



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศนิวซีแลนด์

โดย

นายวชร พุ่มหอม

เลขประจำตัวนิสิต 6032733323

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563

การวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศนิวซีแลนด์

นายวชร พุ่มหอม

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

Analysis of Focal Mechanism in New Zealand

Mr. Wachara Phumhom

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 2020

หัวข้อโครงการ

การวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศ

นิวซีแลนด์

โดย

นายวชร พุ่มหอม

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

ศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง 14/5/2564

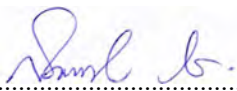
วันที่อนุมัติ 7/5/2564



อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้)

Project Title Analysis of Focal Mechanism in New Zealand
By Mr. Wachara Phumhom
Field of Study Geology
Project Advisor Professor Santi Pailoplee, Ph. D.

Submitted date..... 14 / 5 / 2021
Approval date..... 7 / 5 / 2021

.....


Project Advisor
(Professor Santi Pailoplee, Ph. D.)

วชร พุ่มหอม : การวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศนิวซีแลนด์ (Analysis of Focal Mechanism in New Zealand) อ.ที่ปรึกษาโครงการหลัก : ศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้, 40 หน้า.

การชนกันและการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกออสเตรเลียกับแผ่นเปลือกโลกแปซิฟิกส่งผลให้ประเทศนิวซีแลนด์มีภัยพิบัติแผ่นดินไหวและสึนามิสูง โดยจุดมุ่งหมายหลักของการศึกษานี้คือ เพื่อประเมินรูปแบบกลไกการเลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดในประเทศนิวซีแลนด์ ในการศึกษา ใช้ข้อมูลจำนวน 477 เหตุการณ์ รวบรวมจากฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวของหน่วยงาน Global CMT ซึ่งข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยข้อมูลการวางตัวและการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน จากนั้นข้อมูลสามารถจัดแบ่งออกเป็น 2 ชุดข้อมูล ตามสภาพแวดล้อมแปรสัณฐาน (seismotectonic setting) ได้แก่ แผ่นดินไหวที่เกิดระหว่างขอบของการชนกันของแผ่นเปลือกโลกซึ่งมีความลึกอยู่ที่ 0-50 กิโลเมตร และ แผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณแผ่นที่มุดลงไปใต้น้ำโลกซึ่งมีความลึกมากกว่า 50 กิโลเมตร ในกรณีของแผ่นดินไหวที่เกิดระหว่างขอบของการชนกันของแผ่นเปลือกโลก ผลการศึกษาบ่งชี้ว่า ร่องลึกก้นสมุทรไพเรเซเกอร์ (Puysegur Trench) และแอ่งฮิคุระงิ (Hikurangi Trench) เป็นพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ (susceptible tsunami source) มากที่สุด หากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขึ้น นอกจากนี้บริเวณรอยเลื่อนอัลไพน์ (Alpine Fault) สามารถแบ่งขอบเขตแต่ละบริเวณเพื่อให้มีข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวที่เฉพาะตัวมากขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์อัตราการผลิตแผ่นดินไหวตาม (aftershock) หากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขึ้น สำหรับแผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณแผ่นที่มุดลงไปใต้น้ำโลก ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าแผ่นเปลือกโลกถูกบีบอัดในความลึกระหว่าง 300-528 กิโลเมตร ในขณะที่ความลึกปานกลาง 50-300 กิโลเมตร แผ่นเปลือกโลกถูกดึงด้วยแรงดึงจากข้างใต้แผ่นเปลือกโลก ดังนั้น นอกจากพิบัติภัยแผ่นดินไหวแล้ว ควรมีการศึกษาการบรรเทาพิบัติภัยสึนามิบริเวณร่องลึกไพเรเซเกอร์และแอ่งฮิคุระงิ

ภาควิชา ธรณีวิทยา

สาขาวิชา ธรณีวิทยา

ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อนิสิต..... วชร พุ่มหอม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก..... Sanit B.

6032733323 : MAJOR GEOLOGY

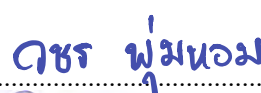
KEYWORDS: FOCAL MECHANISM / SEISMOTECTONIC SETTING

WACHARA PHUMHOM: ANALYSIS OF FOCAL MECHANISM IN NEW ZEALAND.

ADVISOR : PROFESSOR SANTI PAILOPLEE, Ph. D., 40 pp

From the collision and subduction between the Australian and Pacific tectonic plates, New Zealand is exposed to high earthquake and tsunami hazards. The main aim of this study is to evaluate the patterns of the faulting mechanisms in New Zealand. In this study, a total of 477 focal mechanism solutions were obtained from the Global CMT catalog. The data contain information on fault plane orientation and fault movement. Seismotectonically, the data were divided into 2 settings, interplate earthquake has a focal depth between 0-50 km and intraslab earthquake have a focal depth more than 50 km. The result suggested that, in the case of interplate earthquake, the Puysegur Trench and Hikurangi Trench Zone, both of which are defined as reverse faulting regions, can generate relatively high susceptible tsunami source. Additionally, the Alpine Fault area can be divided into individual regions to have just a more unique focal mechanism data. This is a benefit for analyzing the aftershock according to if an earthquake occurs, the result showed that the slabs are experiencing down-dip compression between the depths of 300-528 km, while at intermediate depths (50-300 km) the slabs are experiencing down-dip extension. Also, apart from the earthquake, tsunami mitigation should be conducted in the Puysegur Trench and Hikurangi Trench zone.

Department : Geology

Student's Signature..... 

Field of Study : Geology

Advisor's Signature..... 

Academic Year : 2020

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการวิทยาศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศนิวซีแลนด์ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความเมตตาและอนุเคราะห์จากทุกท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุมัติงบประมาณในการจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แจงข้อบกพร่อง รวมถึงการแก้ปัญหาในการทำโครงการ ให้กำลังใจ ทำให้โครงการวิทยาศาสตร์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ตั้งแต่เริ่มจนโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณสันตวัฒน์ สุขรังสี นักอุตุนิยมวิทยาชำนาญการ กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ที่คอยให้คำปรึกษาทางด้านโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหว เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ คุณพัชราพร เพ็ชรดี ที่คอยให้คำปรึกษาทางด้านข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหว และเป็นกำลังใจที่ดีซึ่งกันและกันเสมอมา

ขอขอบพระคุณบุคลากรในภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่คอยติดต่อประสานงาน และอำนวยความสะดวกในการทำโครงการ

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว และขอบคุณเพื่อน ๆ ธรณีวิทยา รุ่น 61 ทุกคน ที่คอยรับฟังปัญหา ให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ รวมถึงให้กำลังใจที่ดีเสมอ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

นายวชร พุ่มหอม
ผู้จัดทำ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
Abstract		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญรูปภาพ		จ
สารบัญตาราง		ช
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
	1.2 วัตถุประสงค์	3
	1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
	1.4 พื้นที่ศึกษา	3
บทที่ 2	ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย	4
	2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	2.2 ระเบียบวิธีวิจัย	10
บทที่ 3	ข้อมูลและสถิติ	13
	3.1 ฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหว	13
	3.2 สภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐาน	15
	3.3 การวิเคราะห์ระนาบรอยเลื่อน	18
บทที่ 4	ผลการศึกษา	25
	4.1 กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ interplate earthquake	25
	4.2 กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ intraslab earthquake	28
บทที่ 5	อภิปรายและสรุปผล	31
	5.1 Interplate earthquake	31
	5.2 Intraslab earthquake	36
	5.3 สรุปผล	40
	5.4 ข้อเสนอแนะ	40
บรรณานุกรม		ณ

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูป 1.1. แผนที่ประเทศนิวซีแลนด์ที่แสดงให้เห็นถึงสภาพธรณีแปรสัณฐาน (tectonic setting) โดยเส้นสีแดงแสดงถึงลักษณะรอยเลื่อนอัลไพน์ จุดสีเหลืองและจุดสีน้ำเงินแสดงข้อมูลแผ่นดินไหวและสึนามิที่เกิดขึ้นในปีค.ศ. 2020 ตามลำดับ (USGS and Esri, 2020)	2
รูป 2.1. สภาพธรณีแปรสัณฐานประเทศนิวซีแลนด์ (Ristau, 2008)	4
รูป 2.2. กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบต่างๆ (Earthquake Research Committee, 2011)	
รูป 2.3. รูปแบบ beachball diagram แสดงถึงกลไกการเกิดแผ่นดินไหว	6
รูป 2.4. ตัวอย่างการลงจุด (plane) ในตาข่ายมิติ (USGS, 2018)	6
รูป 2.5. พื้นที่ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เมืองโคคูรา ประเทศนิวซีแลนด์	7
รูป 2.6. ลักษณะรอยแตกออก (rupture) อันเนื่องจากการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนในบริเวณพื้นที่ศึกษา	7
รูป 2.7. กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาเมืองโคคูรา ประเทศนิวซีแลนด์	8
รูป 2.8. วิธี Moment Tensor Inversion ที่ใช้วิเคราะห์กลไกการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน	9
รูป 2.9. แผนที่กลไกการเกิดแผ่นดินไหวตามเขตมุดตัวของเปลือกโลก กลุ่มหมู่เกาะอินโดนีเซีย	10
รูป 2.10. แผนผังขั้นตอนการศึกษา	12
รูป 3.1. ฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวจากหน่วยงาน Global CMT	13
รูป 3.2. ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวจากหน่วยงาน Global CMT	14
รูป 3.3. แบบจำลองแสดงการเกิดแผ่นดินไหวประเภทต่างๆในเขตมุดตัวแบ่งตามสภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐาน	15
รูป 3.4. แผนภูมิฮีโรแกรมแสดงการกระจายตัวของข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา	16

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 3.5. แผนที่กลไกการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งแสดงข้อมูลในส่วนของ interplate earthquake (ฐานข้อมูลจากหน่วยงาน Global CMT)	17
รูป 3.6. แผนที่กลไกการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งแสดงข้อมูลในส่วนของ intraslab earthquake (ฐานข้อมูลจากหน่วยงาน Global CMT)	17
รูป 3.7. แผนที่แสดงความลึกประเทศนิวซีแลนด์ (depth contour map)	18
รูป 3.8. ขอบเขตพื้นที่ประเทศนิวซีแลนด์ในส่วนของ interplate zone	19
รูป 3.9. ขอบเขตพื้นที่ประเทศนิวซีแลนด์ในส่วนของ intraslab zone	19
รูป 3.10. แผนที่เส้นชั้นแสดงความสูงและแผนภูมิกลีบกุหลาบของค่า strike1 dip และ rake1 ในส่วนของ interplate earthquake	20
รูป 3.11. แผนที่เส้นชั้นแสดงความสูงและแผนภูมิกลีบกุหลาบของค่า strike2 dip2 และ rake2 ในส่วนของ interplate earthquake	21
รูป 3.12. แผนที่เส้นชั้นแสดงความสูงและแผนภูมิกลีบกุหลาบของค่า strike1 dip1 และ rake1 ในส่วนของ intraslab earthquake	22
รูป 3.13. แผนที่เส้นชั้นแสดงความสูงและแผนภูมิกลีบกุหลาบของค่า strike2 dip2 และ rake2 ในส่วนของ intraslab earthquake	23
รูป 4.1. อนุภูมิภาคจากการวิเคราะห์ค่า rake ร่วมกับสภาพพื้นที่ทางธรณีวิทยาในส่วน of interplate earthquake	25
รูป 4.2. แผนภูมิเทอร์นารี, แผนที่เส้นชั้นความสูง P-T และ beachball แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วน of interplate earthquake	26
รูป 4.3. อนุภูมิภาคจากการวิเคราะห์ค่า rake ร่วมกับสภาพพื้นที่ทางธรณีวิทยาในส่วน of intraslab earthquake	28
รูป 4.4. แผนภูมิเทอร์นารี, แผนที่เส้นชั้นความสูง P-T และ beachball แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วน of intraslab earthquake	29
รูป 5.1. แผนที่แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละอนุภูมิภาค ในส่วน of interplate earthquake	32
รูป 5.2. แบบจำลองการเกิดแอ่งโค้งด้านหลัง (Jiang, 2017)	32
รูป 5.3. แผนที่แสดงพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ	34
รูป 5.4. แผนที่แสดงข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวเฉพาะในบริเวณรอยเลื่อนอัลไพน์	35

สารบัญรูปรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 5.5. แผนที่แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละอนุภูมิภาค ในส่วนของ intraslab earthquake	36
รูป 5.6. แบบจำลองส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไป บริเวณร่องลึกก้นสมุทรไพร์เซอเกอร์	37
รูป 5.7. แบบจำลองส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไป บริเวณรอยเลื่อนมาร์ลโบโรห์	37
รูป 5.8. แผนที่แสดงบริเวณ ร่องอาฟร์ และร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค ที่มีลักษณะเป็น complex slab	38
รูป 5.9. แบบจำลองส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไป บริเวณร่องอาฟร์	39
รูป 5.10. แบบจำลองส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไป บริเวณร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค	39

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3.1. แสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดเก็บฐานข้อมูลโลกการเกิดแผ่นดินไหว	14
ตาราง 5.1. อนุภูมิภาคและค่าระนาบรอยเลื่อนที่ได้จากการลงจุด โดยโปรแกรม FaultKin7 ในส่วนของ interplate earthquake	31
ตาราง 5.2. ค่าการวิเคราะห์อนุภูมิภาคในส่วนของ interplate earthquake เพื่อคำนวณพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ หากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 7.6 M_w	33
ตาราง 5.3. ข้อมูลโลกการเกิดแผ่นดินไหวเฉพาะบริเวณรอยเลื่อนอัลไพน์	35
ตาราง 5.4. อนุภูมิภาคและค่าระนาบรอยเลื่อนที่ได้จากการลงจุด โดยโปรแกรม FaultKin7 ในส่วนของ intraslab earthquake	36

บทที่ 1 บทนำ (INTRODUCTION)

1.1. ที่มาและความสำคัญ (Background)

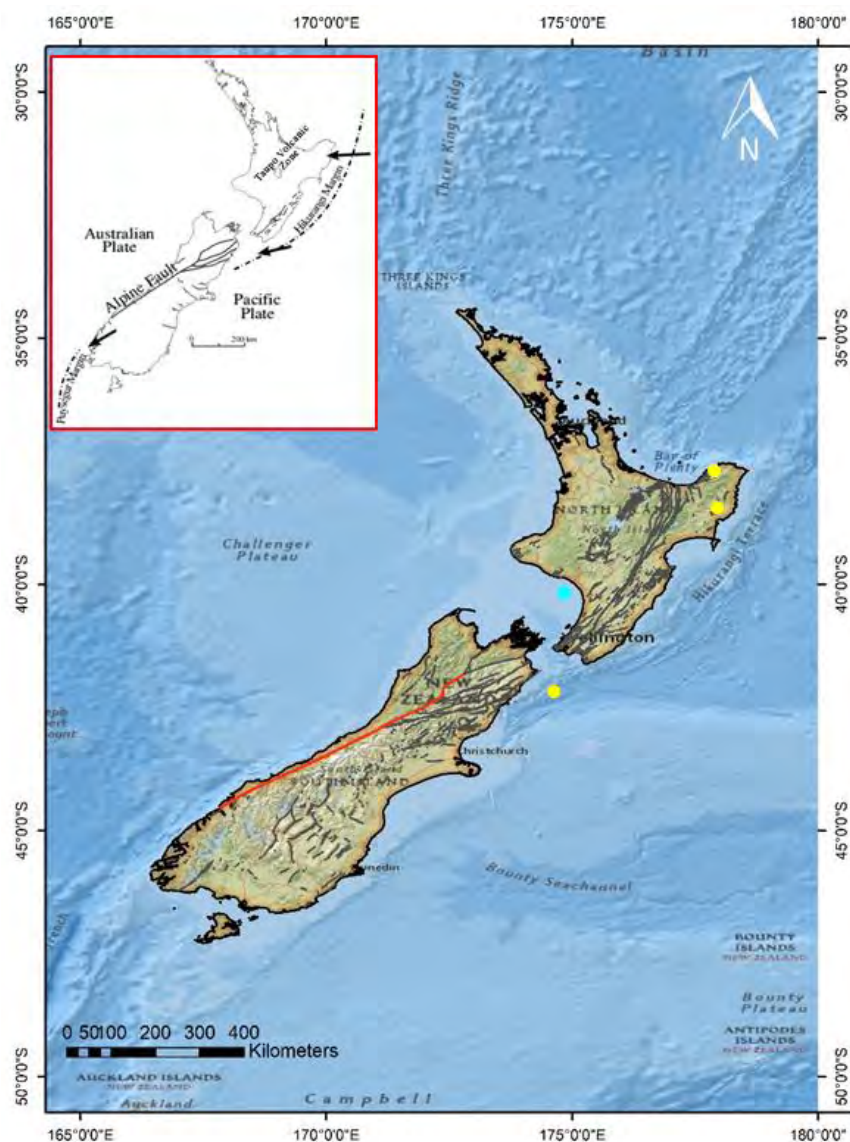
ประเทศนิวซีแลนด์เป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่เรียกกันว่า “แนววงแหวนแห่งไฟ” (ring of fire) ซึ่งเป็นแนวเส้นที่อยู่ล้อมรอบบริเวณริมมหาสมุทรแปซิฟิกทั้งหมด ในบริเวณนี้มักเกิดแผ่นดินไหวและภูเขาไฟระเบิดอยู่บ่อยครั้ง โดยประเทศนิวซีแลนด์นั้นตั้งอยู่ทางตอนใต้ของเส้นศูนย์สูตร มีลักษณะเป็นหมู่เกาะ ประกอบด้วย เกาะใหญ่ 2 เกาะ คือเกาะเหนือ (North Island) เกาะใต้ (South Island) และเกาะเล็กๆ อีกจำนวนมาก ประเทศนิวซีแลนด์นั้นตั้งอยู่ที่ขอบของแผ่นเปลือกโลกออสเตรเลียและแปซิฟิก (Australian and Pacific tectonic plate) โดยทางตะวันออกเฉียงเหนือและบริเวณใต้เกาะเหนือ แผ่นเปลือกโลกแปซิฟิกจะมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาและมุดตัวลงใต้แผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย และในทางตอนทางตอนใต้และบริเวณฟยอร์ดแลนด์ (Fiordland) หรือร่องลึกก้นสมุทรไพเรเซอเกอร์ (Puysegur Trench) แผ่นเปลือกโลกทั้งสองแผ่นมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันเช่นกัน แต่แผ่นเปลือกโลกออสเตรเลียจะมุดตัวลงใต้แผ่นเปลือกโลกแปซิฟิก

เขตมุดตัว (subduction zone) ทางตอนเหนือจะมีความเชื่อมโยงกับเขตมุดตัวทางตอนใต้ของนิวซีแลนด์โดยรอยเลื่อนที่มีขนาดใหญ่มากที่สุดที่ไหลผ่านกลุ่มรอยเลื่อนมาร์ลโบโรห์ (Marlborough Fault System ; subparallel strike-slip faults ในทิศทาง NW-SE) ซึ่งเป็นรอยเลื่อนที่มีลักษณะแบบขวาเข้า (dextral) และผ่านทางชายฝั่งตะวันตกของบริเวณเกาะใต้ โดยตามแนวรอยเลื่อนอัลไพน์แผ่นเปลือกโลกไม่เพียงแต่เคลื่อนที่ผ่านกันเท่านั้น แต่ยังมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันอีก ซึ่งแต่ละครั้งของการเคลื่อนที่ผ่านกันหรือเข้าหากันของแผ่นเปลือกโลกแปซิฟิกและแผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย จะมาพร้อมกับแผ่นดินไหวอย่างน้อยหนึ่งครั้งโดยมี 2 ลักษณะการเกิดแผ่นดินไหวคือแผ่นดินไหวที่เกิดระหว่างขอบของการชนกันของแผ่นเปลือกโลก และแผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณแผ่นที่มุดลงไปในพื้นที่โลก (Nicol and Bannister, 2018)

การวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหว (focal mechanism) หรือวิธีหาระนาบรอยเลื่อน (fault plane solution) เป็นผลมาจากการวิเคราะห์รูปแบบคลื่นไหวสะเทือน (seismic wave) ที่เกิดจากแผ่นดินไหว (Shah, 2015) ซึ่งเป็นการแสดงรูปแบบและทิศทางของรอยเลื่อนในลักษณะรูปร่างกลมภายในวงกลมมีเส้นโค้งสองเส้นตัดกัน คล้ายลูกบอลที่นิยมเล่นกันตามชายหาด

เพื่อศึกษาแนวโน้มของกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศนิวซีแลนด์ การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่รูปแบบของกลไกการเกิดแผ่นดินไหว และลักษณะความเค้นทางธรณีแปรสัณฐานโดยใช้วิธีทางสถิติ

ของหน่วยงาน Global CMT ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รวบรวมข้อมูลโลกการเกิดแผ่นดินไหวอย่างเป็นระบบ และใช้โปรแกรม Generic Mapping Tools Graphics (GMT) ในการประมวลผลและจัดทำแผนที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการประเมินรูปแบบการเคลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่อเขตมุดตัวของเปลือกโลกและรอยเลื่อนซึ่งมีนัยยะถึงโอกาสการเกิดสึนามิในอนาคต



รูป 1.1. แผนที่ประเทศนิวซีแลนด์ที่แสดงให้เห็นถึงสภาพธรณีแปรสัณฐาน (tectonic setting) โดยเส้นสีแดงแสดงถึงลักษณะรอยเลื่อนอัลไพน์ (Alpine Fault) จุดสีเหลืองและจุดสีน้ำเงินแสดงข้อมูลแผ่นดินไหวและสึนามิที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 2020 ตามลำดับ (USGS and Esri, 2020)

1.2. วัตถุประสงค์ (Objective)

เพื่อประเมินรูปแบบกลไกการเลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดในประเทศนิวซีแลนด์

1.3. พื้นที่ศึกษา (Study Area)

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่บริเวณประเทศนิวซีแลนด์ โดยมีขอบเขตพื้นที่ศึกษาอยู่ระหว่างละติจูดที่ 30 ถึง 50 องศาใต้ และระหว่างลองจิจูดที่ 155 ถึง 180 องศาตะวันออก

1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of the study)

วิเคราะห์รูปแบบกลไกการเลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดในประเทศนิวซีแลนด์โดยใช้ฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวจากหน่วยงาน Global CMT

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Results)

- 1) รูปแบบของกลไกแผ่นดินไหวในประเทศนิวซีแลนด์
- 2) แบบจำลองการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มีการมุดตัวใต้เปลือกโลก

บทที่ 2 ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย

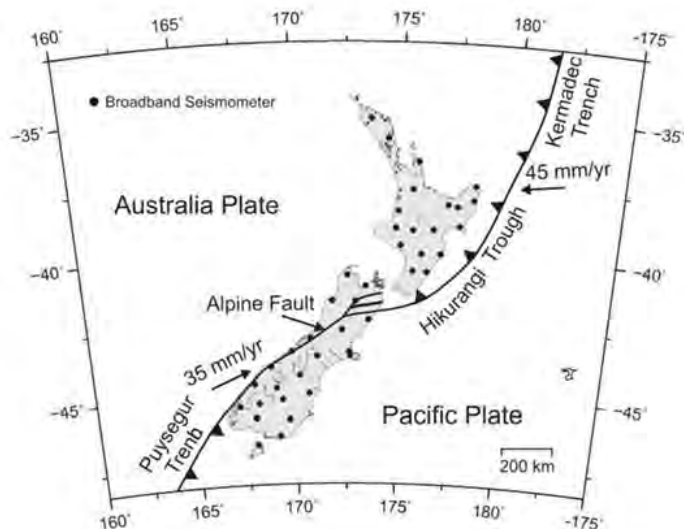
(THEORY AND METHODOLOGY)

2.1. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Theory and Literature Review)

2.1.1. ธรณีแปรสัณฐานในประเทศนิวซีแลนด์ (Tectonic Setting in New Zealand)

บริเวณใต้เกาะเหนือของประเทศนิวซีแลนด์พบเป็นเขตมุดตัวของร่องลึกก้นสมุทริคุระงิ (Hikurangi Trench) ซึ่งอยู่ในส่วนของแผ่นเปลือกโลกแปซิฟิก โดยในบริเวณดังกล่าวแผ่นเปลือกโลกแปซิฟิกจะมีลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหาและมุดตัวลงใต้แผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย (Demets et al., 1990) ร่องลึกก้นสมุทริคุระงิจะเป็นส่วนที่แยกออกมาจากร่องลึกเคอร์มาเดค (Kermadec Trench) ซึ่งจะครอบคลุมพื้นที่บริเวณเกาะเหนือ และบางบริเวณของส่วนบนของเกาะใต้ โดยในบริเวณนี้เคยเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีขนาด 6.9-8.0 M_w (Reyners, 1998)

ลักษณะธรณีแปรสัณฐานที่สำคัญในส่วนของเกาะใต้คือ รอยเลื่อนอัลไพน์ ซึ่งเป็นรอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่ครอบคลุมพื้นที่ในแนวยาวเกือบตลอดทั้งแนวของพื้นที่ ครอบคลุมพื้นที่ 650 กิโลเมตร เป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับที่มีลักษณะขวาเข้า โดยเป็นรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ในช่วง ปลายยุคโอลิโกซีน ถึงต้นยุคไมโอซีน (Late Oligocene–Early Miocene) (Berryman et al., 1993) และทางตอนใต้ของรอยเลื่อนอัลไพน์ จะพบร่องลึกก้นสมุทรไพเรเซอเกอร์ ซึ่งในบริเวณนี้แผ่นเปลือกโลกออสเตรเลียจะมุดตัวลงใต้แผ่นเปลือกโลกแปซิฟิก (Demets et al., 1990)



รูป 2.1. สภาพธรณีแปรสัณฐานประเทศนิวซีแลนด์ (Ristau, 2008)

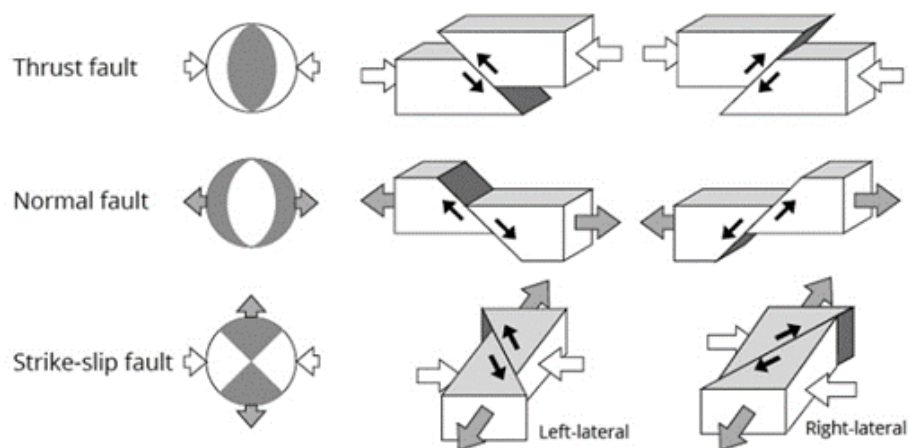
2.1.2. ทฤษฎีกลไกการเกิดแผ่นดินไหว (Theory of Focal Mechanism)

กลไกการเกิดแผ่นดินไหว หรือเรียกอีกอย่างว่า beachball diagram (รูป 2.3) หรือ fault plane solutions เป็นรูปแบบอย่างง่ายที่อธิบายหรือบอกทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนและการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนซึ่งทำให้เกิดแผ่นดินไหวในแต่ละเหตุการณ์ โดยปกติสร้างจากการใช้ข้อมูลรูปแบบคลื่น (waveform) ที่ได้มาจาก moment tensor แต่โดยทั่วไปมักคำนวณโดยใช้คลื่นแรกที่ตรวจวัดได้จากกราฟแผ่นดินไหว (first motion)

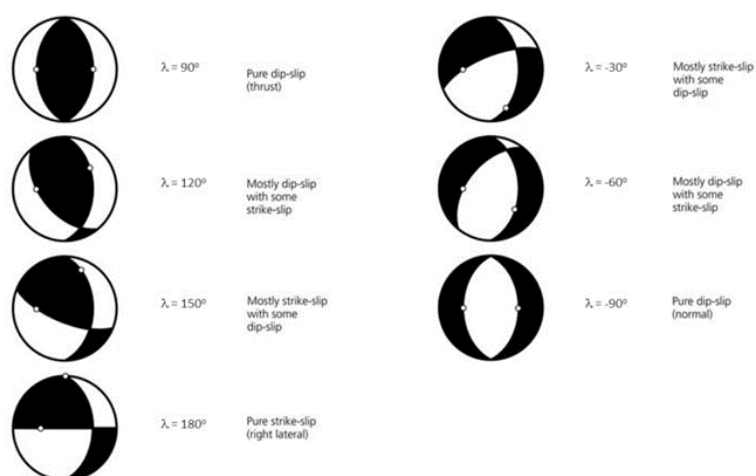
กราฟแผ่นดินไหว (first motion) สามารถดูได้จากกราฟคลื่นปฐมภูมิ ถ้าคลื่นยกตัวขึ้น หมายถึง เครื่องตรวจวัดถูกผลักหรือรอยเลื่อน เลื่อนมาทางสถานี ถ้าคลื่นลดตัวลง หมายถึง เครื่องตรวจวัดถูกดึงหรือรอยเลื่อนเคลื่อนออกจากสถานี คลื่นทุติยภูมิหรือคลื่นพื้นผิวก็มีส่วนสำคัญถึงการเคลื่อนตัวและทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อน และสามารถประเมินลักษณะเดียวกับคลื่นปฐมภูมิได้แต่ใช้วิธีที่แตกต่างกันดังแสดงในรูป 2.4

การวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหว เป็นการหาระนาบของรอยเลื่อน และมุมเทของรอยเลื่อน ที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว ลักษณะรูปแบบของกลไกการเกิดแผ่นดินไหวจะแตกต่างกัน (รูป 2.2) โดยวิธีการวิเคราะห์นั้น ทำได้โดยลงจุด (plane) ตำแหน่งใน ตาข่ายมิติ (stereonet) โดยการลงจุดนั้นจะลงในลักษณะของคลื่นที่เข้ามาเป็นแบบอัด (compression) หรือ แบบขยาย (dilatation) โดยที่เป็นข้อมูลจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวที่วัดได้ที่ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งหากข้อมูลมีจำนวนมาก ความแม่นยำก็จะมีมากเช่นกัน เมื่อลงจุดแล้ว จะเป็นการลากระนาบของรอยเลื่อน ซึ่งจะได้ทั้งหมด 2 ระนาบ คือ ระนาบของรอยเลื่อนหลัก (fault plane) และ ระนาบของรอยเลื่อนรอง (auxiliary plane) ซึ่งการที่จะบอกว่าระนาบใดเป็น ระนาบของรอยเลื่อนหลัก (fault plane) หรือ ระนาบของรอยเลื่อนรอง (auxiliary plane) ต้องดูสภาพพื้นที่ทางธรณีวิทยาประกอบการทำ จากนั้นจึงจะสามารถหาแนวระดับและมุมเอียงเท (strike/dip) ของรอยเลื่อนได้ (Pailoplee, 2018)

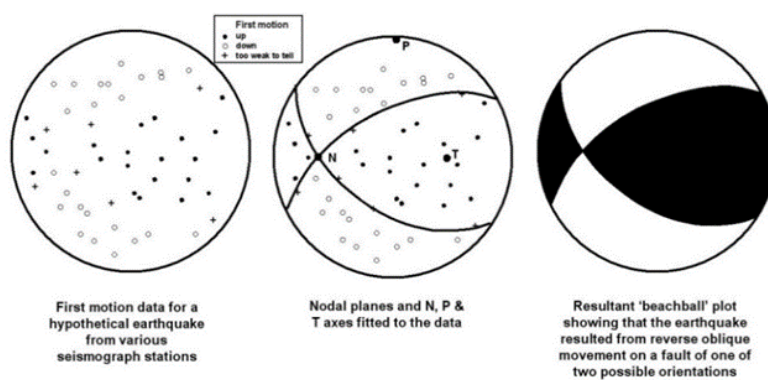
โดยข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวสามารถบ่งบอกถึงลักษณะประเภทของรอยเลื่อนได้ โดยดูได้จากลักษณะของ beachball diagram โดยแรงเสียดทานจุดที่ถูกดึง (extension) และสี่ขาแทนจุดที่ถูกอัดหรือผลัก ดังแสดงในรูป 2.2



รูป 2.2. กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบต่างๆ (Earthquake Research Committee, 2011)



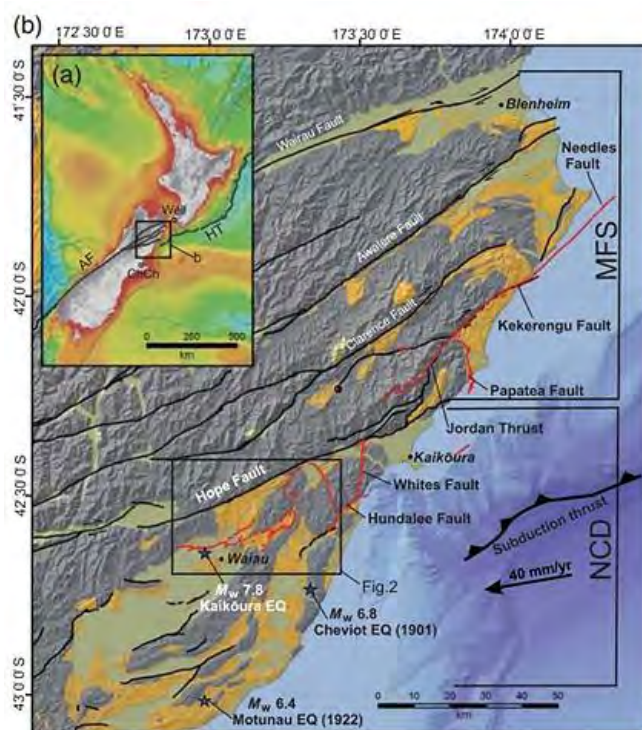
รูป 2.3. รูปแบบ beachball diagram แสดงถึงกลไกการเกิดแผ่นดินไหว (USGS, 2018)



รูป 2.4. ตัวอย่างการลงจุด (plane) ในตาข่ายมิติ (USGS, 2018)

2.1.3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

Nicol and Bannister (2018) ศึกษารอยแตก (rupture) อันเนื่องจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน (รูป 2.6) จากการเกิดแผ่นดินไหวขนาด $7.8 M_w$ ที่เมือง ไคคูรา (Kaikoura) ประเทศนิวซีแลนด์ โดยได้ทำการวิเคราะห์หลักการทำงานของรอยเลื่อนที่เกิดแผ่นดินไหวร่วมกับการวิเคราะห์เทคนิคเรดาร์ที่ใช้ในการตรวจวัดทางไกล (InSAR) เพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน โดยการเกิดแผ่นดินไหวดังกล่าวทำให้เกิดรอยเลื่อน 17 แห่งในเมืองไคคูรา เป็นระยะทางกว่า 165 กิโลเมตร

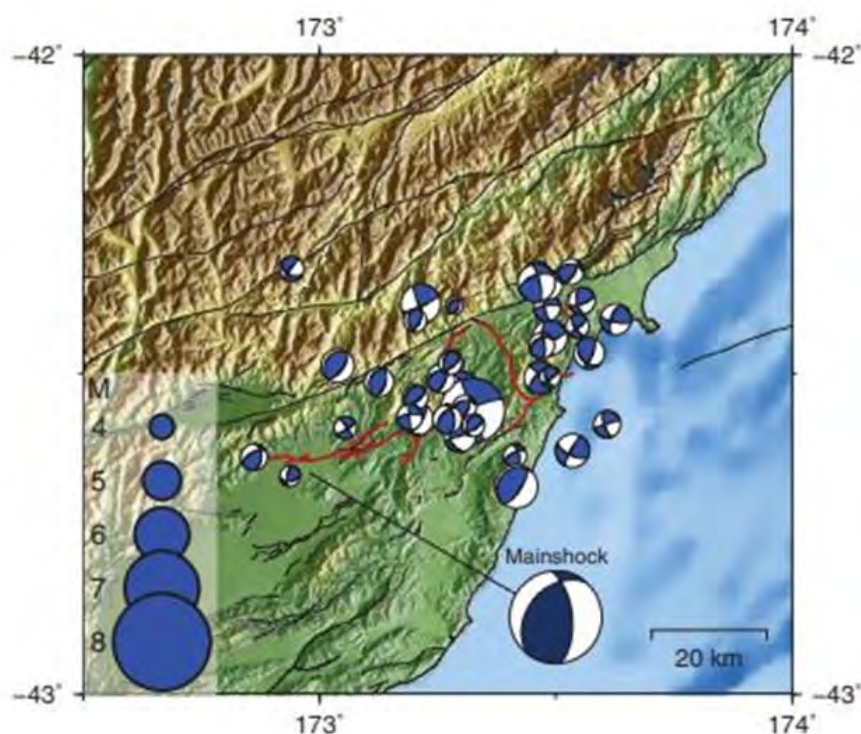


รูป 2.5. พื้นที่ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เมืองไคคูรา ประเทศนิวซีแลนด์



รูป 2.6. ลักษณะรอยแตกออก (rupture) อันเนื่องจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนในบริเวณพื้นที่ศึกษา

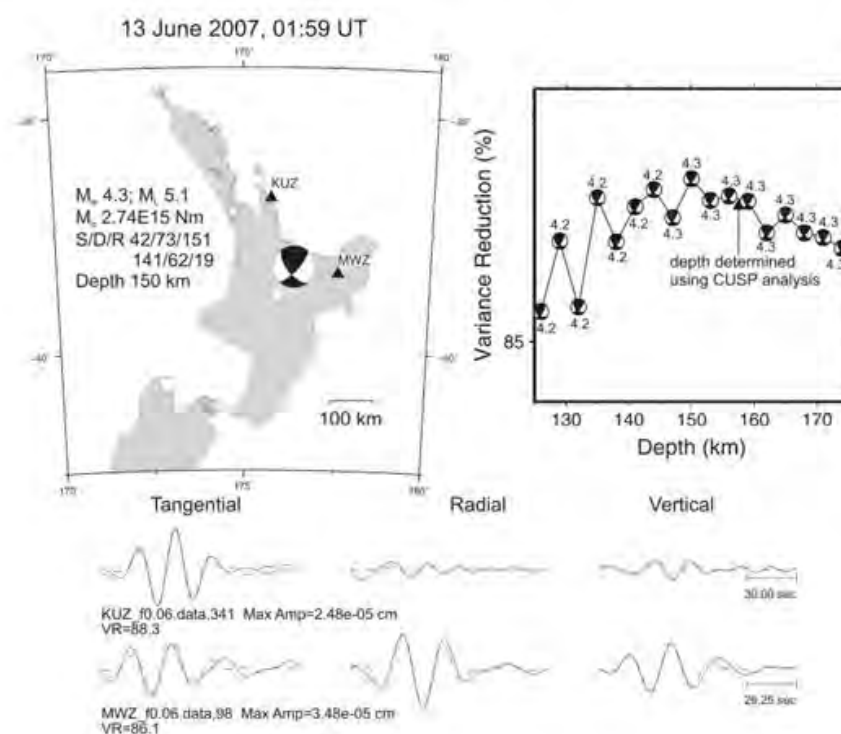
จากการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์เหตุการณ์แผ่นดินไหวในครั้งนี้โดยใช้รูปแบบการวิเคราะห์คือการวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวพบว่า สามารถรู้ถึงลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนในบริเวณพื้นที่ศึกษาว่าประกอบไปด้วยรอยเลื่อนย้อน (reverse fault) และรอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike-slip fault)



รูป 2.7. กลไกการเกิดแผ่นดินไหว (ขนาด beachball แทนขนาดของแผ่นดินไหว) ในพื้นที่ศึกษา

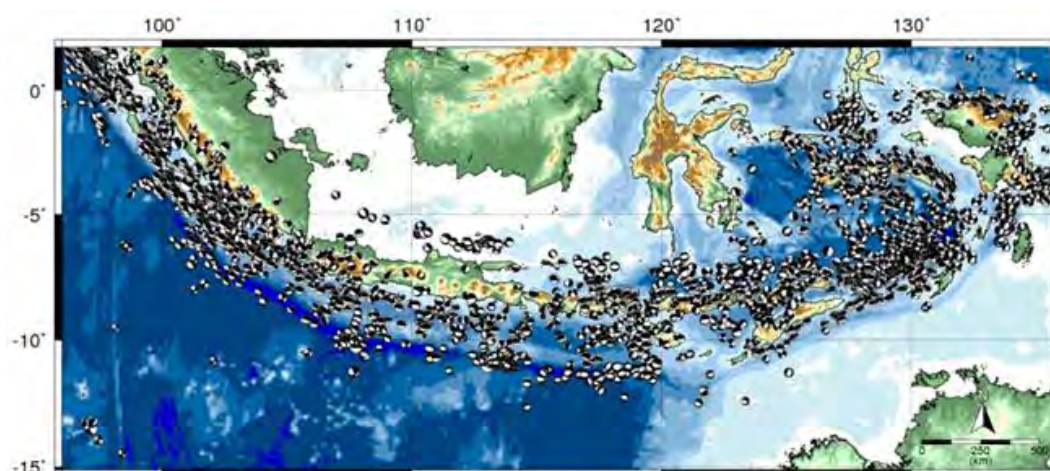
Ristau (2008) ศึกษาการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศนิวซีแลนด์โดยใช้วิธี moment tensor inversion ซึ่งเป็นวิธีในการศึกษาโครงสร้างโลก ทำให้ทราบถึงลักษณะเฉพาะของตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน เพื่อจำลองลักษณะรูปแบบของคลื่นไหวสะเทือน ที่เกิดจากการเคลื่อนตัวแบบต่างๆ ของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดจริง (observed waveform) และสามารถนำไปคำนวณย้อนกลับ (inversion) เพื่อวิเคราะห์หาการเคลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวได้ ซึ่งประกอบไปด้วยค่า strike dip และ rake โดยหลักการของวิธีดังกล่าวคือ เป็นเทคนิคที่ปรับเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จนกระทั่งคลื่นแผ่นดินไหวที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic waveform) มีลักษณะใกล้เคียงกับคลื่นแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดจริงมากที่สุด

กลไกการเลื่อนตัวที่เหมาะสมจะถูกนำมาวิเคราะห์หาพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะเกิดแผ่นดินไหวและสามารถคำนวณหาขนาดแผ่นดินไหวตามมาตราโมเมนต์ (M_w) ได้ (รูป 2.9)



รูป 2.8. วิธี Moment Tensor Inversion ที่ใช้วิเคราะห์กลไกการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน

Phetdee (2017) ศึกษาการเกิดแผ่นดินไหวตามเขตมุดตัวของเปลือกโลก กลุ่มหมู่เกาะอินโดนีเซียโดยข้อมูลถูกจัดแบ่งออกเป็น 2 ชุดตามสภาพแวดล้อม ธรณีแปรสัณฐาน (seismotectonic setting) ได้แก่ แผ่นดินไหวที่เกิดระหว่างขอบของการชนกันของ แผ่นเปลือกโลก (ความลึก 0-50 กิโลเมตร) และแผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณแผ่นที่มุดลงไปในชั้นเนื้อโลก (ความลึกมากกว่า 50 กิโลเมตร) ในกรณีของแผ่นดินไหวที่เกิดระหว่างขอบของการชนกันของแผ่นเปลือกโลก ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ (susceptible tsunami source) คือบริเวณเนินหน้าร่องลึกกันสมุทรชวา-ซุมบา และแอ่งอารู และลักษณะกลไกของแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มุดลงไปใน ผลการศึกษาชี้ว่าแผ่นเปลือกโลกถูกบีบอัดในความลึกระหว่าง 300-700 กิโลเมตร ในขณะที่ในความลึกปานกลาง 50-300 กิโลเมตร แผ่นเปลือกโลกได้มีความเค้นที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณ ดังแสดงในรูป 2.9



รูป 2.9. แผนที่กลไกการเกิดแผ่นดินไหวตามเขตมุดตัวของเปลือกโลก กลุ่มหมู่เกาะอินโดนีเซีย

2.2. ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

1) ศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดแผ่นดินไหวในลักษณะการวิเคราะห์เชิงกลไกการเกิดแผ่นดินไหว รวมถึงการใช้โปรแกรม Cygwin Terminal และ Generic Mapping Tools Graphics (GMT) ในการประมวลผลและจัดทำแผนที่

2) ทำการรวบรวมฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวของหน่วยงาน Global CMT

3) ประมวลผลข้อมูล

3.1) จัดทำกราฟแท่งแบบเฉพาะที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (histogram) โดยแสดงค่าการกระจายตัวของข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของความลึก เพื่อแบ่งข้อมูลให้เป็นในส่วนของ interplate และ intraslab earthquake

3.2) เมื่อจัดรูปแบบของข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวแล้ว นำข้อมูลมาใส่โค้ด แล้วรันข้อมูลโดยโปรแกรม Generic Mapping Tools Graphics (GMT) และจัดทำ beach ball diagram map ในส่วนของ interplate และ intraslab earthquake

3.3) วิเคราะห์ค่าต่างๆ โดยจัดทำเป็นแผนที่เส้นชั้นแสดงความสูง (contour map) เพื่อวิเคราะห์การจับกลุ่มกันของข้อมูล โดยวิเคราะห์ร่วมกันกับแผนภูมิเทอร์นารี (ternary diagram) และ แผนภูมิกุหลาบ (rose diagram) โดยใช้โปรแกรม Grapher8 และ Stereonet11

3.4) ทำการแบ่งขอบเขตของกลุ่มข้อมูลเพื่อวิเคราะห์กลไกการเลื่อนตัวในแต่ละบริเวณของประเทศนิวซีแลนด์

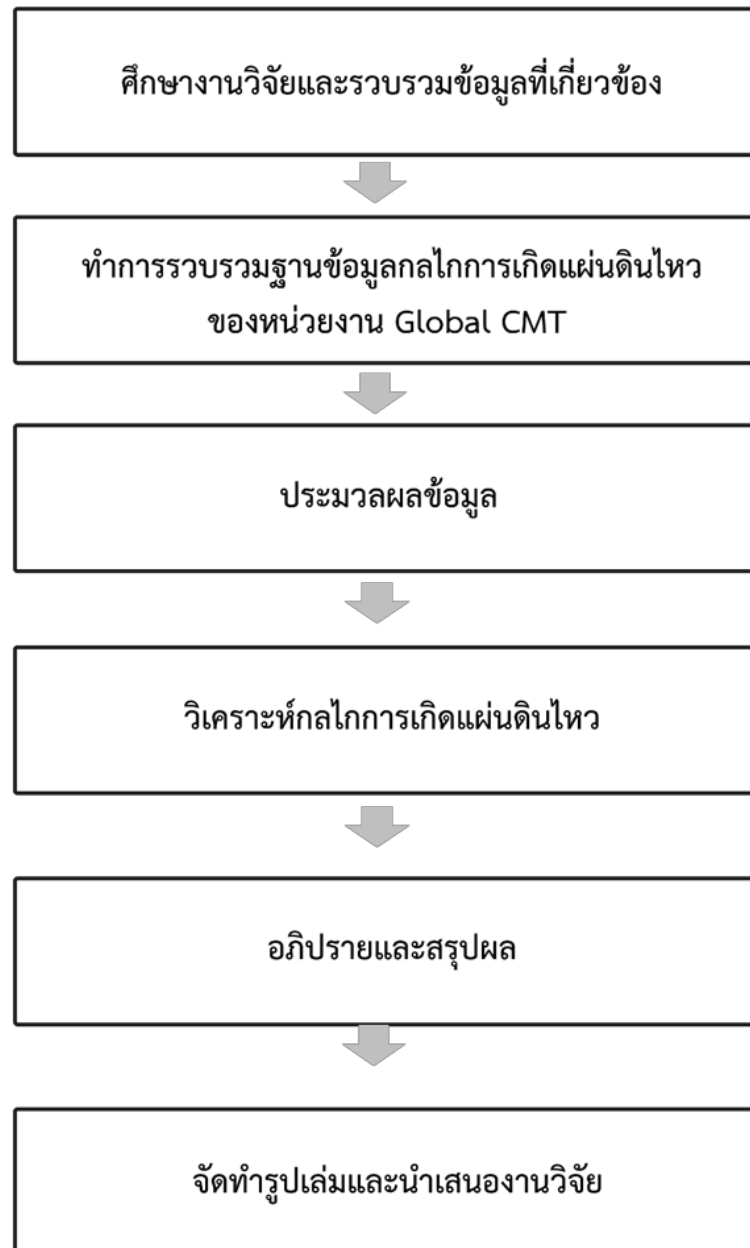
4) วิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในบริเวณขอบเขตของข้อมูลที่ได้ทำการแบ่งไว้แล้ว โดยวิเคราะห์ในส่วนของแกน P-T จากระนาบรอยเลื่อน โดยใช้โปรแกรม FaultKin7

5) อภิปรายและสรุปผล

5.1) ในส่วนของ interplate earthquake อภิปรายผลในส่วนของหากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหว จะวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ และวิเคราะห์ความเค้น (stress) ของพื้นที่เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์ในส่วนของ coulomb stress ซึ่งสามารถบอกอัตราการเกิดแผ่นดินไหวตาม (aftershock) ได้

5.2) ในส่วนของ Intralab earthquake อภิปรายผลในส่วนของแรงที่กระทำต่อแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มุดลงไป

6) จัดทำรูปเล่มและนำเสนองานวิจัย



รูป 2.10. แผนผังขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 3 ข้อมูลและสถิติ

(DATA AND STATISTIC)

3.1. ฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหว (Focal Mechanism Data)

ข้อมูลแผ่นดินไหวในปัจจุบันมีการเผยแพร่ให้เข้าถึงได้สำหรับบุคคลทั่วไป โดยข้อมูลเหล่านี้ได้รับการเผยแพร่จากในหลายหน่วยงาน อาทิ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจาก Global CMT (GCMT) catalogue ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจาก International Seismological Center (ISC) เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจาก GCMT จากนั้นมีการนำข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้ มาทำการรวบรวมและจัดเรียงรูปแบบข้อมูล ดังแสดงในตาราง 3.1

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจากหน่วยงาน Global CMT ประกอบด้วยข้อมูลและ FMS ทั้งหมดของการเกิดแผ่นดินไหว โดยงานวิจัยนี้มีการกำหนดข้อมูลพื้นที่ศึกษาครอบคลุมประเทศนิวซีแลนด์โดยมีขอบเขตของข้อมูลระหว่าง ละติจูดที่ 30 ถึง 50 องศาใต้ และระหว่างลองจิจูดที่ 155 ถึง 180 องศาตะวันออก ความลึกของการเกิดแผ่นดินไหวตั้งแต่ 0-528 กิโลเมตร รวมจำนวนข้อมูลทั้งหมด 477 เหตุการณ์ และบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2519 ถึง 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ดังแสดงในรูป 3.1 และ 3.2



Global CMT Catalog Search

Search form

If you use CMT results in published work, please provide an appropriate citation; see [here](#) for information on how to cite the catalog. Thanks!

Enter parameters for CMT catalog search. All constraints are 'AND' logic.

Date constraints: catalog starts in 1976 and goes through present

There are several methods to choose date ranges—use the radio buttons to select which method you want to use

Starting Date:			Ending Date:				
<input checked="" type="radio"/>	Year: 1976	Month: 1	Day: 1	<input checked="" type="radio"/>	Year: 2020	Month: 11	Day: 30
<input type="radio"/>	Year: 1976	Julian Day: 1		<input type="radio"/>	Year: 1976	Julian Day: 1	
				<input type="radio"/>	Number of days: 1	Including starting day	

Magnitude constraints: catalog includes moderate to large earthquakes only

(see note on calculation of magnitudes)

Moment magnitude: 0 <= Mw <= 10

Surface wave magnitude: 0 <= Ms <= 10

Body wave magnitude: 0 <= mb <= 10

รูป 3.1. ฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวจากหน่วยงาน Global CMT

Global CMT Catalog

Search criteria:

Start date: 1976/1/1 End date: 2020/11/30
 -50 <=lat<= -30 155 <=lon<= 180
 0 <=depth<= 50 -9999 <=time shift<= 9999
 0 <=mb<= 10 0<=Ms<= 10 0<=Mw<= 10
 0 <=tension plunge<= 90 0 <=null plunge<= 90

Results

Output in full format. All errors are from CMT inversion. If the error is zero, the value may have been fixed prior to inversion.

Event name: 050476A

Region name: SOUTH ISLAND, NEW ZEALAND

Date (y/m/d): 1976-5-4 Event data

Information on data used in inversion

Wave	nsta	nrec	cutoff
Body	9	25	45
Mantle	14	29	135
Surface	0	0	0

Timing and location information

	hr	min	sec	lat	lon	depth	mb	M _s
MLI	13	56	29.90	-44.64	167.57	19.0	6.0	6.6
CMW	13	56	36.20	-44.75	167.63	15.0		
Error			0.20	0.02	0.02	0.0		

Assumed half duration: 4.2 Origin time, Location, Focal depth

Mechanism information

Exponent for moment tensor: 25 units: dyne-cm

	M _{rr}	M _{tt}	M _{pp}	M _{rt}	M _{rp}	M _{tp}
CMT	3.030	-0.120	-2.910	-0.950	-6.940	-2.400
Error	0.060	0.070	0.040	0.250	0.240	0.040

M_w = 6.5 Scalar Moment = 7.96e+25

Fault plane: strike=7 dip=18 slip=136 Nodal plane orientations and slip motions

Fault plane: strike=189 dip=77 slip=77

Eigenvector: eigenvalue: 7.64 plunge: 56 azimuth: 83
 Eigenvector: eigenvalue: 0.63 plunge: 13 azimuth: 192
 Eigenvector: eigenvalue: -8.27 plunge: 31 azimuth: 290

รูป 3.2. ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวจากหน่วยงาน Global CMT

ตาราง 3.1. แสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดเก็บฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหว

Lon	Lat	Depth	Strike1	Dip1	Rake1	Strike2	Dip2	Rake2
166.68	-45.17	101	238	48	125	13	52	58
166.72	-45.56	112	70	57	-174	336	85	-33
166.75	-45.53	93	232	68	161	330	73	23
167.05	-44.82	62	17	23	3	284	89	113
167.32	-44.94	116	76	43	136	201	61	56
167.54	-44.87	86	2	33	37	240	71	118
167.54	-45.25	122	162	23	141	289	76	72
171.54	-42.46	59	345	57	9	250	82	147
172.52	-41.61	93	12	57	-163	273	75	-34
172.82	-41.28	64	5	43	176	98	87	-83
173.14	-41.91	52	11	37	177	103	88	-41

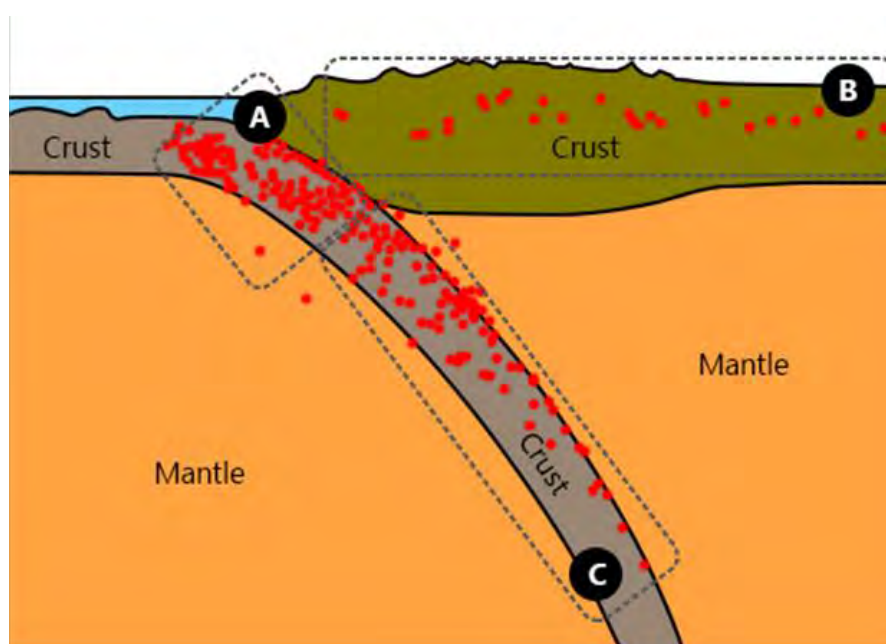
3.2. สภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐาน (Seimotectonic Setting)

สภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐานที่แตกต่างกันย่อมทำให้การเกิดแผ่นดินไหวที่ต่างกัน ในบริเวณที่แผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ผ่านกันนั้นสามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวระดับตื้นได้และหากแผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ชนหรือมุดตัวกัน อาจทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้ โดยสามารถแบ่งการเกิดแผ่นดินไหวตามสภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐานได้ 3 กลุ่ม

1) Interplate earthquake แผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณขอบรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก โดยปกติแล้วจะเป็นแผ่นดินไหวระดับตื้น มีความลึกน้อยกว่า 50 กิโลเมตรและขึ้นอยู่กับปัจจัยความหนาของแผ่นเปลือกโลก

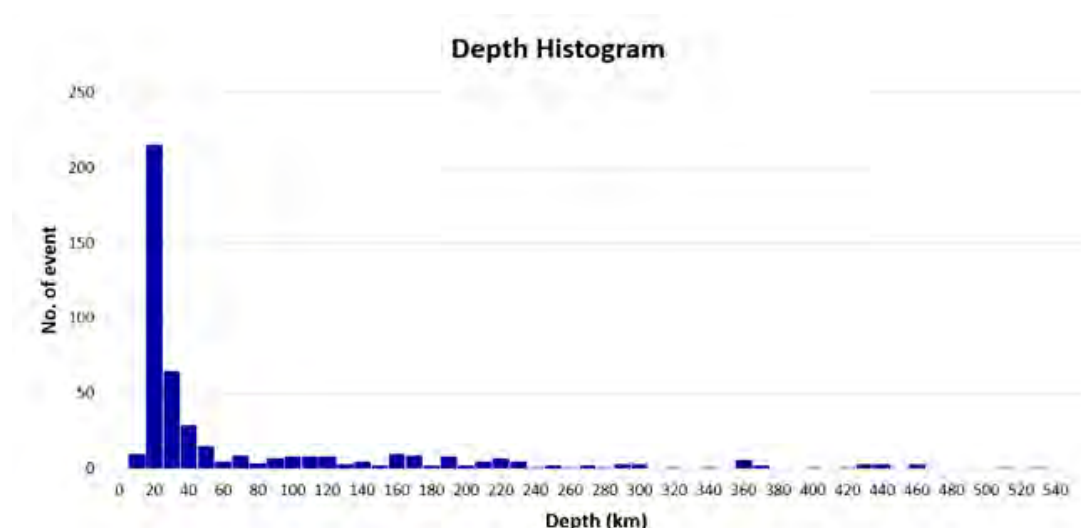
2) Intraplate earthquake แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบริเวณรอยเลื่อนภายในของแผ่นเปลือกโลก ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวขึ้นอยู่กับปัจจัยความหนาของแผ่นเปลือกโลกเช่นเดียวกันกับ Interplate earthquake และมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

3) Intraslab earthquake แผ่นดินไหวที่เกิดที่ระดับความลึกมากกว่า 50 กิโลเมตร โดยจะเกิดใน intraslab zone



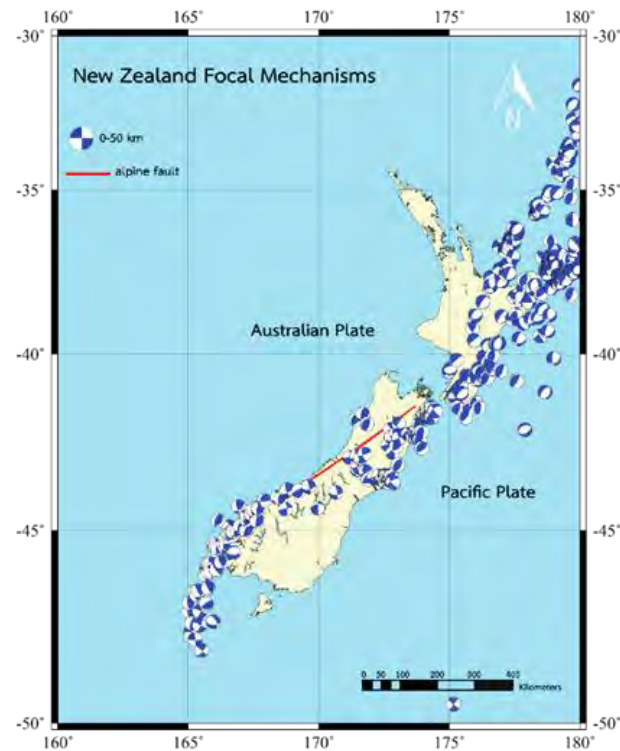
รูป 3.3. แบบจำลองแสดงการเกิดแผ่นดินไหวประเภทต่างๆในเขตมุดตัวแบ่งตามสภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐาน โดย A= interplate earthquake, B= intraplate earthquake และ C=intraslab earthquake (Pailoplee, 2018)

โดยการแบ่งข้อมูลจะอิงตามลักษณะสภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐานของพื้นที่ โดยแบ่งตามความลึกของข้อมูล ซึ่งจากแผนภูมิฮิสโตแกรมจะมีช่วงหนึ่งของข้อมูลที่ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยจะเป็นข้อมูลในส่วนของ interplate zone คือมีความลึก 0-50 กิโลเมตร และข้อมูลที่มีความลึกมากกว่า 50 กิโลเมตร จะเป็นข้อมูลในส่วนของ intraslab zone ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลในส่วน interplate zone มีจำนวนข้อมูลที่มากกว่าข้อมูลในส่วนของ intraslab zone ดังแสดงในรูป 3.4

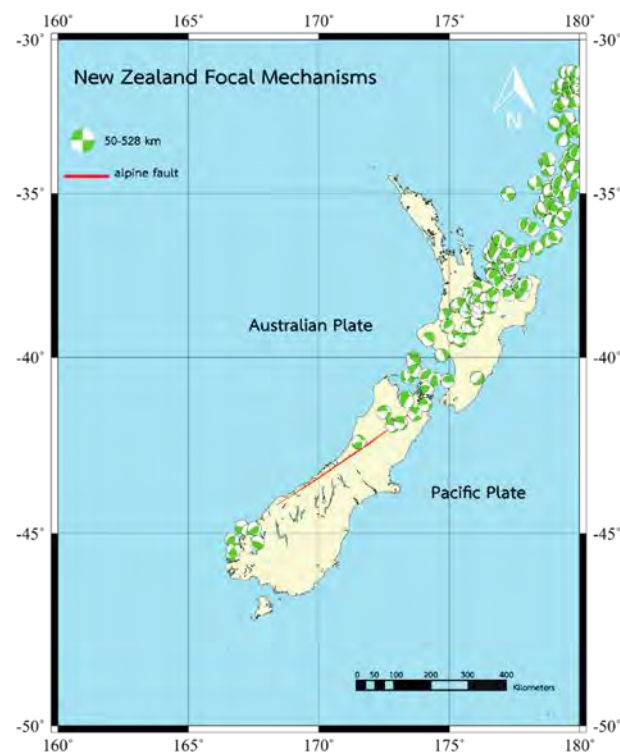


รูป 3.4. แผนภูมิฮิสโตแกรมแสดงการกระจายตัวของข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา

จากการแบ่งข้อมูลตามความลึก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหว โดยใช้โปรแกรม GMT ในการประมวลผลและจัดทำแผนที่ พบว่าในส่วนของ interplate zone ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวจะกระจายทั่วทั้งบริเวณของประเทศนิวซีแลนด์ (รูป 3.5) ซึ่งจะแตกต่างกับในส่วนของ intraslab zone ที่ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวจะกระจายเฉพาะในส่วนของเขตมุดตัวของประเทศนิวซีแลนด์ (รูป 3.6) และไม่ค่อยปรากฏข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของรอยเลื่อนอัลไพน์ ซึ่งเป็นส่วนของพื้นที่ interplate zone แสดงให้เห็นว่าการแบ่งข้อมูลจากปัจจัยความลึกดังกล่าวทำได้ค่อนข้างดี เนื่องจากการกระจายตัวของข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวค่อนข้างสอดคล้องกับลักษณะธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่ประเทศนิวซีแลนด์



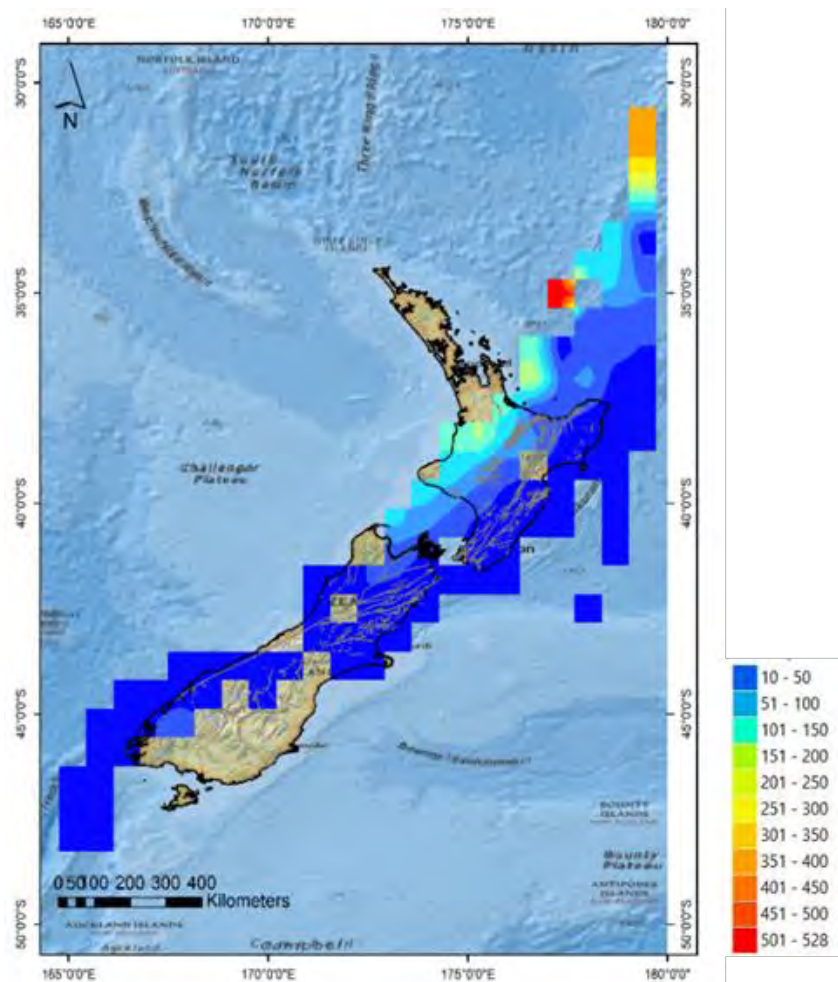
รูป 3.5. แผนที่กลไกการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งแสดงข้อมูลในส่วนของ interplate earthquake



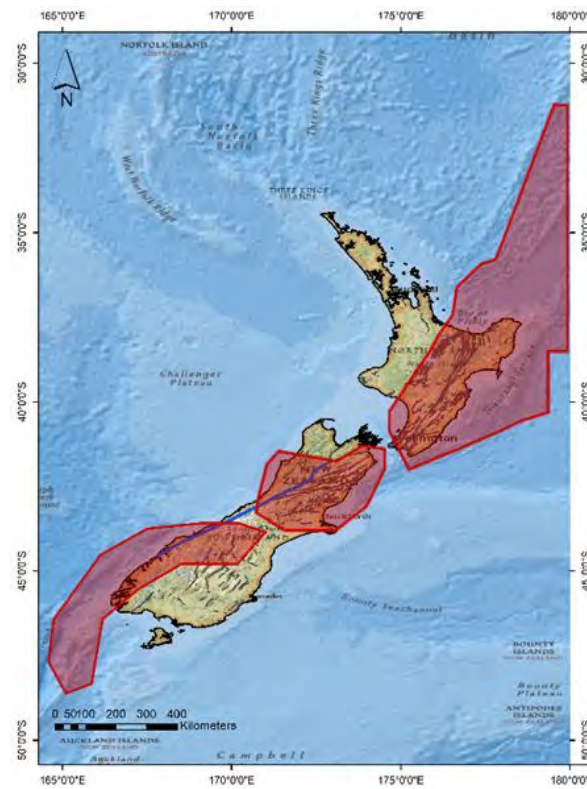
รูป 3.6. แผนที่กลไกการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งแสดงข้อมูลในส่วนของ intraslab earthquake

3.3. การวิเคราะห์ระนาบรอยเลื่อน (Fault Plane Analysis)

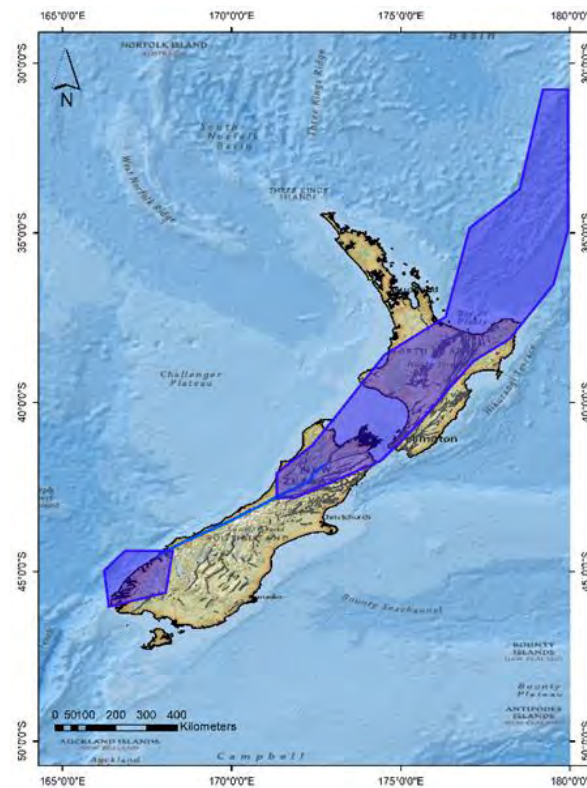
ฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวที่ได้จาก หน่วยงาน Global CMT นั้น สามารถนำมาวิเคราะห์ในส่วนของความลึกของข้อมูล (รูป 3.7) และแบ่งข้อมูลได้เป็น 2 ชุดข้อมูล ได้แก่ 1. ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวที่ระดับความลึก 0-50 กิโลเมตร (interplate earthquake) (รูป 3.6) และ 2. ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวที่ระดับความลึกมากกว่า 50 กิโลเมตร (intraslab earthquake) (รูป 3.7) โดยข้อมูลจะแสดงในรูปแบบของแผนที่เส้นชั้นแสดงความสูง เพื่อให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนภูมิกุหลาบ ในการวิเคราะห์ค่า strike dip และ rake (โดยค่าที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ชุดข้อมูล)



รูป 3.7. แผนที่แสดงความลึกประเทศนิวซีแลนด์ (depth contour map)



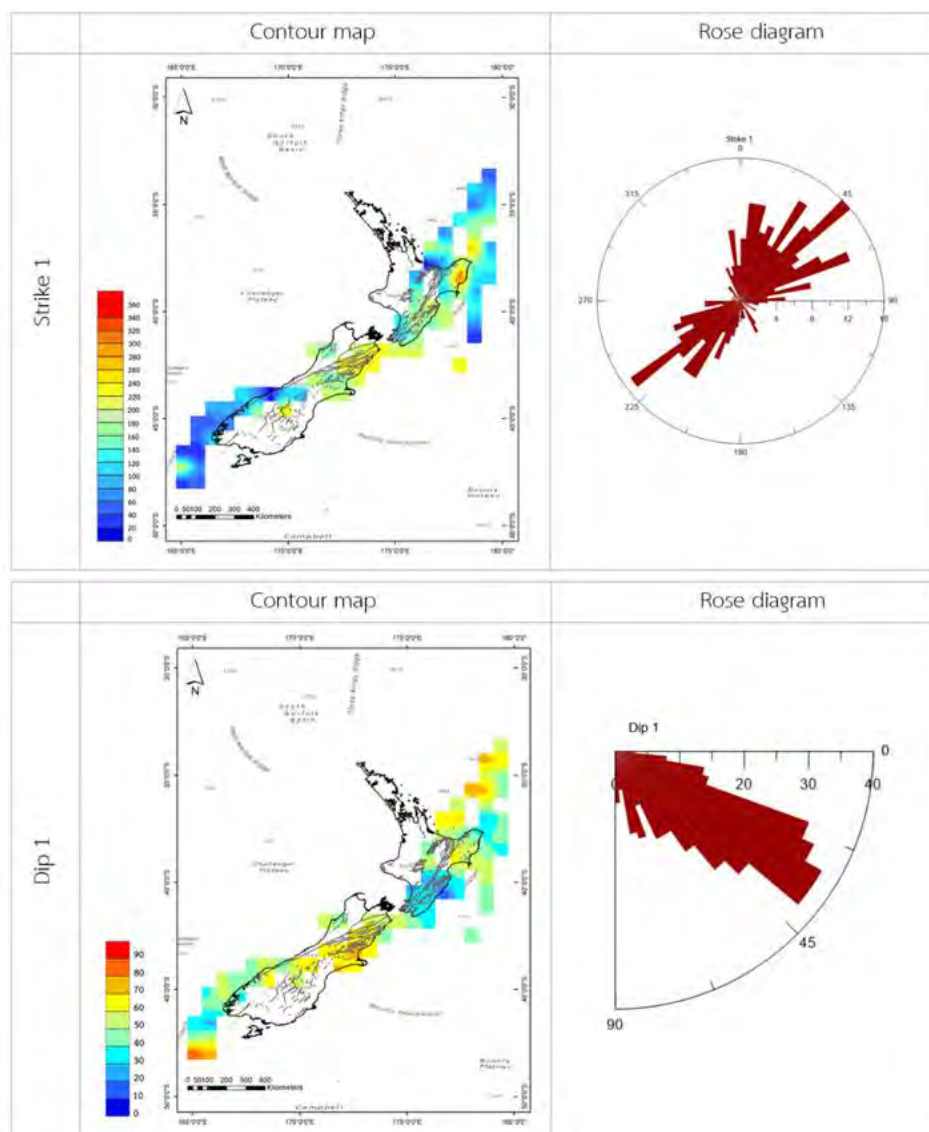
รูป 3.8. ขอบเขตพื้นที่ประเทศนิวซีแลนด์ในส่วนของ interplate zone

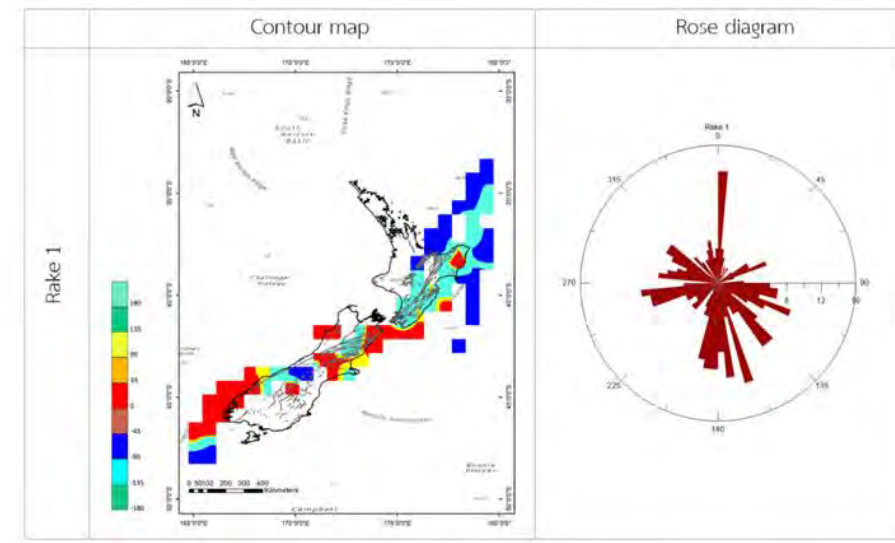


รูป 3.9. ขอบเขตพื้นที่ประเทศนิวซีแลนด์ในส่วนของ intraslab zone

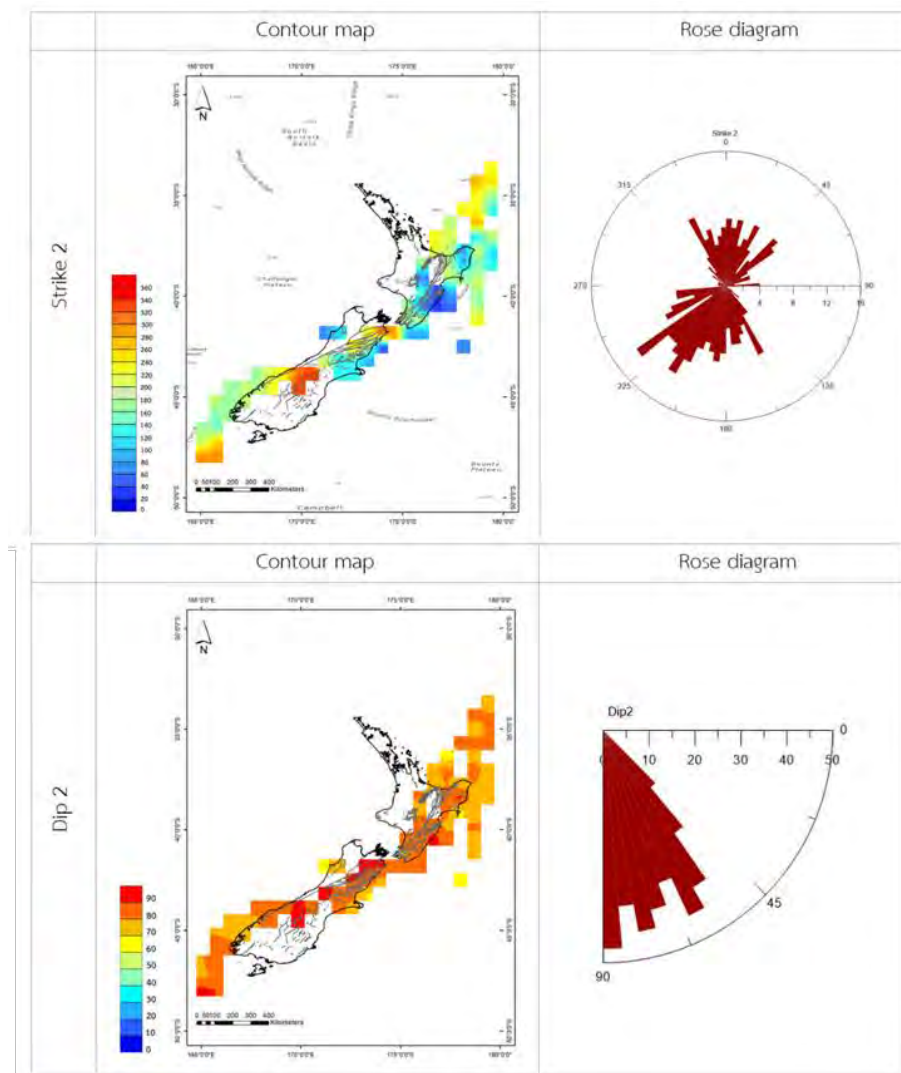
3.3.1. ระบายรอยเลื่อนของ interplate earthquake

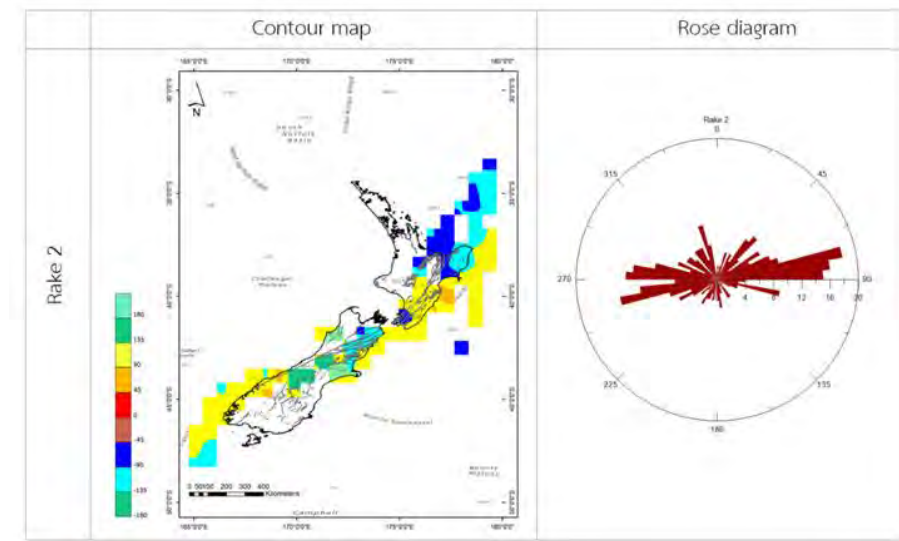
จากการวิเคราะห์ค่าข้อมูลโดยใช้แผนภูมิกุหลาบ พบว่า ค่า strike 1 มีค่าของข้อมูลส่วนใหญ่ในทิศ NE ซึ่งแตกต่างจากค่า strike 2 ที่มีค่าของข้อมูลที่หลากหลาย ค่า dip angles 1 มีค่าของข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ที่ 45° ซึ่งแตกต่างจากค่า dip angles 2 ที่มีค่าของข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ที่ $80-90^{\circ}$ และค่า rake 1 ค่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าของข้อมูลที่หลากหลายแต่ในส่วนของ rake 2 ค่าข้อมูลส่วนใหญ่สอดคล้องกับธรณีแปรสัณฐานของพื้นที่ โดยงานวิจัยนี้เลือกศึกษาค่าข้อมูลในชุดที่ 2 ในการวิเคราะห์ผลต่อไป เนื่องจากค่า rake 2 ของข้อมูลชุดที่ 2 มีค่าข้อมูลส่วนใหญ่ที่กระจายตัวได้ดีดังแสดงในรูป 3.10





รูป 3.10. แผนที่เส้นชั้นแสดงความสูงและแผนภูมิกลีบกุหลาบของค่า strike1 dip1 และ rake1 ในส่วนของ interplate earthquake

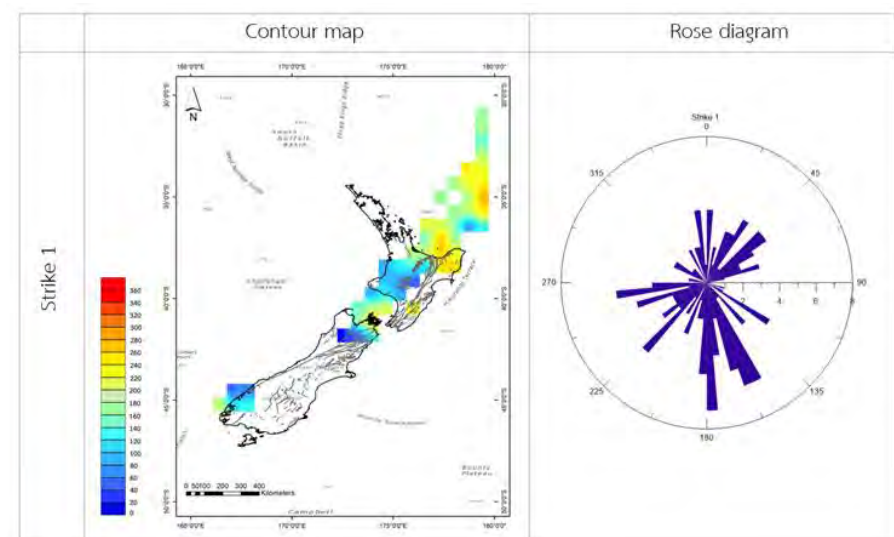


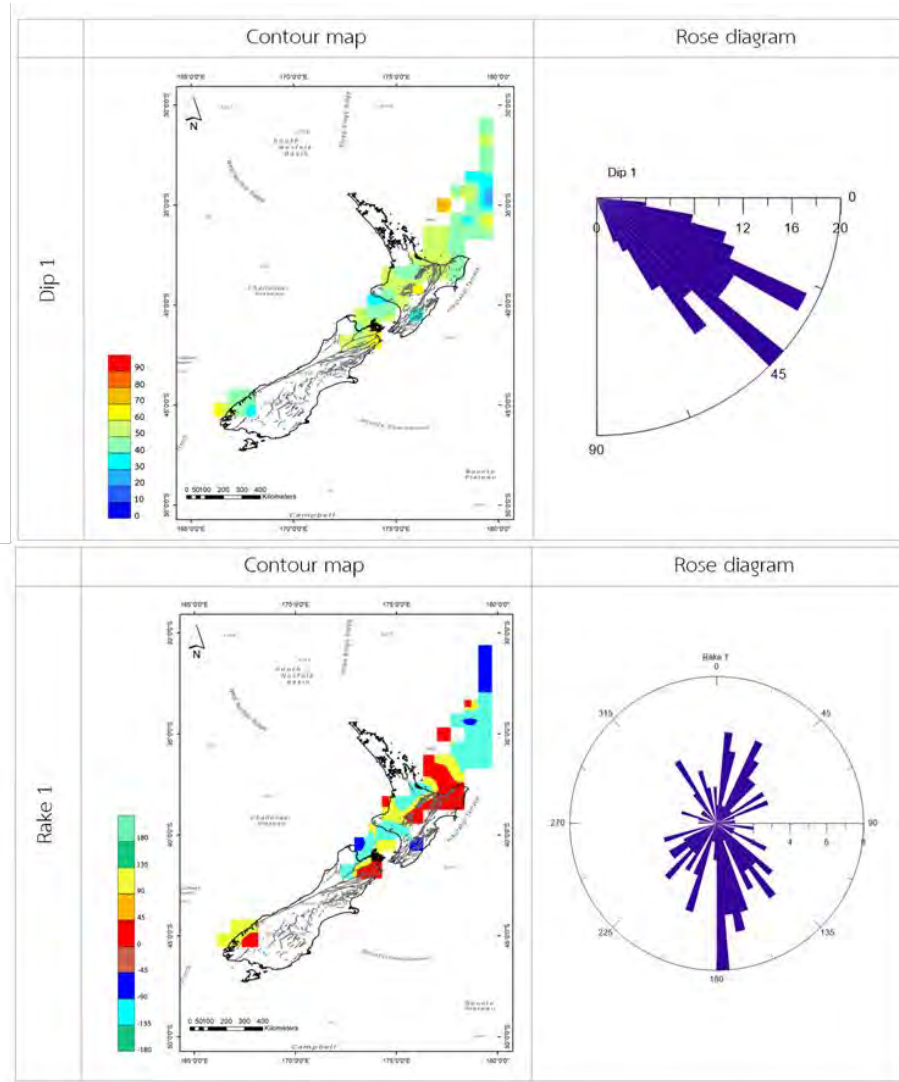


รูป 3.11. แผนที่เส้นชั้นแสดงความสูงและแผนภูมิกลีบกุหลาบของค่า strike2 dip2 และ rake2 ในส่วนของ interplate earthquake

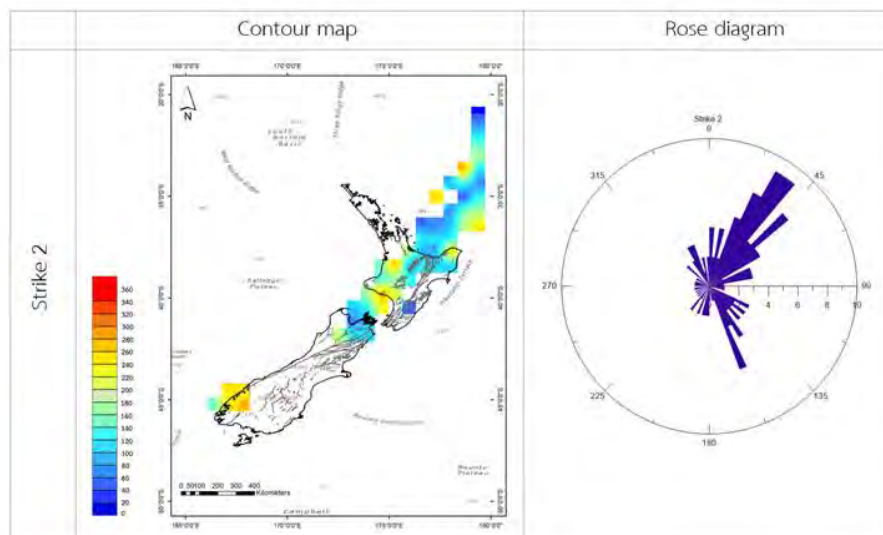
3.3.2. ระบายรอยเลื่อนของ intraslab earthquake

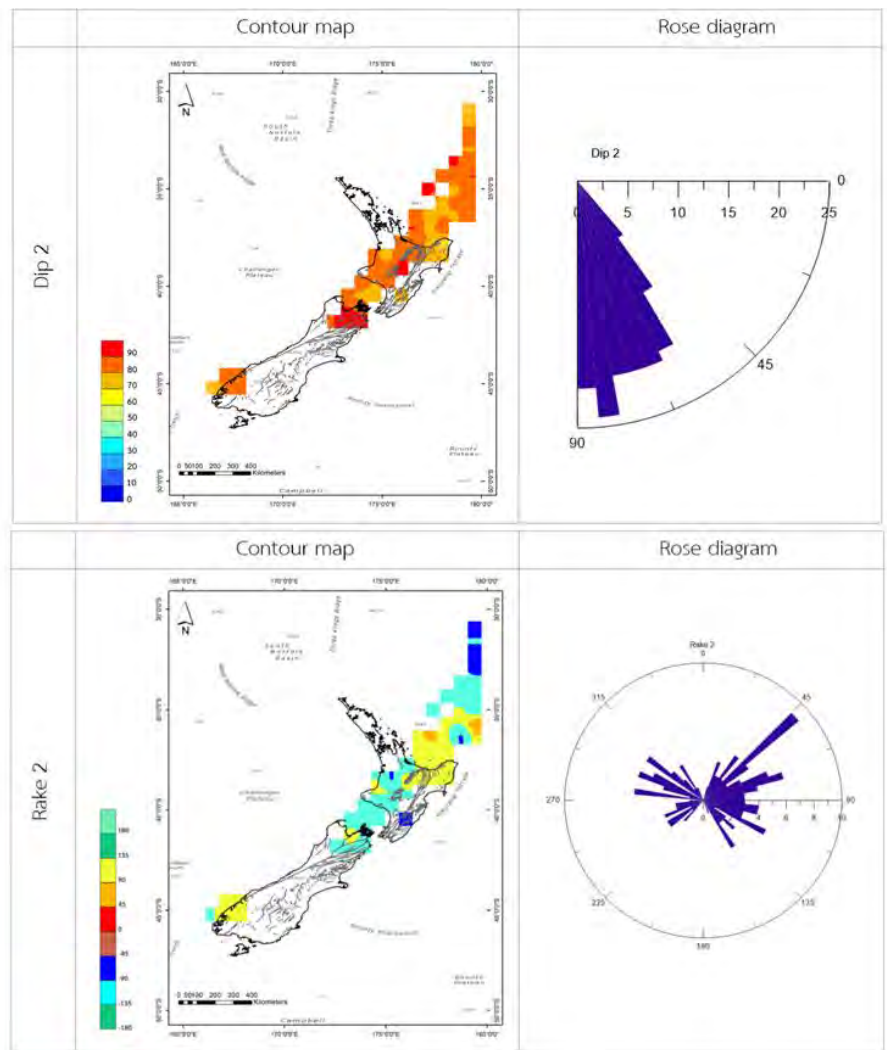
จากการวิเคราะห์ค่าข้อมูลโดยใช้แผนภูมิกุหลาบ พบว่า ค่า strike 1 มีค่าของข้อมูลที่หลากหลาย ซึ่งแตกต่างจากค่า strike 2 ที่มีค่าของข้อมูลส่วนใหญ่ในทิศ NE ค่า dip angles 1 มีค่าของข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ที่ 20° และ 45° ซึ่งแตกต่างจากค่า dip angles 2 ที่มีค่าของข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ที่ $80-90^{\circ}$ และค่า rake 1 ค่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าของข้อมูลที่หลากหลายแต่ในส่วนของ rake 2 ค่าข้อมูลส่วนใหญ่สอดคล้องกับธรณีแปรสัณฐานของพื้นที่ โดยงานวิจัยนี้เลือกศึกษาค่าข้อมูลในชุดที่ 2 ในการวิเคราะห์ผลต่อไป เนื่องจากค่า rake 2 ของข้อมูลชุดที่ 2 มีค่าข้อมูลส่วนใหญ่ที่กระจายตัวได้ดี





รูป 3.12. แผนที่เส้นชั้นแสดงความสูงและแผนภูมิกลีบกุหลาบของค่า strike1 dip1 และ rake1 ในส่วนของ intraslab earthquake





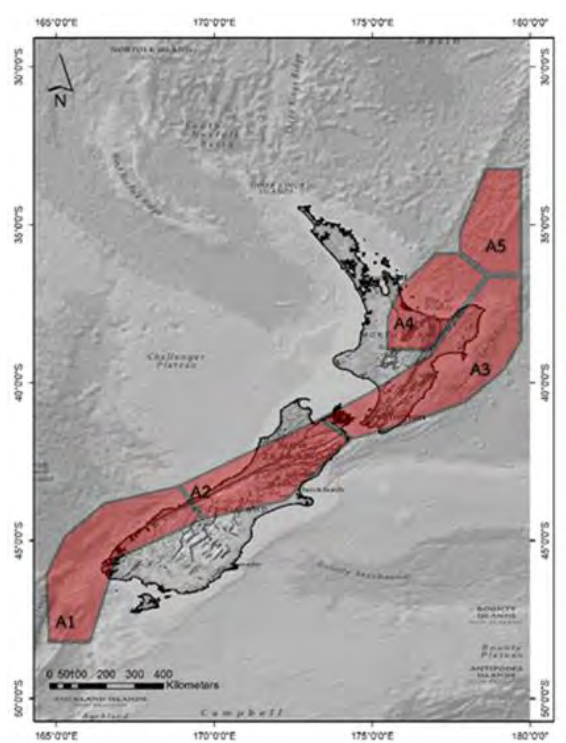
รูป 3.13. แผนที่เส้นชั้นแสดงความสูงและแผนภูมิกลีบกุหลาบของค่า strike2 dip2 และ rake2 ในส่วนของ intraslab earthquake

บทที่ 4 ผลการศึกษา

(RESULT)

4.1. กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ interplate earthquake (Focal Mechanism in Interplate Earthquake)

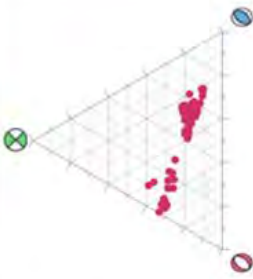
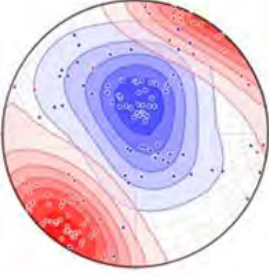
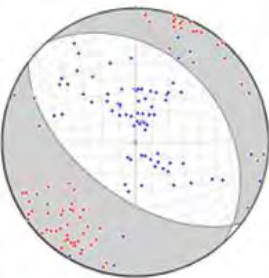
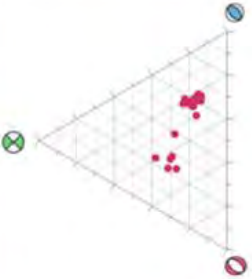
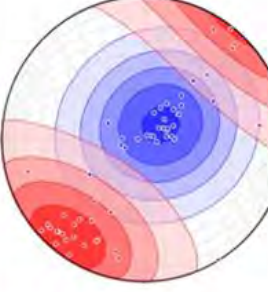
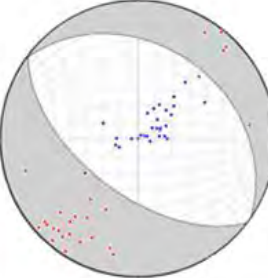
จากการวิเคราะห์ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวทางสถิติโดยใช้แผนภูมิกลีบกุหลาบพบว่า ข้อมูลชุดที่ 2 เหมาะสำหรับนำมาวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหว โดยจะใช้ค่าข้อมูล rake 2 ในการวิเคราะห์และแบ่งขอบเขตสภาพการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อน ร่วมกับลักษณะสภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐาน สามารถแบ่งอนุภูมิภาค (sub-regions) ได้เป็น 5 อนุภูมิภาค (รูป 4.1) อนุภูมิภาค A1 หรือ ร่องลึกก้นสมุทรไพเรเนอเกอร์ จากการวิเคราะห์แผนภูมิเทอร์นารี, แกน P-T จากระนาบรอยเลื่อน พบว่าเป็น รอยเลื่อนย้อน อนุภูมิภาค A2 หรือ กลุ่มชุดรอยเลื่อนอัลไพน์และมาร์ลโบโรห์ จากการวิเคราะห์ผลข้อมูลข้างต้นพบว่าเป็น รอยเลื่อนตามแนวระดับ อนุภูมิภาค A3 หรือ ร่องลึกก้นสมุทรฮิคุระจิ จากการวิเคราะห์ผลข้อมูลข้างต้นพบว่าเป็น รอยเลื่อนย้อน อนุภูมิภาค A4 หรือ ร่องอาฟร์ และอนุภูมิภาค A5 หรือ ร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค จากการวิเคราะห์ผลข้อมูลข้างต้นพบว่าเป็นรอยเลื่อนปกติ แต่มีค่า rake2 ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยอนุภูมิภาค A4 มีค่าดังกล่าวมากกว่า อนุภูมิภาค A5 ดังแสดงในรูป 4.2



รูป 4.1. อนุภูมิภาคจากการวิเคราะห์ค่า rake ร่วมกับสภาพพื้นที่ทางธรณีวิทยาในส่วนของ interplate earthquake

Sub-region	Ternary Diagram	Contoured P-T Map	Focal Mechanism	Fault Plane Solution			
				Fault	Strike	Dip	Rake
A1. Puysegur trench zone				1 2 Reverse	192.8 32.3	44.2 47.5	75.8 103.4
A2. Alpine fault zone				1 2 Strike slip right	244.5 342.2	66.9 72.7	161.1 24.3
A3. Marlborough fault zone				1 2 Normal	44.9 52.3	40.5 29.7	86.5 96.1

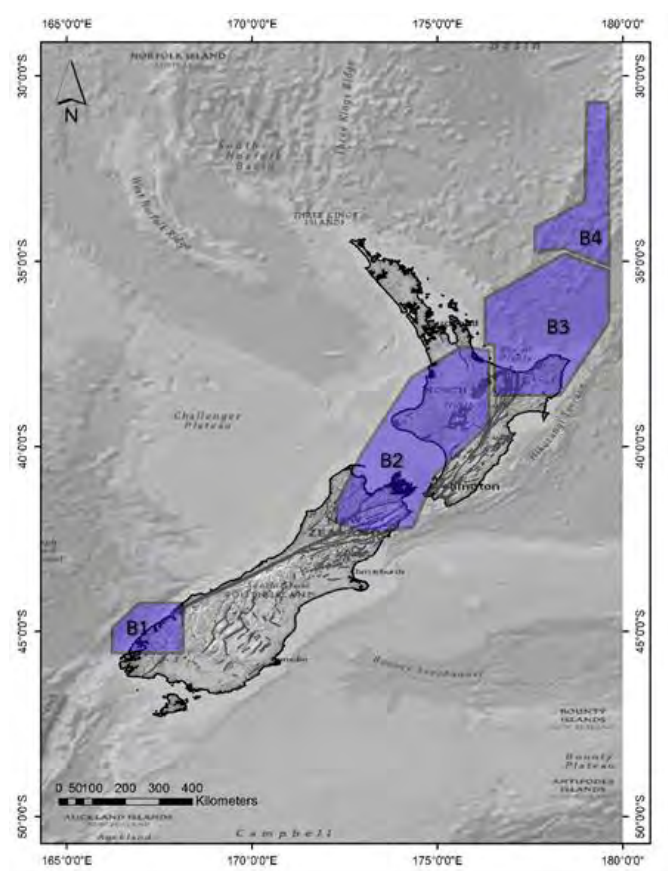
รูป 4-2. แผนภูมิเทอร์นารี, แผนที่เส้นชั้นความสูง P-T และ beachball แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ interplate earthquake หมายถึง P-axis แทนด้วยสีฟ้า และ T-axis แทนด้วยสีแดง

Sub-region	Ternary Diagram	Contoured P-T Map	Focal Mechanism	Fault Plane Solution			
				Fault	Strike	Dip	Rake
A4. Hikurangi trench zone				1	48.0	33.3	-80.6
				2	216.8	57.2	83.9
A5. Havre trough zone				1	34.8	32.6	-92.1
				2	217.2	57.4	91.3

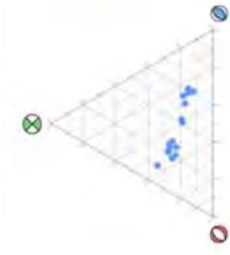
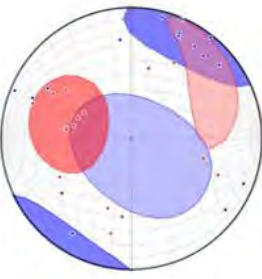
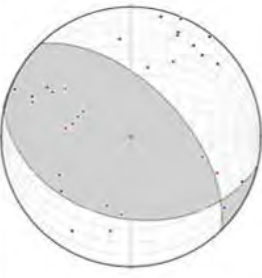
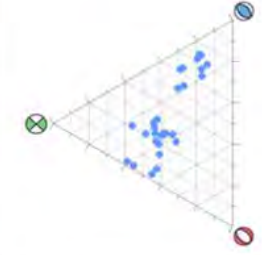
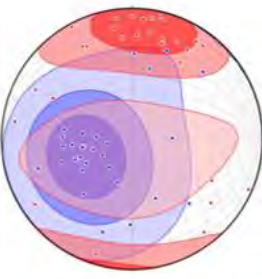
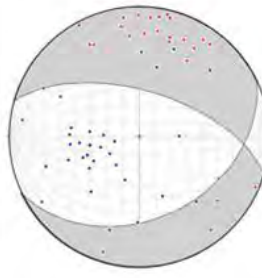
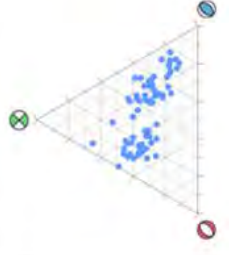
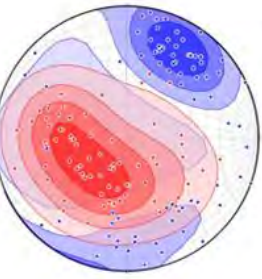
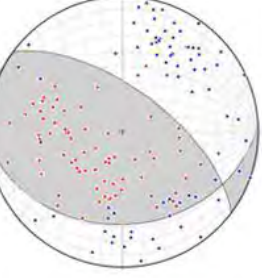
รูป 4.2. (ต่อ) แผนภูมิเทอร์นารี, แผนที่เส้นชั้นความสูง P-T และ beachball แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ interplate earthquake หมายถึง P-axis แทนด้วยสีฟ้า และ T-axis แทนด้วยสีแดง

4.2. กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ intraslab earthquake (Focal Mechanism in Intraslab Earthquake)

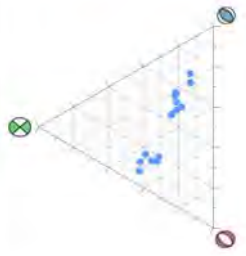
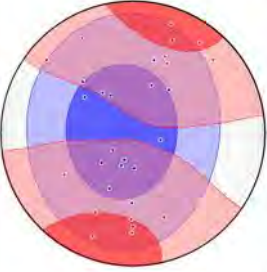
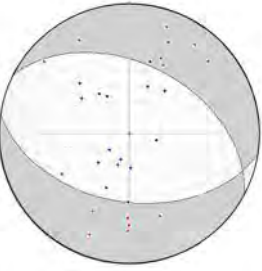
จากการวิเคราะห์ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวทางสถิติโดยใช้แผนภูมิกลีบกุหลาบพบว่า ข้อมูลชุดที่ 2 เหมาะสำหรันำมาวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ intraslab earthquake เช่นกัน โดยจะใช้ค่าข้อมูล rake 2 ในการวิเคราะห์และแบ่งขอบเขตสภาพการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อน ร่วมกับลักษณะสภาพแวดล้อมธรณีแปรสัณฐาน สามารถแบ่งอนุภูมิภาค ได้เป็น 4 อนุภูมิภาค (รูป 4.3) อนุภูมิภาค B1 หรือ ร่องลึกก้นสมุทรไพเรเชอเกอร์ จากการวิเคราะห์แผนภูมิเทอร์นารี, แกน P-T จาก ระนาบรอยเลื่อน พบว่าเป็น รอยเลื่อนย้อน อนุภูมิภาค B2 หรือ รอยเลื่อนมาร์ลโบโรห์ จากการ วิเคราะห์ผลข้อมูลข้างต้นพบว่าเป็น รอยเลื่อนปกติ อนุภูมิภาค B3 หรือ ร่องอาฟร์ จากการวิเคราะห์ผล ข้อมูลข้างต้นพบว่าเป็น รอยเลื่อนย้อน และอนุภูมิภาค B4 หรือ ร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค จากการ วิเคราะห์ผลข้อมูลข้างต้นพบว่าเป็น รอยเลื่อนปกติดังแสดงในรูป 4.4



รูป 4.3. อนุภูมิภาคจากการวิเคราะห์ค่า rake ร่วมกับสภาพพื้นที่ทางธรณีวิทยาในส่วนของ intraslab earthquake

Sub-region	Ternary Diagram	Contoured P-T Map	Focal Mechanism	Fault Plane Solution			
				Fault	Strike	Dip	Rake
B1. Puysegur trench zone				1 2 Reverse	192.6 46.1	37.5 57.4	62.4 109.6
B2. Marlborough fault zone				1 2 Normal	154.7 16.1	37.1 60.5	-125.2 113.5
B3. Havre trough zone				1 2 Reverse	177.3 36.5	32.5 63.7	55.6 109.8

รูป 4.4. แผนภูมิเทอร์นารี, แผนที่เส้นชั้นความสูง P-T และ beachball แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ intraslab earthquake หมายถึง P-axis แทนด้วยสีฟ้า และ T-axis แทนด้วยสีแดง

Sub-region	Ternary Diagram	Contoured P-T Map	Focal Mechanism	Fault Plane Solution			
				Fault	Strike	Dip	Rake
B4. Kermadec arc zone				1	27.1	44.8	-77.2
				2	189.4	46.6	77.6
				Normal			

รูป 4.4. (ต่อ) แผนภูมิเทอร์นารี, แผนที่เส้นชั้นความสูง P-T และ beachball แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวในส่วนของ intraslab earthquake หมายถึง P-axis แทนด้วยสีฟ้า และ T-axis แทนด้วยสีแดง

บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล

(DISCUSSION AND CONCLUSION)

5.1. Interplate earthquake

5.1.2. ธรณีแปรสัณฐานในส่วนของ Interplate earthquake (Tectonic Setting in Interplate Earthquake)

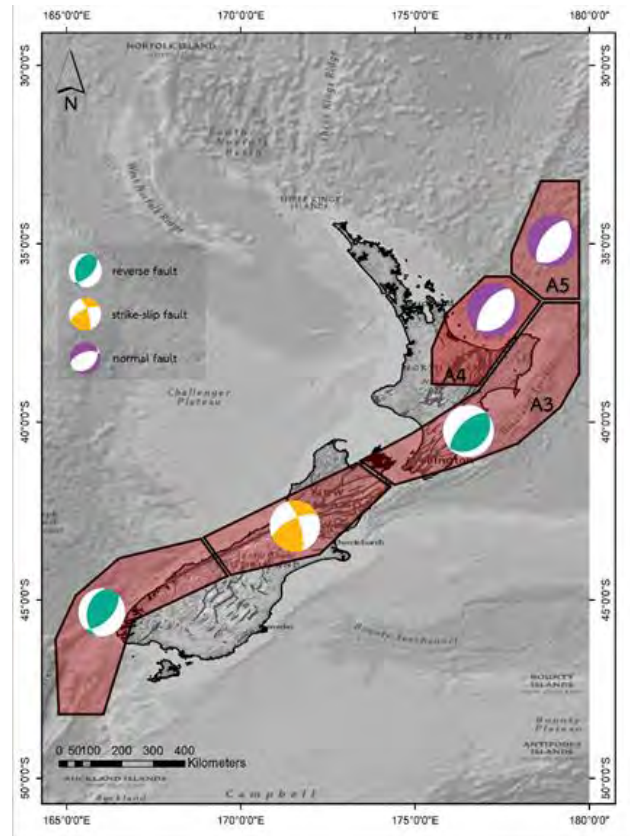
Interplate earthquake เป็นแผ่นดินไหวที่เกิดที่ระดับความลึก 0-50 กิโลเมตร โดยในพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้สามารถแบ่งอนุภูมิภาค (แบ่งตามการกระจายตัวของข้อมูล rake ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงสถิติ) ได้เป็น 5 อนุภูมิภาคดังแสดงในตาราง 5.1

ตาราง 5.1. อนุภูมิภาคและค่าระนาบรอยเลื่อนที่ได้จากการลงจุด (plane) โดยโปรแกรม FaultKin7 ในส่วนของ interplate earthquake

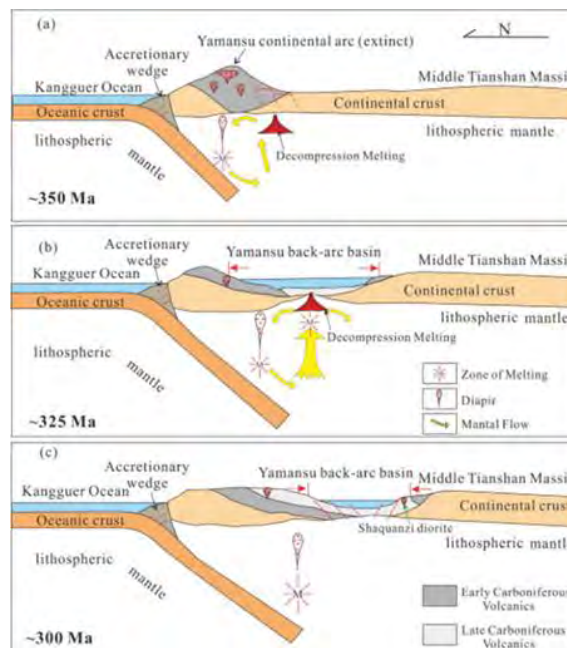
อนุภูมิภาค	Strike	Dip	Rake
A1: ร่องลึกก้นสมุทรรเคอร์มาเดค	192.8	44.2	75.8
A2: กลุ่มชุดรอยเลื่อนอัลไพน์และมาร์ลโบโรห์	244.5	66.9	161.1
A3: ร่องลึกก้นสมุทรฮิคุระจิ	225.3	40.5	86.5
A4: ร่องอาฟร์	48.0	33.3	-80.6
A5: ร่องลึกก้นสมุทรรเคอร์มาเดค	34.8	32.6	-92.1

โดยจากอนุภูมิภาค (รูป 5.1) เมื่อนำค่า rake ในแต่ละอนุภูมิภาคมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลพบว่า อนุภูมิภาค A1: ร่องลึกก้นสมุทรรเคอร์มาเดค วิเคราะห์ค่าได้เป็นรอยเลื่อนย้อน เนื่องจากในบริเวณนี้เป็นแนวเขตมุดตัวของเกาะใต้ประเทศนิวซีแลนด์ (Philip, 2014) อนุภูมิภาค A2: กลุ่มชุดรอยเลื่อนอัลไพน์และมาร์ลโบโรห์ วิเคราะห์ค่าได้เป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับ อันเนื่องมาจากกลไกการชนกันของแผ่นเปลือกโลกในบริเวณรอยเลื่อนอัลไพน์ (Ristau, 2008) และในส่วนของอนุภูมิภาค A3: ร่องลึกก้นสมุทรฮิคุระจิ อนุภูมิภาค A4: ร่องอาฟร์ และ อนุภูมิภาค A5: ร่องลึกก้นสมุทรรเคอร์มาเดค ซึ่งวิเคราะห์ค่าได้เป็น รอยเลื่อนย้อน และ รอยเลื่อนปกติ ตามลำดับ ซึ่งสามารถอภิปรายได้ว่าในบริเวณเขตมุดตัว หากแผ่นเปลือกโลกมีการชนกันแล้ว เกิดเป็นรอยเลื่อนย้อน จะมีแอ่งสะสมตะกอนหรือ

โครงสร้างแอ่งที่เป็นรูปโค้ง (back arc basin) เกิดขึ้น โดยในบริเวณแอ่งโค้งด้านหลังนี้มักจะมีรอยเลื่อนปกติเกิดขึ้น (Jiang, 2017) ดังแสดงในรูป 5.2



รูป 5.1. แผนที่แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละอนุภูมิภาค ในส่วนของ interplate earthquake



รูป 5.2. แบบจำลองการเกิดแอ่งโค้งด้านหลัง (back arc basin) (Jiang, 2017)

5.1.2. พื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ (Susceptible Tsunami Source)

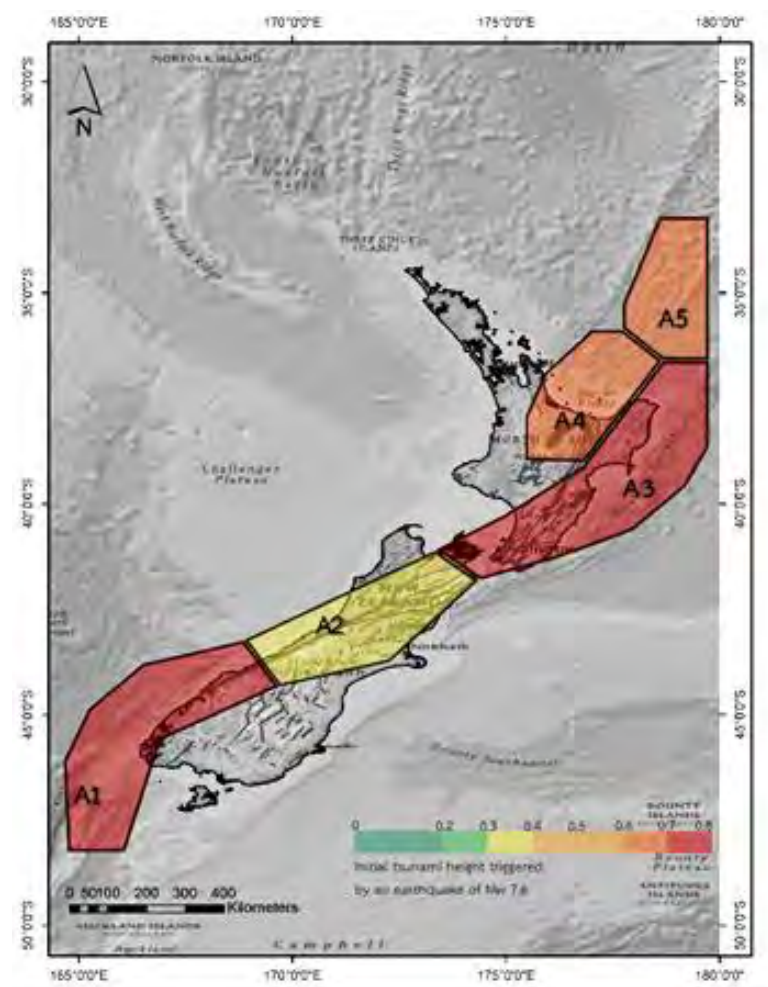
ในส่วนของคุณสมบัติ interplate earthquake รูป 5.1 (แผนที่แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละอนุภูมิภาค ในส่วนของ interplate earthquake) สามารถนำมาวิเคราะห์ในส่วนของคุณสมบัติที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ หากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 7.6 M_w ได้ (ดังแสดงในตาราง 5.2) โดยในอนุภูมิภาค A1: ร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค และ อนุภูมิภาค A3: ร่องลึกก้นสมุทรฮิคุระงิเป็นอนุภูมิภาคที่เป็นพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิมากที่สุด หากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว เนื่องจากมีค่า การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (vertical displacement) มากที่สุด (ดังแสดงในสมการ 1) อีกทั้งข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหว บ่งชี้ว่าข้อมูลที่ได้มีลักษณะที่เป็น dip slip component อนุภูมิภาค A4: ร่องอาฟร์ และอนุภูมิภาค A5: ร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค เป็นอนุภูมิภาคที่เป็นพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิรองมาจากอนุภูมิภาค A1 และ A3 เนื่องจากมีค่าการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง ที่น้อยกว่าอนุภูมิภาคดังกล่าว และ อนุภูมิภาค A2 กลุ่มชุกรอยเลื่อนอัลไพน์และมาร์ลโบโรห์ เป็นอนุภูมิภาคที่เป็นพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิน้อยที่สุด ถึงแม้ว่าอนุภูมิภาคดังกล่าว จะมีค่า dip angle มาก แต่จากข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหววิเคราะห์ข้อมูลในส่วนของคุณสมบัตินี้ได้เป็น strike slip component ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ไม่ทำให้เป็นพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิหากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 7.6 M_w โดยแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ แสดงดังรูป 5.3 (ดูสมการ 1)

$$V_s = \text{ความรุนแรงในการเกิดแผ่นดินไหว} \times \sin(\text{rake}) \times \sin(\text{dip angle}) \quad \text{สมการ (1)}$$

ตาราง 5.2. ค่าการวิเคราะห์อนุภูมิภาคในส่วนของ interplate earthquake เพื่อคำนวณพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ หากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 7.6 M_w

อนุภูมิภาค	ชนิดรอยเลื่อน	Rake (λ)	Dip angle (δ)	การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (VS: m)
A1: ร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค	รอยเลื่อนย้อน	75.8	44.2	0.76
A2: กลุ่มชุกรอยเลื่อนอัลไพน์และมาร์ลโบโรห์	รอยเลื่อนตามแนวระดับ	161.1	66.9	0.34

อนุภูมิภาค	ชนิดรอย เลื่อน	Rake (λ)	Dip angle (δ)	การเคลื่อนตัวในแนวตั้ง (VS: m)
A3: ร่องลึกก้นสมุทรฮิคุระงิ	รอยเลื่อน ย้อน	86.5	40.5	0.73
A4: ร่องอาฟร์	รอยเลื่อน ปกติ	-80.6	33.3	-0.61
A5: ร่องลึกก้นสมุทรเคอร์ มาเดค	รอยเลื่อน ปกติ	-92.1	32.6	-0.61



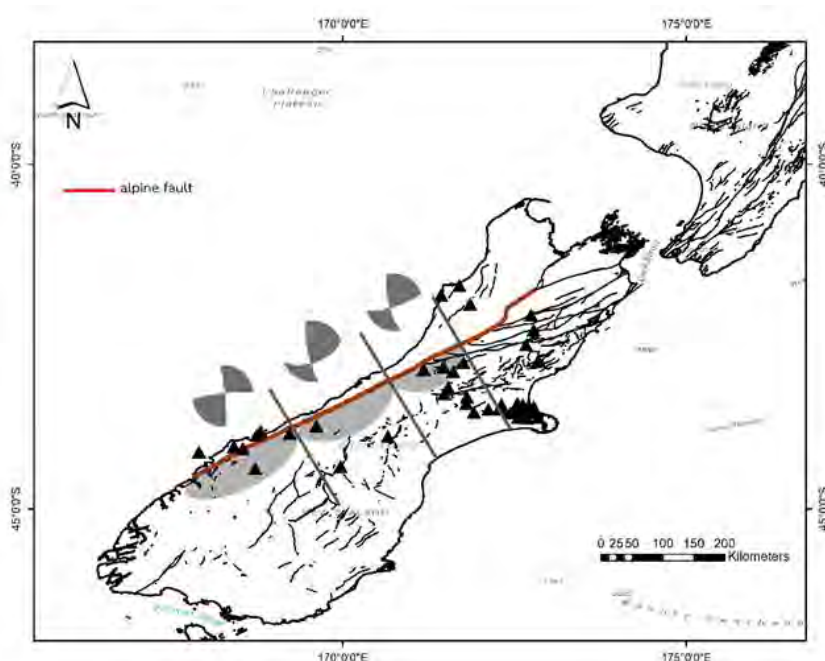
รูป 5.3. แผนที่แสดงพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ

5.1.1. การแบ่งขอบเขตพื้นที่ตามแนวรอยเลื่อนอัลไพน์ (Zonation of Alpine fault)

ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวสามารถที่จะวิเคราะห์ในส่วนของการเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว ความเค้น ตามแนวรอยเลื่อนจะมีการเอียงเทอย่างไร โดยสามารถที่จะนำไปคำนวณในเรื่องของ coulomb stress เพื่อดูว่าบริเวณใดมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวตาม หากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขึ้น (Nabelek, 2001) ซึ่งจากการแบ่งพื้นที่ตามแนวรอยเลื่อนอัลไพน์ สามารถแบ่งได้ 3 บริเวณ คือด้าน ตะวันตกเฉียงใต้ (โซน 1) บริเวณตอนกลาง (โซน 2) และด้านตะวันออกเฉียงเหนือ (โซน 3) ของรอยเลื่อนอัลไพน์ (Nabelek, 2001) (รูป 5.4) โดยจะทำให้มีค่า rake ที่เฉพาะตัวมากยิ่งขึ้น คือมีค่าอยู่ที่ 175.0 166.1 และ 164.4 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 5.3

ตาราง 5.3. ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวเฉพาะบริเวณรอยเลื่อนอัลไพน์

โซนของรอยเลื่อนอัลไพน์	Strike	Dip	Rake
โซน 1	71.6	83.2	175.0
โซน 2	70.8	58.5	166.1
โซน 3	72.8	77.9	164.4



รูป 5.4. แผนที่แสดงข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวเฉพาะในบริเวณรอยเลื่อนอัลไพน์

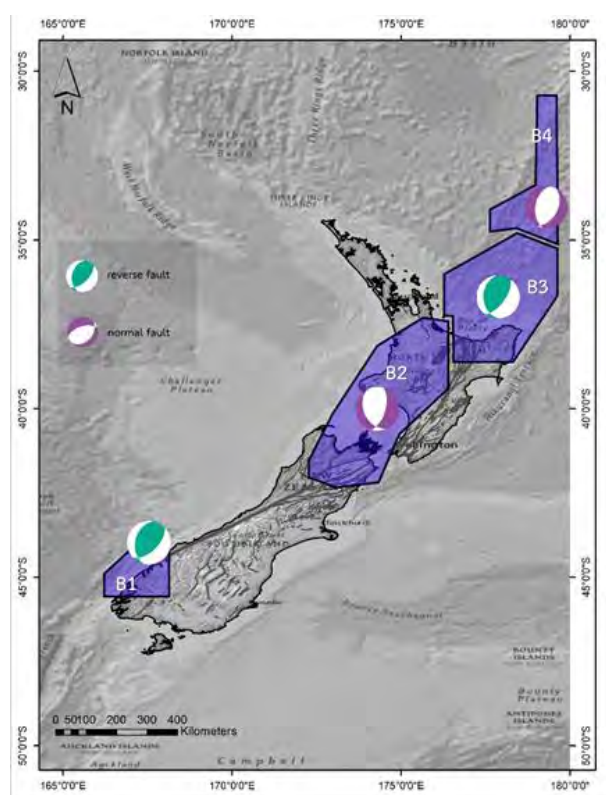
5.2. Intraslab earthquake

5.2.1. ธรณีแปรสัณฐานในส่วนของ Intraslab earthquake (Tectonic Setting in Intraslab Earthquake)

Intraslab earthquake เป็นแผ่นดินไหวที่เกิดที่ระดับความลึก 50 กิโลเมตร ลงไป โดยในพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้สามารถแบ่งอนุภูมิภาค (รูป 5.5) (แบ่งตามการกระจายตัวของข้อมูล rake ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงสถิติ) ได้เป็น 4 อนุภูมิภาคดังแสดงในตาราง 5.4

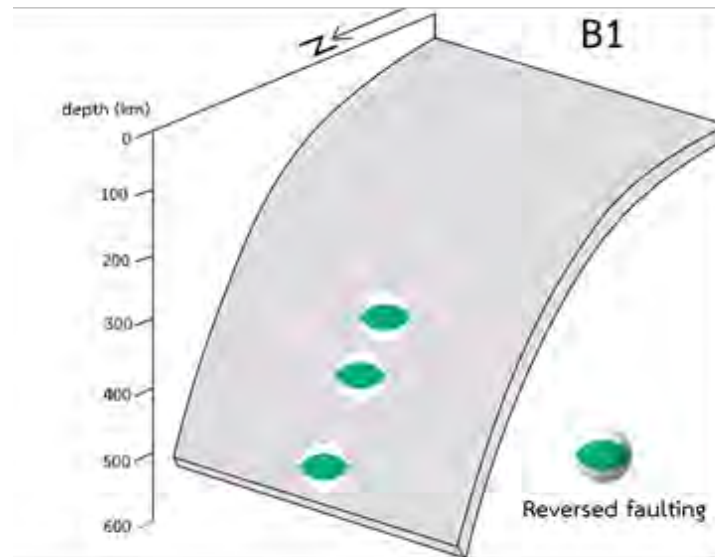
ตาราง 5.4. อนุภูมิภาคและค่าระนาบรอยเลื่อนที่ได้จากการลงจุด (plane) โดยโปรแกรม FaultKin7 ในส่วนของ intraslab earthquake

อนุภูมิภาค	Strike	Dip	Rake
B1: Puysegur Trench zone	192.6	37.5	62.4
B2: Marlborough Fault zone	154.7	37.1	-125.2
B3: Havre Trough zone	177.3	32.5	55.6
B4: Kermadec Trench zone	27.1	44.8	-77.2



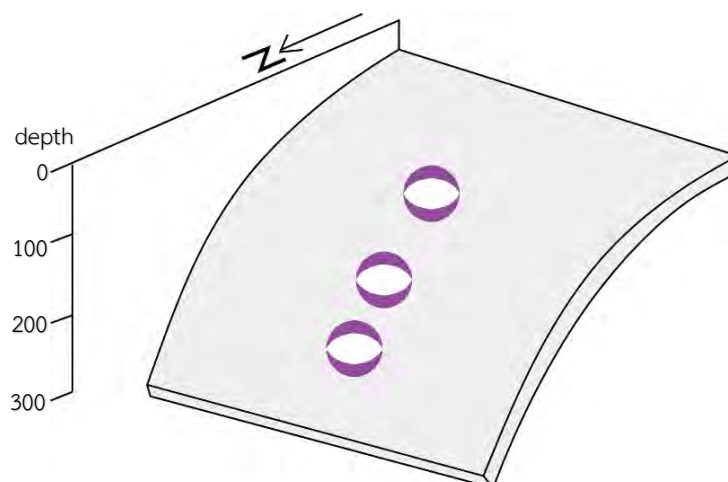
รูป 5.5. แผนที่แสดงกลไกการเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละอนุภูมิภาค ในส่วนของ intraslab earthquake

โดยจากอนุภูมิภาค เมื่อนำค่า rake ในแต่ละอนุภูมิภาคมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ผลพบว่า อนุภูมิภาค A1: ร่องลึกก้นสมุทรไพเรเซอเกอร์ วิเคราะห์ค่าได้เป็นรอยเลื่อนย้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มุดลงไป (slab) ในบริเวณนี้ไปชนกับอะไรที่หนาแน่น ทำให้เกิดแรงบีบอัด (Stern, 2017) ดังในแสดงในรูป 5.6



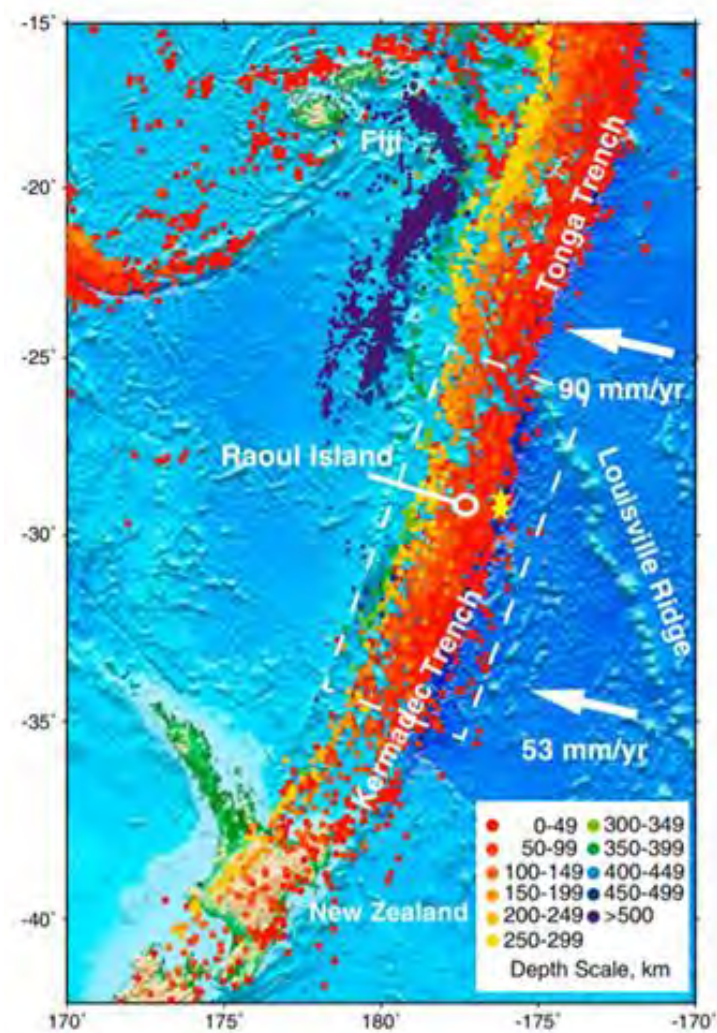
รูป 5.6. แบบจำลองส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไป บริเวณร่องลึกก้นสมุทรไพเรเซอเกอร์

อนุภูมิภาค A2: รอยเลื่อนมาร์ลโบโรห์ วิเคราะห์ค่าได้เป็นรอยเลื่อนปกติซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มุดลงไป ในบริเวณนี้กำลังถูกดึงลงไป โดยกระแสพาความร้อน (convection current) ดังในแสดงในรูป 5.7

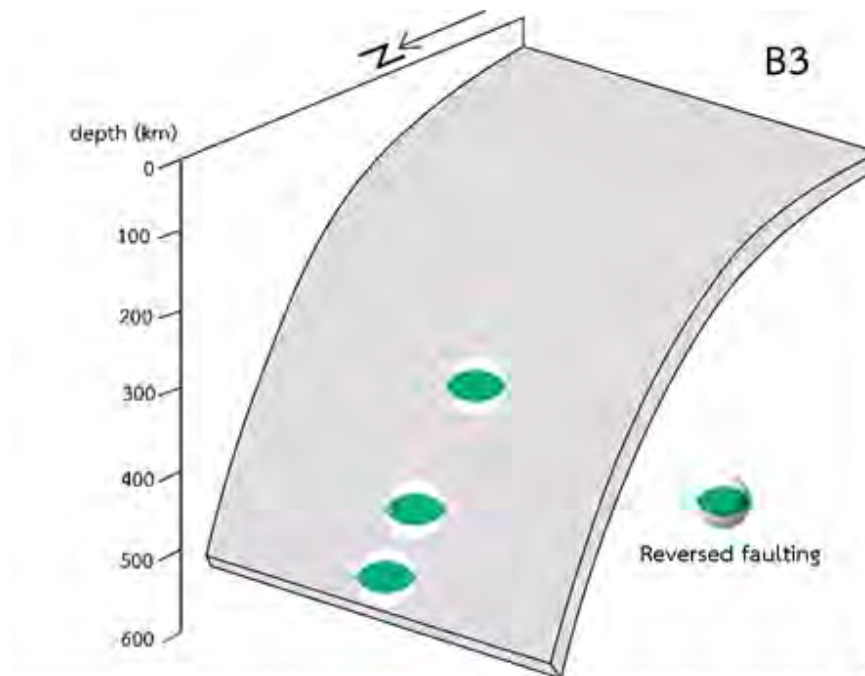


รูป 5.7. แบบจำลองส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไป บริเวณรอยเลื่อนมาร์ลโบโรห์

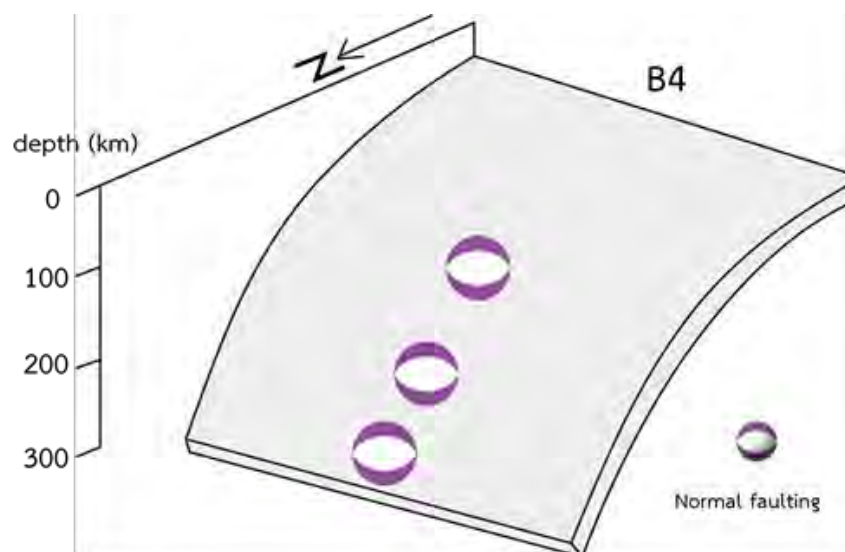
อนุภูมิภาค A3: ร่องอาฟร์และ อนุภูมิภาค A4: ร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค ใน 2 อนุภูมิภาคนี้ วิเคราะห์ค่าได้เป็นรอยเลื่อนย้อนและรอยเลื่อนปกติซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มุดลงไป ในบริเวณนี้มีลักษณะเป็น complex slab (Erin, 2011) (ดังแสดงในรูป 5.8) คือพบทั้งในส่วนของแผ่น เปลือกโลกถูกดึง และถูกแรงบีบอัด ดังในแสดงในรูป 5.9 และ 5.10 ตามลำดับ



รูป 5.8. แผนที่แสดงบริเวณ ร่องอาฟร์ และร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค ที่มีลักษณะเป็น complex slab



รูป 5.9. แบบจำลองส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไป บริเวณร่องอาฟร์



รูป 5.10. แบบจำลองส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไป บริเวณร่องลึกก้นสมุทรเคอร์มาเดค

5.3. สรุปผล (Conclusion)

1) ในส่วนของ interplate earthquake ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวสามารถวิเคราะห์ถึงพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิ โดยหากเกิดแผ่นดินไหวขนาด $7.6 M_w$ ร่องลึกก้นสมุทรไพโรเซอเกอร์ และร่องลึกก้นสมุทรอิคุระจิ เป็นพื้นที่อ่อนไหวต่อการเป็นแหล่งกำเนิดสึนามิมากที่สุด และบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของรอยเลื่อนอัลไพน์ เป็นบริเวณที่มีค่า rake มากที่สุด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการไปวิเคราะห์ในส่วนของ coulomb stress เพื่อหาอัตราการเกิดแผ่นดินไหวตาม หากเกิดแผ่นดินไหวในบริเวณนี้

2) ในส่วนของ intraslab earthquake ข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวสามารถวิเคราะห์ถึงลักษณะกลไกของแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มุดลงไป โดยพบว่า ในประเทศนิวซีแลนด์พบทั้งแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มุดลงไปที่มีความลึก 50-300 กิโลเมตร จะมีลักษณะถูกดึงลง และแผ่นเปลือกโลกในส่วนที่มุดลงไปที่มีความลึก มากกว่า 300 กิโลเมตร จะมีลักษณะถูกบีบอัด

5.4. ข้อเสนอแนะ (Recommendation)

1) เนื่องจากโครงการนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลฐานกลไกการเกิดแผ่นดินไหวตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2563 ที่ผ่านมา ดังนั้นข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวอาจมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย หากเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวในประเทศนิวซีแลนด์ในช่วงเวลาดังกล่าวถึงปัจจุบัน ดังนั้นการวิเคราะห์และรวบรวมฐานข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวควรทำให้มีความเป็นปัจจุบันมากที่สุด

2) ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของแนวรอยเลื่อนแผ่นดินไหวบริเวณเกาะเหนือ ซึ่งมีความต่อเนื่องกับรอยเลื่อนอัลไพน์ เพื่อวิเคราะห์กลไกการเกิดแผ่นดินไหวในบริเวณดังกล่าว

บรรณานุกรม

- กรมอุตุนิยมวิทยา. แผ่นดินไหวนิวซีแลนด์ [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา: www.earthquake.tmd.go.th
- สันติ ภัยหลบลี้. แผ่นดินไหววิทยาเชิงสถิติ (statistical seismology) [ออนไลน์]. 2563. แหล่งที่มา: www.mitrearth.org
- Department of geology, University of Otago. Alpine Fault, NewZealand [online]. 2016. Available from: www.otago.ac.nz
- Geist, E.L. 1998. Local tsunamis and earthquake source parameters. *Adv. Geophys.* 39: 117-209.
- Isacks, B., and Molnar, P. 1971. Distribution of stresses in the descending lithosphere from a global survey of focal-mechanism solutions of mantle earthquakes. *Rev. Geophys.* 9(1): 103-174.
- Khattri, K. 1973. Earthquake focal mechanism studies – A review. *Earth Sci. Rev.* 9(1): 19-63.
- Nicol, A., Bannister, S. Preliminary Geometry, Displacement, and Kinematics of Fault Ruptures in the Epicentral Region of the 2016 Mw 7.8 Kaikoura, New Zealand, Earthquake__[online]. 2018. Available from: www.SouthernFaultsBSSA-2017329April2018.pdf
- Ristau, J. Implementation of Routine Regional Moment Tensor Analysis in NewZealand [online]. 2008. Available from: publication/250075212_Implementation_of_Routine_Regional_Moment_Tensor_Analysis_in_New_Zealand
- Ruiz-Constán, A., Galindo-Zaldívar, J., Pedrera, A., Célérier, B., Marín-Lechado, C. Stress distribution at the transition from subduction to continental collision (northwestern and central Betic Cordillera) [online]. 2011. Available from: www.agupubs.wiley.com
- Stein, S., and Wysession, M. 2003. Earthquake. In *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. pp. 215-251. Malden, MA: Blackwell Publishing
- U.S. Geological Survey. Focal Mechanisms. [online]. 1996. Available from: www.earthquake.usgs.gov/learn/topics/beachball.php