเลื่อนปกติ และโครงสร้างฮอสต์และกราเบน ขนาดเล็กในชั้นหินสมัยไมโอซีน จึงทำให้พื้นที่โดยรวมในบริเวณนี้มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบที่ไม่มีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างซับซ้อน ตั้งแต่ช่วงสมัยอีโอซีนถึงปัจจุบัน โดยชั้นหินที่สะสมตัวในยุคครีเทเชียสตอนปลาย พบว่าแสดงลักษณะการทรุดตัว (subsidence) เป็นลักษณะประทุน (syncline) และประทุนคว่ำ (Anticline) ในบางบริเวณ ร่วมกับรอยเลื่อนปกติ (รูปที่ 4.4)

4.1.2 Cape Egmont Fault Zone

Cape Egmont Fault Zone อยู่ในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ประกอบไปด้วยกลุ่มของรอยเลื่อนปกติที่วางตัวกึ่งขนานกัน (Subparallel) มีทิศทางการวางตัวส่วนใหญ่อยู่ในแนว N-NE พาดผ่านตอนกลางของพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3) และมีทิศทางการเอียงเทของรอยเลื่อนส่วนใหญ่อยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้ โดยแนว strike ของรอยเลื่อนในบริเวณนี้มีลักษณะส่วนใหญ่ไม่เป็นเส้นตรง

เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการแทรกตัวของภูเขาไฟ ในสมัยไพลโอซีนตอนปลาย ดังรูปที่ 4.3 จึงทำให้เกิดแนวของรอยเลื่อนมีความโค้งเมื่อเทียบกับบริเวณ Turi Fault Zone ที่ไม่ค่อยได้รับอิทธิพลมากนัก โดยลักษณะของรอยเลื่อนปกติดังกล่าวประกอบด้วยทั้งรอยเลื่อนปกติชนิด planar normal fault และ listric normal fault โดยเป็นรอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่ตัดผ่านชั้นหินในยุคครีเทเชียส ตอนปลาย จนถึงสมัยไพลโอซีน แสดงในภาพตัดขวางในรูปที่ 4.2 และ 4.3 โดยพบว่ารอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้ เกิดขึ้นในช่วงสมัยไมโอซีนตอนปลายจนถึงสมัยไพลโอซีน โดยบริเวณทางตอนล่างของ Cape Egmont Fault Zone ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.3 ส่วนใหญ่พบว่า มีลักษณะของ planar normal fault ขนาดที่ใหญ่เป็นหลัก และมีปริมาณของรอยเลื่อนในปริมาณที่น้อยกว่าทางตอนบนในรูปที่ 4.3 ซึ่งบริเวณตอนบนนั้นมีรอยเลื่อนหลักที่มีลักษณะส่วนใหญ่เป็น listric normal fault และมีระยะการเลื่อนตัว (fault displacement) ของรอยเลื่อนที่มากกว่ารอยเลื่อนบริเวณตอนล่าง รวมถึงปริมาณของรอยเลื่อนก็มีปริมาณที่มากกว่าด้วย



รูปที่ 4.5 แสดงภาพข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนชนิด 2 มิติ HF600 บริเวณ Cape Egmont Fault Zone ทางตอนบน ที่แสดงลักษณะรอยเลื่อนปกติชนิด listric normal fault ที่มีระยะในการเลื่อนตัวที่มากกว่าบริเวณตอนล่างของ zone นี้

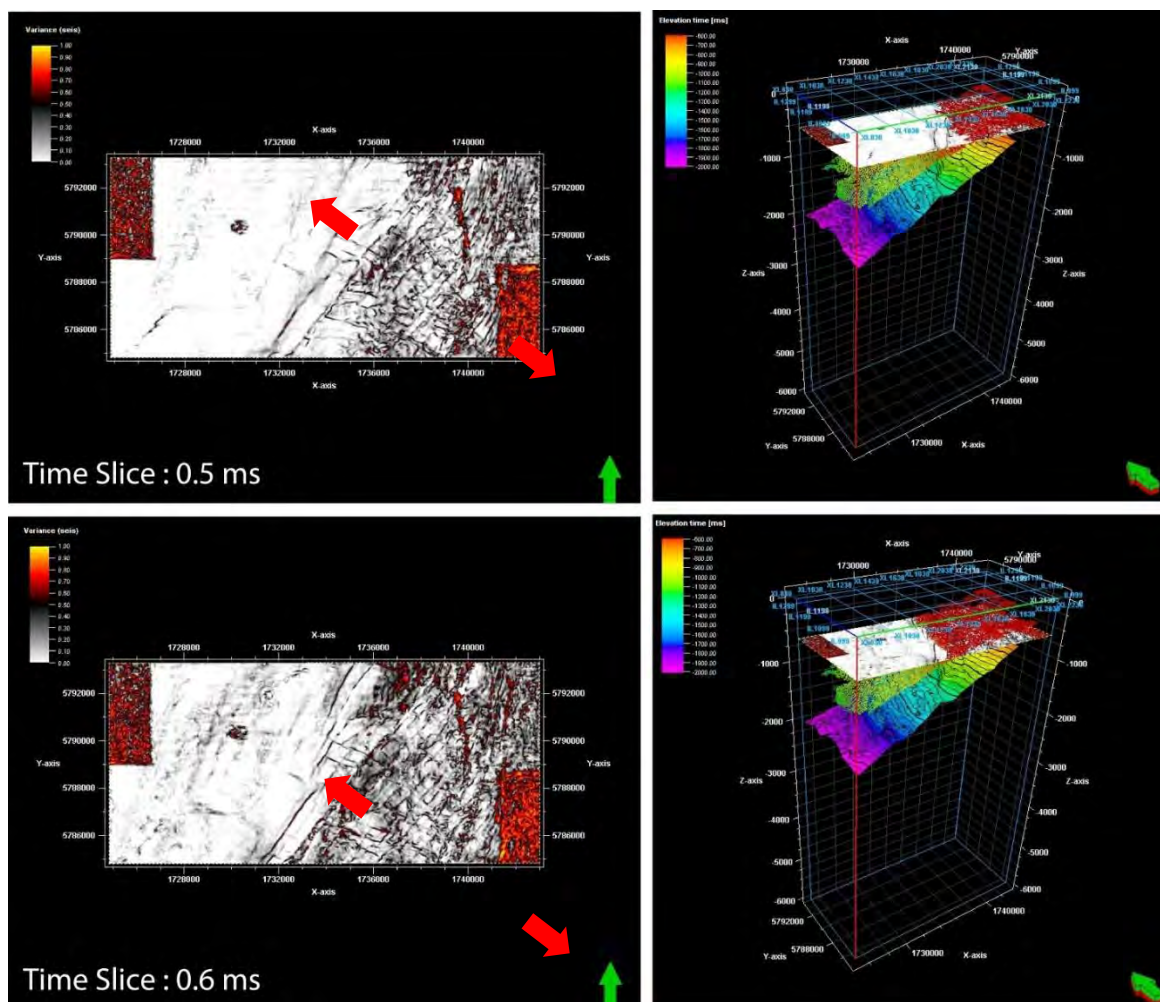
4.1.3 Turi Fault Zone

Turi Fault Zone เป็นบริเวณกลุ่มของรอยเลื่อนที่อยู่ในบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ มาจนถึงตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ซึ่งกลุ่มของรอยเลื่อนนี้ประกอบไปด้วยรอยเลื่อนปกติที่วางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และมีทิศทางการเอียงเทของรอยเลื่อนส่วนใหญ่อยู่ในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ตรงข้ามกับบริเวณ Cape Egmont Fault Zone โดยกลุ่มของรอยเลื่อนในบริเวณนี้มีลักษณะการวางตัวค่อนข้างขนานกัน (parallel) และมีความต่อเนื่องของรอยเลื่อนมากกว่าบริเวณ Cape Egmont Fault Zone โดยลักษณะของรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้ ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยรอยเลื่อนหลักที่มีลักษณะเป็น planar normal fault ซึ่งตัดผ่านชั้นหินตั้งแต่ยุคครีเทเชียสตอนปลาย จนถึงสมัยไพลสโตซีน ที่เกิดขึ้นในสมัยไพลโอซีนตอนต้นในปัจจุบันรอยเลื่อนนี้ยังคงมีการเลื่อนตัวอยู่ และรอยเลื่อนปกติในบริเวณนี้ยังทำให้เกิดรอยเลื่อนย่อยๆ ทั้งในลักษณะ antithetic และ synthetic fault อีกด้วย และในบางบริเวณยังพบลักษณะของ rollover structure ทั้ง anticline และ syncline (รูปที่ 4.3) ซึ่งเกิดร่วมกับรอยเลื่อนหลัก ทำให้ในบริเวณนี้มีความหลากหลายของธรณีวิทยาโครงสร้างมากกว่าบริเวณ Cape Egmont Fault Zone โดยในบริเวณนี้ นอกจากรอยเลื่อนหลักชุดที่เกิดขึ้นในยุคไพลโอซีนจนถึงปัจจุบันแล้ว ยังพบว่ามีรอยเลื่อนปกติที่เกิดขึ้นในช่วง ไมโอซีนตอนกลางในลักษณะเดียวกับบริเวณ Western Stable Zone ที่เกิดเป็นลักษณะ horst and graben ขนาดเล็กอยู่

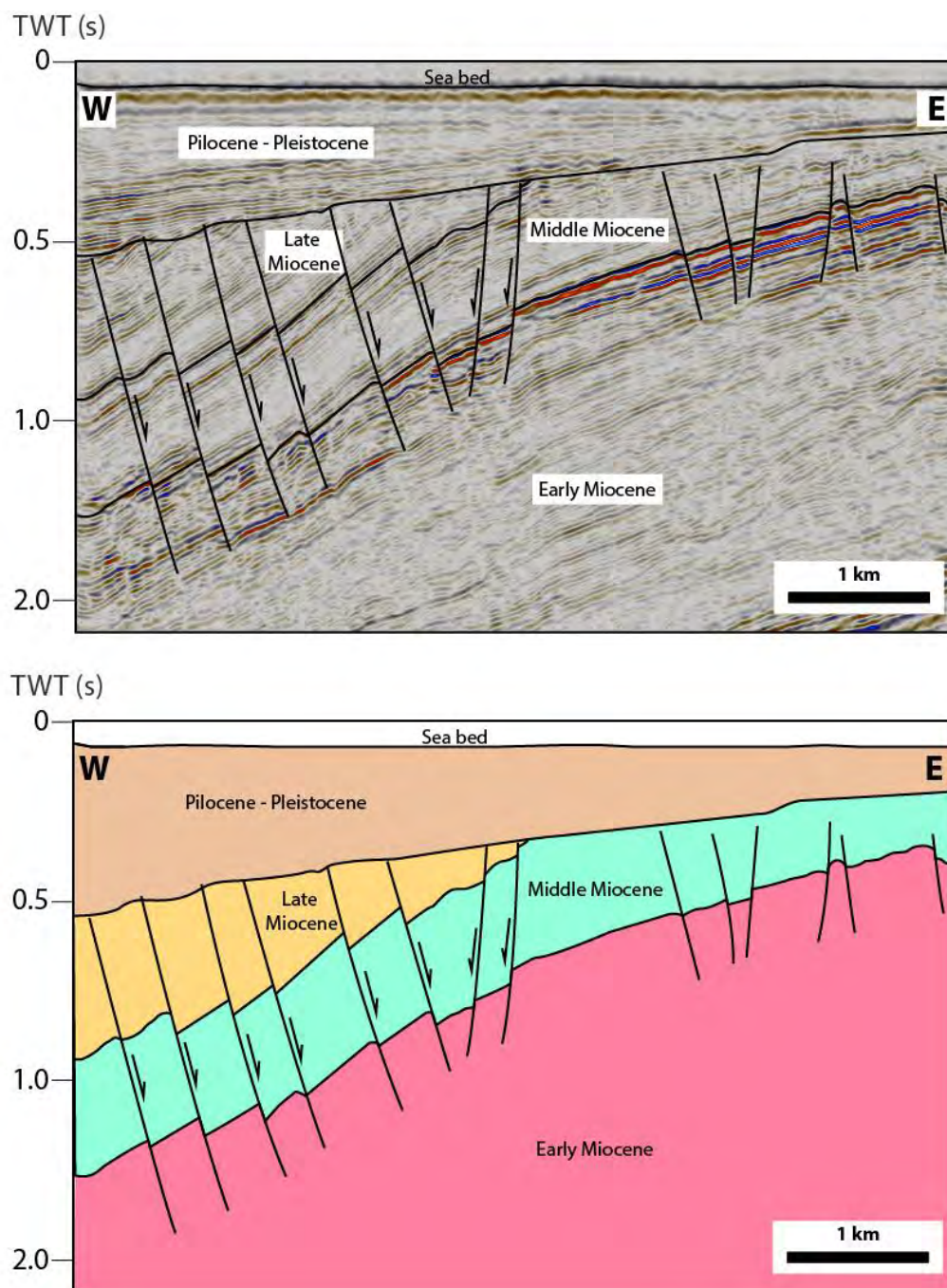
ซึ่งจากลักษณะการวางตัวของรอยเลื่อนหลักๆ ในทั้ง 2 บริเวณ Turi Fault Zone และ Cape Egmont Fault Zone ทำให้บริเวณพื้นที่ตรงกลางระหว่างรอยเลื่อน 2 กลุ่มนี้มีลักษณะเป็นพื้นที่ ที่เกิดการทรุดตัวลงต่ำลง และเกิดเป็นแอ่งสะสมตะกอนขนาดใหญ่ทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ

4.1.4 Northern Rotational Fault Zone

Northern Rotational Fault Zone อยู่บริเวณขอบของแอ่งทารานากิ ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา โดยในบริเวณนี้มีลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาชนิดรอยเลื่อนปกติในลักษณะ planar rotational fault หรือ domino style normal fault ซึ่งประกอบด้วยรอยเลื่อนปกติวางตัวขนานกัน และมีทิศทางการเอียงเทไปในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (รูปที่ 4.6) ซึ่งเป็นลักษณะของข้อมูลชั้นเวลา (seismic time slice) จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนสามมิติ Horst ในพื้นที่นี้ โดยรอยเลื่อนดังกล่าวเกิดขึ้นในช่วงสมัย ไมโอซีนตอนปลาย ก่อนจะหยุดการเคลื่อนตัว และถูกปิดทับด้วยชั้นหินของสมัยไพลโอซีน



รูปที่ 4.6 variance attribute ซึ่งแสดงเป็นข้อมูลชั้นเวลา ที่ 0.5 ms และ 0.6 ms ของข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน 3 มิติ Horst บริเวณ Northern Rotational Fault Zone โดยแสดงถึงปริมาณ และทิศทางของรอยเลื่อนปกติชนิด domino styles fault ที่วางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และเกิดขึ้นในสมัยไมโอซีนตอนปลาย



รูปที่ 4.7 แสดงภาพตัดขวางจาก ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแบบสามมิติ KAHU-3D, Cross-line : 3808 แสดงลักษณะธรณีโครงสร้างรอยเลื่อนชนิด domino style normal fault ที่พบบริเวณ Northern Rotational Fault Zone

4.2 รูปแบบการกระจายตัวของธรณีโครงสร้างในพื้นที่

4.2.1 Planar Normal Fault

เป็นลักษณะรอยเลื่อนปกติที่มีระนาบของรอยเลื่อนที่มีลักษณะเรียบ มักจะเกิดกับหินที่มีคุณสมบัติความแข็งและการแตกในลักษณะเปราะ (brittle) ซึ่งมีการกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา เนื่องจากลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานแบบแยกตัวออกของแผ่นเปลือกโลกบริเวณนี้ โดยรอยเลื่อนชนิดนี้ที่เกิดขึ้นในยุคครีเทเชียสตอนปลาย พบว่ามีกระจายตัวที่ชัดเจนอยู่บริเวณ Cape Egmont Fault Zone ตอนล่างโดยมีทิศทางในการเอียงเทส่วนใหญ่ไปทางทิศตะวันออกเฉียง ส่วนในบริเวณอื่นนั้นมองเห็นลักษณะรอยเลื่อนไม่ชัดเจนเนื่องจากเป็นชั้นหินที่สะสมตัวในที่ลึก และได้รับอิทธิพลจากการแทรกตัวของหินภูเขาไฟ ทำให้ความคมชัดของข้อมูลลดลงโดยเฉพาะตอนบนของพื้นที่ศึกษา และยังพบลักษณะรอยเลื่อนชนิดนี้ที่เกิดการเลื่อนตัวในสมัยไมโอซีนตอนกลางถึงตอนปลาย ถึงพาลีโอซีน ซึ่งเป็นลักษณะรอยเลื่อนในขนาดเล็ก ที่กระจายตัวอยู่ทั่วไปในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone และ Turi Fault Zone โดยบริเวณ Cape Egmont Fault Zone พบรอยเลื่อนชนิดนี้ขนาดเล็กที่มีการเอียงเทไปทางด้านทั้งทิศตะวันออกเฉียงและทิศตะวันตก ซึ่งต่างจาก Turi Fault Zone ที่มีลักษณะของรอยเลื่อนที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเป็นหลัก

4.2.2 Listric Normal Fault

รอยเลื่อนปกติฐานโค้ง เป็นลักษณะของรอยเลื่อนที่มีระนาบในการเลื่อนตัวโค้ง โดยในพื้นที่ศึกษาบริเวณนี้ พบเป็นลักษณะรอยเลื่อนปกติ โดยยุคครีเทเชียสตอนปลาย ไม่พบรอยเลื่อนชนิดนี้ชัดเจน เนื่องจากเป็นชั้นหินที่สะสมตัวอยู่ในที่ลึก ซึ่งจากรูปที่ 4.2 พบว่าแนวชั้น (horizon) บริเวณทางตอนเหนือของ Cape Egmont Fault Zone มีลักษณะที่ไม่เรียบ ค่อนข้างโค้ง และพบรอยเลื่อนชนิดนี้อยู่บ้าง ซึ่งมีทิศทางในการเลื่อนตัวที่ไม่มั่นคงสำคัญ และมีขนาดเล็ก กระจายตัวมากในบริเวณทางตอนเหนือของ Cape Egmont Fault Zone และในสมัยไมโอซีนตอนกลางถึงตอนปลาย พบรอยเลื่อนชนิดนี้ กระจายตัวอยู่ชัดเจนในบริเวณตอนเหนือของ Cape Egmont Fault Zone ซึ่งเป็นรอยเลื่อนหลักขนาดใหญ่ที่ตัดผ่านชั้นหินตั้งแต่ สมัยพาลีโอซีนตอนต้น จนถึงชั้นหินในยุคครีเทเชียสตอนปลาย (รูปที่ 4.2, 4.5) ซึ่งจะเห็นได้ว่ารอยเลื่อนชนิดนี้มีความต่อเนื่องของรอยเลื่อนหลักมาจาก planar normal fault จากทางตอนใต้ในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone (รูปที่ 4.2, 4.3, 4.5) โดยรอยเลื่อนในทางตอนใต้นั้นมีการเลื่อนตัวในขนาดที่น้อยกว่า (รูปที่ 4.3) และมีการเอียงเทน้อยกว่าทางตอนบนที่เป็น listric normal fault (รูปที่ 4.2, 4.5) แต่ยังคงมีทิศทางในการเอียงเทไปในทิศเดียวกันคือทิศตะวันออกเฉียง ส่วนในบริเวณ

Turi Fault Zone ก็ยังคงพบรอยเลื่อนปกติชนิดนี้เช่นเดียวกัน โดยเกิดขึ้นรวมกันกับ planar normal fault (รูปที่ 4.3) ที่เป็น รอยเลื่อนหลักและเกิด listric normal fault ที่มีทิศทางการเอียงเทส่วนใหญ่ เป็นทิศตรงข้ามกับรอยเลื่อนหลัก (antithetic Fault) ซึ่งพบเป็นหลักในชั้นหินยุคไพโอซีน

4.2.3 Reverse Fault

รอยเลื่อนย้อนหลักที่พบในพื้นที่ศึกษา มีอยู่เพียงแนวเดียวคือรอยเลื่อนทารานากิ (Taranaki Fault) ที่วางตัวยาวในแนวเหนือ-ใต้ พาดผ่านบริเวณทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเกิดขึ้นในสมัยไมโอซีนตอนต้น

4.2.4 Planar Rotational Fault (Domino Styles Normal Fault)

คือลักษณะรอยเลื่อนปกติจำนวนมากที่มีแนวการวางตัวขนานกัน และมีทิศทางการเอียงเทไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งพบในเป็นหลักในบริเวณ Northern Rotational Fault Zone บริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเกิดขึ้นในสมัยไมโอซีนตอนปลาย โดยสามารถเห็นทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนชนิดนี้ได้ชัดเจน โดยใช้ variance attribute (รูปที่ 4.6) จะเห็นได้ว่ามีทิศทางการวางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นทิศทางเดียวกันกับรอยเลื่อนที่อยู่ใน Turi Fault Zone

4.2.5 Rollover Structure

คือลักษณะชั้นหินรูปประทุน และตระทุนคว่ำ ที่เกิดรวมกับรอยเลื่อน โดยธรณีวิทยาโครงสร้างชนิดนี้พบในพื้นที่ศึกษานี้ในปริมาณน้อย โดยจะพบเป็นหลักใน Turi Fault Zone ทางตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเกิดร่วมกับรอยเลื่อนปกติ ทั้งชนิด planar normal fault และ listric normal fault ทำให้บริเวณ Turi Fault Zone นี้ มีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่ซับซ้อนโดยประกอบด้วยรอยเลื่อน ที่มีทิศทางการเอียงเทไปทั้งทิศตะวันตกสำหรับรอยเลื่อนหลัก และเอียงเทไปทางทิศตะวันออกสำหรับรอยเลื่อนรอง (antithetic fault)

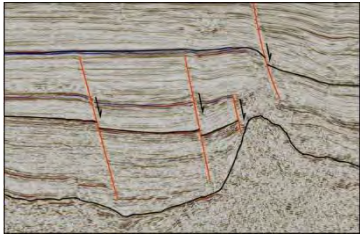
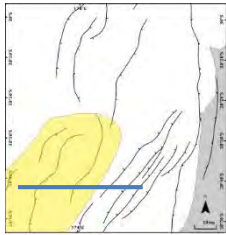
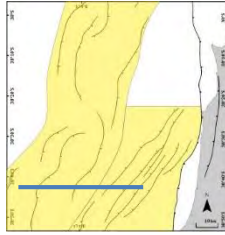
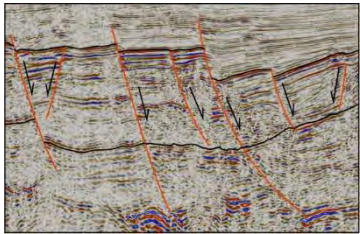
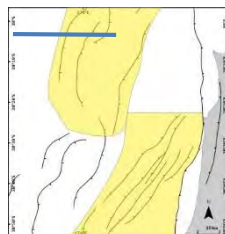
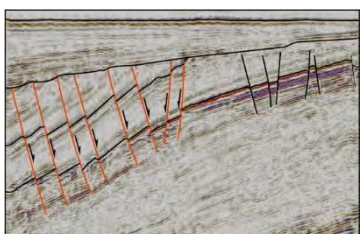
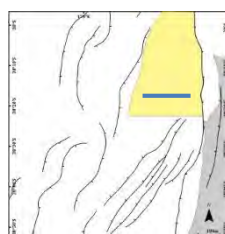
4.2.6 Normal Fault-Related Fold

คือลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างชนิดประทุนโดยส่วนใหญ่เป็นลักษณะประทุนหงาย (syncline) ที่เกิดจากการกระทำของรอยเลื่อนปกติ ซึ่งมันจะเกิดเป็นโครงสร้างประทุนหงายบริเวณ foot wall ของรอยเลื่อนปกติ โดยในยุคครีเทเชียสตอนปลาย พบโครงสร้างชนิดนี้ชัดเจนอยู่บริเวณทางตอนล่างของ Cape Egmont Fault Zone ส่วนทางตอนบนนั้นก็มีลักษณะที่ไม่ชัดเจนนัก เนื่องจากเป็นชั้นหินที่สะสมตัว

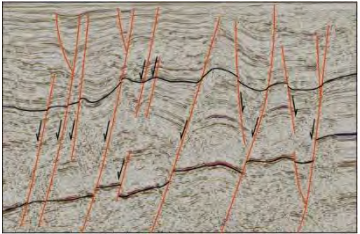
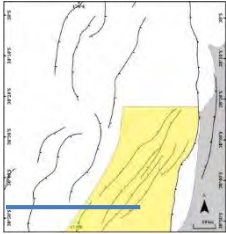
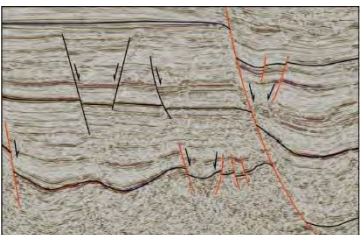
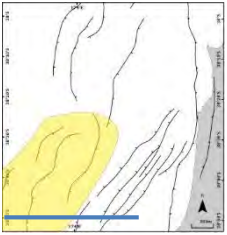
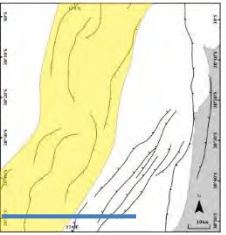

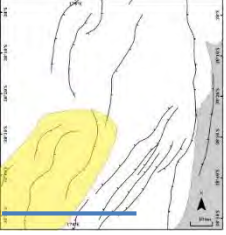
อยู่ลึก ทำให้ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนมีลักษณะไม่ชัดเจน และพบในสมัยไมโอซีนตอนกลางถึงตอนปลาย ในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone เช่นเดียวกัน ซึ่งพบในบริเวณนี้ค่อนข้างเด่นชัดกว่าบริเวณอื่นๆ เนื่องจากในบริเวณนี้ได้รับอิทธิพลหลักๆ จากธรณีวิทยาแปรสัณฐานชนิดแยกตัว (extension) เป็นหลัก ต่างจาก Turi Fault Zone ที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนกว่าเนื่องจาก ได้รับอิทธิพลทั้งบีบตัว (compression) และแยกตัว (extension) ทำให้เห็นธรณีโครงสร้างชนิดนี้ไม่เด่นชัด

4.2.7 Horst and Graben

ธรณีวิทยาโครงสร้างชนิดฮอสต์และกราเบน (horst and graben) ในพื้นที่ศึกษา พบเป็นลักษณะโครงสร้างทั้งขนาดใหญ่ระดับ basin scale จนถึงขนาดเล็กระดับ local scale ซึ่งสำหรับโครงสร้างระดับ basin scale นั้นพบอยู่บริเวณกลางพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นลักษณะกราเบนขนาดใหญ่ ซึ่งเกิดจากการทรุดตัวบริเวณตอนกลางของพื้นที่ จากลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานชนิด extension ในสมัยไมโอซีนตอนต้น ซึ่งประกอบไปด้วยรอยเลื่อน Cape Egmont Fault Zone และ Turi Fault Zone รวมเป็นโครงสร้างกราเบนหลักในบริเวณ ส่วนโครงสร้างในระดับเล็ก (local scale) นั้นพบกระจายตัวมากในบริเวณทางตอนล่างของ (Cape Egmont Fault Zone) (รูปที่ 4.3) ซึ่งเกิดจากรอยเลื่อนปกติที่เกิดในสมัยไมโอซีนตอนกลางถึงตอนปลาย

Structural Type	Seismic Reflection	Position		Tectonic Styles	Seismic Line
		Late Cretaceous	Miocene - Pliocene		
Planar Normal Fault				Extensional Tectonic Setting	2D: NM18
Listric Normal Fault		-		Extensional Tectonic Setting	2D: HF600
Domino Style Normal Fault		-		Extension with Rotational Fault Blocks	3D: KORA Xline 3808

ตารางที่ 1 แสดงการกระจายตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างชนิดต่างๆ บริเวณพื้นที่ศึกษา

Structural Type	Seismic Reflection	Position		Tectonic Styles	Seismic Line
		Late Cretaceous	Miocene - Pliocene		
Rollover Structure		-		Extensional with Minor Compressional Tectonic	2D: NM17
Normal Fault-Related Fold				Extensional Tectonic with Normal Fault Drag	2D: NM16
Horst and Graben		-		Extensional Tectonic with Subsidence	2D: NM16

ตารางที่ 2 แสดงการกระจายตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างชนิดต่างๆ บริเวณพื้นที่ศึกษา (ต่อ)

4.3 การลำดับชั้นหินในพื้นที่

ข้อมูลชนิดหินจากหลุมเจาะทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบด้วย Moana-1, Kora-1, Kora-4, Arewa-1, Waihi-1, Turi-1, Awakino South-1, Mangaa-1, Tirua-1 และ Te Ranga-1 ทำให้พบหมวดหินที่มีการกระจายตัวในอายุต่างๆได้ดังนี้

4.3.1 Late Cretaceous

เนื่องจากข้อมูลหลุมเจาะทุกหลุมในพื้นที่ศึกษา พบว่าไม่มีหลุมนอกชายฝั่งหลุมใดเลยที่เจาะลงจนถึงชั้นหินในยุครีเทเชียสตอนปลาย ดังนั้นในการวิจัยนี้ จึงได้ทำการเทียบสัมพันธ์หลุมเจาะ Cape Farewell-1 จากบริเวณทางตอนใต้ของแอ่งทารานากิ โดยพบว่าหมวดหินที่มีการสะสมตัวในยุครีเทเชียสตอนปลายนั้น ประกอบไปด้วยหมวดหิน Rakopi และหมวดหิน North Cape โดยหมวดหิน Rakopi เป็นหมวดหินที่ประกอบไปด้วย ถ่านหิน เป็นหลัก ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วง 85-75 Ma ส่วน North Cape Formation เป็นหมวดหินที่ประกอบไปด้วยหินจำพวก หินทรายและหินทรายแป้งที่มีองค์ประกอบของสารละลายคาร์บอนेट (carbonaceous sandy siltstone, silty sandstone) เป็นหลัก โดยมีบางบริเวณที่พบถ่านหิน โดยมีอายุอยู่ในช่วง 75-65 Ma

4.3.2 Paleocene - Eocene

ในสมัยพาลีโอซีน ถึงอีโอซีน พบหมวดหินที่ประกอบไปด้วยหมวดหิน Farewell, หมวดหิน Turi, หมวดหิน Mangahawa และหมวด Tangaroa โดยในหมวดหิน Farewell ที่เกิดการสะสมตัวขึ้นในสมัยพาลีโอซีน (65-55 Ma) ซึ่งเป็นลักษณะของหินที่ประกอบไปด้วย ชั้นหินแทรกสลับกันระหว่างหินทรายขนาดตะกอนเล็กและใหญ่ กับหินทรายแป้ง รวมถึงหินโคลน และบางบริเวณพบลักษณะของถ่านหินด้วย สำหรับหมวดหิน Mangahawa ประกอบไปด้วยหินลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งประกอบไปด้วยชั้นหินที่แทรกสลับกันระหว่างหินทราย และหินทรายแป้ง และหินโคลนที่ได้รับอิทธิพลจากคาร์บอนेटจำพวก (carbonaceous mudstone) ที่เกิดจากการสะสมตัวในช่วงอีโอซีนตอนกลางถึงตอนปลาย (45-34 Ma) และหมวดหิน Turi ที่ประกอบไปด้วยหินโคลน เป็นหลัก ซึ่งมีการสะสมตัวอยู่ในช่วงพาลีโอซีน ตอนต้นจนถึง อีโอซีนตอนปลาย (65-33 Ma) และหมวดหิน Tangaroa พบหินจำพวก sandstone ในลักษณะ turbidite ที่มีสารเชื่อมประสานเป็นสารจำพวกแคลเซียม (calcareous cement) และพบสารเชื่อมประสานเหล่านี้อยู่ในรูพรุน (porosity) ในเนื้อหินทราย

4.3.3 Oligocene

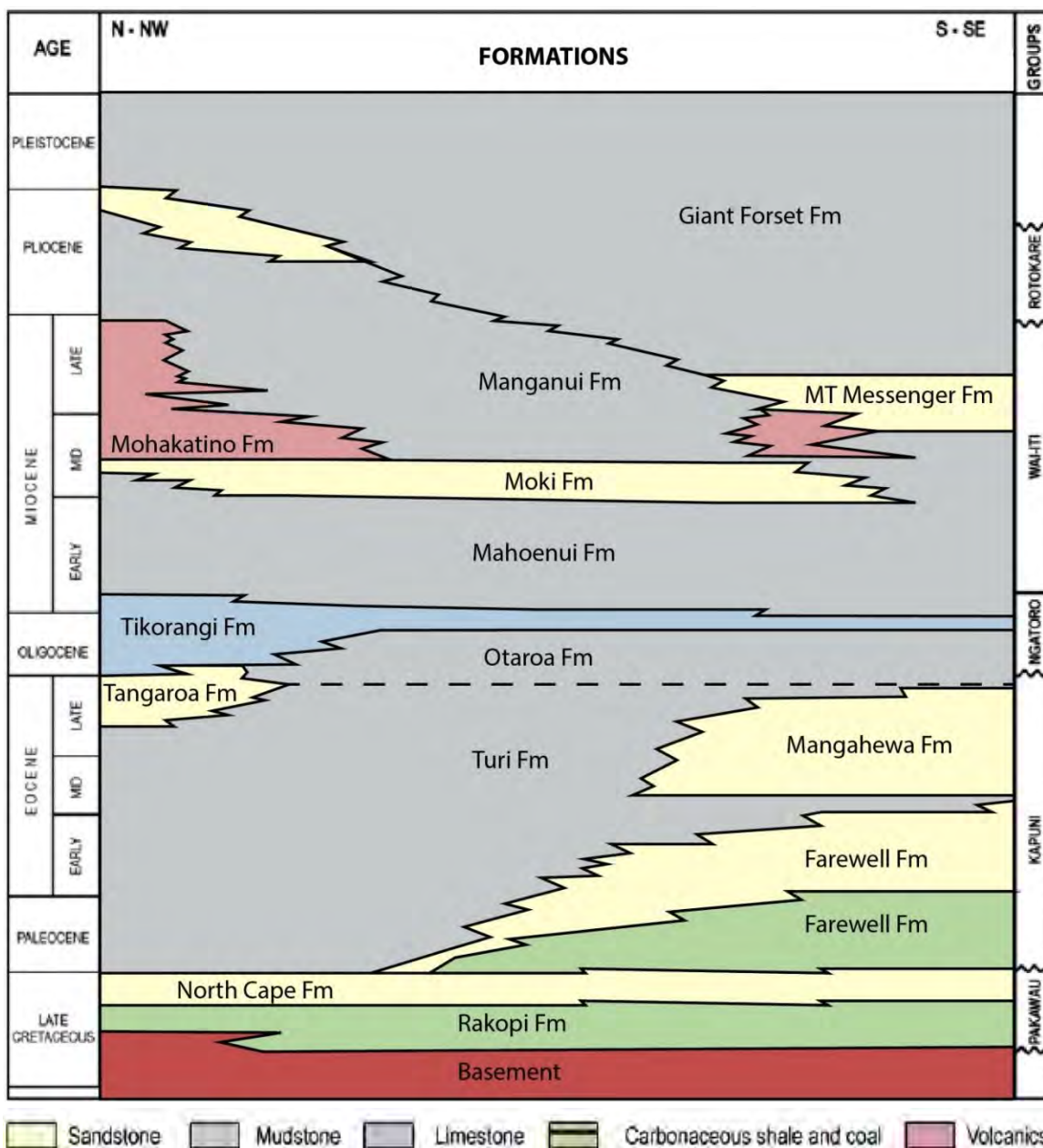
ในสมัยโอลิโกซีน พบหมวดหินซึ่งประกอบไปด้วยหมวดหิน Otaraoa และหมวดหิน Tikorangi โดยในหมวดหิน Otaraoa พบเป็นลักษณะหินทรายแป้งที่มีองค์ประกอบของแคลเซียม (calcareous siltstone) และหินโคลน เป็นหลัก ซึ่งสะสมตัวอยู่ในสมัยโอลิโกซีน (34-20 Ma) ส่วนในหมวดหิน Tikorangi ประกอบไปด้วยลักษณะของหินปูนเนื้อดิน (argillaceous limestone) เป็นหลัก โดยมีแร่แคลไซต์เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่มาก และพบลักษณะของหินเคลย์ (claystone) แทรกในปริมาณน้อย โดยสะสมตัวอยู่ในช่วงโอลิโกซีน ถึงสมัยไมโอซีนตอนต้น (33-23 Ma)

4.3.4 Miocene

ในสมัยไมโอซีน พบหมวดหินซึ่งประกอบไปด้วยหมวดหิน Mahoenui, หมวดหิน Manganui, หมวดหิน Moki, หมวดหิน Mohakatino และหมวดหิน Mount messenger โดยสำหรับหมวดหิน Mahoenui และหมวดหิน Manganui มีลักษณะหินที่คล้ายคลึงกันซึ่งประกอบไปด้วยหินโคลนเป็นหลัก โดยพบลักษณะของ sandy siltstone เพียงเล็กน้อย โดยเกิดการสะสมตัวอย่างต่อเนื่องตั้งแต่สมัยไมโอซีน ตอนต้น จนถึงสมัยไมโอซีนตอนปลาย โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงอายุในการสะสมตัว คือในสมัยไมโอซีนตอนต้น (23-17 Ma) คือหมวดหิน Mahoenui และสมัยไมโอซีนตอนกลาง ที่พบการแทรกสลับกับชั้นหินทรายและหินโคลน ในลักษณะของ Turbidite sequence ของหมวดหิน Moki และในสมัยไมโอซีนตอนปลาย จะเป็นหมวดหิน Manganui และพบว่ามียุคลักษณะของหินปูนแทรกในบางบริเวณ ที่สะสมตัวในช่วงไมโอซีนตอนกลาง (17-13 Ma) ส่วนในหมวดหิน Mount messenger พบว่าประกอบไปด้วยหินทราย เป็นหลัก และมีการแทรกสลับด้วยชั้นหินโคลน ในลักษณะของ Turbidite sequence ซึ่งสะสมตัวในช่วงไมโอซีนตอนปลาย (11-9 Ma) และนอกจากนั้นยังพบหินจำพวก หินตะกอนภูเขาไฟ (volcanic clastic rock) ซึ่งเป็นหินจำพวกหินทัฟฟ์ หรือหินเถ้าภูเขาไฟ (tuff), หินเถ้าภูเขาไฟที่มีตะกอนขนาดทรายแป้ง (silty tuff) และหินทรายเนื้อทัฟฟ์ (tuffaceous sandstone)

4.3.5 Pliocene-Pleistocene

หมวดหินหลักๆที่พบว่ามี การสะสมตัว คือหมวดหิน Giant Foresets ซึ่งเป็นหมวดหินขนาดใหญ่ กระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษาที่มีการสะสมตัวอย่างต่อเนื่องตั้งแต่สมัยไพลโอซีน จนถึงปัจจุบัน โดยประกอบไปด้วยหินหลักๆจำพวกหินตะกอนเนื้อเม็ดขนาดเล็ก (fine-grained sedimentary rock) เช่น หินทรายที่มีตะกอนขนาดทรายแป้ง (sandy siltstone) จนถึงพวกหินโคลน (mudstone)



รูปที่ 4.8 แสดงการลำดับชั้นหินภายในพื้นที่ศึกษา บริเวณทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ ประเทศนิวซีแลนด์ ที่ได้จากการเทียบสัมพันธ์ของมวลหลุมเจาะทั้งหมดในงานวิจัยในพื้นที่ศึกษา (ปรับปรุงมาจาก King and Thrasher, 1996)

บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วย การกระจายตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่ และการลำดับชั้นหิน ในพื้นที่ศึกษาบริเวณแอ่งสะสมตะกอนทารานากิทางตอนเหนือ สามารถอภิปรายผลไปถึง ลำดับวิวัฒนาการในการเกิดแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ รวมถึงสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนที่เปลี่ยนแปลงไปในอดีต และลักษณะของธรณีแปรสัณฐานของพื้นที่ในปัจจุบันได้อีกด้วย ซึ่งการอภิปรายผลในงานวิจัยฉบับนี้สามารถอภิปรายผลได้ 3 หัวข้อคือ วิวัฒนาการของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ, การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนในอดีต และลักษณะธรณีแปรสัณฐานบริเวณแอ่งทารานากิในปัจจุบัน

5.1 วิวัฒนาการโครงสร้าง และธรณีแปรสัณฐานของแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ

สำหรับการจัดแบ่งลำดับวิวัฒนาการของแอ่งสะสมตะกอนทารานากินั้น สามารถแบ่งได้เป็น 4 ลำดับวิวัฒนาการ คือ ช่วงครีเทเชียสตอนปลาย, พาลีโอซีนถึงโอลิโกซีน, ไมโอซีน และไพลโอซีน ถึงปัจจุบัน

ในลำดับแรกของการเกิดแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ เกิดขึ้นในช่วงครีเทเชียสตอนปลาย โดยในพื้นที่แอ่งสะสมตะกอนทารานากิ พบลักษณะรอยเลื่อนปกติ ร่วมกับลักษณะฮอสต์และกราเบน เล็กน้อย โดยจะเห็นได้ชัดเจนบริเวณ Cape Egmont Fault Zone ตอนล่าง และบริเวณ Western Stable Zone ซึ่งลักษณะของรอยเลื่อนมีทิศทางในการเคลื่อนตัวที่ไม่มีนัยสำคัญ ที่มีทิศทางในการวางตัวอยู่ในแนว เหนือ-ใต้ รวมถึงร่องรอยของโครงสร้างประทุนหงาย ซึ่งอาจจะเกิดจากลักษณะของฮอสต์และกราเบนในอดีต โดยมีทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนส่วนใหญ่อยู่ในแนว เหนือ-ใต้ เช่นเดียวกัน ซึ่งลักษณะโครงสร้างทั้งหมดนั้นบ่งบอกว่า ในช่วงครีเทเชียส ตอนปลายนั้น ได้เกิดลักษณะธรณีแปรสัณฐานชนิดแยกตัว หรือ extensional ในลักษณะของ rift basin ขึ้นในบริเวณตอนเหนือของแอ่งทารานากิ โดยในช่วงเวลานั้น แอ่งสะสมตะกอนทารานากิ ยังคงเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นมหาทวีปกอนด์วานา (Gondwana plate) ในบริเวณขอบทางทิศตะวันออก โดยมีสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนในลักษณะแบบบนบก (terrestrial environment) ซึ่งประกอบไปด้วยสภาพแวดล้อมจำพวก ทางน้ำ และ ทะเลสาบเป็นหลัก โดยลักษณะของธรณีแปรสัณฐานในบริเวณนั้น เกิดเป็นลักษณะ continental rifting หรือการแยกตัวของแผ่นเปลือกโลกทวีป ซึ่งตรงกับเหตุการณ์ ในอดีตในช่วงการแยกตัวของแผ่นมหาทวีปกอนด์วานา

(Gondwana break up) โดยมีทิศทางในการแยกตัวอยู่ในแนว ตะวันออก-ตะวันตก จึงเกิดการพัฒนาตัวของรอยเลื่อนปกติในช่วงครีเทเชียสตอนปลาย

ในลำดับถัดมาการแยกตัว หรือ rifting ของแผ่นเปลือกโลกทวีปบริเวณทางทิศตะวันออกของแผ่นมหาทวีปกอนด์วานา ก็ยังคงแยกตัวออกจากกันอย่างต่อเนื่องในสมัยพาลีโอซีน ทำให้เกิดการพัฒนาตัวของรอยเลื่อนปกติขึ้นเรื่อยๆ พร้อมกับเกิดการทรุดตัวของพื้นที่ ที่เกิดการแยกตัว ทำให้มีน้ำทะเลเริ่มเข้ามามีอิทธิพลในการสะสมตัวของตะกอน จนถึงในช่วงท้ายของ continental rifting ที่แผ่นเปลือกโลกทวีปที่เกิดการแยกตัว เริ่มขาดออกจากกัน โดยเป็นแผ่นเปลือกโลกทวีปออสเตรเลียที่แยกตัวออกมาจากแผ่นมหาทวีปกอนด์วานา ทำให้แอ่งสะสมตะกอนทารานากิ มีลักษณะของแอ่งตะกอนในรูปแบบ ขอบทวีปสละสิทธิ์ (passive margin) พร้อมกับเริ่มเกิดการเปิดตัวของ ทะเลเทสมันในช่วงสมัยโอลิโกซีน ทำให้การสะสมตะกอนในช่วงนี้ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลอย่างมาก โดยพบเป็นลักษณะการสะสมตัวของหินปูนจากธรณีแปรสัณฐานในช่วงนี้ทำให้เริ่มเกิดการพัฒนาตัวของรอยเลื่อนในบริเวณ Cape Egmont Fault ที่เกิดในช่วงสมัยพาลีโอซีนถึงโอลิโกซีน มากขึ้นซึ่งก็จะเห็นได้ชัดเจนในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone และ Turi Fault Zone โดยลักษณะของรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในช่วงสมัยนี้ มีลักษณะในการเรียงตัวอยู่ในแนว ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยแตกต่างจากรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในสมัย ครีเทเชียสตอนปลายไม่มากนัก โดยลักษณะรอยเลื่อนปกติที่เกิดขึ้นดังกล่าว เริ่มที่มีทิศทางในการเอียงเทที่มีนัยสำคัญมากขึ้น โดยมีการเอียงเทไปในทิศตะวันออก ในกลุ่มของรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone และเกิดการเอียงเทไปในแนวทิศตะวันตกในกลุ่มของรอยเลื่อนที่เกิดในบริเวณ Turi Fault Zone

ต่อมาในช่วงสมัยไมโอซีนต้น ลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานชนิดแยกตัวก็ยังคงดำเนินต่อไป ทำให้มีลักษณะของรอยเลื่อนปกติที่เพิ่มมากขึ้นทั้งในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone และ Turi Fault Zone และเกิดการทรุดตัวของพื้นที่มากขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนบริเวณ Cape Egmont Fault Zone ซึ่งแสดงออกเป็นลักษณะโครงสร้างชนิด normal fault related fold ซึ่งส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นในลักษณะของชั้นหินประทุนคว่ำที่เกิดจากการทรุดตัวบริเวณ foot wall ของรอยเลื่อนปกติ และ horst and graben ที่กระจายตัวอยู่ทั่วทั้ง Cape Egmont Fault Zone และ Turi Fault Zone และในช่วงไมโอซีนตอนปลายรอยเลื่อนต่างๆเริ่มเกิดเป็นลักษณะรอยเลื่อนขนาดใหญ่ซึ่งเป็นรอยเลื่อนหลักในพื้นที่โดยในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone มีลักษณะของรอยเลื่อนหลักที่มีการเอียงเทไปในทิศตะวันออก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยในช่วงไมโอซีนตอนปลาย หลังจากที่แผ่นเปลือกโลกทวีปออสเตรเลียที่แยกตัวออกมาจาก แผ่นมหาทวีปกอนด์วานา ก็ได้เคลื่อนที่เข้าชนกับแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรแปซิฟิก โดยแผ่น

เปลือกโลกแปซิฟิกเกิดการมุดตัว ทำให้เกิดลักษณะรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกในลักษณะแผ่นเปลือกโลก
 กลุ่มเข้าหากัน (convergent plate boundary) บริเวณแนวการมุดตัว Hikurangi โดยแนวดังกล่าวอยู่ห่าง
 จากแอ่งสะสมตะกอนทารานากิ ไปในทางทิศตะวันตก ทำให้ลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานในลักษณะบีบ
 ตัว หรือ compressional tectonic โดยรอบบริเวณรอบต่อของแผ่นทวีป ซึ่งเป็นลักษณะของแอ่งสะสม
 ตะกอนชนิด retro-foreland basin ทำให้บริเวณ Turi Fault Zone เกิดลักษณะของ rollover
 structure ทั้งลักษณะชั้นหินประทุนทรายและประทุนคว่ำ โดยเฉพาะช่วงไมโอซีนตอนปลาย และเกิดการ
 พัฒนาตัวของรอยเลื่อนย้อนหลักในบริเวณทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 4.2) โดยมีทิศทางในการ
 เอียงเทของรอยเลื่อนไปในทิศตะวันออก และนอกจากนั้นในช่วงสมัยไมโอซีนตอนปลาย บริเวณทิศ
 ตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา หรือบริเวณ Northern Rotational Fault Zone ที่พบลักษณะของ
 รอยเลื่อนปกติในลักษณะ domino style normal fault มีการวางตัวของรอยเลื่อนส่วนใหญ่ไปในทางทิศ
 ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เป็นทิศทางเดียวกับการวางตัวของรอยเลื่อนหลักใน Turi Fault
 Zone บ่งบอกว่านอกจากลักษณะธรณีแปรสัณฐานชนิดบีบตัว (compressional tectonic) ที่เกิดขึ้นใน
 Turi Fault Zone ยังเกิดลักษณะธรณีแปรสัณฐานชนิดแยกตัว (extensional tectonic) ร่วมด้วยใน
 ช่วงเวลาเดียวกัน บริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา

และในช่วงสุดท้ายของวิวัฒนาการในการเกิดแอ่งสะสมตะกอนของพื้นที่ศึกษา หรือในช่วงสมัย
 โพลีโอซีน ถึงไพลสโตซีน ซึ่งในเป็นช่วงสุดท้ายของการมุดตัวของแผ่นแปซิฟิก ได้เกิดลักษณะ
 subduction rollback ขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะที่แผ่นเปลือกโลกมีการมุดตัวไปเรื่อยๆ และดึงเอาแผ่นเปลือก
 โลกที่อยู่ถูกมุดตัวลงไปด้วย ทำให้เกิดลักษณะธรณีแปรสัณฐานชนิดแยกตัว หรือ extensional tectonic
 ขึ้นในบริเวณแอ่งทารานากิ ในลักษณะของ back-arc extension ทำให้ลักษณะของรอยเลื่อนปกติก็ได้มี
 การพัฒนาตัวขึ้นเรื่อยๆ จากลักษณะธรณีแปรสัณฐานแบบการแยกตัว หรือ extensional tectonic ทำ
 ให้บริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา เกิดการทรุดตัวมากขึ้น ซึ่งเกิดร่วมกับ กลุ่มรอยเลื่อนปกติที่มีทิศทาง
 ในการเอียงเทเข้าหากัน คือรอยเลื่อนในกลุ่ม Cape Egmont Fault Zone และ Turi Fault Zone เกิด
 เป็นลักษณะของโครงสร้างขนาดระดับไพศาล (regional structure) ชนิด กราเบน เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่
 ศึกษา และรอยเลื่อนปกติหลักในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone ตอนบนได้มีการหยุดเลื่อนตัวขึ้น
 ในสมัยไพลีโอซีนตอนต้น และในส่วนของรอยเลื่อนปกติในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone ตอนล่าง
 บางบริเวณมีการหยุดการเลื่อนตัวในสมัยไพลสโตซีน ส่วนรอยเลื่อนในบริเวณ Turi Fault Zone พบว่ามี
 รอยเลื่อนปกติในระดับตื้นที่ยังคงเลื่อนตัวอยู่ในปัจจุบัน

5.2 การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนในอดีต

สำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวในพื้นที่ศึกษาบริเวณทางตอนเหนือของแอ่งทารานากิ พบว่าสามารถแบ่งช่วงการเปลี่ยนแปลงได้เป็น 5 ช่วงหลักๆ คือ ช่วงครีเทเชียสตอนปลาย, พาลีโอซีนถึงอีโอซีน, โอลิโกซีน, ไมโอซีน และไพลโอซีนจนถึงปัจจุบัน

จากหลักฐานการลำดับชั้นหินที่พบในช่วงครีเทเชียสตอนปลาย ซึ่งส่วนใหญ่พบเป็นหินทรายและถ่านหิน ทำให้สามารถตีความได้ว่า ลักษณะสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนมีลักษณะเป็นสภาพแวดล้อมจำพวกบนบก ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมแบบทางน้ำ และทะเลสาบ ทำให้มีการสะสมตัวของหินตะกอนเนื้อประสมหรือเนื้อเม็ดเป็นส่วนใหญ่ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา โดยมีเพียงบางบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลเพียงเล็กน้อย ซึ่งพบองค์ประกอบของในหินจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต

ต่อมาในช่วงสมัยสมัยพาลีโอซีนถึงอีโอซีนที่มีการสะสมตัวของหินโคลน (mudstone) ที่เพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ในหมวดหิน Turi รวมถึงปริมาณการสะสมตะกอนที่ค่อยๆ ลดลงของหินทรายและถ่านหินในหมวดหิน Farewell และ Manghewa พบว่าพื้นที่โดยรอบมีการทรุดตัวลงอย่างต่อเนื่องทำให้น้ำทะเลสามารถรุกเข้ามาในพื้นที่ได้มากขึ้นโดยเฉพาะพื้นที่บริเวณทางทิศตะวันตก อย่างต่อเนื่องตั้งแต่สมัยพาลีโอซีนตอนต้นจนถึง อีโอซีนตอนปลาย ซึ่งในช่วงอีโอซีนตอนปลาย ระดับน้ำทะเลก็ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเนื่องจากการทรุดตัวของพื้นที่จากธรณีแปรสัณฐาน ทำให้หินตะกอนจำพวกหินทราย มีสารละลายจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต เข้าไปสะสมอยู่ในช่วงว่าง ในหมวดหิน Mangahawa และ Tangaroa

ในช่วงต่อมาในสมัยโอลิโกซีน ซึ่งพบการสะสมตัวของหินตะกอนเนื้อประสาน จำพวกหินปูน และหินปูนเนื้อดิน กระจายตัวอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ในหมวดหิน Tikorangi บ่งบอกได้ว่ายังคงมีการทรุดตัวของพื้นที่อย่างต่อเนื่อง และระดับน้ำทะเลในพื้นที่มีความลึกเพิ่มมากขึ้น ทำให้สภาพแวดล้อมการสะสมตัวของหินในช่วงนี้อาจจะอยู่ในช่วงบริเวณ continental shelf และนอกจากนั้นยังพบเป็นหินตะกอนเนื้อเม็ดที่มี แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นองค์ประกอบจำพวกหิน calcareous siltstone และ calcareous mudstone กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ ในหมวดหิน Otaraoa Formation อีกด้วย

หลังจากนั้นในสมัยไมโอซีน พบว่ายังคงมีลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานแบบแยกตัวดังเดิม ทำให้พื้นที่ศึกษา ยังคงทรุดตัวต่ำลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีระดับความลึกเพิ่มมากขึ้นจนลึกกว่าบริเวณที่สารละลายคาร์บอเนต จะสามารถสะสมตัวได้ ทำให้การสะสมตัวของหินปูน มีปริมาณลดน้อยลง ซึ่งสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนในช่วงอายุ อยู่ในบริเวณ continental slope เป็นหลัก ทำให้เกิดการสะสมตัวของหินตะกอนชนิดเนื้อประสม ในลักษณะของ turbidite sequence โดยพบในหมวดหินแทรกสลับ

ระหว่าง mudstone และ sandstone โดยหมวดหินที่มีปริมาณของหินโคลน เป็นหลัก คือหมวดหิน Mahoenui และ Manganui และหมวดหินที่มีหินทรายเป็นหลัก คือหมวดหิน Moki และ Mount messenger โดยหมวดหินนี้จะได้รับอิทธิพลจากตะกอนบวมมากกว่า Mahoenui นอกจากนี้ในช่วงสมัยไมโอซีนตอนกลาง ถึงตอนปลาย ยังหินที่บ่งบอกถึง volcanic activity โดยพบเป็นหินตะกอนชนิด volcanic clastic จำพวกหิน tuff เป็นหลักในหมวดหิน Mohakatio

ในช่วงสุดท้ายของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในการสะสมตัวของตะกอนในแอ่งทารานากิ ตอนเหนือ โดยในช่วงไพลโอซีน จนถึงปัจจุบัน พบว่าพื้นที่บริเวณนี้ยังคงมีการทรุดตัวลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ระดับน้ำยังคงเพิ่มขึ้น ทำให้พบหินตะกอนเนื้อประสานชนิดหินโคลน มาก ในหมวดหิน Giant foresets ซึ่งมีการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบ continental slope จนถึง basin floor อย่างต่อเนื่อง จนถึงปัจจุบัน ทำให้ได้เป็นชั้นของหินตะกอนที่มีความหนา

5.3 ลักษณะธรณีแปรสัณฐานบริเวณแอ่งทารานากิในปัจจุบัน

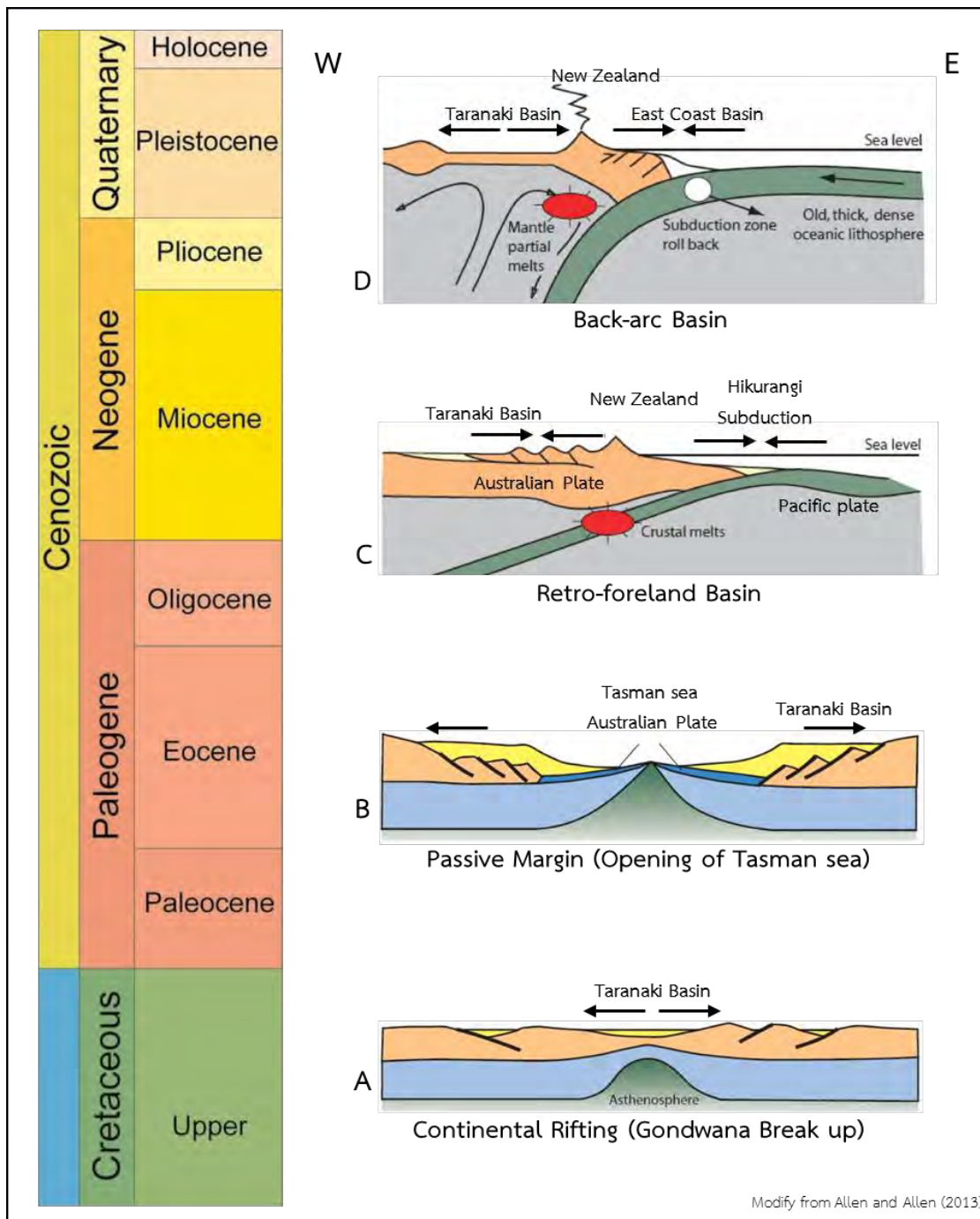
จากผลการศึกษาในบทที่ 4 บ่งบอกว่าในพื้นที่ศึกษามีลักษณะของธรณีวิทยาโครงสร้างในปัจจุบันที่บ่งบอกถึงลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่แตกต่างกันอยู่ทั้งหมด 4 บริเวณ คือ Western Stable Zone, Cape Egmont Fault Zone, Northern Rotational Fault Zone และ Turi Fault Zone โดยลักษณะธรณีโครงสร้างส่วนใหญ่บ่งบอกถึงลักษณะธรณีแปรสัณฐานชนิดแยกตัว หรือ extension tectonic ในแอ่งสะสมตะกอนชนิด back-arc basin โดยเกิดจากการเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย และแผ่นเปลือกโลกแปซิฟิก ซึ่งในบริเวณทิศตะวันออกสุดของพื้นที่ หรือบริเวณ Western Stable Zone เป็นบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากธรณีแปรสัณฐานในปัจจุบัน ทำให้มีการสะสมตัวของตะกอนในลักษณะที่ราบเรียบ ตั้งแต่สมัยอีโอซีนจนถึงปัจจุบัน ส่วนในบริเวณกลุ่มรอยเลื่อนทางตอนกลางของพื้นที่ หรือ Cape Egmont Fault Zone ยังคงมีการทรุดตัวอย่างต่อเนื่องของพื้นที่โดยเฉพาะทางตอนล่าง โดยแสดงจากรอยเลื่อนปกติที่มีการพัฒนาตัวในระดับตื้น ซึ่งเป็นผลจากการแยกตัวของแผ่นเปลือกโลกจาก back-arc extension พร้อมกับทำให้เกิดรอยเลื่อนปกติในบริเวณ Turi Fault Zone ซึ่งมีทิศทางในการเอียงเทของรอยเลื่อนตรงข้ามกับ รอยเลื่อนในบริเวณ Cape Egmont Fault Zone ทำให้เกิดเป็นลักษณะ graben ขนาดใหญ่บริเวณกลางพื้นที่ โดยรอยเลื่อนในบริเวณยังคงมีการเลื่อนตัวเกิดขึ้นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งพบเป็นรอยเลื่อนปกติที่มีการพัฒนาตัวในระดับตื้นจำนวนมาก

โดยจะเห็นได้ว่าทิศทางในการวางตัวของรอยเลื่อน บริเวณ Cape Egmont Fault Zone อยู่ในแนว NNE-SSW หรือประมาณ 15° N ในขณะที่รอยเลื่อนในบริเวณ Turi Fault Zone มีการวางตัวอยู่ใน

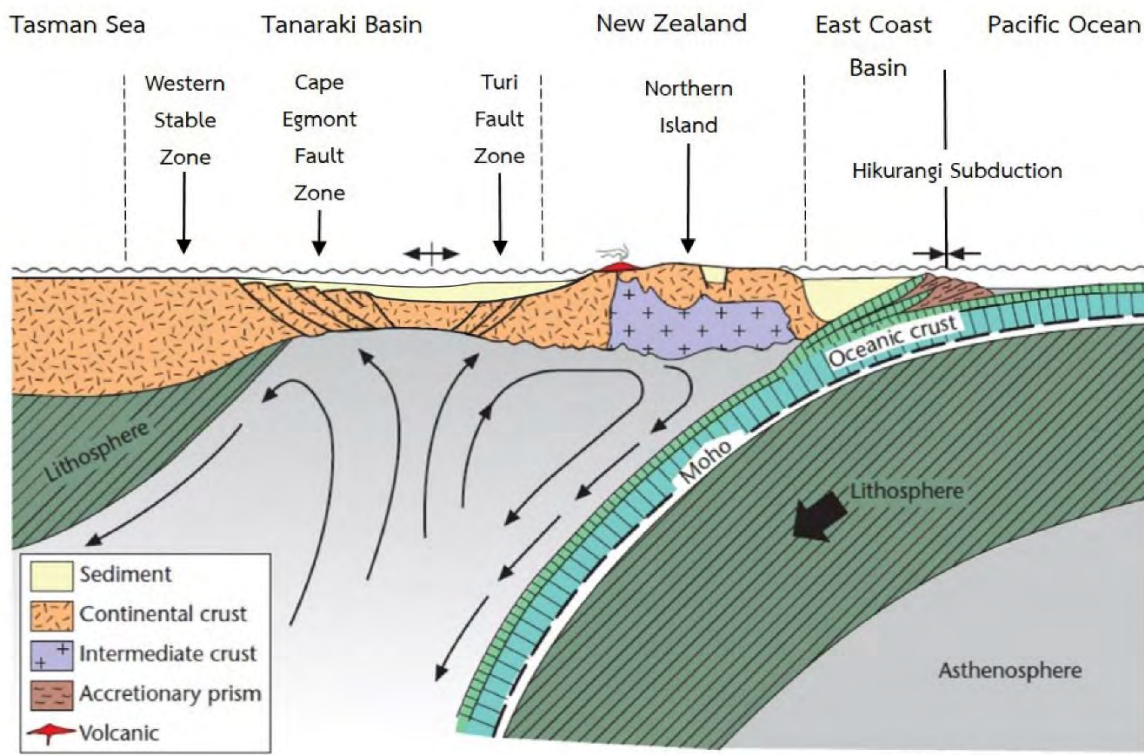
แนวประมาณ 45°N และจากการเทียบสัมพันธ์ในเชิงอายุในการเกิดของรอยเลื่อนทั้ง 2 บริเวณ พบว่า รอยเลื่อนในบริเวณ Turi Fault Zone มีอายุในการเกิดที่อ่อนกว่าและยังคงมีการเลื่อนตัวอยู่ในปัจจุบัน จึงสามารถสรุปได้ว่า การแยกตัวของแอ่งสะสมตะกอนในช่วงไพลโอซีนถึงไพลสโตซีน ได้เกิดการหมุนของแนวในการแยกตัวในลักษณะตามเข็มนาฬิกาไปประมาณ 30° จึงทำให้เกิดความแตกต่างของแนวการวางตัวของกลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าว รวมถึง ลักษณะของรอยเลื่อนในบริเวณ Northern Rotational Fault Zone ซึ่งเป็นรอยเลื่อนปกติชนิด domino style normal fault ที่มีแนวการวางตัวในแนวเดียวกับรอยเลื่อนหลักในบริเวณ Turi Fault Zone โดยโครงสร้างนี้ เกิดขึ้นเพียงในช่วงสมัยไมโอซีนตอนปลายเท่านั้น รวมถึงจากหลักฐานจากแนวภูเขาไฟที่เกิดขึ้นบริเวณแอ่งทารานากิ (King & Thrasher, 1996) พบว่าแนวการวางตัวของแนวภูเขาไฟในช่วง 13-8 ล้านปีก่อน มีการวางตัวอยู่ในแนว Cape Egmont Fault Zone เทียบกับแนวภูเขาไฟที่เกิดขึ้นในช่วง 2.5 ล้านปีก่อน ซึ่งเป็นแนวภูเขาไฟที่เกิดขึ้นบนบกบริเวณ เกาะเหนือของประเทศนิวซีแลนด์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของแนวภูเขาไฟไปประมาณ 30° ในลักษณะเดียวกัน

โดยจะพบว่า แนวการแยกตัวของแผ่นเปลือกโลกในปัจจุบัน ซึ่งมีการวางตัวใกล้เคียงกับแนวการวางตัวของรอยเลื่อนหลักใน Turi Fault Zone ที่มีอายุน้อย โดยมีการวางตัวอยู่ในแนวใกล้เคียงกับแนวภูเขาไฟที่เกิดขึ้นบริเวณเกาะเหนือในปัจจุบัน ซึ่งแนวการวางตัวดังกล่าว วางตัวอยู่ในแนวเดียวกันกับแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกออสเตรเลียและแผ่นเปลือกโลกแปซิฟิกในปัจจุบัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า แนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกดังกล่าวได้มีการหมุนตัวไปประมาณ 30° ในช่วง 13-2.5 ล้านปีก่อน

ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแนวการมุดตัวดังกล่าว อาจเกิดขึ้นจากความหนาของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรแปซิฟิก ที่มีความหนาที่ไม่คงที่ โดยบริเวณทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีระดับพื้นที่ต่ำ (ความหนาของแผ่นเปลือกโลกน้อย) และมีความสูงเพิ่มขึ้นไปทางทิศใต้ (ความหนาของแผ่นเปลือกโลกมากกว่า) อย่างชัดเจน โดยมีสูงมากในบริเวณ Chatnam Rise (รูปที่ 2.1) ทำให้การมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกในบริเวณทางตอนเหนือเกิดได้ดีกว่า จึงมีอัตราในการมุดตัวที่มากกว่าทางตอนล่างของแนวการมุดตัว ซึ่งในบริเวณรอยต่อของเกาะเหนือและเกาะใต้ จึงเป็นผลทำให้การมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกเกิดการหมุนตัวไป พร้อมกับเกิดลักษณะของ compressional structure เด่นเพียงแคในบริเวณทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา หรือ Turi Fault Zone



รูปที่ 5.1 แสดงลำดับวิวัฒนาการของแอ่งทารานากิโดยเริ่มตั้งแต่ครีเทเชียสตอนปลายจนถึงปัจจุบันโดย (A) คือลักษณะธรณีแปรสัณฐานในช่วงครีเทเชียสตอนปลาย (B) พาลีโอซีนถึงช่วงโอลิโกซีน (C) ไมโอซีนตอนต้นถึงไมโอซีนตอนปลาย และ (D) คือช่วง ไมโอซีนตอนปลายถึงปัจจุบัน (ปรับปรุงจาก Allen and Allen 2013)



Modify from Allen and Allen (2013)

รูปที่ 5.2 แสดงถึงลักษณะธรณีแปรสัณฐาน และธรณีโครงสร้างบริเวณทางตอนเหนือของแองการานากิ โดยเกิดจากการเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย และแผ่นเปลือกโลกแปซิฟิก ในสมัยไมโอซีนทำให้สามารถจำแนกบริเวณที่มีลักษณะของธรณีวิทยาโครงสร้างที่แตกต่างกันออกเป็นทั้งหมด 4 บริเวณประกอบด้วย Western Stable Zone, Cape Egmont Fault Zone, Northern Rotational Fault Zone และ Turi Fault Zone ดังรูป (ปรับปรุงจาก Allen and Allen 2013)

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษา และการอภิปรายผลการศึกษา สามารถสรุปผลการศึกษาได้โดยแยกรายการศึกษามี บริเวณที่มีลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่แตกต่างกันทั้งหมด 4 บริเวณ ซึ่งเกิดได้รับอิทธิพลจากธรณีแปร สัณฐานตั้งแต่ช่วงครีเทเชียสตอนปลาย จนถึงปัจจุบัน โดยธรณีโครงสร้างหลักในพื้นที่ศึกษาประกอบไป ด้วยรอยเลื่อนปกติที่มีทิศทางในเอียงเทของรอยเลื่อนเข้าหากันในแนวตะวันออก-ตะวันตก เกิดเป็น โครงสร้างชนิดกราเบน (graben) ขนาดใหญ่ทางตอนกลางค่อนไปทางทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ซึ่ง พื้นที่บริเวณตะวันตกสุดเป็นบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลมากนัก ทำให้มีลักษณะโครงสร้างที่ไม่หลากหลาย โดยพบเป็นชั้นหินที่สะสมตัวราบเรียบ ถัดมาทางตอนกลางของพื้นที่ พบเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนปกติที่มี ทิศทางในการเอียงเทไปในแนวทิศตะวันออก โดยเกิดร่วมกับโครงสร้างชนิด planar normal fault, listric normal fault, normal fault related fold และ horst and graben ซึ่งเป็นลักษณะ ของ extensional structure ส่วนพื้นที่บริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ พบเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนปกติที่มีทิศ ทางการเอียงเทในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยเกิดร่วมกับโครงสร้างชนิด rollover structure ซึ่งเป็น ลักษณะของ compressional structure ย่อยๆที่เกิดร่วมกับ extensional structure หลัก และสุดท้าย พื้นที่ทางตอนบนในบริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่ามีการกระจายตัวของโครงสร้างเพียงชนิดเดียว คือ domino style normal fault

สำหรับการลำดับชั้นหินในพื้นที่ศึกษาพบว่าในช่วงครีเทเชียสตอนปลายมีการสะสมตัวของ ตะกอนที่มีการสะสมตัวจากสภาพแวดล้อมแบบบนบก ซึ่งประกอบไปด้วยหินทรายและถ่านหินเป็นส่วน ใหญ่ หลังจากนั้นในช่วงพาลีโอซีนถึงอีโอซีน พบว่ามีการสะสมตัวของ mudstone เพิ่มมากขึ้น พร้อมทั้งมี การลดลงของหินทราย หลังจากนั้นในสมัยโอลิโกซีนพบว่าการสะสมตัวของหินปูน ร่วมกับ mudstone ที่มีองค์ประกอบเป็นคาร์บอเนต ต่อมาในสมัยไมโอซีนพบว่าการสะสมตัวของ ชั้นหินทรายแทรกสลับกับ ชั้นหิน mudstone ในลักษณะของ Turbidite sequence พร้อมทั้งพบการสะสมตัวของหินจำพวก volcanic clastic จำพวกหิน tuff ในสมัยไมโอซีนตอนกลางถึงตอนปลายด้วย และในช่วงสุดท้ายของการ สะสมตัวของตะกอนพบว่าการสะสมตัวของหินจำพวก mudstone อย่างต่อเนื่องตั้งแต่สมัยพาลีโอซีน จนถึงปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- Li, Y., Y. Zhao, et al. Tectonic characteristics and structural styles of a continental rifted basin: Revelation from deep seismic reflection profiles. *Geodesy and Geodynamics*. September 2016.
- M.G. Laird and J.D. Bradshaw. *The Break-up of a Long-term Relationship: the Cretaceous Separation of New Zealand from Gondwana*. Department of Geological Sciences, University of Canterbury, Private Bag 4800, Christchurch, New Zealand. 2004.
- New Zealand Petroleum Basin. *New Zealand Petroleum & mineral*, Ministry of Business, Innovation and Employment PO Box 1473, Wellington 6140, New Zealand. NZP&M. 2013.
- Reilly, C., A. Nicol, et al. Evolution of faulting and plate boundary deformation in the Southern Taranaki Basin, New Zealand. *Fault Analysis Group, School of Geological Sciences, University College Dublin, Belfield Dublin 4, Ireland*. 2015.
- P.R. King, G.P. Thrasher., *Post-Eocene Development of Taranaki Basin, New Zealand*. DSIR Geology and Geophysics. Lower Hutt. New Zealand. 1996.
- P.A. Allen, J.R. Allen. *Basin Analysis. Principles and Application to Petroleum Play Assessment*. Department of Earth Science, Imperial collage, London, 2013.
- M. Wallace., et al. Subduction zone coupling and tectonic block rotations in the North Island, New Zealand. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Volume 109, American Geophysical Union, United State of America, 2004.
- เพียงตา สาทรรักษ์. ธรณีฟิสิกส์เพื่อการสำรวจใต้ผิวดิน (Exploration Geophysics). 1. ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2550.