

คุณลักษณะคลื่นสั้นสะเทือนของแผ่นดินไหวระยะไกลในประเทศไทย



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SEISMIC CHARACTERISTIC OF FAR FIELD EARTHQUAKES IN THAILAND

Mr. Apinun Tungsrivong



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

คุณลักษณะคลื่นสั้นสะท้อนของแผ่นดินไหวระยะไกลใน
ประเทศไทย

โดย

นายอภิรักษ์ ตั้งเสริมวงศ์

สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญชัย อุกฤษฏ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สยาม ยิ้มศิริ)

อภิธานศัพท์ ตั้งเสริมวงศ์ : คุณลักษณะคลื่นสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวระยะไกลในประเทศไทย (SEISMIC CHARACTERISTIC OF FAR FIELD EARTHQUAKES IN THAILAND) อ.ที่
 ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 97 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration : PGA) และประเมินการลดทอนค่าการสั่นสะเทือน โดยใช้ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่ตรวจวัดได้จากระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวสถานีหลักทั้งหมด 40 แห่ง แบ่งเป็น สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบที่หนึ่ง 15 แห่ง สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบที่สอง 25 แห่ง และ สถานีตรวจวัดอัตราเร่งของพื้นดิน 25 แห่ง โดยในช่วงปีพ.ศ.2549-2551 มีเหตุการณ์ที่สามารถตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด 72 ครั้ง และ ในช่วงปีพ.ศ.2551-2555 ทั้งหมด 122 ครั้ง โดยสถานีเฟสหนึ่ง สามารถตรวจวัดได้ทั้งหมด 91 ครั้ง และสถานีเฟสสองสามารถตรวจวัดได้ทั้งหมด 94 ครั้ง มีจุดศูนย์กลางส่วนมากอยู่ในฝั่งอันดามัน ได้แก่ บริเวณเกาะนิโคบา ทางเหนือของเกาะสุมาตรา ประเทศพม่า แนวรอยต่อระหว่างประเทศพม่าและจีน นอกจากนี้ยังมีบางเหตุการณ์มีจุดศูนย์กลางอยู่ในทะเลจีนใต้ ประเทศลาว ประเทศไทย ประเทศบังคลาเทศ ซึ่งตรวจพบน้อยมากในข้อมูลการตรวจวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2557

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5570448921 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: อัตราเร่งพื้นดินสูงสุด, แผ่นดินไหวระยะไกล, การแจกแจง แบบปกติ, คลื่นแผ่นดินไหว
/ PEAK GROUND ACCELERATION, FAR-FIELD EARTHQUAKE, NORMAL DISTRIBUTION, 97
WAVES

APINUN TUNGSRIMVONG: SEISMIC CHARACTERISTIC OF FAR FIELD
EARTHQUAKES IN THAILAND. ADVISOR: ASSOC. PROF. SUPOT
TEACHAVORASINSKUN, Ph.D., pp.

This study objective aim to analyze the peak ground acceleration value and attenuation by using the peak ground acceleration value which measured by forty main stations, include fifteen of Phase one stations and twenty-five of Phase two stations. During the year 2006-2008, the Thai Meteorological Department's stations detected seventy-two earthquakes and the year 2008-2012 they detected one-hundred and twenty-two earthquakes, ninety-one and ninety-four earthquakes was detected by Phase one and Phase two stations respectively. The most of them have the epicenter in the Andaman Sea such as Nicobar Island and The North of Sumatra Island, Burma, The border of Burma and China. Few earthquakes was detected in South China Sea, Laos Republic, Thailand and Bangladesh.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Civil Engineering

Student's Signature

Field of Study: Civil Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการเสนอแนะแนวทางในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี ผู้ให้ข้อมูลที่ใช้ในการทำวิจัย และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. บุญชัย อุกฤษฏชน รองศาสตราจารย์ ดร. สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สยาม ยิ้มศิริ ในฐานะกรรมการสอบที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	3
บทที่ 2.....	3
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 คลื่นแผ่นดินไหว.....	3
รูปที่ 2.1.1 แสดงการแพร่กระจาย(propagation)ของคลื่นหลัก(สีน้ำเงิน)และคลื่นผิว(สีแดง) เมื่อเกิดแผ่นดินไหวขึ้น.....	4
รูปที่ 2.1.2 รูปภาพแสดงลักษณะของp-wave (ด้านบน) และ s-wave (ด้านล่าง).....	5
รูปที่ 2.1.3 แสดงลักษณะของ Love wave (ด้านบน) และ Rayleigh wave (ด้านล่าง).....	6
2.2 โครงสร้างภายในของโลก.....	6
รูปที่ 2.2.1 แสดงโครงสร้างภายในของโลก.....	6
2.3 รอยเลื่อน.....	7
รูปที่ 2.3.1 แสดงกลุ่มรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี 2555).....	8
รูปที่ 2.3.2 แสดงลักษณะแผ่นเปลือกโลก.....	12

รูปที่ 2.3.3 ภาพแสดงจุดเกิดแผ่นดินไหว (Robert McCaffrey 2008).....	13
รูปที่ 2.3.4 ภาพเปรียบเทียบจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวช่วง มกราคม 2516 – ธันวาคม 2547 และ ธันวาคม 2547- กรกฎาคม 2547 (Robert McCaffrey 2008).....	14
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
บทที่ 3.....	16
วิธีดำเนินการวิจัย.....	16
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	16
3.2 สมมุติฐาน.....	17
3.3 ข้อมูล.....	17
รูปที่ 3.3.1 ข้อมูลที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา.....	18
รูปที่ 3.3.2 แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดหลักทั้ง 40 สถานี.....	21
3.4 การจำแนก คัดกรองข้อมูล.....	21
3.5 การวิเคราะห์และการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	22
บทที่ 4.....	23
ผลการดำเนินงาน.....	23
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์.....	23
รูปที่ 4.1.1 แสดงตัวอย่าง Scatter Plot กรณีที่ไม่มีการแยกชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัดและไม่มี การแยกแกนทิศทางการเคลื่อนตัว.....	26
รูปที่ 4.1.2 แสดงตัวอย่าง Scatter Plot กรณีที่ไม่มีการแยกชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัด แต่มี การแยกแกนทิศทางการเคลื่อนตัวโดยใช้แกนทิศทางการเคลื่อนตัวตะวันออก-ตะวันตก.....	26
รูปที่ 4.1.3 แสดงตัวอย่าง Scatter Plot กรณีที่มีการแยกชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัด โดย อุปกรณ์ตรวจวัดชนิด ACC 23 PA และแยกแกนทิศทางการเคลื่อนตัวโดยใช้แกนทิศ ทางการเคลื่อนตัวตะวันออก-ตะวันตก.....	27
4.2 การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Scatter Plot.....	27

รูปที่ 4.2.1 ค่ากราฟที่plotได้จากสถานีชนิด TSA 100 แกนตะวันออก-ตะวันตก.....	28
รูปที่ 4.2.2 ค่ากราฟที่plotได้จากสถานีชนิด TSA 100 แกนเหนือ-ใต้.....	29
รูปที่ 4.2.3 ค่ากราฟที่plotได้จากสถานีชนิด ACC 23 PA แกนตะวันออก-ตะวันตก.....	29
รูปที่ 4.2.4 ค่ากราฟที่plotได้จากสถานีชนิด ACC 23 PA แกนเหนือ-ใต้	30
4.3 การจำแนกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว วิเคราะห์ข้อมูล Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram.....	30
รูปที่ 4.3.1 จำนวนแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากสถานีชนิด TSA 100	31
รูปที่ 4.3.2 จำนวนแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากสถานีชนิด ACC 23 PA.....	32
รูปที่ 4.3.3 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม เชื้อนรัชประชา จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....	33
รูปที่ 4.3.4 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม เชื้อนรัชประชา จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....	34
รูปที่ 4.3.5 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม จังหวัดตรัง	34
รูปที่ 4.3.6 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม จังหวัดตรัง	35
4.4 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัด วิเคราะห์ข้อมูล Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram.....	35
รูปที่ 4.4.1 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	36
รูปที่ 4.4.2 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	37
รูปที่ 4.4.3 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	38
รูปที่ 4.4.4 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	39
รูปที่ 4.4.5 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	40

รูปที่ 4.4.6 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	41
ตารางที่ 4.4.2 สรุปจำนวนแผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	42
รูปที่ 4.4.7 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	43
รูปที่ 4.4.8 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจชนิด ACC 23 PA	44
รูปที่ 4.4.9 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	45
รูปที่ 4.4.10 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	46
รูปที่ 4.4.11 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	47
รูปที่ 4.4.12 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	48
รูปที่ 4.4.13 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	50
รูปที่ 4.4.14 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	50
รูปที่ 4.4.15 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	51
รูปที่ 4.4.16 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดTSA 100.....	52
รูปที่ 4.4.17 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	53

รูปที่ 4.4.18 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	54
รูปที่ 4.4.19 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	55
รูปที่ 4.4.20 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	56
รูปที่ 4.4.21 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	57
รูปที่ 4.4.22 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	58
รูปที่ 4.4.23 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	59
รูปที่ 4.4.24 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	60
รูปที่ 4.4.25 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัด ชนิด TSA100 และ ACC 23 PA.....	61
รูปที่ 4.4.26 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัด ชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA.....	61
รูปที่ 4.4.27 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัด ชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA.....	62
รูปที่ 4.4.28 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัด ชนิด TSA100 และ ACC 23 PA.....	63
รูปที่ 4.4.29 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัด ชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA.....	64
รูปที่ 4.4.30 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัด ชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA.....	65

รูปที่ 4.4.31 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโค บา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	65
รูปที่ 4.4.32 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโค บา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	66
รูปที่ 4.4.33 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ได้กราฟ ของแผ่นดินไหว บริเวณ เกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	66
รูปที่ 4.4.34 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ได้กราฟ ของแผ่นดินไหว บริเวณ เกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	67
รูปที่ 4.4.35 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	67
รูปที่ 4.4.36 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	68
รูปที่ 4.4.37 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100.....	68
รูปที่ 4.4.38 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA	69
รูปที่ 4.4.39 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ได้กราฟ ของแผ่นดินไหว ทะเลอัน ดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	69
รูปที่ 4.4.40 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ได้กราฟ ของแผ่นดินไหว ทะเลอัน ดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA.....	70
รูปที่ 4.4.41 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100.....	70
รูปที่ 4.4.42 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA	71
รูปที่ 4.4.43 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณประเทศพม่า สถานี ตรวจวัดชนิดTSA 100 และ ACC 23 PA.....	71

รูปที่ 4.4.44 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ใต้กราฟ ของแผ่นดินไหว บริเวณ ประเทศพม่า สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA	72
รูปที่ 4.4.45 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณประเทศพม่า สถานีตรวจวัด ชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA.....	72
บทที่ 5	73
สรุปผลการดำเนินงาน	73
5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์.....	73
5.2 การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Scatter Plot	73
5.3 การจำแนกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram	74
5.4 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัด วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram.....	74
5.5 สรุป	80
รายการอ้างอิง.....	81
รูปที่ 6.1 รูปแสดงความสัมพันธ์ของค่าและตัวแปรต่างๆของกราฟ Normal Distribution.....	89
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	97

สารบัญตาราง

บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	3
บทที่ 2	3
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 คลื่นแผ่นดินไหว	3
2.2 โครงสร้างภายในของโลก.....	6
2.3 รอยเลื่อน.....	7
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
บทที่ 3	16
วิธีดำเนินการวิจัย.....	16
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	16
3.2 สมมุติฐาน.....	17
3.3 ข้อมูล.....	17
ตารางที่ 3.3.1 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดระยะแรกที่มีการตรวจพบค่าอัตราเร่งพื้นดิน สูงสุด $\geq 0.001g$	19
ตารางที่ 3.3.2 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดระยะที่สองที่มีการตรวจพบค่าอัตราเร่งพื้นดิน สูงสุด $\geq 0.001g$	20

3.4 การจำแนก คัดกรองข้อมูล	21
3.5 การวิเคราะห์และการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	22
บทที่ 4	23
ผลการดำเนินงาน.....	23
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์.....	23
ตารางที่ 4.1.1 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของแผ่นดินไหววันที่ 14 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 เวลา 22:09:10 น.....	24
ตารางที่ 4.1.2 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของแผ่นดินไหววันที่ 6 เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 เวลา 22:15:19 น.....	24
ตารางที่ 4.1.3 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของแผ่นดินไหววันที่ 9 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 05:59:51 น.....	25
ตารางที่ 4.1.4 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของแผ่นดินไหววันที่ 11 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 12:17:49 น.....	25
4.2 การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Scatter Plot	27
4.3 การจำแนกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว วิเคราะห์ข้อมูล Normal Distribution และแผนภาพ Histogram.....	30
ตารางที่ 4.3.1 สรุปเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้โดยสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	33
4.4 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัด วิเคราะห์ข้อมูล Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram.....	35
ตารางที่ 4.4.1 สรุปจำนวนแผ่นดินไหวที่บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100.....	35
ตารางที่ 4.4.3 สรุปจำนวนแผ่นดินไหวที่บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100	49
ตารางที่ 4.4.4 สรุปจำนวนแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัด ACC 23 PA	54
บทที่ 5	73

สรุปผลการดำเนินงาน	73
5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์.....	73
5.2 การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Scatter Plot.....	73
5.3 การจำแนกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram.....	74
5.4 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัด วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram.....	74
ตารางที่ 5.4.1 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของ เหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะนิโคบา-สุมาตรา ที่มีขนาดความรุนแรงน้อยกว่า 6.5	75
ตารางที่ 5.4.2 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของ เหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะนิโคบา-สุมาตรา ที่มีขนาดความรุนแรงมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5	76
ตารางที่ 5.4.3 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของ เหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย ที่มีขนาดความรุนแรงน้อยกว่า 6.5	77
ตารางที่ 5.4.4 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของ เหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย ที่มีขนาดความรุนแรงมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5.....	78
ตารางที่ 5.4.5 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของ เหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า ที่มีขนาดความรุนแรงน้อยกว่า 6.5	79
ตารางที่ 5.4.6 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของ เหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า ที่มีขนาดความรุนแรงมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5.....	79
5.5 สรุป.....	80
ตารางที่ 6.1 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา ที่มีขนาดน้อยกว่า 6.5.....	84

ตารางที่ 6.2 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา ที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5	85
ตารางที่ 6.3 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียที่มีขนาดน้อยกว่า 6.5.....	86
ตารางที่ 6.4 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทร อินเดียที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5	87
ตารางที่ 6.5 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่าที่มีขนาดน้อย กว่า 6.5 และขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5.....	88
ตารางที่ 6.6 ตารางสรุปค่า Z-Score เปรียบเทียบ Cumulative Distribution Function (%) ของพื้นที่ใต้กราฟ) ที่ค่า Z-Score 0 – 1.409	90
ตารางที่ 6.7 ตารางสรุปค่า Z-Score เปรียบเทียบ Cumulative Distribution Function (%) ของพื้นที่ใต้กราฟ) ที่ค่า Z-Score 1.41 – 1.8075	94
ตารางที่ 6.8 ตารางสรุปค่า Z-Score เปรียบเทียบ Cumulative Distribution Function (%) ของพื้นที่ใต้กราฟ) ที่ค่า Z-Score 1.81 – 2.905.....	95
ตารางที่ 6.9 ตารางสรุปค่า Z-Score เปรียบเทียบ Cumulative Distribution Function (%) ของพื้นที่ใต้กราฟ) ที่ค่า Z-Score 2.91- 4.00	96

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

แผ่นดินไหว(earthquakes) เป็นภัยพิบัติประเภทหนึ่งที่เราจะได้พบเหตุการณ์ที่รุนแรงไม่บ่อยนัก แต่เมื่อเกิดขึ้นจะสร้างความเสียหายมหาศาลแก่ชีวิตและทรัพย์สิน โดยทั่วไปแผ่นเปลือกโลกจะมีการเคลื่อนตัวอยู่ตลอดเวลา แต่ระยะการเคลื่อนตัวนั้นน้อยมากๆทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยไม่ได้รับรู้ถึงการเคลื่อนตัวเหล่านั้น การเคลื่อนตัวดังกล่าวทำให้เกิดพลังงานสะสมในแผ่นเปลือกโลกในรูปความเค้นและความเครียด ซึ่งขีดจำกัดของความเค้นและความเครียดของแผ่นเปลือกโลกก็แตกต่างกันตามลักษณะทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดลักษณะและความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นแตกต่างกัน นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้ว ระยะทางจากพื้นผิวโลกเหนือจุดศูนย์กลาง (Epicenter) ลักษณะของชั้นดิน ค่าแอมพลิจูด ความลึกของจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว ความถี่ และระยะเวลาของการสั่นไหว ก็มีผลต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ด้วยเหตุนี้การศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวถึงจะมีแนวทางการศึกษาวิเคราะห์จากต่างประเทศ แต่ก็จำเป็นที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพิจารณาสภาพแวดล้อมให้ได้คุณลักษณะที่เหมาะสมของคลื่นแผ่นดินไหวตามแต่ละพื้นที่

สำหรับประเทศไทยถึงแม้จะไม่ได้ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวมากนัก แต่ก็มีรอยเลื่อนมีพลัง(กรมทรัพยากรธรณี 2556 : ออนไลน์) อยู่ในพื้นที่ประเทศไทยหลายรอยเลื่อน แต่ก็มีแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ในประเทศช่วงปี พ.ศ.2549-2555 น้อยมาก ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทยส่วนมากจึงเกิดจากแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวระยะไกล ค่าการสั่นสะเทือน และ อัตราเร่งพื้นดินที่วัดได้จึงมีขนาดไม่มากนัก ด้วยปัญหาทางด้านข้อมูลทำให้การศึกษาการลดทอนของค่าการสั่นสะเทือนส่วนมากเป็นการใช้สมการการลดทอนที่ถูกพัฒนาในประเทศอื่นมาศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้ในประเทศไทย ผลจากการศึกษาดังกล่าวได้สรุปว่าสมการการลดทอนของที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Idriss ในปี 1933 เป็นสมการการลดทอนที่เหมาะสมกับประเทศไทยมากที่สุด (माणพ,2007) แต่สมการการลดทอนดังกล่าวก็ยังไม่ได้เกิดจากค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทย สำหรับพื้นที่บริเวณเชียงใหม่ได้มีการศึกษาเพื่อสร้างสมการการลดทอน

และค่าสเปกตรัมการตอบสนองของอัตราเร่ง(Acceleration Response Spectrum) ด้วยเทคนิคการพัฒนาแบบ Bayesian (Tsukuba,2009) แต่ก็เป็นเพียงเฉพาะพื้นที่ๆเจาะจงไว้เท่านั้น

ในงานวิจัยฉบับนี้จะเป็นการนำเสนอการวิเคราะห์ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุด และการลดทอนค่าการสั่นสะเทือน ตามจุดต่างๆในประเทศไทยที่เกิดจากแผ่นดินไหวระยะไกลโดยใช้ฐานข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วงปี พ.ศ.2549-พ.ศ.2555 เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลและทราบคุณลักษณะการลดทอนของคลื่นแผ่นดินไหวจากจุดกำเนิดต่างๆรอบประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดและประมาณค่าการสั่นสะเทือนที่วัดได้ตามจุดต่างๆในประเทศไทยที่เกิดจากแผ่นดินไหวระยะไกลด้วยวิธีทางสถิติ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลัก 40 สถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้ในช่วงปี พ.ศ.2549-2555

1.3.2 วิเคราะห์ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดร่วมกับตัวแปรที่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของพื้นดินและประเมินการลดทอนค่าการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวระยะไกล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 รวบรวมข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดต่างๆในประเทศไทย

1.4.2 ทราบคุณลักษณะขั้นต้นของการลดทอนของคลื่นแผ่นดินไหวจากจุดกำเนิดต่างๆรอบประเทศไทย

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ

- 1.5.1 กำหนดสมมุติฐานที่จะใช้ในการวิเคราะห์
- 1.5.2 ตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับจากสถานีทั้ง 40 แห่ง ในช่วงปี พ.ศ. 2549-2555
- 1.5.3 ทำการคัดกรองและจำแนกข้อมูลเพื่อให้เหมาะแก่รูปแบบการวิเคราะห์
- 1.5.4 ทดลองวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกคัดกรองแล้วตามสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้
- 1.5.5 ตรวจสอบผลการวิเคราะห์
- 1.5.6 ย้อนไปทำการปรับแก้ในขั้นตอนที่ 1.5.3 หรือ 1.5.1 หากยังหาข้อสรุปในการวิเคราะห์

ไม่ได้

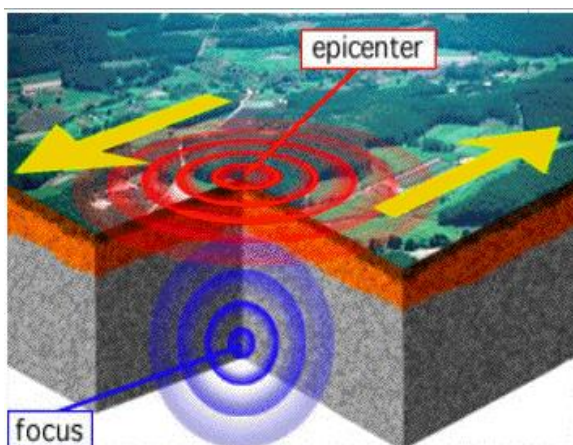
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาทางด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวเป็นการศึกษาที่มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดจากแผ่นดินไหวทั้งเกิดขึ้นกับคนและเกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมต่างๆพร้อมทั้งหาทางลดผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากภัยพิบัติดังกล่าว งานทางด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวเป็นสายงานที่มีลักษณะเชื่อมโยงกับสายงานอื่นๆอย่างมาก เช่น จำเป็นต้องมีการศึกษาปัจจัยทางธรณีวิทยา การสั่นไหวของพื้นดิน วิศวกรรมธรณีเทคนิค วิศวกรรมโครงสร้าง การวิเคราะห์ความเสี่ยง และสายงานเฉพาะอีกหลากหลายสาขา และในทางปฏิบัติจริงก็ต้องมีการพิจารณาปัจจัยทางด้านสังคม เศรษฐกิจ และการเมืองด้วย สำหรับการของวิศวกรรมธรณีเทคนิคเกี่ยวกับแผ่นดินไหวจำเป็นต้องมีความเข้าใจในหลายเรื่องเช่นแผ่นดินไหวเกิดได้อย่างไร มีผลต่อการสั่นไหวของพื้นดินอย่างไร

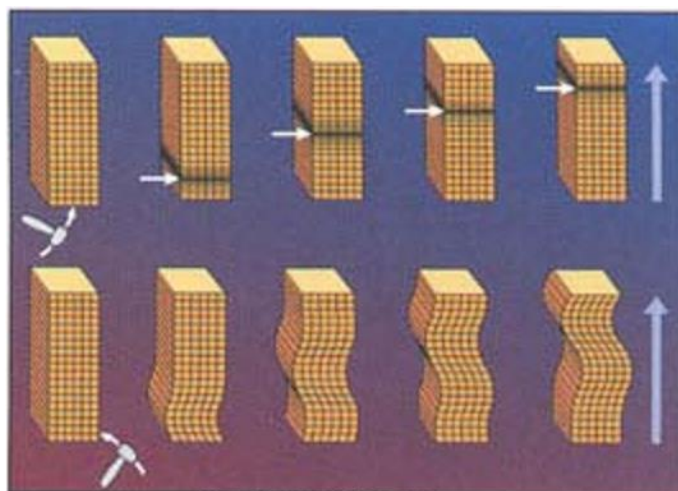
2.1 คลื่นแผ่นดินไหว

เมื่อเกิดแผ่นดินไหว คลื่นสั่นสะเทือนแบบต่างๆจะถูกสร้างขึ้น ได้แก่ คลื่นผิว (Surface-wave) และคลื่นหลัก (Body-wave)



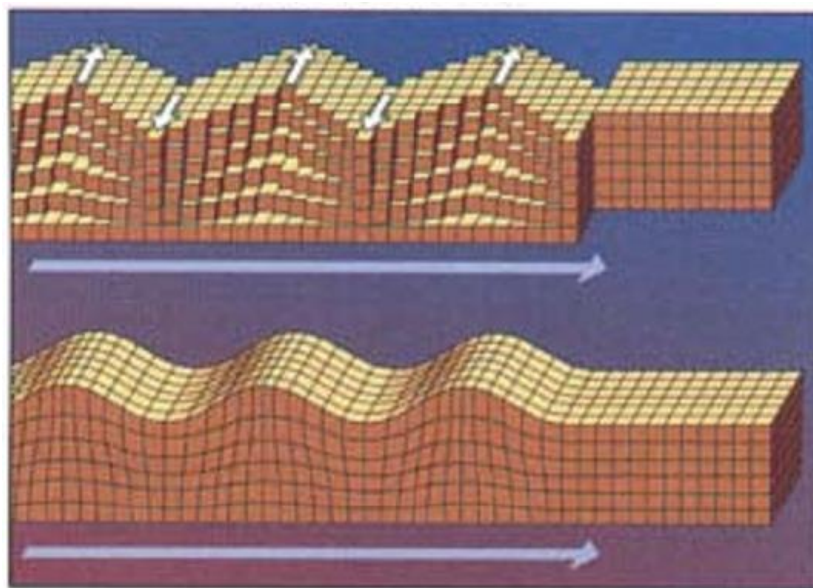
รูปที่ 2.1.1 แสดงการแพร่กระจาย(propagation)ของคลื่นหลัก(สีน้ำเงิน)และคลื่นผิว(สีแดง)เมื่อเกิดแผ่นดินไหวขึ้น

2.1.1 คลื่นหลัก เป็นที่สามารถเดินทางผ่านด้านในโลกได้ ประกอบด้วยคลื่นสองประเภท คือ p-wave และ s-wave สำหรับ p-wave หรือที่รู้จักในชื่อ คลื่นปฐมภูมิ (Primary-wave) หรือคลื่นอัด (Compressional-wave) หรือคลื่นตามยาว (Longitudinal-wave) มีลักษณะคล้ายคลื่นเสียง มีการเคลื่อนตัวขนานและไปในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ สามารถเดินทางผ่านได้ทั้งของแข็งและของเหลว ส่วน s-wave หรือที่รู้จักกันในชื่อคลื่นทุติยภูมิ (Secondary-wave) หรือคลื่นเฉือน (Shear-wave) หรือคลื่นตามขวาง (Transverse-wave) เนื่องจากการเปลี่ยนรูปด้วยการเฉือนเวลาที่ s-wave เดินทางผ่านวัสดุทำให้การเคลื่อนตัวมีลักษณะตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่น หากทำการจำแนกตามลักษณะทิศทางการเคลื่อนตัวของอนุภาคจะทำให้สามารถจำแนก s-wave ได้เป็นสององค์ประกอบ คือ SV-wave เป็น s-wave ที่มีระนาบการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง และ SH-wave เป็น s-wave ที่มีระนาบการเคลื่อนตัวในแนวนอน



รูปที่ 2.1.2 รูปภาพแสดงลักษณะของp-wave (ด้านบน) และ s-wave (ด้านล่าง)

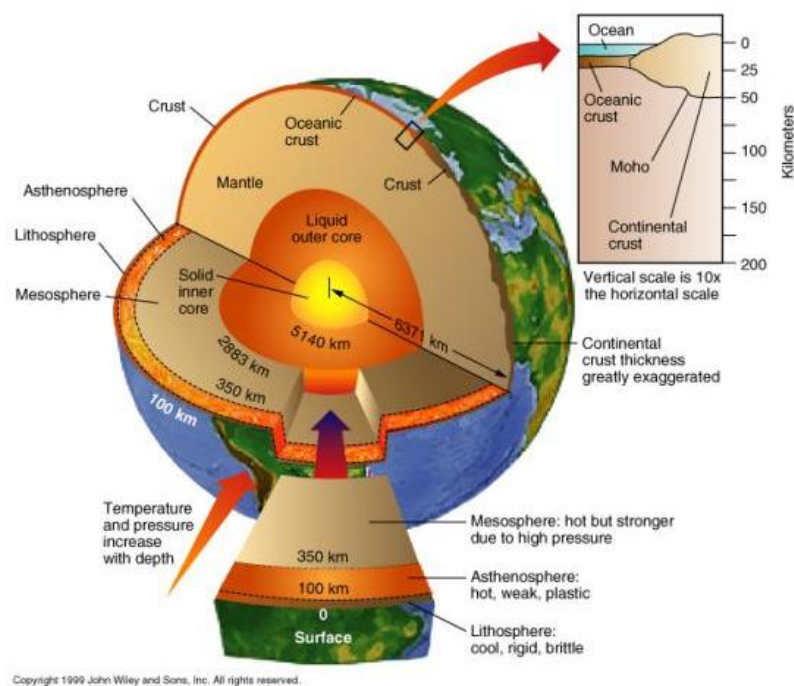
2.1.2 คลื่นผิว เป็นผลจากปฏิกริยาร่วมกันระหว่างคลื่นหลัก พื้นผิว และชั้นพื้นผิวโลก เป็นคลื่นที่เดินทางไปตามพื้นผิวของโลกด้วยขนาดที่ลดลงแบบเอกโพเนนเชียลโดยขึ้นอยู่กับระยะห่างจากจุดกำเนิดที่เดินทางไปถึง ด้วยธรรมชาติของปฏิกริยาร่วมกันที่ทำให้เกิดคลื่นผิว ทำให้คลื่นผิวเป็นคลื่นที่สำคัญเมื่อจุดสนใจอยู่ไกลจากจุดศูนย์กลางที่เกิดแผ่นดินไหว ที่ระยะทางจากจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวมากกว่าสองเท่าของความหนาเปลือกโลก คลื่นผิวที่มีมากกว่าคลื่นหลักจะทำให้เกิดค่าการเคลื่อนที่สูงสุดของพื้นดิน คลื่นที่มีความสำคัญมากที่สุดในทางวิศวกรรมก็คือ *Rayleigh wave* และ *Love wave* สำหรับ *Rayleigh wave* เกิดจากปฏิกริยาร่วมกันระหว่าง p-wave และ SV-wave ที่ทำต่อพื้นผิวโลก สิ่งการเคลื่อนตัวของอนุภาคด้วยคลื่นนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งการเคลื่อนตัวในระนาบแนวตั้งและการเคลื่อนตัวในระนาบแนวนอน ในส่วนของ *Love wave* เกิดจากปฏิกริยาร่วมที่ SH-wave กระทำกับชั้นพื้นผิวที่มีความอ่อนตัวโดยไม่มีการเคลื่อนที่ของอนุภาคในแนวตั้ง



รูปที่ 2.1.3 แสดงลักษณะของ Love wave (ด้านบน) และ Rayleigh wave (ด้านล่าง)

2.2 โครงสร้างภายในของโลก

โครงสร้างภายในของเปลือกโลกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ แผ่นเปลือกโลก (Crust) เนื้อโลก (Mantle) และ แก่นโลก (Core)



รูปที่ 2.2.1 แสดงโครงสร้างภายในของเปลือกโลก

2.2.1 แผ่นเปลือกโลก(Crust) เป็นชั้นที่มนุษย์อาศัยอยู่ ประกอบไปด้วยแผ่นพื้นมหาสมุทร และแผ่นพื้นทวีป เป็นพื้นชั้นนอกสุดของโลก มีความหนาอยู่ที่ 0-100 กิโลเมตร โดยประมาณ โดยทั่วไปแผ่นพื้นสมุทรจะมีรูปร่างค่อนข้างคงตัวและแน่นกว่าแผ่นพื้นทวีป

2.2.2 เนื้อโลก (Mantle) ชั้นเนื้อโลกถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ เนื้อโลกชั้นนอก และ เนื้อโลกชั้นใน เนื้อโลกชั้นนอก อยู่ที่ความลึกประมาณ 100-200 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก อาจมีแผ่นเปลือกโลกบางส่วนรวมอยู่ด้วย เป็นส่วนที่หินมีอุณหภูมิใกล้จุดหลอมละลาย หินที่ถูกหลอมละลายแล้วปะทุออกมาเป็นลาวาก็เกิดจากเนื้อโลกชั้นนอก และหินในโซนนี้จะเกิดการครากสูงมากส่งผลให้ความเร็วของคลื่นแผ่นดินไหวที่ผ่านในส่วนนี้ลดลงไปเล็กน้อย ถัดจากโซนที่เกิดการครากลงมาจะมีช่วงที่จะเปลี่ยนแปลงจากเนื้อโลกชั้นนอกเป็นเนื้อโลกชั้นในอยู่เล็กน้อย เป็นช่วงมีความไม่ต่อเนื่องซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุที่มีความหนาแน่นน้อยเป็นแร่ธาตุที่มีความหนาแน่นมากขึ้น ชั้นที่ถัดจากช่วงเปลี่ยนแปลงของเนื้อโลกชั้นบนลงมาก็คือเนื้อโลกชั้นล่าง เคยมีการนำองค์ประกอบทางเคมีและรูปแบบของผลึกมาศึกษาทำให้ทราบว่าเนื้อโลกชั้นในประกอบไปด้วยแร่เหล็ก แมกนีเซียม ซิลิเกต ซึ่งเมื่ออยู่ในความลึกมากขึ้นก็จะมีลักษณะที่หนาแน่นขึ้นไปตามความลึก

2.2.3 แก่นโลก (Core) แบ่งออกเป็นแก่นโลกชั้นนอกและแก่นโลกชั้นใน แก่นโลกชั้นในมีการสันนิษฐานว่าเป็นแก่นโลกที่มีลักษณะเป็นของเหลว องค์ประกอบไปด้วยแร่เหล็กที่ถูกหลอมละลาย มีความลึกจากพื้นผิวโลกอยู่ที่ประมาณ 2800-5200 กิโลเมตร เป็นชั้นแก่นโลกที่ไม่ยอมให้ S-wave ผ่านและความเร็วการบีบอัดหรือความเร็วของคลื่น P-wave ที่ผ่านแก่นโลกชั้นนอกก็จะลดลงอย่างรวดเร็วด้วย แก่นโลกชั้นใน เป็นแก่นโลกที่มีความแข็งและความหนาแน่นสูงมาก ๆ ประกอบไปด้วยเหล็กและนิกเกิลแข็งที่บีบด้วยแรงดันและอุณหภูมิสูง

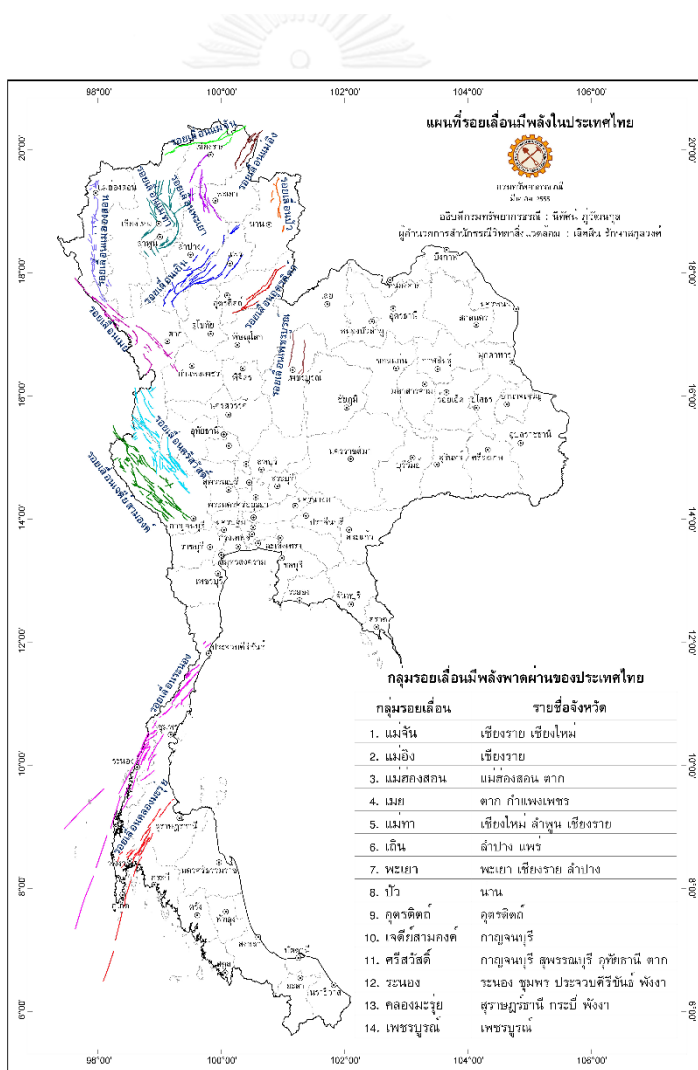
2.3 รอยเลื่อน

รอยเลื่อน คือ ผลจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา บางแผ่นเคลื่อนตัวเข้าหากันและมุดซ้อนเกยกัน และบางแผ่นแยกออกจากกัน ขณะที่บางแผ่นเคลื่อนเฉียดกันทำให้เกิดแรงเครียดสะสมไว้ภายในเปลือกโลก เมื่อรอยเลื่อนขยับตัวก็就会有การปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของการสั่นไหวทำให้เกิดแผ่นดินไหว จึงเรียกว่า รอยเลื่อนมีพลัง ซึ่งรอยเลื่อนนี้เองที่เป็นแหล่งกำเนิดของแผ่นดินไหว เราสามารถแบ่งประเภทของรอยเลื่อนได้เป็น 3 กลุ่ม จำแนกตามลักษณะของระยะเลื่อน (sense of slip) คือ

รอยเลื่อนตามแนวมุมเท (dip-slip fault) แบ่งได้เป็น รอยเลื่อนย้อน (reverse fault) และ รอยเลื่อนปกติ (normal fault) ซึ่งเป็นรอยเลื่อนที่ชั้นหินทั้ง 2 ระนาบ เคลื่อนตัวในแนวตั้ง โดยชั้นหิน ด้านหนึ่งจะเคลื่อนที่ขึ้น ขณะที่อีกด้านหนึ่งจะเคลื่อนที่ลง ขึ้นอยู่กับทิศทางและมุมที่ชั้นหินทั้งสอง ระนาบทำต่อกัน สามารถทำให้เกิดสึนามิได้หากเกิดขึ้นในทะเล

รอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike-slip fault) เป็นรอยเลื่อนที่ชั้นหินทั้ง 2 ระนาบ เคลื่อนตัว ในแนวระดับ ในทิศทางตรงข้ามกัน

รอยเลื่อนตามแนวเฉียง (oblique-slip fault) เป็นรอยเลื่อนที่ชั้นหินทั้ง 2 ระนาบ มีการ เคลื่อนตัวตามแนวมุมเท และแนวระดับพร้อมกัน ปัจจุบันพบรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย ทั้งหมด 14 กลุ่มด้วยกัน คือ



รูปที่ 2.3.1 แสดงกลุ่มรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี 2555)

2.3.1 กลุ่มรอยเลื่อนแม่จัน เป็นรอยเลื่อนที่มีแนวการวางตัวในทิศทางเกือบทิศตะวันตก - ตะวันออก มีความยาวประมาณ 155 กิโลเมตร พาดผ่านตั้งแต่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

อำเภอแม่จันอำเภอ เชียงแสนและอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และต่อเนื่องไปใน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ลักษณะหรือพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนแม่จันนั้น พบว่าในปัจจุบันมีการเคลื่อนตัวตามแนวระดับเหลี่ยมซ้ายเป็นหลักตามหลักฐานของธรณีสัณฐาน จากการตรวจสอบตั้งแต่ปี พ.ศ.2530 พบว่ารอยเลื่อนเคยทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาด 3.0 - 4.0 ตามมาตราริกเตอร์ จำนวน 10 ครั้ง และมีขนาด 4.0 - 4.5 ตามมาตราริกเตอร์จำนวน 3 ครั้ง

นอกจากนี้ยังมีแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางการเกิดนอกประเทศแต่ส่งผลกระทบต่อ ภาคเหนือตอนบน และรับรู้ได้ถึงแรงสั่นสะเทือนในอาคารสูงของกรุงเทพมหานคร คือเมื่อ วันที่ 16 พฤษภาคม 2550 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.3 ตามมาตราริกเตอร์ มีศูนย์กลางเกิดในพื้นที่ สปป.ลาว มีสาเหตุ มาจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนที่อยู่ทิศใต้ของกลุ่มรอยเลื่อนน้ำมาซึ่งยาว ต่อเนื่องเข้ามาเชื่อมต่อกับ กลุ่มรอยเลื่อนแม่จันในประเทศไทยส่งผลกระทบต่อให้ผนังอาคารหลายหลัง

2.3.2 กลุ่มรอยเลื่อนแม่อิง พาดผ่านอำเภอเทิง อำเภอขุนตาล และอำเภอเชียงของ จังหวัด เชียงราย ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มีความยาวประมาณ 57 กิโลเมตร

2.3.3 กลุ่มรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน มีแนวการวางตัวในทิศเหนือ-ใต้ เริ่มตั้งแต่อำเภอเมือง แม่ฮ่องสอนผ่านอำเภอขุนยวม อำเภอแม่ลาน้อย และอำเภอแม่สะเรียง ของจังหวัดแม่ฮ่องสอนต่อ เนื่องลงมาถึงบริเวณอำเภอท่าสองยางของจังหวัดตาก มีความยาวประมาณ 200 กิโลเมตรใน พื้นที่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จากการศึกษาพบว่ารอยเลื่อนแม่ฮ่องสอนมีการเคลื่อนตัว ในแนวตั้งแบบ รอยเลื่อนปกติ มีแผ่นดินไหวขนาดเล็กและขนาดปานกลาง เกิดขึ้นบ่อยหลายครั้ง ที่สำคัญเป็น เหตุการณ์เมื่อวันที่ 1 มีนาคม 2532 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.1 ตามมาตราริกเตอร์ โดยมี ศูนย์กลางในตอนเหนือของรอย เลื่อนในพื้นที่ของสหภาพพม่าส่งผลกระทบต่อในหลายจังหวัด ภาคเหนือของประเทศไทย

2.3.4 กลุ่มรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี รอยเลื่อนนี้วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ ตั้งต้นจากลำ น้ำเมย ชายเขตแดนพม่ามาต่อกับห้วยแม่ท้อ และลำน้ำปิงใต้จังหวัดตาก ต่อลงมาผ่านจังหวัด กำแพงเพชร และนครสวรรค์ จนถึงเขตจังหวัดอุทัยธานี รวมความยาวทั้งสิ้นกว่า 250 กิโลเมตร มี รายงานแผ่นดินไหวเกิดตามรอยเลื่อนนี้ 2 ครั้ง คือ เมื่อวันที่ 23 กันยายน 2476 ที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก และเมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2518 ที่ อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก แผ่นดินไหวครั้งหลัง

นี้มีขนาด 5.6 ริกเตอร์

2.3.5 กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนนี้มีแนวเป็นรูปโค้งตามแนวลำน้ำแม่วอง และแนวลำน้ำแม่ทาในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 55 กิโลเมตร จากการศึกษาของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (2523) พบว่า ในช่วงระยะเวลา 6 เดือนของการศึกษาในปี พ.ศ.2521 มีแผ่นดินไหวขนาดเล็กเกิด ในระดับตื้นอยู่มากมายในบริเวณรอยเลื่อนนี้

2.3.6 กลุ่มรอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนเถินอยู่ทางทิศตะวันตกของรอยเลื่อนแพร์ โดยตั้งต้นจากด้านตะวันตกของอำเภอเถินไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ขนานกับรอยเลื่อนแพร์ไปทางด้านเหนือ ของอำเภอเถินไปทางตะวันออกเฉียงเหนือขนานกับรอยเลื่อนแพร์ ไปทางด้านเหนือของอำเภอวังชิ้น และอำเภอลอง รวมความยาวทั้งหมดประมาณ 90 กิโลเมตร เคยมีรายงานการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 3.7 ริกเตอร์ บนรอยเลื่อนนี้ เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ.2521

2.3.7 กลุ่มรอยเลื่อนพะเยา เป็นรอยเลื่อนที่มีสองส่วนรอยเลื่อน คือส่วนเหนือและส่วนใต้ ที่มีแนวการวางตัวแตกต่างกันและแยกออกจากกันชัดเจน โดยรอยเลื่อนส่วนใต้มีการวางตัวในแนวเกือบทิศเหนือ-ใต้ก่อนมาทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ที่ตัดผ่านด้านทิศตะวันตกของขอบแอ่งพะเยา บริเวณเขตรอยต่อระหว่างอำเภอพาน อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา และอำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง ส่วนรอยเลื่อนนี้มีความยาวประมาณ 35 กิโลเมตร กรณีที่เกิดแผ่นดินไหวจนเกิดความเสียหายมากที่สุดที่ประเทศไทย คือเหตุการณ์เมื่อวันที่ 11 กันยายน 2537 มีศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวอยู่ในเขตอำเภอ เวียงป่าเป้าจังหวัดเชียงรายมีความรุนแรง ขนาด 5.2 ตามมาตราริกเตอร์ ทำให้เกิดความเสียหาย อย่างมากกับโรงพยาบาลอำเภอพาน จนต้องทุบทิ้งสร้างใหม่ รวมทั้งวัด และโรงเรียนต่างๆ ในอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายและมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นอีกหลายครั้งตามมาในปี พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2539 ในพื้นที่จังหวัดพะเยา และ จังหวัดเชียงราย

2.3.8 กลุ่มรอยเลื่อนปัว ประกอบด้วย 3 ส่วนรอยเลื่อนคือ ส่วนรอยเลื่อนทุ่งช้าง รอยเลื่อนปัวและรอยเลื่อนสันติสุข เป็นรอยเลื่อนที่มีการวางตัวเป็นแนวยาวรายรอบด้านทิศตะวันออกของขอบแอ่งปัวในจังหวัดน่าน เริ่มตั้งแต่บริเวณตะเข็บชายแดนของประเทศไทย-ลาว เรื่อยลงมาในพื้นที่ของอำเภอทุ่งช้างอำเภอเชียงกลางอำเภอปัว และต่อเนื่องถึงอำเภอสันติสุข ของจังหวัดน่าน มีความยาวประมาณ 70 กิโลเมตรมีทิศทางการวางตัวในแนวทิศเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตก จากข้อมูลแผ่นดินไหวพบว่าเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2478 ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.5 ตามมาตราริกเตอร์ ในบริเวณตะเข็บชายแดนของ ประเทศไทย-ลาว ซึ่งเชื่อว่าเป็นอิทธิพลของการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนปัว

2.3.9 กลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ เป็นรอยเลื่อนที่มีแนวการวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และมีมุมเอียงเทไปทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มีความยาวประมาณ 140 กิโลเมตร รอย

เลื่อนนี้เริ่มปรากฏตั้งแต่อำเภอปากท่า ยาวลงมาในพื้นที่อำเภอน้ำปาด อำเภอทองแสนขัน ของจังหวัดอุตรดิตถ์ และต่อเนื่องถึงอำเภอพิชัย ของจังหวัดพิษณุโลก รอยเลื่อนนี้มีลักษณะการเลื่อนตัวหลักแบบตามแนวระดับเหลี่ยมซ้ายผสมผสานด้วยเลื่อนลงในแนวตั้ง

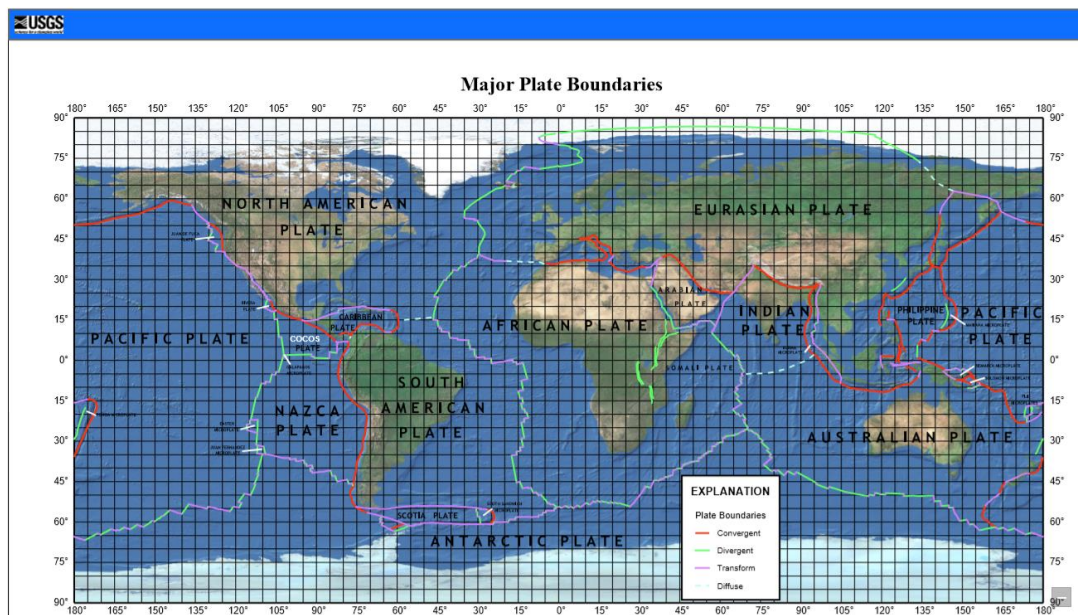
2.3.10 กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ เป็นรอยเลื่อนที่อยู่ด้านทิศตะวันตกของประเทศไทยที่มีความสำคัญมากต่อประชาชนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล เป็นรอยเลื่อนที่อยู่ใกล้กับรอยเลื่อนพานหลวงในเขตสหภาพพม่า ปรากฏขึ้นบริเวณตะเข็บชายแดนไทย-สหภาพพม่า บริเวณด้านเจดีย์สามองค์ อำเภอสังขละบุรีพาดผ่านอำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอเมือง และสิ้นสุดบริเวณอำเภอด่านมะขามเตี้ยจังหวัดกาญจนบุรี โดยขนานกับลำแม่น้ำแควน้อย มีความยาวประมาณ 170 กิโลเมตร

2.3.11 กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนนี้อยู่ทางด้านตะวันตก ของรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี โดยมีทิศทางเกือบขนานกับแนวของรอยเลื่อน อยู่ในร่องน้ำแม่กลองและแควใหญ่ ตลอดขึ้นไปจนถึงเขตแดนพม่า รวมความยาวทั้งหมดกว่า 500 กิโลเมตร ในช่วงระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านมา มีรายงานแผ่นดินไหวขนาดเล็กหลายร้อยครั้ง ตามแนวรอยเลื่อนนี้ แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่วัดได้ในระหว่างนี้ เกิดเมื่อวันที่ 22 เมษายน พ.ศ.2526 มีขนาด 5.9 ริกเตอร์

2.3.12 กลุ่มรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ พาดผ่านอำเภอหนองไผ่ อำเภอเมือง อำเภอหล่มสัก และอำเภอหล่มเก่าจังหวัดเพชรบูรณ์ประกอบด้วยรอยเลื่อนบิรวารในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ กับแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้สลับกัน มีความยาวประมาณ 110 กิโลเมตร

2.3.13 รอยเลื่อนระนอง เป็นรอยเลื่อนที่วางตัวตามแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ประกอบด้วยรอยเลื่อนหลายส่วน เริ่มตั้งแต่ในทะเลอันดามันถึงบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดระนอง พาดผ่านพื้นที่อำเภอท่าแซะ ของจังหวัดชุมพร และต่อเนื่องไปในพื้นที่อำเภอบางสะพาน อำเภอทับสะแก อำเภอเมือง และอำเภอกุยบุรี ของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และลงอ่าวไทย บริเวณทิศตะวันออกของอำเภอสามร้อยยอดจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีความยาวเฉพาะส่วนที่ปรากฏบนแผ่นดินประมาณ 270 กิโลเมตร เหตุการณ์แผ่นดินไหว ที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับกลุ่มรอยเลื่อนนี้เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 27-28 กันยายน 2549 ซึ่งมีแผ่นดินไหวขนาด 3.7-5.0 ตามมาตราริกเตอร์จำนวน 5 ครั้ง และในวันที่ 8 ตุลาคม 2549 มีขนาด 4.5 - 5.5 ตาม มาตราริกเตอร์จำนวน 2 ครั้ง ทั้งสองเหตุการณ์มีศูนย์กลางในอ่าวไทยตอนทิศตะวันออกของอำเภอ สามร้อยยอดประชาชนรู้สึกได้ถึงแรงสั่นสะเทือนของพื้นดิน

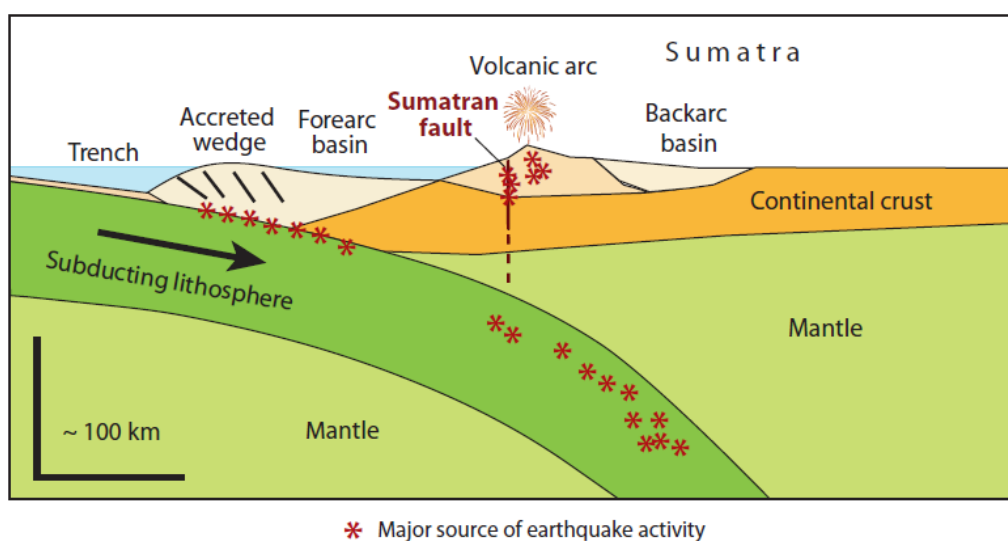
2.3.14 รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย รอยเลื่อนนี้ตัดผ่านด้านตะวันออกของเกาะภูเก็ต เข้าไปในอ่าวพังงา และตามแนวคลองมะรุ่ย คลองชะอูน และคลองพุมดวงทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จนกระทั่งไปออกอ่าวบ้านดอน ระหว่างอำเภอพุนพินกับอำเภอท่าฉาง รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 150 กิโลเมตร แผ่นดินไหวตามแนวรอยเลื่อนนี้ มีรายงานเมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ.2476 ที่จังหวัดพังงา และทางด้านตะวันตก



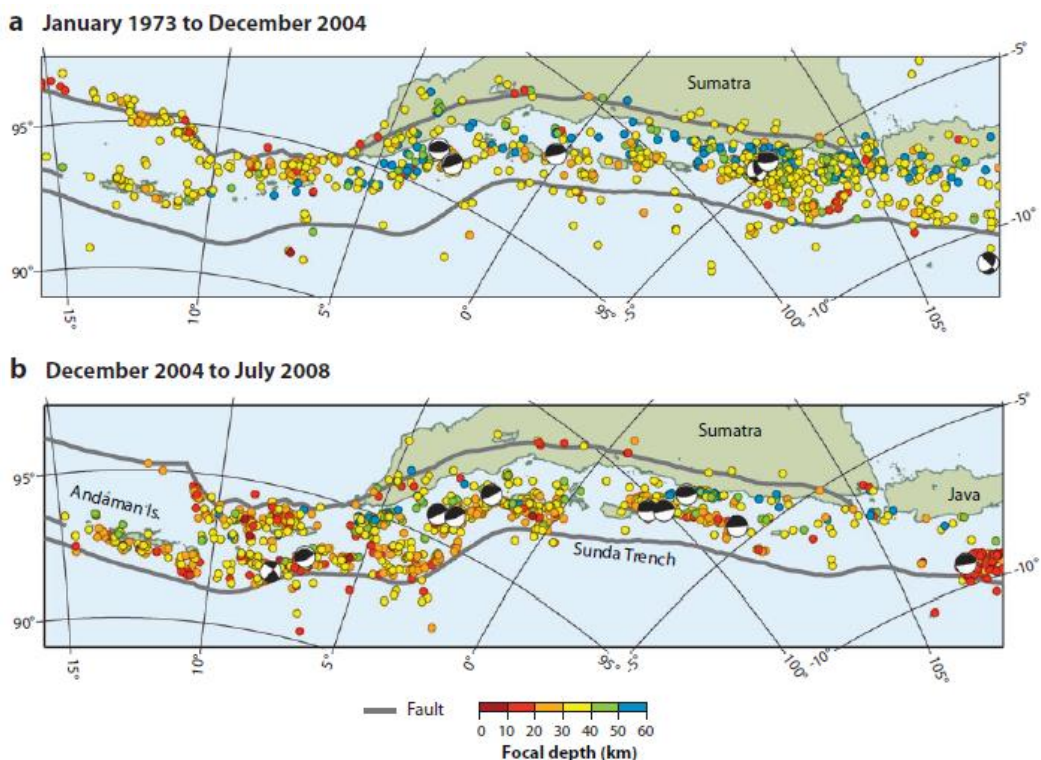
รูปที่ 2.3.2 แสดงลักษณะแผ่นเปลือกโลก

ผลกระทบจากแผ่นดินไหวต่อประเทศไทย นอกจากแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกลุ่มแนวรอยเลื่อนในประเทศแล้ว ยังมีแผ่นดินไหวที่เกิดตามแนวรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณขอบของแผ่นยูเรเชีย ซึ่งเป็นแนวรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลก 3 แผ่น คือ แผ่นเปลือกโลกอินเดีย แผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย และแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย ในบริเวณแนวรอยของทั้ง 3 แผ่นเปลือกโลกนี้ มีแนวการมุดตัวที่รู้จักกันดีคือแนวการมุดตัวซุนดร้าซึ่งมีลักษณะแนวรอยเลื่อนที่เคลื่อนตัวในแนวตั้งซึ่งมักจะเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดรุนแรง นอกจากนี้แนวรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกดังกล่าวยังทำให้เกิดรอยเลื่อนที่เริ่มจากประเทศพม่า พาดผ่านบริเวณทะเลอันดามัน มหาสมุทรอินเดีย และเกาะสุมาตรา มาบรรจบกับแนวการมุดตัวซุนดร้าทางตอนใต้ของเกาะสุมาตรา แนวรอยเลื่อนดังกล่าวที่เคลื่อนตัวตามแนวราบและแนวตั้ง ซึ่งในปี ค.ศ. 2008 Robert McCaffrey ได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของแนวการมุดตัวบริเวณเกาะสุมาตราและได้ให้ข้อสรุปไว้ 3 ข้อ หลักๆ คือ 1. บริเวณเกาะสุมาตราเป็นบริเวณที่เป็นพื้นที่ของการมุดตัวมานานแล้ว ในขณะที่แผ่นดินไหวที่มีขนาดเกิน 8 ริค

เตอร์ที่เกิดขึ้นเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมาเป็นสิ่งที่ไม่มีใครคาดคิด แต่มันอาจจะเป็นเรื่องปกติสำหรับโลก เนื่องจากเหตุการณ์เหล่านั้นอาจจะเคยเกิดขึ้นมาแล้วเป็น 10,000 ครั้งในประวัติศาสตร์ของพื้นที่นี้ 2. แนวการมุดตัวในพื้นที่อันดามันมีอัตราการมุดเข้าหากันช้ามากซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดรุนแรงที่เกิดกว่า 9 ริกเตอร์ได้ และเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นปี 2547 ก็เป็นสิ่งที่เตือนเราว่าการวิเคราะห์ทางสถิติทั่วไปไม่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นจริงว่าเมื่อไรเหตุการณ์แบบนี้จะเกิดขึ้นอีก 3. บริเวณพื้นที่ของเกาะสุมาตรา นั้นได้พิสูจน์แล้วว่าเป็นพื้นที่ๆมีความเสี่ยงทางด้านธรณีพิบัติภัยทั้งจากแผ่นดินไหวตามแนวรอยเลื่อนและการระเบิดของภูเขาไฟ



รูปที่ 2.3.3 ภาพแสดงจุดเกิดแผ่นดินไหว (Robert McCaffrey 2008)



รูปที่ 2.3.4 ภาพเปรียบเทียบจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวช่วง มกราคม 2516 – ธันวาคม 2547 และ ธันวาคม 2547- กรกฎาคม 2547 (Robert McCaffrey 2008)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

माणพ เจริญยุทธ (2007) ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวในประเทศไทย เนื่องจากยังไม่มีกรรวบรวมข้อมูลอัตราเร่งและนำมาศึกษาอย่างเป็นระบบและทำการเปรียบเทียบกับสมการการลดทอนของคลื่นแผ่นดินไหวทั้งหมด 18 สมการ และหาค่ากำลังขยายของชั้นดินอ่อนในกรุงเทพฯ โดยข้อมูลี่นำมาใช้รวบรวมจากหน่วยงานรัฐและจากแฟ้มของฮาวาร์ด โดยข้อมูลจากแฟ้มของฮาวาร์ดจะเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาด moment magnitude ตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไปซึ่งได้สรุปว่าสมการการลดทอนที่เหมาะสมสำหรับสถานีที่ตั้งบนหินและแผ่นดินไหวไม่อยู่ในเขตมุดตัวของเปลือกโลก คือ สมการที่เสนอโดย Idriss (1933), Sadigh et al. (1997) และ Toro: Gulf Regions (2002)

วิชญ์ หัตถา (2008) ได้ใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทยทั้งหมด 72 เหตุการณ์โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณค่าความเร่งเทียมและนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเร่งเทียบที่ทำนายโดยแบบจำลองต่างๆทั้งหมด 13 ชุด โดยพิจารณาคาบธรรมชาติของการสั่นไหวในช่วง 0.05 ถึง 10 วินาที ความสอดคล้องของสมการลดทอนกับข้อมูลที่บันทึกได้บ่งชี้โดยใช้ ค่ารากที่สองของ

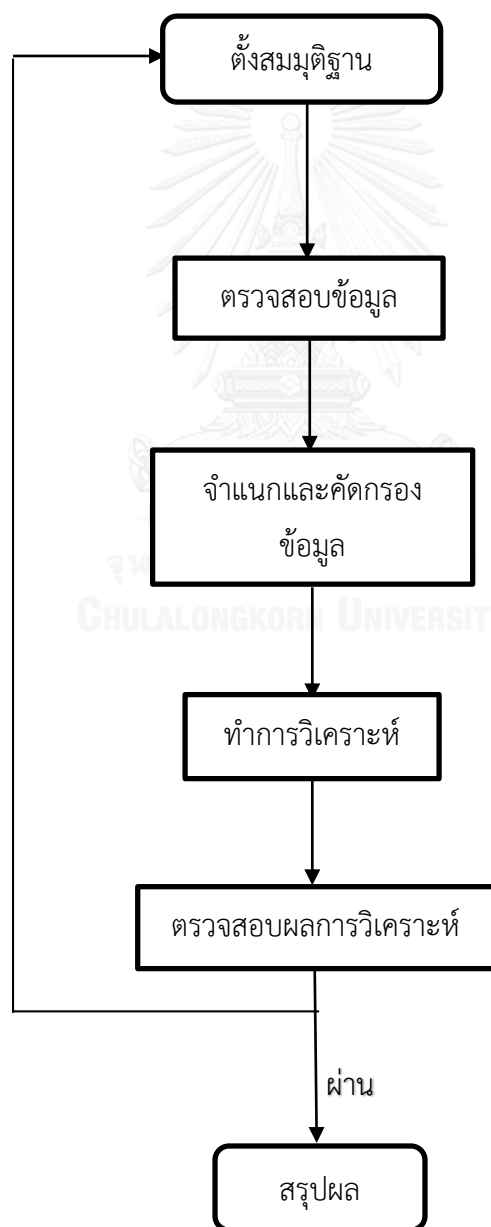
ค่าเฉลี่ยของผลต่างกำลังสอง (square-root-of-mean-of-square-of-errors, RMS) ซึ่งแบบสมการการลดทอนที่นำมาศึกษานั้นมีการพิจารณาแบบจำลองการลดทอนรุ่นใหม่ (Next Generation Attenuation model, NGA) สำหรับบริเวณการแปรสัณฐานที่มีพลังด้วย โดยจากข้อมูลที่นำมาใช้ทำการศึกษานี้สามารถใช้ได้เพียงสมการของ Atkinson and Boore (2008) และ Idriss (2008) ซึ่งพบว่าสมการของ Idriss (2008) ให้ค่าความเร่งเทียบที่ไม่ลดทอนตามระยะทางเมื่อระยะทางมากกว่า 300 กิโลเมตร เพราะให้ค่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น และให้ข้อสรุปว่าแบบจำลองที่สร้างก่อนปี ค.ศ. 2008 มีความสอดคล้องกับข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่บันทึกได้ในประเทศไทยมากกว่าแบบจำลองการลดทอนรุ่นใหม่ซึ่งถูกสร้างมาเพื่อประมาณค่าสำหรับกรณีแผ่นดินไหวระยะใกล้

พิธาน ไพโรจน์ (2010) ได้ศึกษาเพื่อนำเสนอความสัมพันธ์ของค่าการลดทอนคลื่นอย่างง่ายของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดของข้อมูลแผ่นดินไหวระยะไกลที่วัดได้ในประเทศไทย ทั้งหมด 72 เหตุการณ์ ระหว่างปี 2549 ถึง 2551 โดยสรุปว่าค่าคาบสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่เพิ่มขึ้นและค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดจะลดลงตามระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่เพิ่มขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



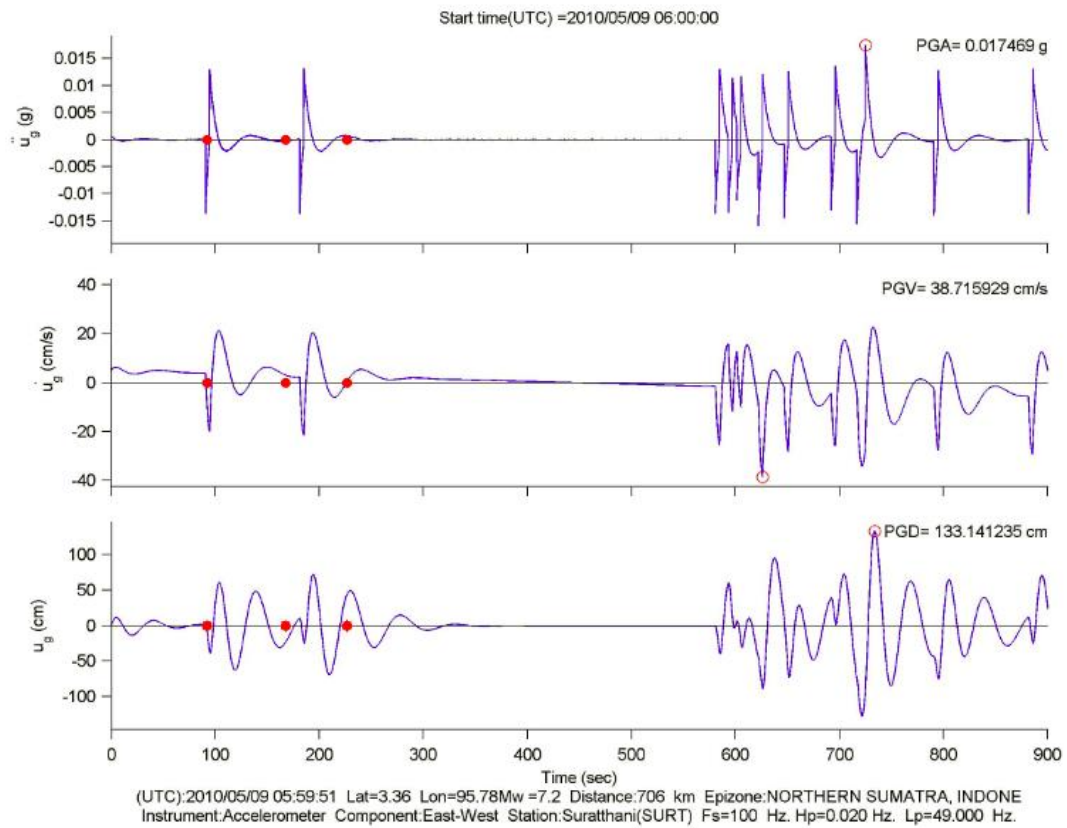
3.2 สมมุติฐาน

3.2.1 อัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินและค่าการสั่นสะเทือนจะแปรผกผันกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางบนพื้นผิวโลก

3.2.2 ลักษณะของชั้นดินมีผลต่อการขยายขนาดของค่าการสั่นสะเทือน และ ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุด

3.3 ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้จะเป็นข้อมูลจากสถานีตรวจหลักแผ่นดินไหวหลักของกรมอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด 40 สถานี โดยสถานีทั้งหมดจะแบ่งเป็น สถานีตรวจวัดที่ติดตั้งในระยะแรก (TSA 100) จำนวน 15 สถานี และ สถานีตรวจวัดที่ติดตั้งในระยะที่สอง (ACC 23 PA) จำนวน 25 สถานี โดยสถานีที่ถูกติดตั้งทั้งสองระยะจะมีความแตกต่างกันในเรื่องอุปกรณ์ และ ระบบตรวจวัด รายละเอียดของข้อมูลในส่วนของการเคลื่อนตัวของพื้นดินจะประกอบด้วย ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุด ค่าอัตราเร็วพื้นดินสูงสุด (Peak ground velocity) และค่าการเคลื่อนตัวพื้นดินสูงสุด (Peak ground displacement) ส่วนรายละเอียดด้านอื่นๆประกอบด้วย ค่าระยะทางถึงจุดศูนย์กลางบนพื้นโลก ค่า Moment Magnitude ซึ่งให้เป็นค่า M_w ตำแหน่งพิภพในรูปละติจูดและลองจิจูด ของศูนย์กลางการเกิด ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวสามารถดูได้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.3.1 ข้อมูลที่ได้รับจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา

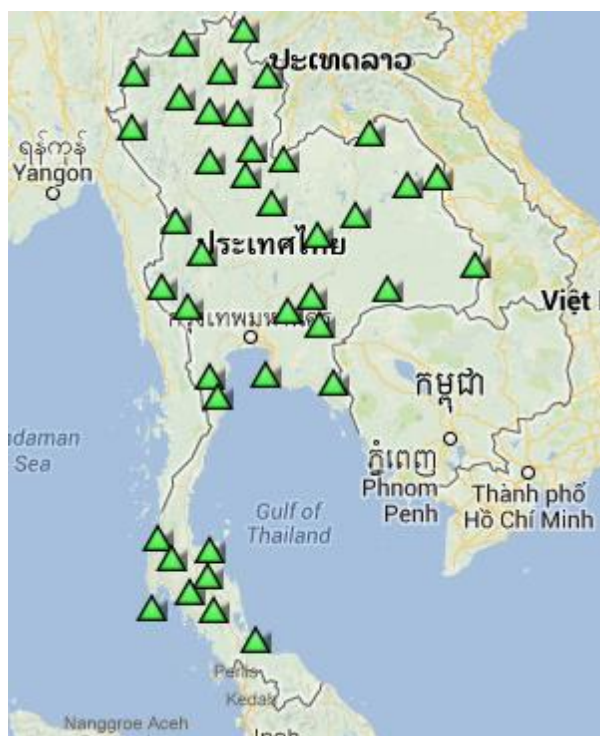


ตารางที่ 3.3.1 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดระยะแรกที่มีการตรวจพบว่า ค่าอัตราเร่งพื้นดิน สูงสุด $\geq 0.001g$

สถานี	Lat	Lon	Details
TMD Bangna (BKKA)	13.664	100.6102	สำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว
Chanthaburi(CHBT)	12.7526	102.3297	เขื่อนคีรีธาร
Chingmai(CMMT)	18.8128	98.9476	ดอยสุเทพ
Kharnchanaburi(KHLT)	14.797	98.5893	เขื่อนวชิราลงกรณ์
Nakornrajasemar(KRDT)	14.5905	101.8442	เขื่อนลำพระเพลิง
Maehongsorn(MHIT)	19.3148	97.9632	ด่านตรวจคนเข้าเมือง
Maehongsorn(MHMT)	18.1764	97.931	สถานีอุตุนิยมวิทยาแม่สะเรียง
Phedchaboon(PBKT)	16.5733	100.9687	เขาค้อ
Phuket(PKDT)	7.892	98.335	เขื่อนบางลาง
Rnong(RNTT)	9.3904	98.4778	ระนอง
Songkra(SKLT)	7.1735	100.6188	สงขลา
Skonarkorn(SKNT)	16.9742	103.9815	เขื่อนน้ำพุง
Kharnchanaburi(SRDT)	14.3945	99.1212	เขื่อนศรีนครินทร์
Suradthani(SURT)	8.9577	98.795	เขื่อนรัชชประภา
Trang(TRTT)	7.8362	99.6912	เขื่อนท่าจิ้ว
Ubonrachathani(UBPT)	15.2773	105.4695	เขื่อนปากมูล

ตารางที่ 3.3.2 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดระยะที่สองที่มีการตรวจพบค่าอัตราเร่งพื้นดิน
สูงสุด $\geq 0.001g$

สถานี	Lat	Lon	Details
Chaiyaphum(CHAI)	15.9018	101.9864	อ่างเก็บน้ำช่อระกา
Chinagmai(CMAI)	19.932477	99.04526	สถานีอุตุนิยมวิทยาตอยอ่างขาง
Chinraig(CRAI)	20.228927	100.373434	อ่างเก็บน้ำห้วยช้าง
Khonkaen(KHON)	16.33778	102.823	สถานีอากาศเกษตรท่าพระ
Krabi(KRAB)	8.2215	99.631013	อ่างเก็บน้ำบางกำปรีด
Lamphang(LAMP)	18.522614	99.632246	เขื่อนกิ่วลม
Loey(LOEI)	17.50928	101.2644	อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำหนาม
Nakornnaryok(NAYO)	14.31523	101.3209	อ่างเก็บน้ำคลองท่าด่าน
Nong Khai(NONG)	18.06346	103.1457	อ่างเก็บน้ำห้วยเปลวเหนือ
Nakornparnhom(PANO)	17.1476	104.6122	อ่างเก็บน้ำห้วยแคน
Payao(PAYA)	19.360284	99.869172	อ่างเก็บน้ำแม่ปืม
Phetchaburi(PHET)	12.91331	99.62675	อ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน
Phrachuabkerekun(PRAC)	12.47263	99.79288	เขื่อนปราณบุรี
Srakaew(SRAK)	14.012	102.0425	อ่างเก็บน้ำห้วยยาง
Nakornsrihemmaraj(SRIT)	8.59549	99.60196	อ่างเก็บน้ำคลองดินแดง
Sukhotai(SUKH)	17.482143	99.631013	อ่างเก็บน้ำห้วยท่าแพ
Surajthani(SURA)	9.16634	99.62945	ฝายเก็บน้ำท่าทอง
Tark(UMPA)	16.20572	98.86035	สถานีอุตุนิยมวิทยาอุ้มผาง
Uthaihani(UTHA)	15.558565	99.445133	เขื่อนทับเสลา



รูปที่ 3.3.2 แสดงตำแหน่งสถานีตรวจวัดหลักทั้ง 40 สถานี

3.4 การจำแนก คัดกรองข้อมูล

3.4.1 การจำแนกตามทิศทางการสั่นไหว ข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาจะประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด สามแนว คือ ทิศทางเหนือ-ใต้ ทิศทางตะวันออก-ตะวันตก แล้วทางในแนวตั้ง โดยทั่วไปการนำไปใช้ในทางวิศวกรรมจะให้ความสำคัญกับค่าในแนวราบนั่นก็คือ ทิศทางเหนือ-ใต้ และทิศทางตะวันออก-ตะวันตก เนื่องจากการออกแบบสิ่งก่อสร้างส่วนมากจะมีค่าการต้านทานในแนวตั้งค่อนข้างสูงอยู่แล้ว ดังข้อมูลใน รูปที่ 3.3.1 เป็นข้อมูลในแนวราบ ตามทิศทางตะวันออก-ตะวันตก

3.4.2 การจำแนกตามขนาดของตัวแปรการเคลื่อนตัวของพื้นดิน ในวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาที่ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน โดยเลือกใช้ข้อมูลที่มีขนาดอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินตั้งแต่ 0.001 ขึ้นไป อย่างที่ทราบกันดีว่าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของพื้นดินในประเทศไทยมีมากก็จริง แต่มีขนาดของตัวแปรการเคลื่อนตัวต่าง ๆ น้อยมาก ซึ่งค่าที่น้อยเกินไปจะทำให้สังเกตเห็นคุณลักษณะการลดทอนที่ศึกษาได้ยาก และอีกประการหนึ่ง สืบเนื่องจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวในช่วงวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2554 ข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจวัด

3.4.3 การจำแนกโดยใช้สถานีตรวจวัด หรือ แบ่งโซนของจุดศูนย์กลางบนพื้นผิวโลกของแผ่นดินไหวตามตำแหน่งจุดศูนย์กลางพื้นผิวโลก ในการพิจารณาเบื้องต้นมีสมมุติฐาน คือ การจำแนกในลักษณะนี้จะช่วยลดปัญหาในการพิจารณาความแปรปรวนที่เกิดจากการขยายขนาดเนื่องจากชั้นดิน

3.5 การวิเคราะห์และการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การใช้ค่าCorrelation สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจากสถานีตรวจวัด การใช้Correlation สามารถบอกได้ว่าตัวแปรที่เราเลือกมามีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด เช่น แปรผันตามกัน หรือแปรผกผัน ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมากน้อยแค่ไหน

3.5.2 การวิเคราะห์ด้วยรูปภาพ ในส่วนนี้ใช้ในการตรวจสอบภาพรวมด้วยการ plot contour หรือ รายละเอียดอื่นที่เราสนใจลงใน Topography Map ซึ่งสามารถทำให้ตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลที่เราวิเคราะห์ได้กับสมมุติฐานของเราในเบื้องต้น

3.5.3 ตรวจสอบการกระจายตัวด้วย Scatter Plot ในการวิเคราะห์นี้จะใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ.2551-2555 ซึ่งเป็นข้อมูลทั้งหมดที่จะนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้โดยจะแยกวิเคราะห์โดยแยกระบบของเครื่องตรวจวัดแต่เลือกสถานีมาหนึ่งสถานีและวิเคราะห์เหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้งหมดที่สามารถตรวจวัดได้จากสถานีที่เลือกมาเพื่อแก้ปัญหาเรื่องชั้นดินที่เป็นที่ตั้งของสถานีมีผลต่อค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตรวจวัดได้

3.5.4 การจำแนกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว วิเคราะห์ Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram ในการวิเคราะห์นี้จะทำการแยกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวด้วยการสร้างตารางโดยตารางจะถูกสร้างในช่วงละติจูดที่ -2 ถึง 28 ลองจิจูดที่ 89 ถึง 110 โดยเส้นตารางแกนอนจะห่างกันเส้นละ 2.5 องศาละติจูด และ เส้นตารางแกนตั้งจะห่างกันเส้นละ 2.625 องศาละติจูด ได้ตารางขนาด 8 แถว 12 หลัก ถูกแบ่งโซนได้ทั้งหมด 96 โซน นำมาศึกษาวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงแบบปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม

3.5.5 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัด วิเคราะห์ Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram การวิเคราะห์ในส่วนนี้ก็ยังคงใช้เหตุการณ์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์แบบแยกสถานีตรวจวัดและแบ่งตาราง แต่มีความแตกต่างกันที่การวิเคราะห์ในครั้งนี้จะรวมสถานีตามการแบ่งภาคของประเทศไทยซึ่งมีทั้งหมด 6 ภาค เพื่อให้มีข้อมูลในการวิเคราะห์มากขึ้นและนำมาศึกษาวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงแบบปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์

การวิเคราะห์นี้เป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นโดยพิจารณาจากข้อมูลถึงในช่วงปี ค.ศ. 2549-2553 ซึ่งยังไม่ใช้ข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ โดยผู้จัดทำได้คัดเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีสถานีตรวจวัดทั้งชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA สามารถตรวจวัดค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งได้คัดเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 4 เหตุการณ์ คือ

1. แผ่นดินไหววันที่ 14 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 เวลา 22:09:10 น.
2. แผ่นดินไหววันที่ 6 เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 เวลา 22:15:19 น.
3. แผ่นดินไหววันที่ 9 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 05:59:51 น.
4. แผ่นดินไหววันที่ 11 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 12:17:49 น.

โดยนำค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดและระยะทางจากจุดศูนย์กลางบนพื้นผิวมาวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ โดยทำการวิเคราะห์ค่าทั้งแบบรวมแกนและแยกแกน รวมระบบตรวจวัดทั้งสองระบบและแยกระบบตรวจวัด ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1-4.4 โดย all axis คือค่าที่รวมทั้งสามแกน E-W คือค่าแนวแกนตะวันออกตะวันตก N-S คือค่าในแนวแกนเหนือใต้ V_e คือค่าในแนวแกนตั้ง โดยข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์มาจากอุปกรณ์ตรวจวัด 2 ชนิด คือ TSA 100 และ ACC 23 PA ซึ่งการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์นั้นจะมีการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดและระยะทางจากจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งการศึกษาจะจำแนกประเภทของข้อมูลตามชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัดและแกนทิศทางการเคลื่อนของพื้นดิน สำหรับการพิจารณาชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัดจะมีการพิจารณาทั้งแบบที่รวมข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งสองชนิดและแยกข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งสองชนิด นอกจากนี้แล้วยังมีการคัดข้อมูลที่มีขนาดของค่าอัตราเร่งสูงสุดต่ำมากๆออก ซึ่งก็คือตั้งแต่ 10^{-8} ลงไป ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.1-4.4 ข้อมูล 3 แกวบนจะไม่มีการคัดข้อมูลออกและ 3 แกวล่างจะมีการคัดข้อมูลออกแล้ว

ตารางที่ 4.1.1 แสดงค่าสัมพัทธ์ของแผ่นดินไหววันที่ 14 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 เวลา 22:09:10 น.

14 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 เวลา 22:09:10 น.				
	all axis	E-W	N-S	Ve
TSA 100 and ACC 23 PA	-0.35932	-0.60396	-0.2777	-0.24401
TSA 100	-0.47407	-0.70474	-0.32438	0.023006
ACC 23 PA	-0.46436	-0.55823	-0.49359	-0.54036
ตัดข้อมูลน้อยกว่า 10^{-8} ออก				
TSA 100 and ACC 23 PA	-0.29731	-0.50498	-0.27624	-0.06678
TSA 100	-0.20492	-0.67466	-0.09523	0.199483
ACC 23 PA	-0.47781	-0.55823	-0.52255	-0.5614

**จัดทำโดยการใช้ MS-Excel

ตารางที่ 4.1.2 แสดงค่าสัมพัทธ์ของแผ่นดินไหววันที่ 6 เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 เวลา 22:15:19 น.

6 เดือนเมษายน พ.ศ. 2553 เวลา 22:15:19 น.				
	all axis	E-W	N-S	Ve
TSA 100 and ACC 23 PA	0.013672	-0.18871	0.062426	-0.78827
TSA 100	0.299914	0.109904	0.49658	-0.90767
ACC 23 PA	-0.64616	-0.65666	-0.65958	-0.63496
ตัดข้อมูลน้อยกว่า 10^{-8} ออก				
TSA 100 and ACC 23 PA	0.006743	-0.21176	0.054986	-0.88048
TSA 100	0	0	0	0
ACC 23 PA	-0.88148	-0.89516	-0.91523	-0.82149

**จัดทำโดยการใช้ MS-Excel

ตารางที่ 4.1.3 แสดงค่าสัมพัทธ์ของแผ่นดินไหววันที่ 9 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 05:59:51 น.

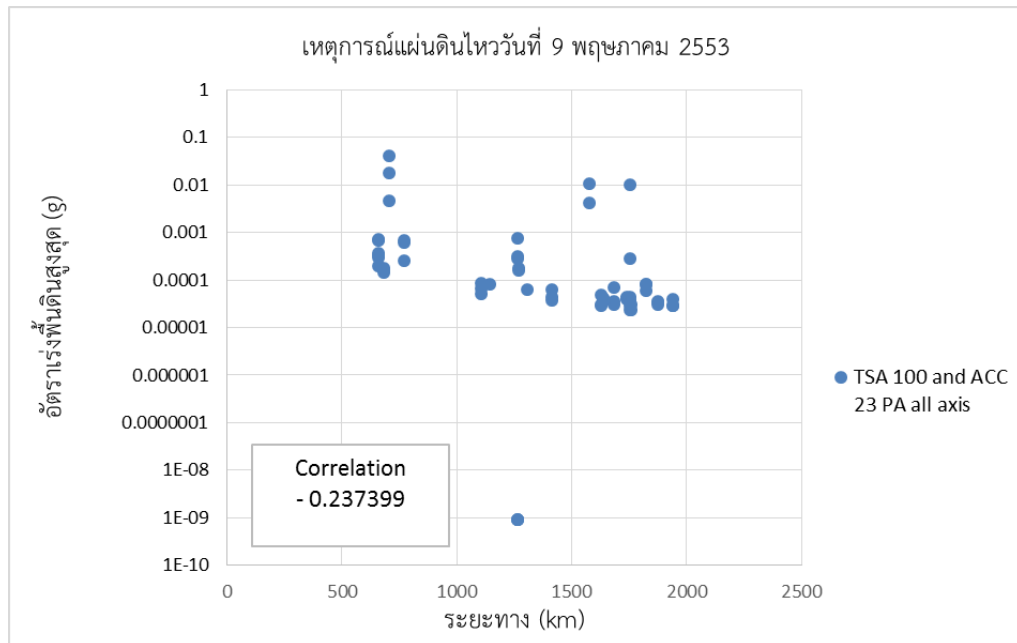
9 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 05:59:51 น.				
	all axis	E-W	N-S	Ve
TSA 100 and ACC 23 PA	-0.2374	-0.36559	-0.10129	-0.29122
TSA 100	-0.1881	-0.366	0.126007	-0.295
ACC 23 PA	-0.71034	-0.73233	-0.73596	-0.73233
คัดข้อมูลน้อยกว่า 10^{-8} ออก				
TSA 100 and ACC 23 PA	-0.24137	-0.36901	-0.10683	-0.2966
TSA 100	0	0	0	0
ACC 23 PA	-0.75554	-0.82799	-0.78425	-0.80267

**จัดทำโดยการใช้ MS-Excel

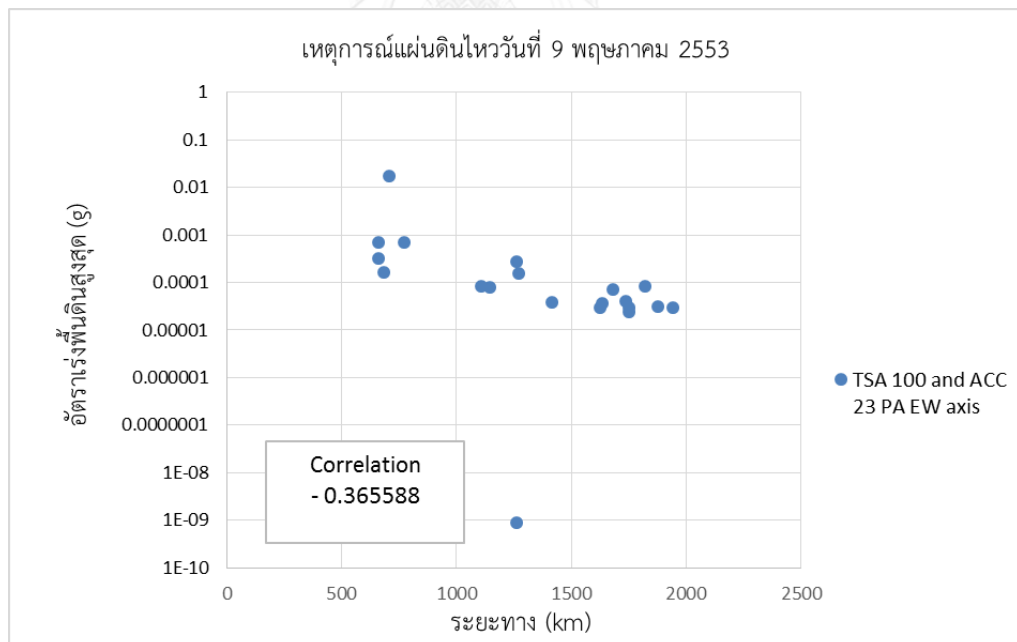
ตารางที่ 4.1.4 แสดงค่าสัมพัทธ์ของแผ่นดินไหววันที่ 11 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 12:17:49 น.

11 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 12:17:49 น.				
	all axis	E-W	N-S	Ve
TSA 100 and ACC 23 PA	-0.25311	-0.41803	-0.03379	-0.37608
TSA 100	-0.24015	-0.41101	0.224673	-0.40889
ACC 23 PA	-0.44889	-0.5976	-0.59432	-0.52992
คัดข้อมูลน้อยกว่า 10^{-8} ออก				
TSA 100 and ACC 23 PA	-0.25216	-0.41101	-0.0247	-0.37648
TSA 100	-0.20876	-0.3459	0.372659	-0.38719
ACC 23 PA	-0.47606	-0.69135	-0.62125	-0.59194

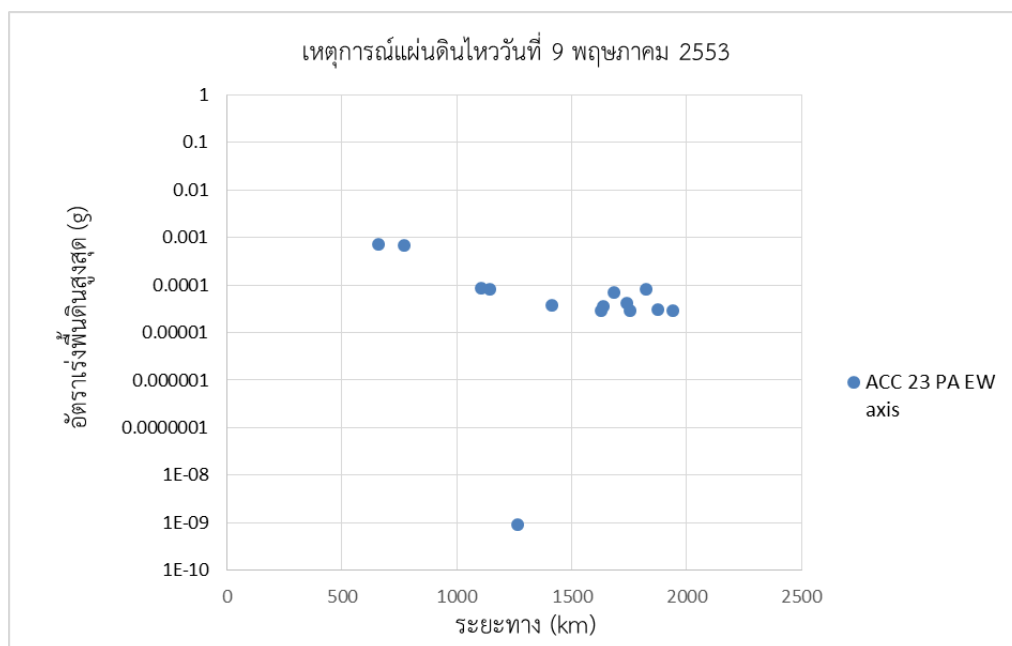
**จัดทำโดยการใช้ MS-Excel



รูปที่ 4.1.1 แสดงตัวอย่าง Scatter Plot กรณีที่ไม่มีการแยกชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัดและไม่มีการแยกแกนทิศทางการเคลื่อนตัว



รูปที่ 4.1.2 แสดงตัวอย่าง Scatter Plot กรณีที่ไม่มีการแยกชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัด แต่มีการแยกแกนทิศทางการเคลื่อนตัวโดยใช้แกนทิศทางการเคลื่อนตัวตะวันออก-ตะวันตก

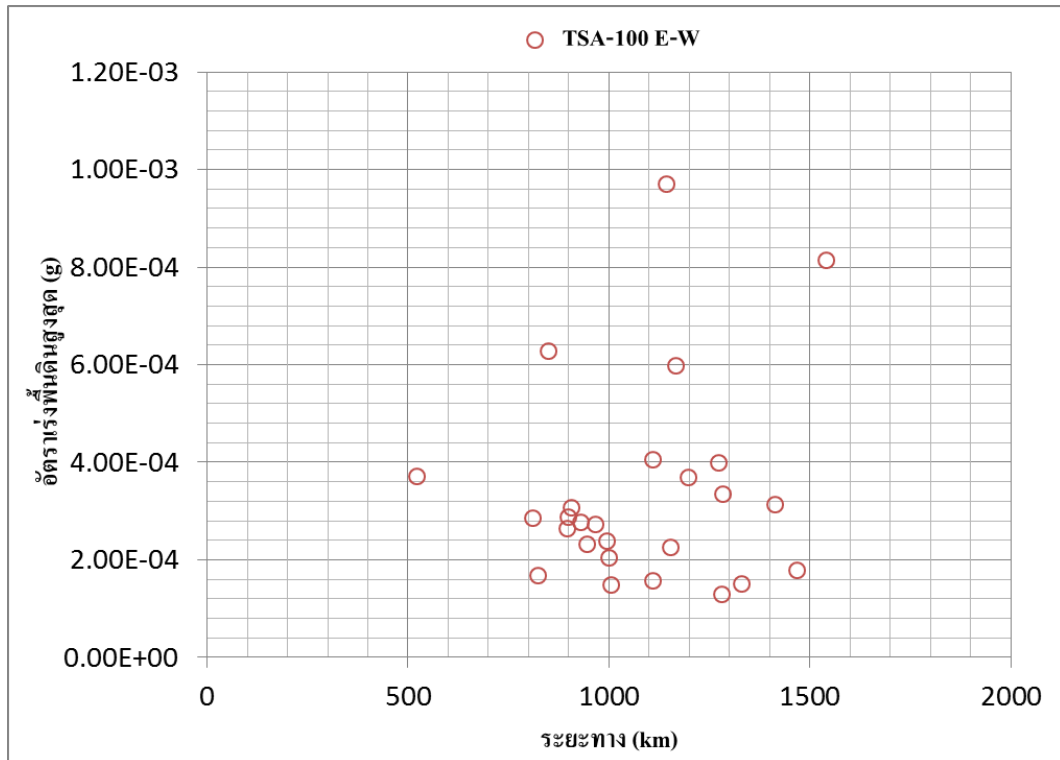


รูปที่ 4.1.3 แสดงตัวอย่าง Scatter Plot กรณีที่มีการแยกชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัด โดยอุปกรณ์ตรวจวัดชนิด ACC 23 PA และแยกแกนทิศทางการเคลื่อนตัวโดยใช้แกนทิศทางการเคลื่อนตัวตะวันออก-ตะวันตก

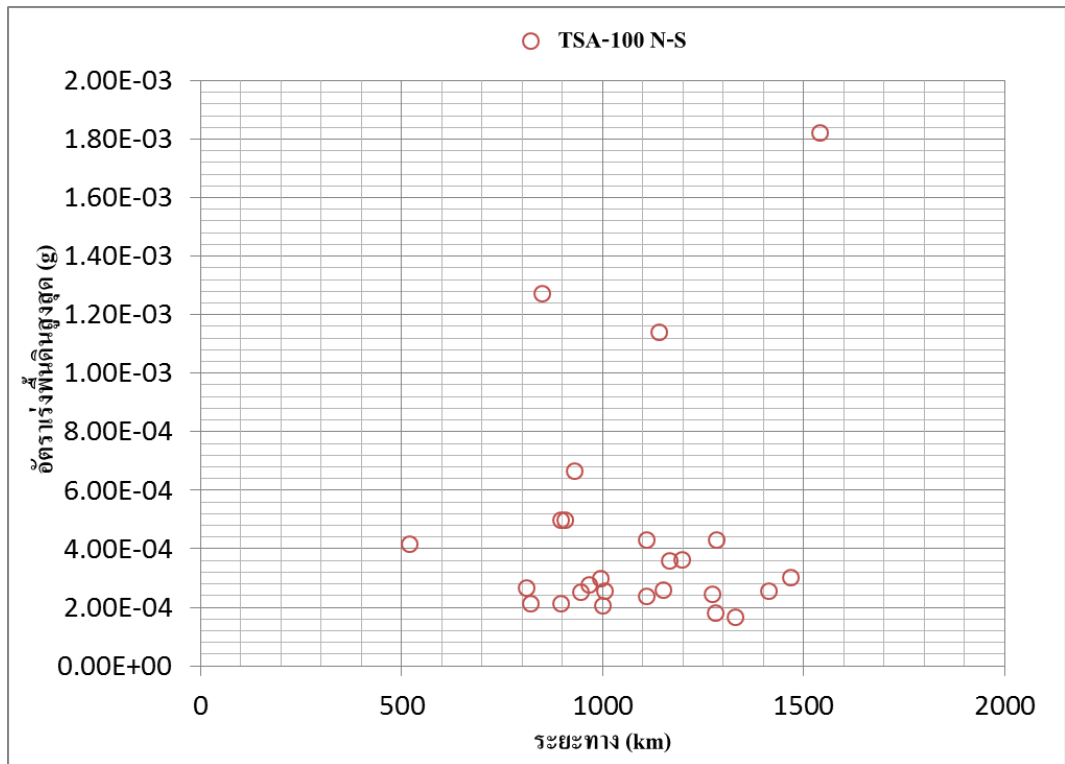
4.2 การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Scatter Plot

ในการวิเคราะห์นี้จะใช้ข้อมูลในช่วงปีพ.ศ.2551-2555 ซึ่งเป็นข้อมูลทั้งหมดที่จะนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้โดยจะวิเคราะห์โดยแยกชนิดของอุปกรณ์ตรวจวัด โดยเริ่มจากเลือกสถานีมาหนึ่งสถานีนำมาตรวจสอบวิเคราะห์เหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้งหมดที่สามารถตรวจวัดได้จากสถานีที่เลือกมา การวิเคราะห์ในลักษณะนี้ให้ข้อดีเรื่องความแตกต่างของค่าที่วัดได้เนื่องจากกำลังขยายของชั้นดินเพราะมีกำลังขยายจากชั้นดินเดียวกันหมด หากนำข้อมูลหลายๆสถานีมารวมกันเพื่อวิเคราะห์ กำลังขยายของชั้นดินก็จะทำให้เกิดความแตก แต่การวิเคราะห์นี้ก็ทำให้เกิดความแตกต่างในเรื่องขนาดโมเมนต์ที่เกิดขึ้น ซึ่งก็ได้จำแนกออกเป็นสองส่วนหลักๆคือ ขนาดโมเมนต์ที่น้อยกว่า 6.5 และขนาดโมเมนต์ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 โดยสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 สามารถตรวจวัดเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดน้อยกว่า 6.5 ได้ทั้งหมด 26 เหตุการณ์ มีขนาดโมเมนต์ 4.9 – 6.2 ตามที่แสดงในรูปที่4.2.1 และรูปที่ 4.2.2 และ เหตุการณ์ที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 ได้ทั้งหมด 5 เหตุการณ์ มีขนาดโมเมนต์ 6.8-8.6 ในส่วนของสถานีระบบที่ 2 สามารถตรวจวัดเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดน้อยกว่า 6.5 ได้ทั้งหมด 41 เหตุการณ์ มีขนาดโมเมนต์ 4.9-6.2 ตามที่แสดงในรูปที่4.2.3 และรูปที่4.2.4 และ

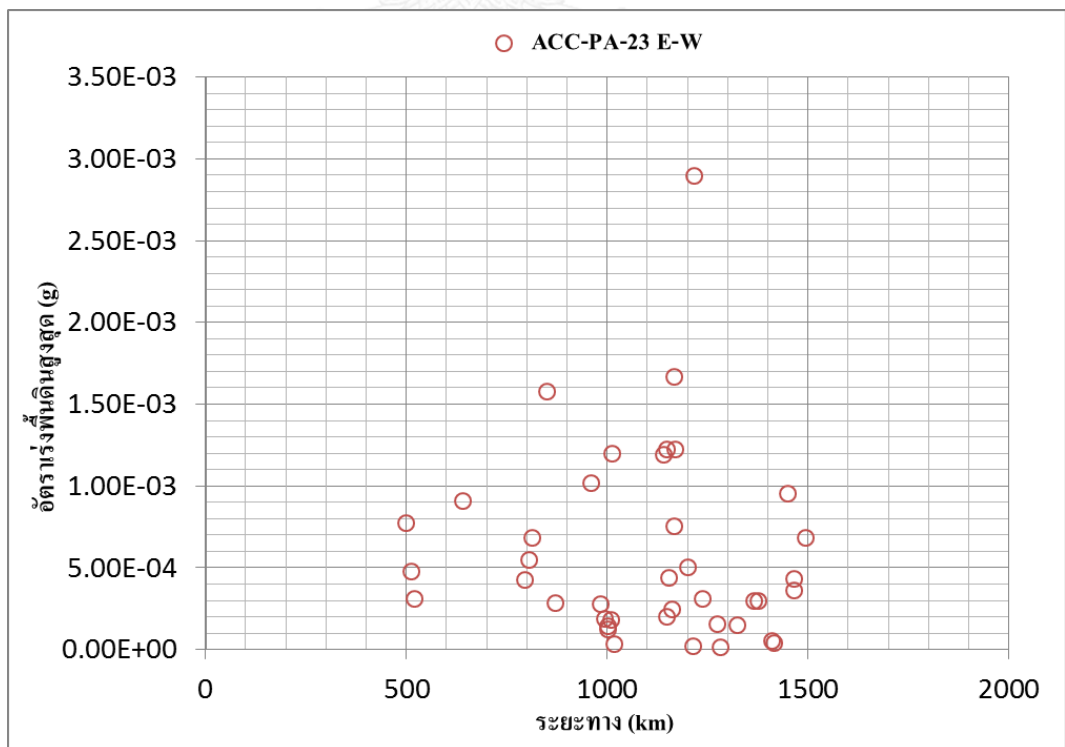
เหตุการณ์ที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 ได้ทั้งหมด 7 เหตุการณ์ มีขนาดโมเมนต์ 6.8-7.8 ซึ่งในการตรวจสอบการกระจายตัวนี้ได้ใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากสถานีของกรุงเทพมหานคร



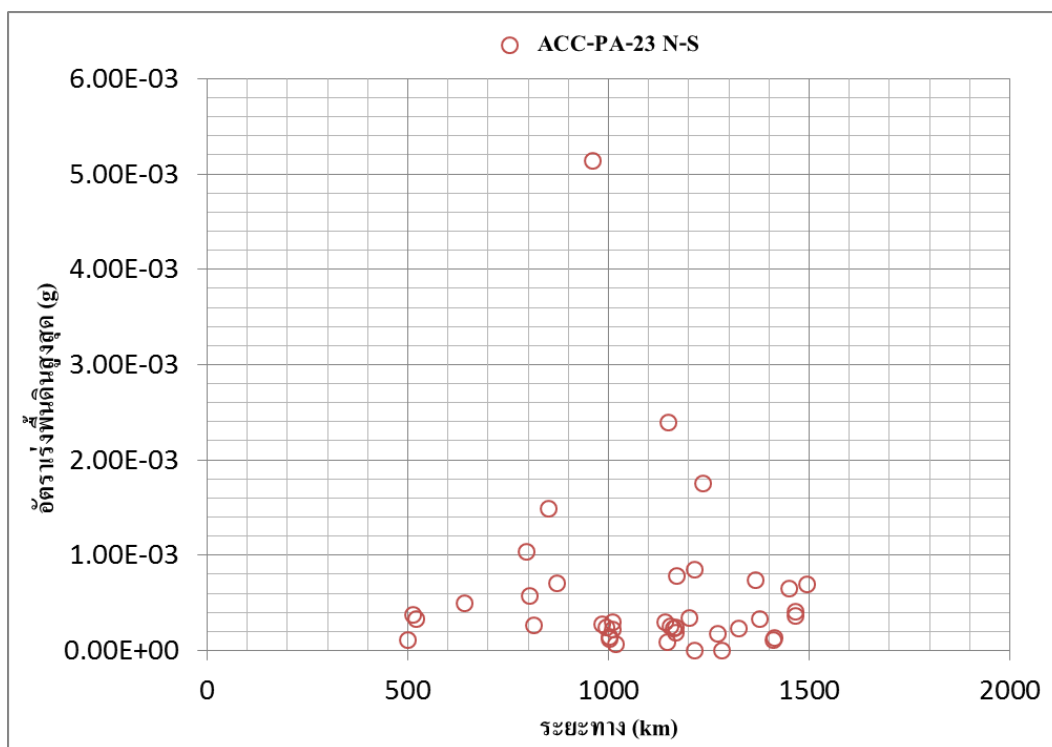
รูปที่ 4.2.1 ค่ากราฟที่plotได้จากสถานีชนิด TSA 100 แกนตะวันออก-ตะวันตก



รูปที่ 4.2.2 ค่ากราฟที่plotได้จากสถานีชนิด TSA 100 แกนเหนือ-ใต้



รูปที่ 4.2.3 ค่ากราฟที่plotได้จากสถานีชนิด ACC 23 PA แกนตะวันออก-ตะวันตก



รูปที่ 4..2.4 ค่ากราฟที่plotได้จากสถานีชนิด ACC 23 PA แกนเหนือ-ใต้

4.3 การจำแนกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว วิเคราะห์ข้อมูล Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram

ในการวิเคราะห์นี้จะทำการแยกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวด้วยการสร้างตารางโดย ตารางจะถูกสร้างในช่วงละติจูดที่ -2 ถึง 28 ลองจิจูดที่ 89 ถึง 110 โดยเส้นตารางแกนนอนจะห่างกัน เส้นละ 2.5 องศาละติจูด และ เส้นตารางแกนตั้งจะห่างกันเส้นละ 2.625 องศาละติจูด ได้ตาราง ขนาด 8 หลัก 12 แถว ถูกแบ่งโซนได้ทั้งหมด 96 โซน ซึ่งในการวิเคราะห์จะจำกัดของทั้งจุดต้นทางที่เกิดแผ่นดินไหวและปลายทางที่เป็นสถานีตรวจวัดเพื่อลดผลกระทบต่อค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่วัดได้ เนื่องจากระยะทาง ชั้นดินของสถานี และ ค่าการลดทอนที่จะเกิดขึ้นเมื่อคลื่นแผ่นดินไหวเดินทางจาก จุดกำเนิดถึงสถานีตรวจวัด โดยในภาพที่ทำการแบ่งตารางตัวเลขด้านบนแสดงหมายเลขโซน และ ตัวเลขด้านล่างจะแสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่สถานีตรวจวัดในประเทศไทยสามารถตรวจวัดได้ในแต่ละโซน โดยโซนที่จะนำมาศึกษาวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงแบบปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม คือ บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย (โซนหมายเลข 18, 19, 20, 30 และ 31) บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา (โซนหมายเลข 23, 34, 35, 47 และ 48) และบริเวณประเทศพม่า (โซนหมายเลข

26,27,38) ตามรูปที่ 4.3.1 และรูปที่ 4.3.2 เนื่องจากมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จำนวนมาก การวิเคราะห์จะนำบริเวณอยู่ใกล้เคียงใกล้มาวิเคราะห์รวมกัน



รูปที่ 4.3.1 จำนวนแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากสถานีชนิด TSA 100

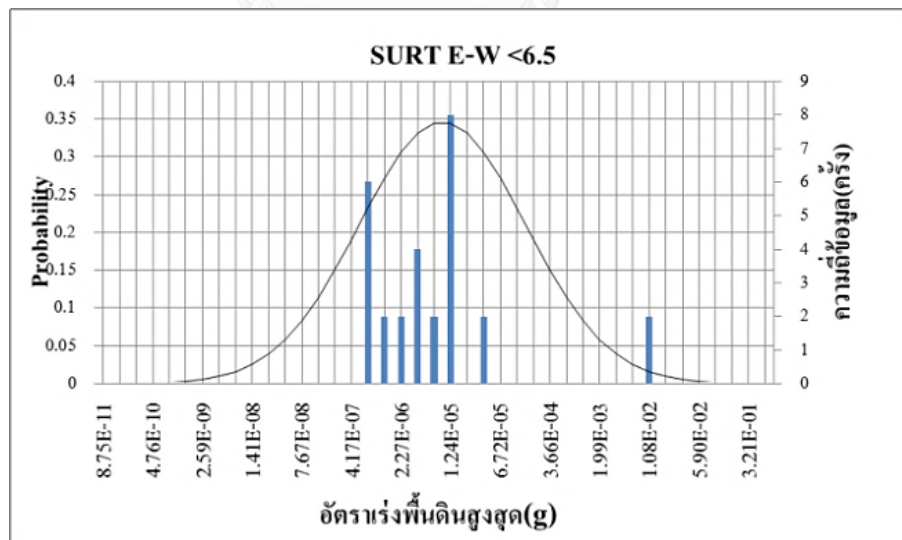
<u>1</u>	<u>13</u>	<u>25</u>	<u>37</u>	<u>49</u>	<u>61</u>	<u>73</u>	<u>85</u>
<u>2</u>	<u>14</u>	<u>26</u>	<u>38</u>	<u>50</u>	<u>62</u>	<u>74</u>	<u>86</u>
<u>1</u>		<u>2</u>	<u>5</u>				
<u>3</u>	<u>15</u>	<u>27</u>	<u>39</u>	<u>51</u>	<u>63</u>	<u>75</u>	<u>87</u>
		<u>2</u>		<u>2</u>			
<u>4</u>	<u>16</u>	<u>28</u>	<u>40</u>	<u>52</u>	<u>64</u>	<u>76</u>	<u>88</u>
	<u>1</u>						
<u>5</u>	<u>17</u>	<u>29</u>	<u>41</u>	<u>53</u>	<u>65</u>	<u>77</u>	<u>89</u>
<u>6</u>	<u>18</u>	<u>30</u>	<u>42</u>	<u>54</u>	<u>66</u>	<u>78</u>	<u>90</u>
	<u>6</u>	<u>3</u>					
<u>7</u>	<u>19</u>	<u>31</u>	<u>43</u>	<u>55</u>	<u>67</u>	<u>79</u>	<u>91</u>
	<u>6</u>	<u>3</u>					
<u>8</u>	<u>20</u>	<u>32</u>	<u>44</u>	<u>56</u>	<u>68</u>	<u>80</u>	<u>92</u>
	<u>4</u>		<u>1</u>				<u>1</u>
<u>9</u>	<u>21</u>	<u>33</u>	<u>45</u>	<u>57</u>	<u>69</u>	<u>81</u>	<u>93</u>
	<u>13</u>						
<u>10</u>	<u>22</u>	<u>34</u>	<u>46</u>	<u>58</u>	<u>70</u>	<u>82</u>	<u>94</u>
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>7</u>					
<u>11</u>	<u>23</u>	<u>35</u>	<u>47</u>	<u>59</u>	<u>71</u>	<u>83</u>	<u>95</u>
	<u>4</u>	<u>18</u>	<u>10</u>				
<u>12</u>	<u>24</u>	<u>36</u>	<u>48</u>	<u>60</u>	<u>72</u>	<u>84</u>	<u>95</u>
			<u>2</u>				

รูปที่ 4.3.2 จำนวนแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากสถานีชนิด ACC 23 PA

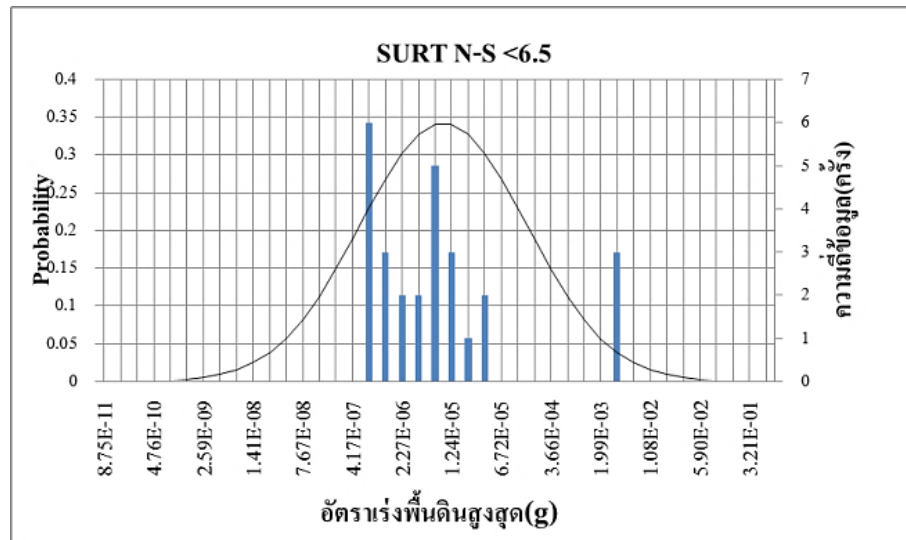
ในส่วนการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพฮิสโทแกรมและการแจกแจงแบบปกติได้มีการจัดทำสรุปจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากสถานีชนิด TSA 100 โดยจำแนกเป็นที่ส่วนคือ แคนตะวันออกตะวันตกที่ขนาดโมเมนต์น้อยกว่า 6.5 แคนตะวันออกตะวันตกที่ขนาดโมเมนต์มากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 แคนเหนือใต้ที่ขนาดโมเมนต์น้อยกว่า 6.5 และ แคนเหนือใต้ที่ขนาดโมเมนต์มากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.3.1 พร้อมแสดงตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่วิเคราะห์ได้จากสถานีที่สามารถตรวจวัดเหตุการณ์แผ่นดินไหวได้ค่อนข้างมากตามรูปที่ 4.3.3-4.3.6

ตารางที่ 4.3.1 สรุปเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้โดยสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100

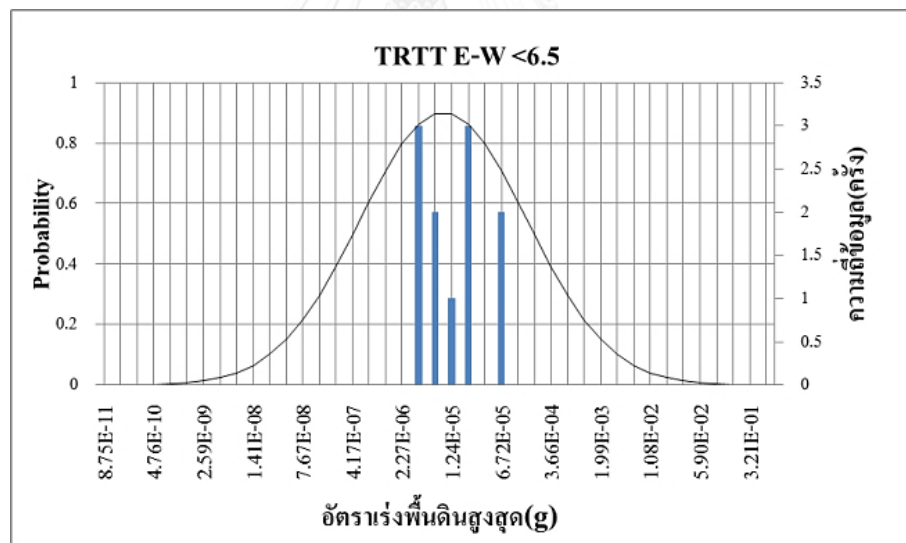
สถานี	E-W \leq 6.5	E-W $>$ 6.5	N-S \leq 6.5	N-S $>$ 6.5
BKKA	2	0	2	0
CHBT	13	4	13	4
CMMT	21	3	21	3
KHLT	18	1	18	1
KRDT	21	3	21	3
MHIT	17	2	18	2
MHMT	14	2	14	2
PBKT	26	4	26	6
PKDT	22	2	23	3
RNTT	14	0	15	0
SKLT	31	4	31	4
SKNT	19	3	18	4
SRDT	24	4	24	4
SURT	32	6	31	6
TRTT	30	4	30	4
UBPT	20	4	20	4



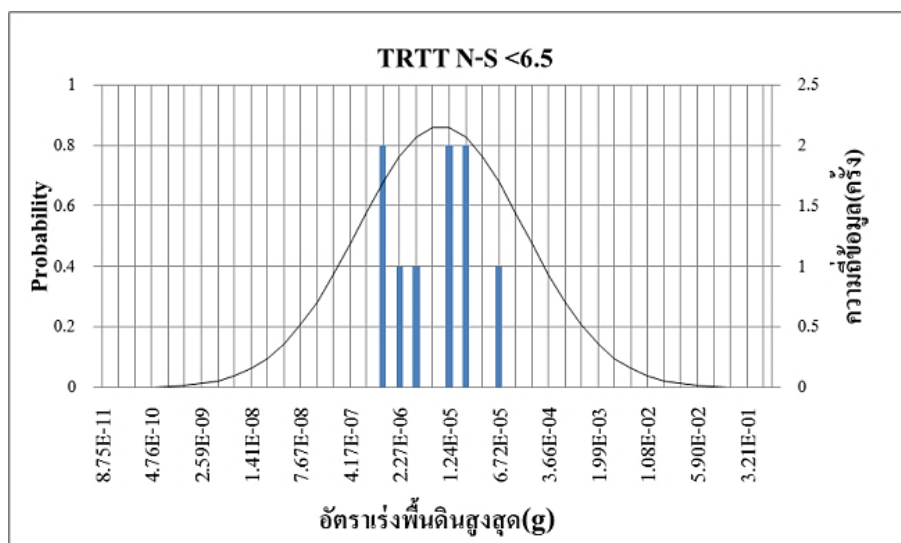
รูปที่ 4.3.3 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโตแกรม เชื้อนรัชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4.3.4 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม เชื้อนรัชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 4.3.5 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม จังหวัดตรัง



รูปที่ 4.3.6 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรม จังหวัดตรัง

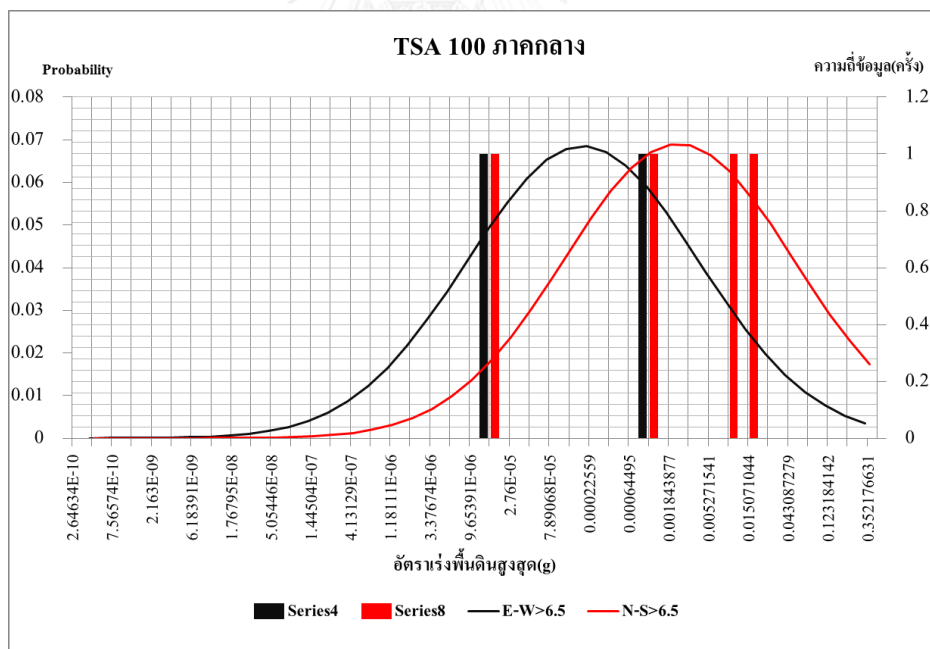
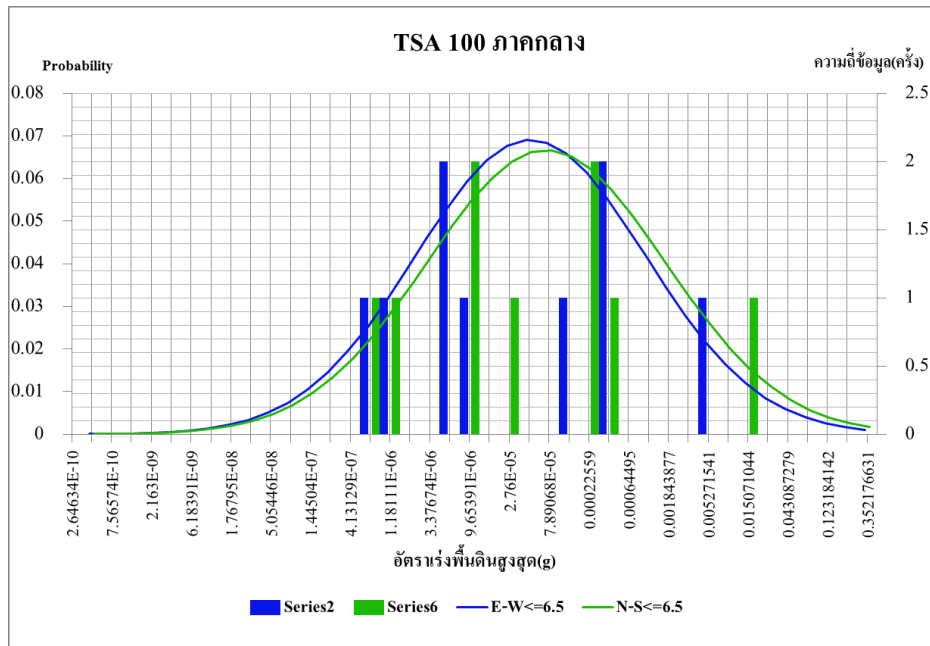
4.4 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัด วิเคราะห์ข้อมูล Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram

การวิเคราะห์ในส่วนนี้ก็ยังคงใช้เหตุการณ์ที่มีจุดกำเนิดอยู่ในบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย (โซนหมายเลข 18, 19, 20, 30 และ 31) บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา (โซนหมายเลข 23, 34, 35, 47 และ 48) และบริเวณประเทศพม่า (26, 27, 38) ในการวิเคราะห์นี้จะรวมข้อมูลที่ได้สถานีตามการแบ่งภาคของประเทศไทยซึ่งมีทั้งหมด 6 ภาค เพื่อให้มีข้อมูลในการวิเคราะห์แต่ละครั้งมากขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศจากข้อมูลที่ศึกษามาก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่าโดยมากก็ยังเป็นแผ่นดินไหวที่ยังไม่ค่อยมีความรุนแรงมากและเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดโมเมนต์มากกว่า 6.5 ก็มีอยู่น้อยมาก ตามที่แสดงในตารางที่ 6 โดยการแบ่งแกน ขนาดโมเมนต์ ก็ยังคงนำรูปแบบเดิมในการวิเคราะห์ก่อนหน้ามาใช้ในการวิเคราะห์แผนภาพฮิสโทแกรมและการแจกแจงปกติ

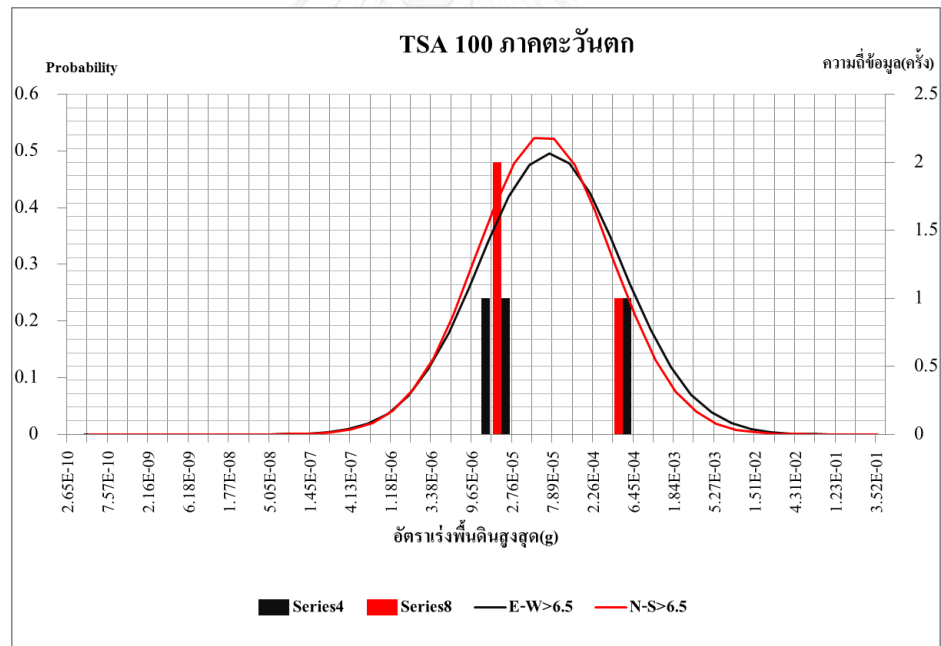
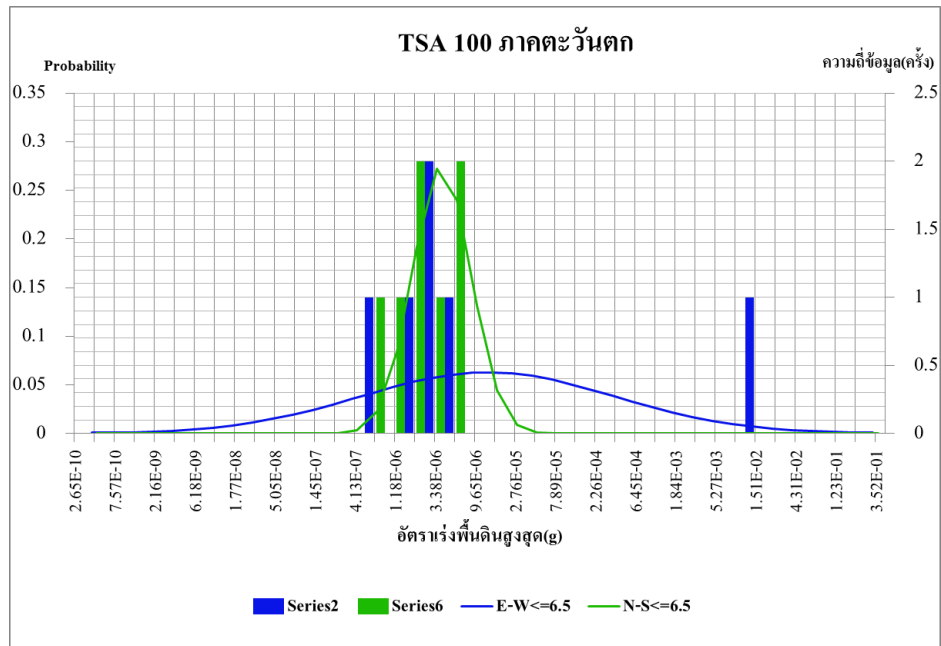
ตารางที่ 4.4.1 สรุปจำนวนแผ่นดินไหวที่บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด

TSA 100

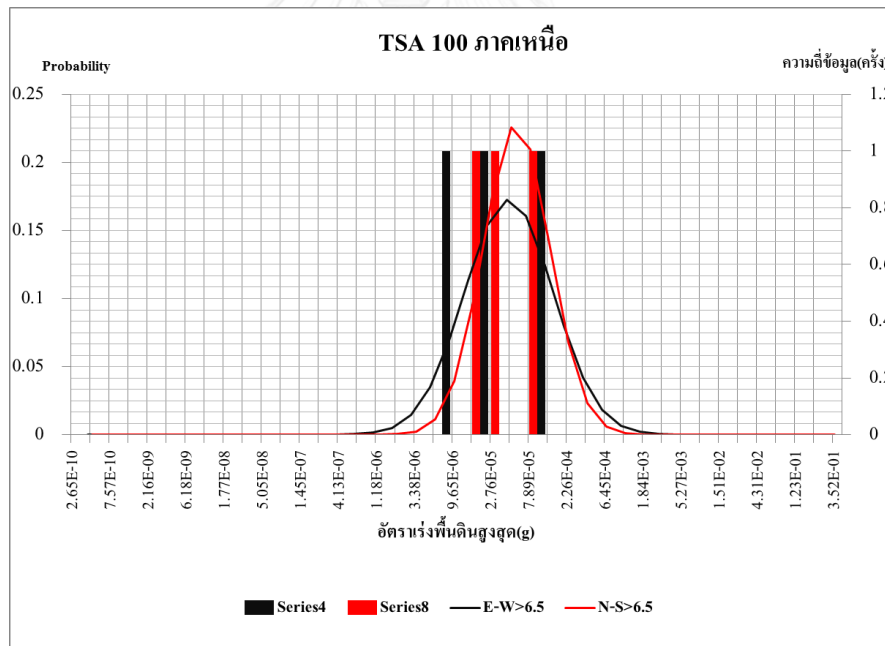
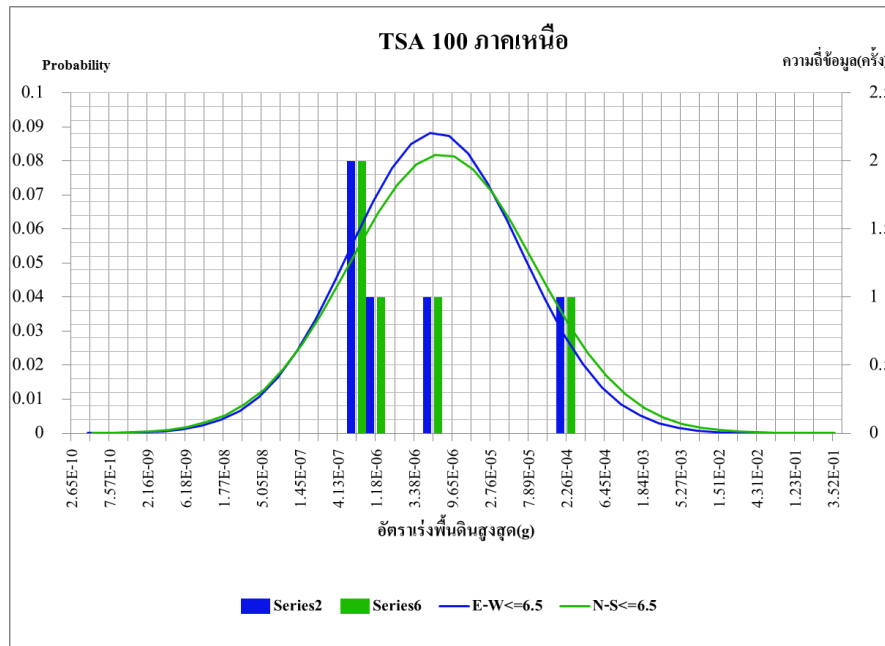
ภาค	E-W<6.5	E-W=>6.5	N-S<6.5	N-S=>6.5
กลาง	9	2	9	4
ตะวันตก	6	3	7	3
เหนือ	5	3	5	3
ใต้	33	10	33	11
ตะวันออกเฉียงเหนือ	9	7	9	8
ตะวันออก	4	2	4	2



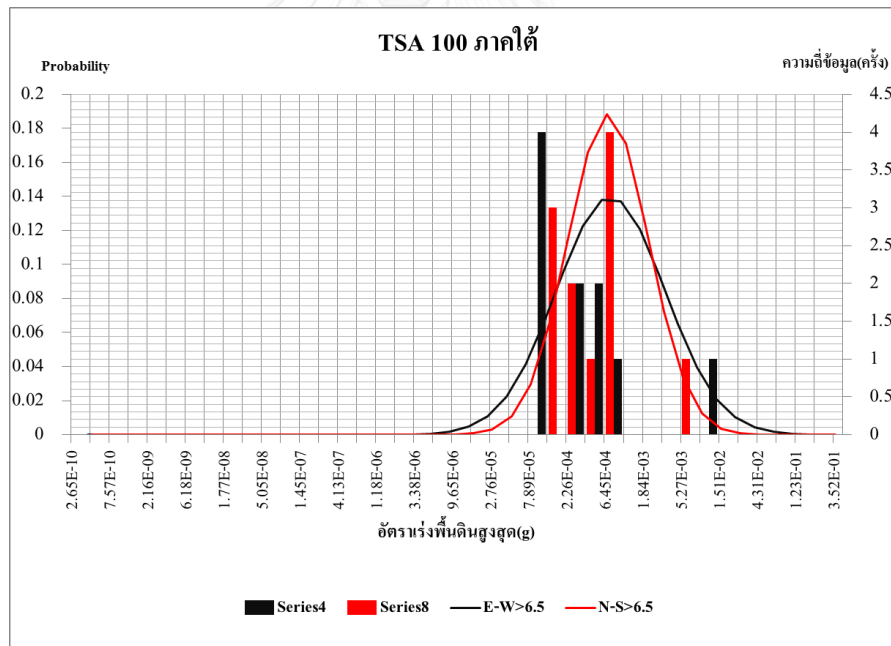
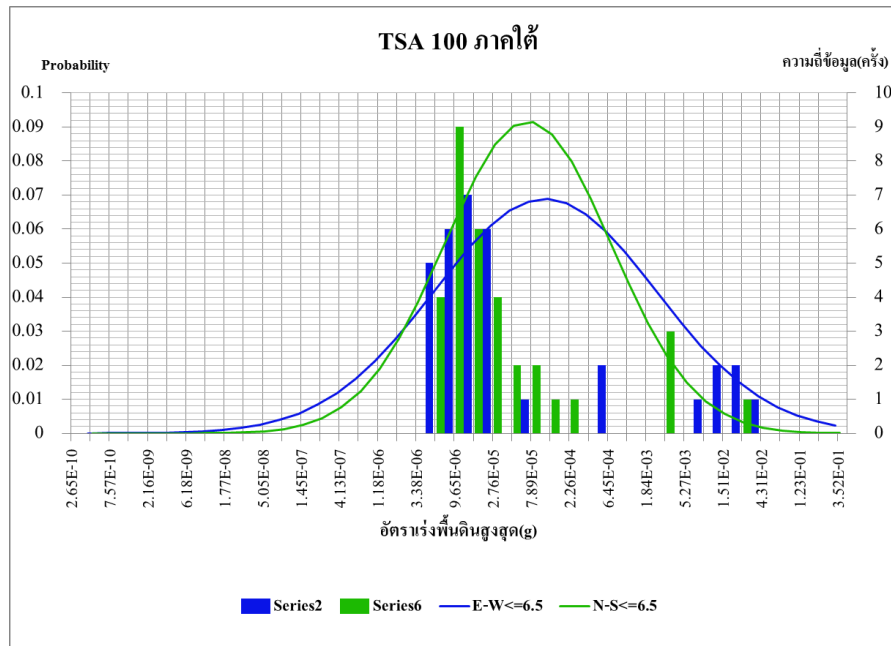
รูปที่ 4.4.1 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



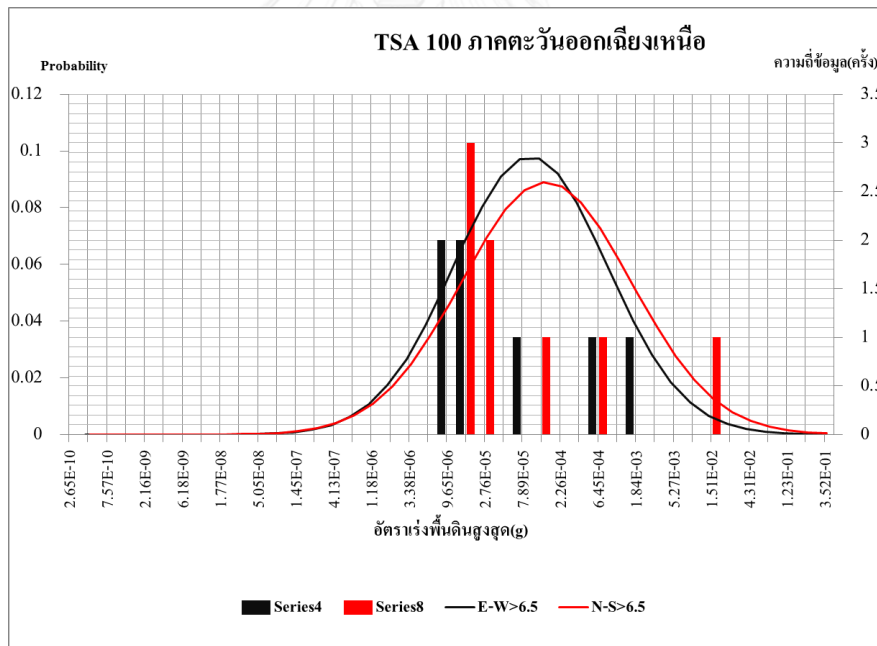
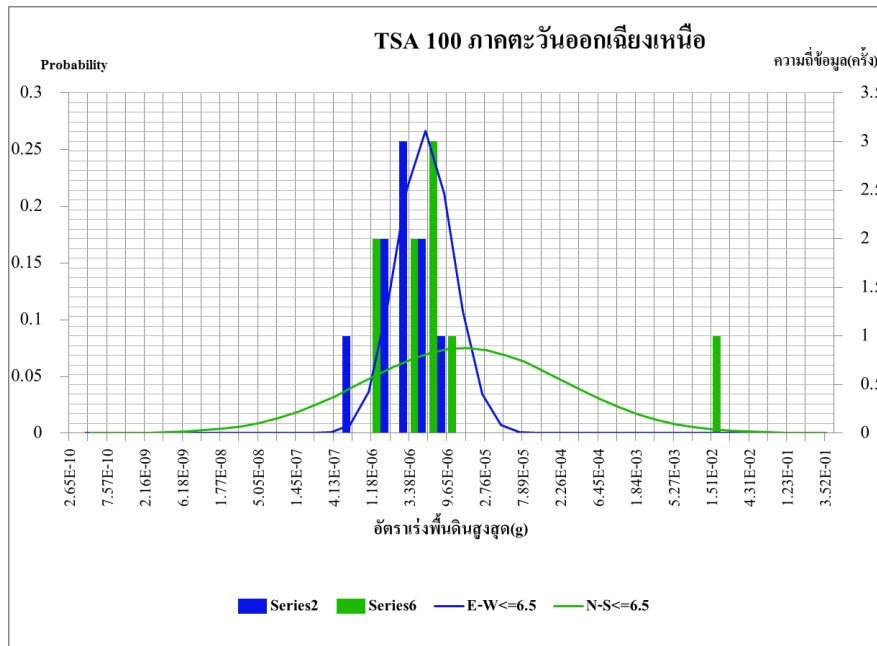
รูปที่ 4.4.2 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



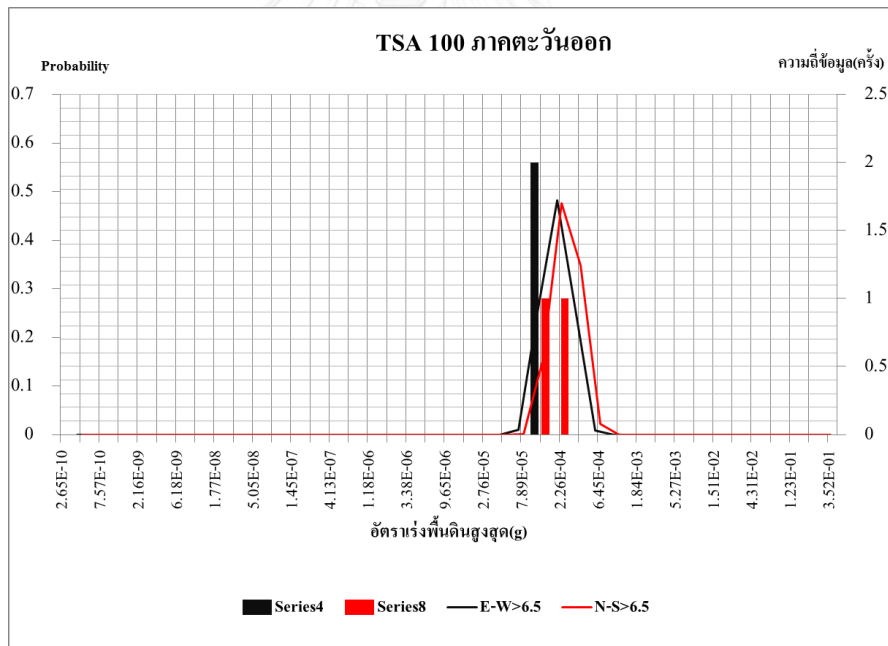
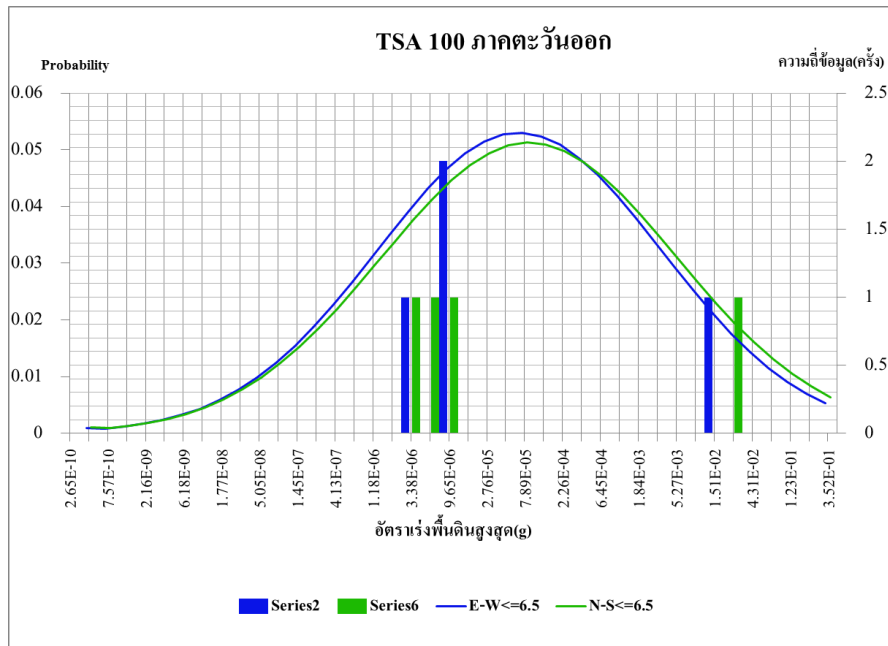
รูปที่ 4.4.3 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



รูปที่ 4.4.4 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโตแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



รูปที่ 4.4.5 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



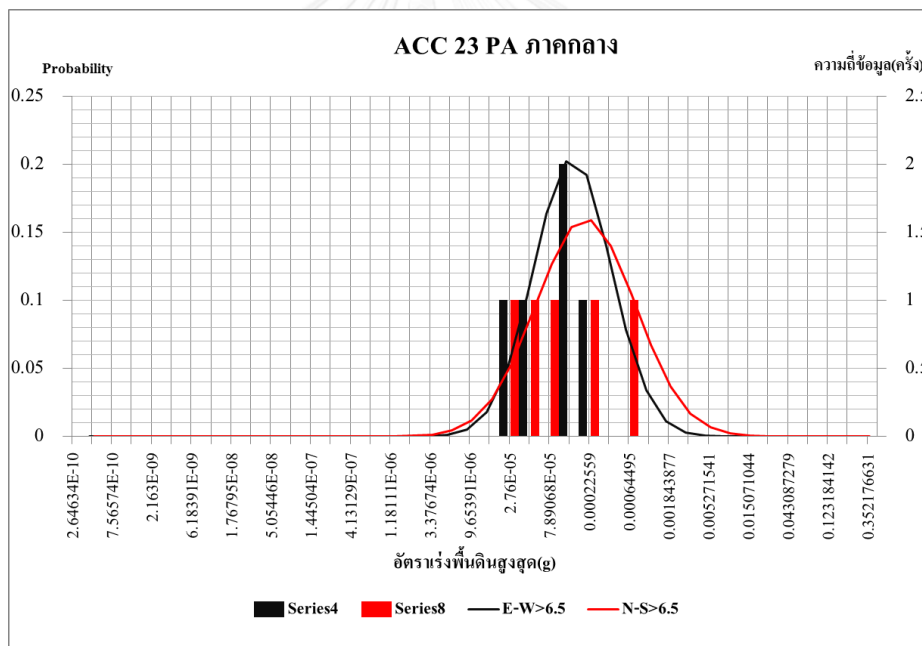
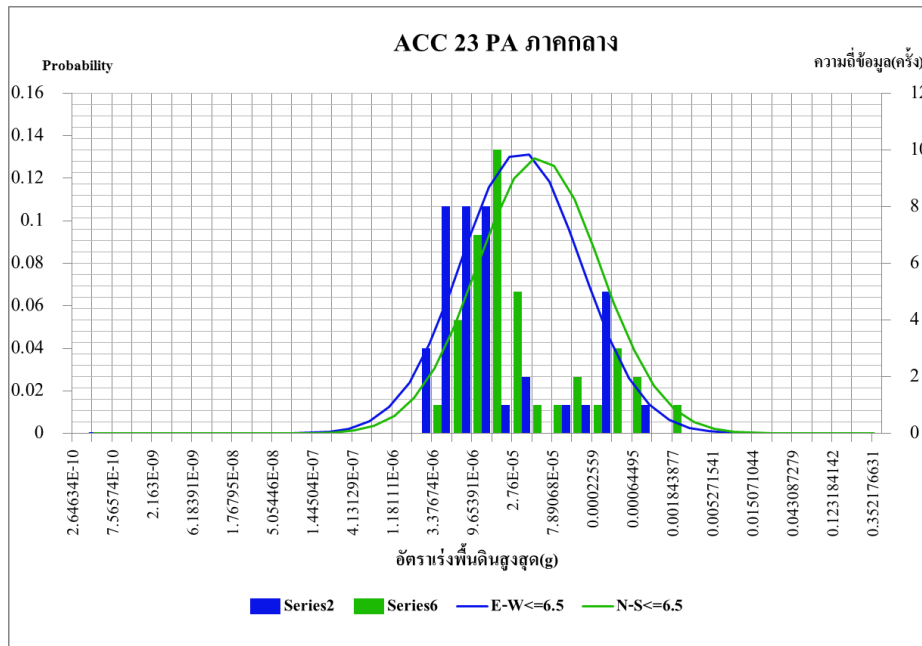
รูปที่ 4.4.6 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100

ตารางที่ 4.4.2 สรุปจำนวนแผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด ACC

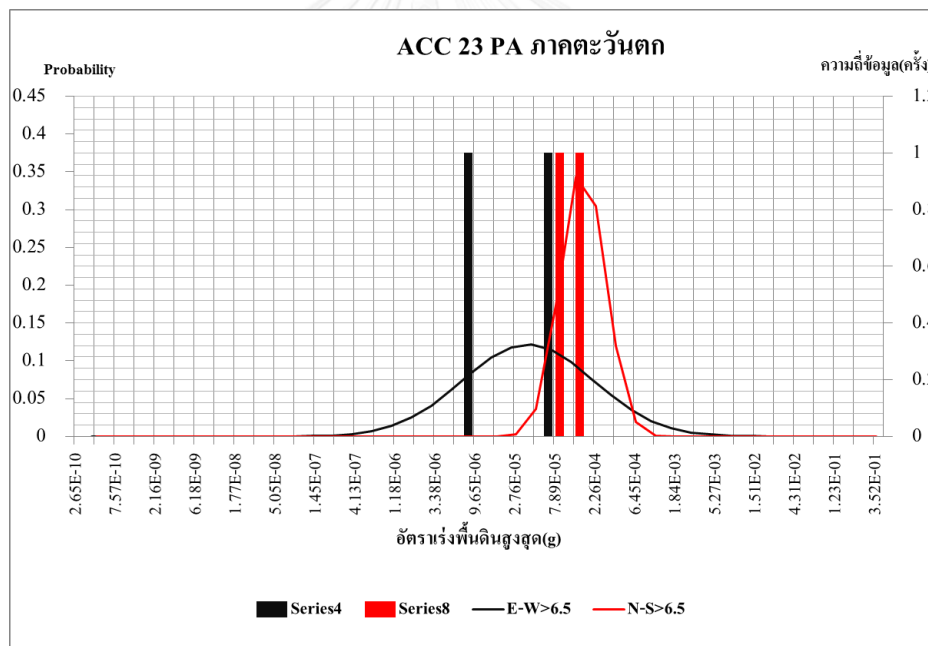
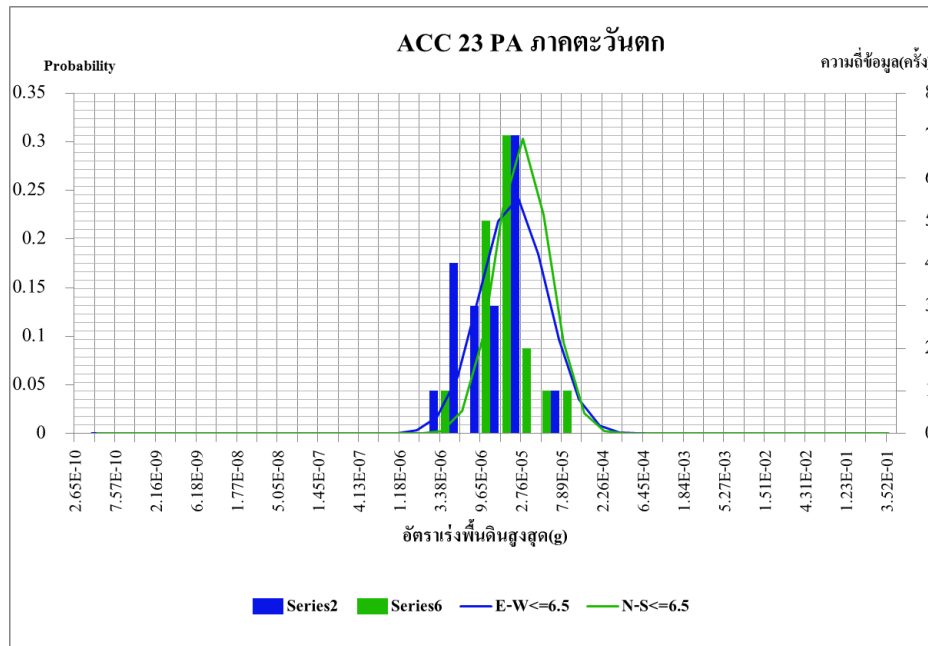
23 PA

ภาค	E-W \leq 6.5	E-W $>$ 6.5	N-S \leq 6.5	E-W $>$ 6.5
กลาง	38	5	38	5
ตะวันตก	19	2	17	2
เหนือ	53	9	56	9
ใต้	22	3	22	3
ตะวันออกเฉียงเหนือ	54	6	54	6
ตะวันออก	11	0	11	0

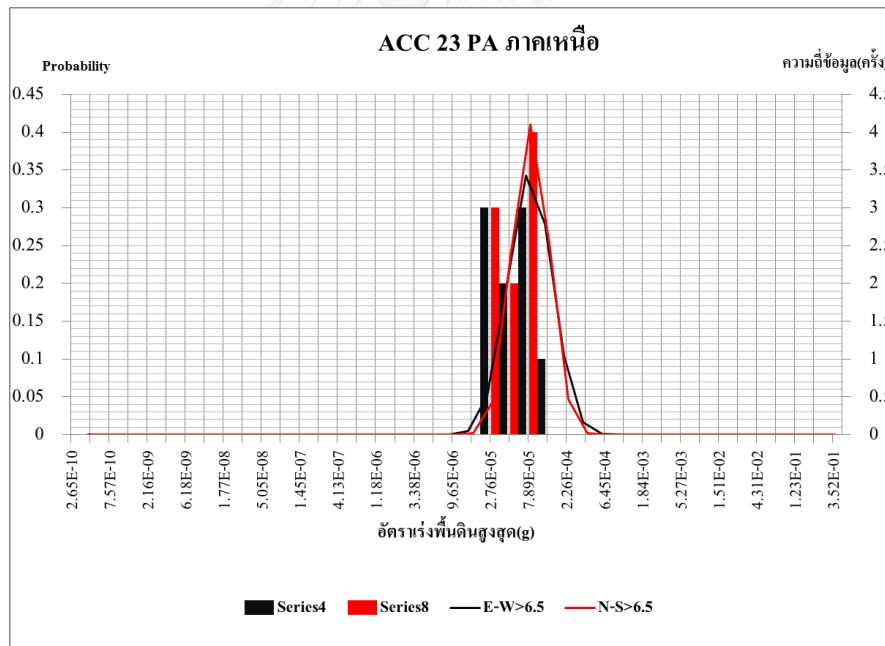
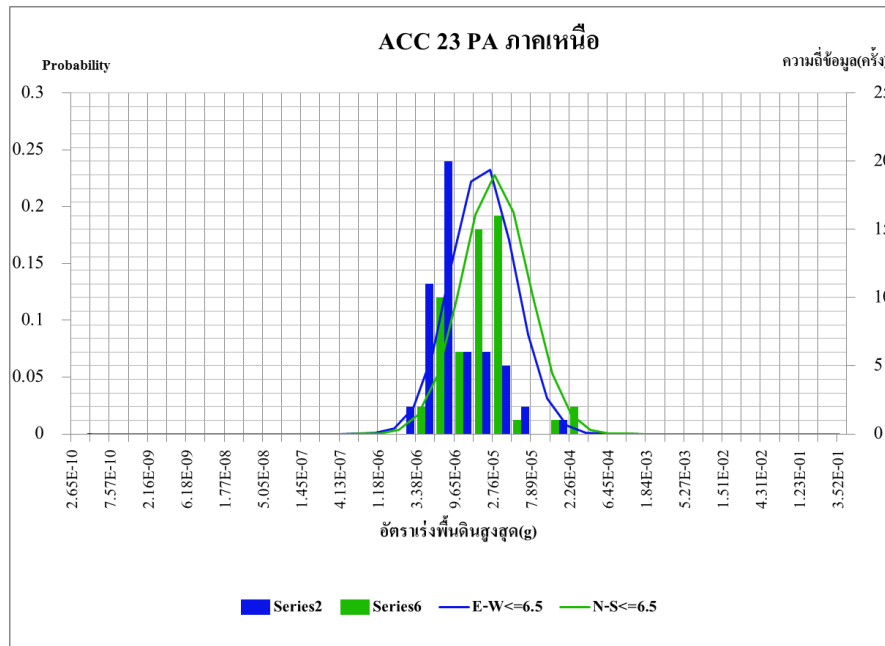




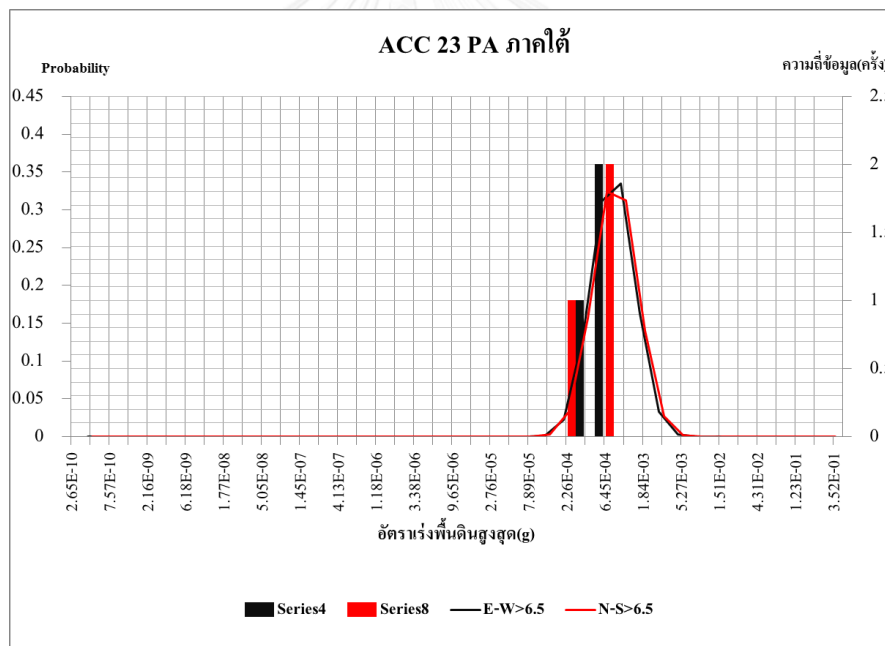
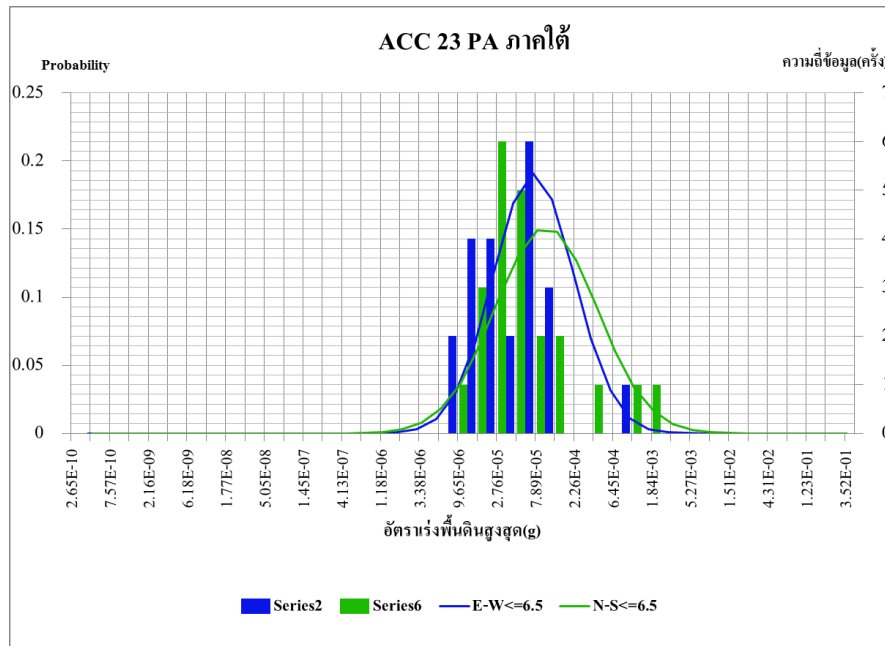
รูปที่ 4.4.7 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



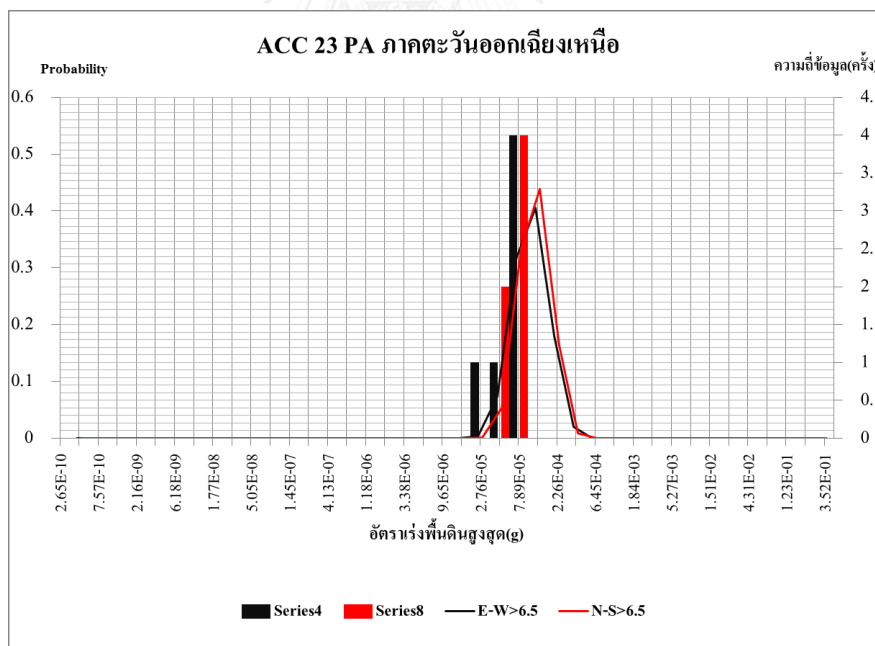
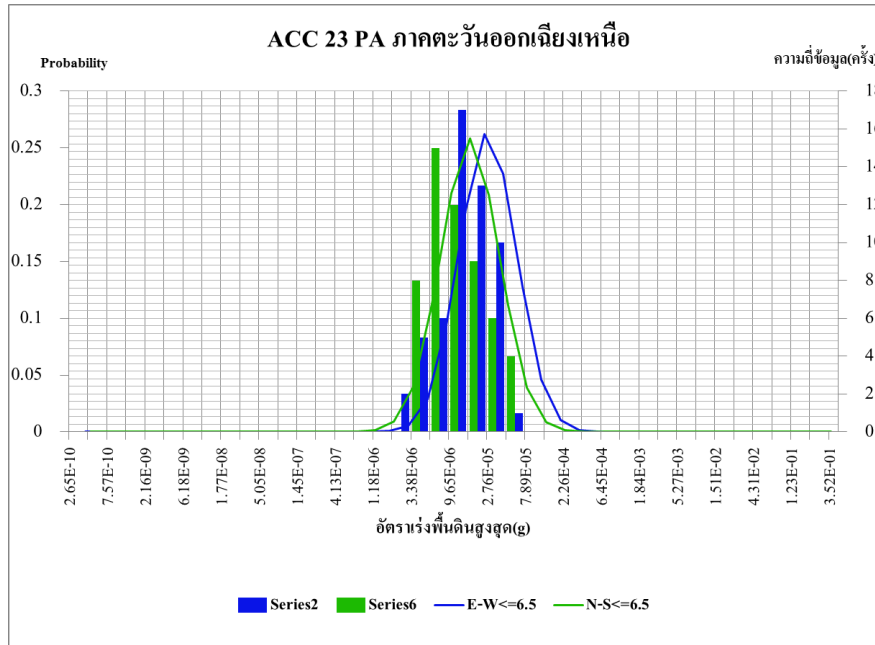
รูปที่ 4.4.8 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจชนิด ACC 23 PA



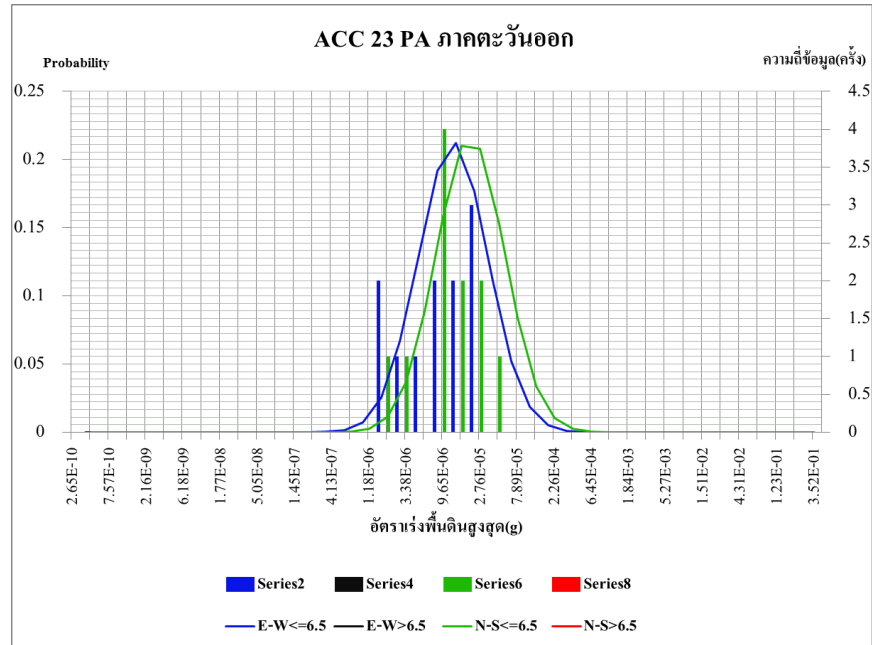
รูปที่ 4.4.9 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาร์
ตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



รูปที่ 4.4.10 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



รูปที่ 4.4.11 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาสถานีวิจัยวัดชนิด ACC 23 PA

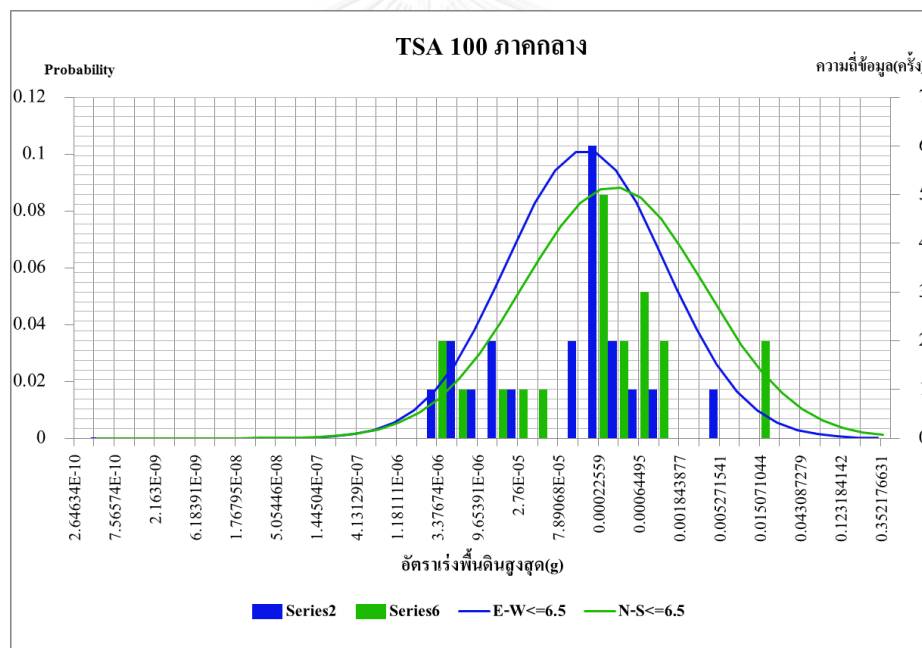


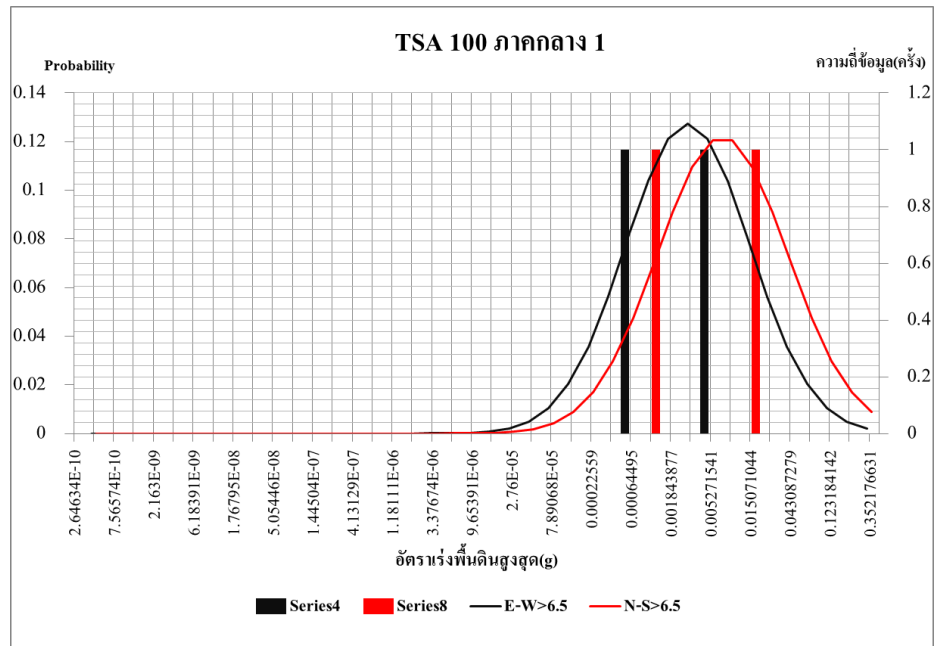
รูปที่ 4.4.12 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาร์
ตรวจวัดชนิด ACC 23 PA

ตารางที่ 4.4.3 สรุปจำนวนแผ่นดินไหวที่บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA

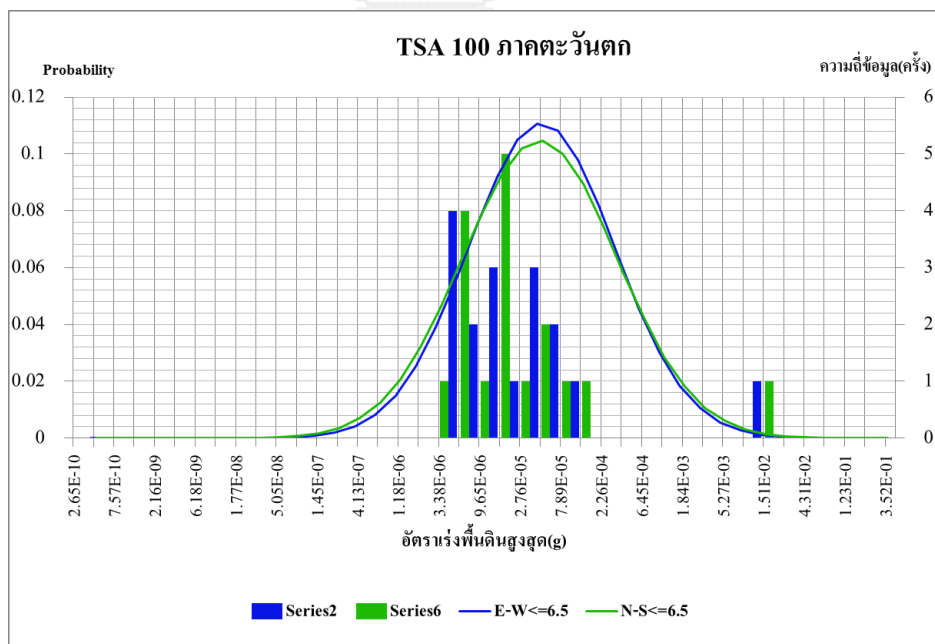
100

ภาค	E-W<=6.5	E-W>6.5	N-S<=6.5	E-W>6.5
กลาง	20	2	20	2
ตะวันตก	17	1	17	1
เหนือ	22	4	22	4
ใต้	40	2	40	2
ตะวันออกเฉียงเหนือ	26	3	25	3
ตะวันออก	3	1	3	1

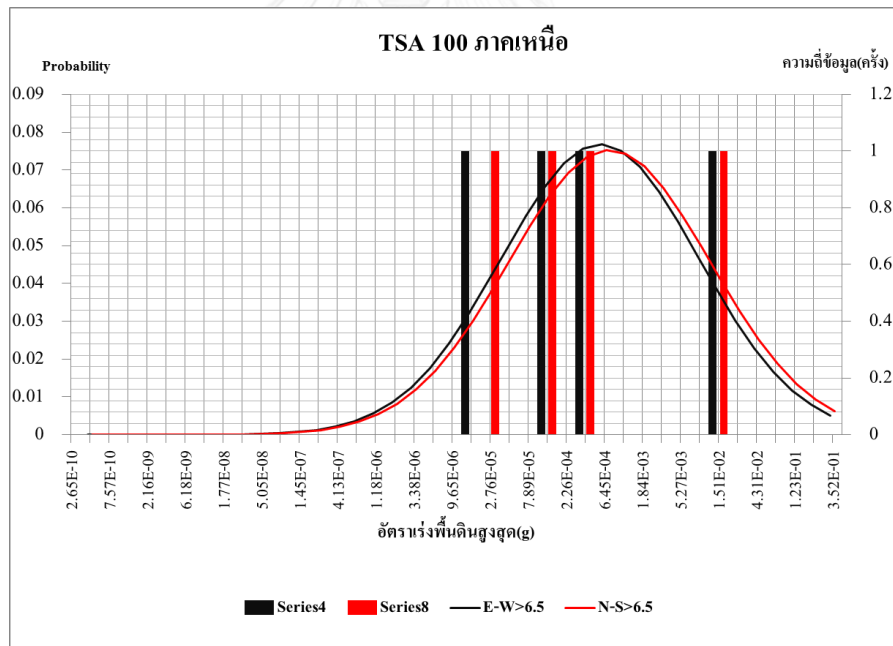
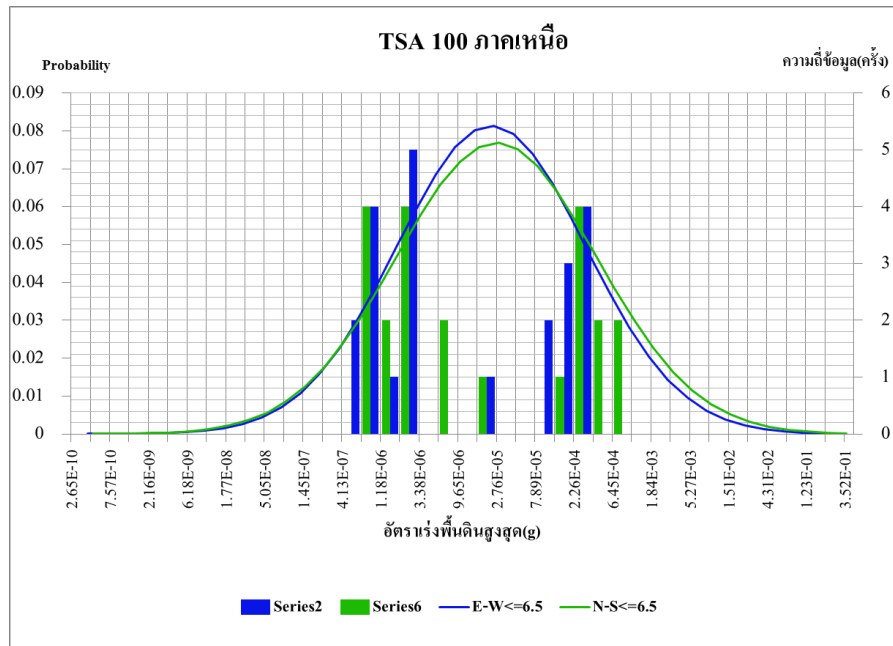




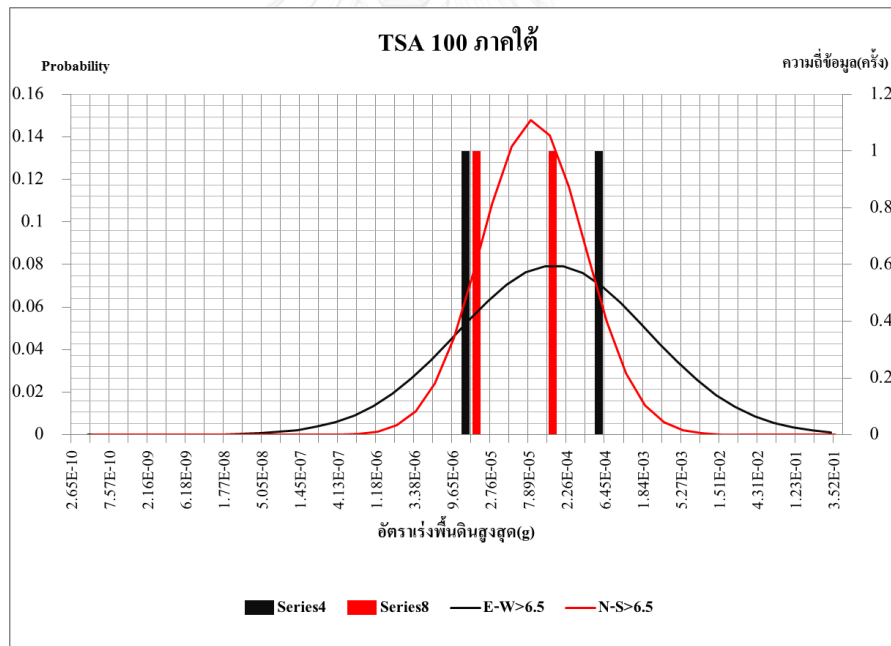
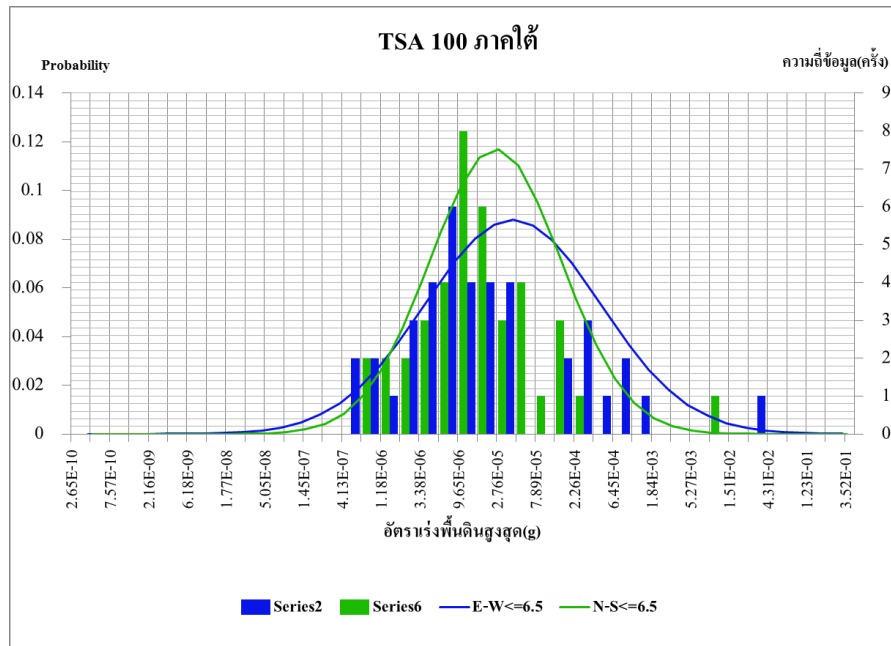
รูปที่ 4.4.13 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



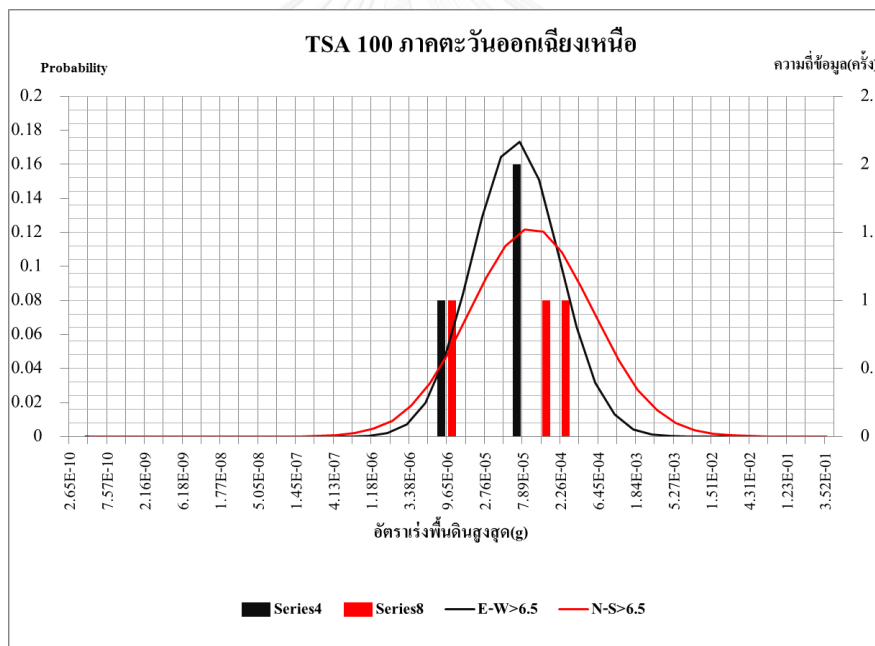
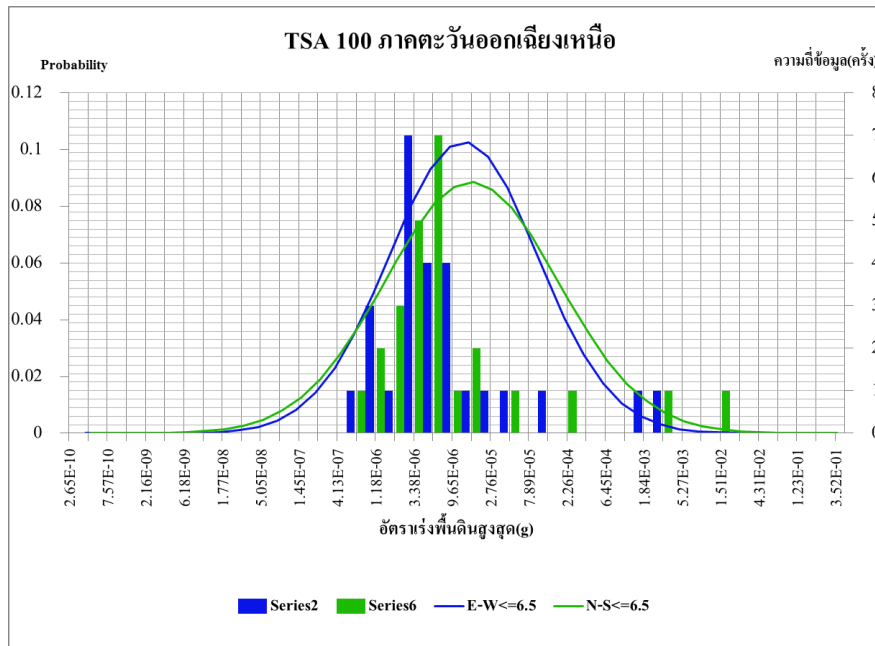
รูปที่ 4.4.14 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



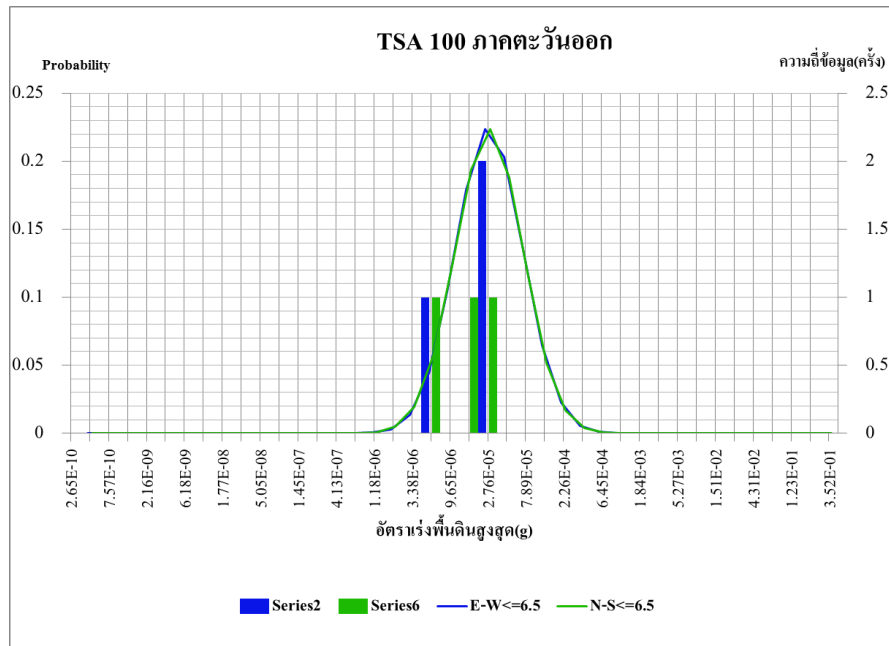
รูปที่ 4.4.15 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



รูปที่ 4.4.16 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดTSA 100



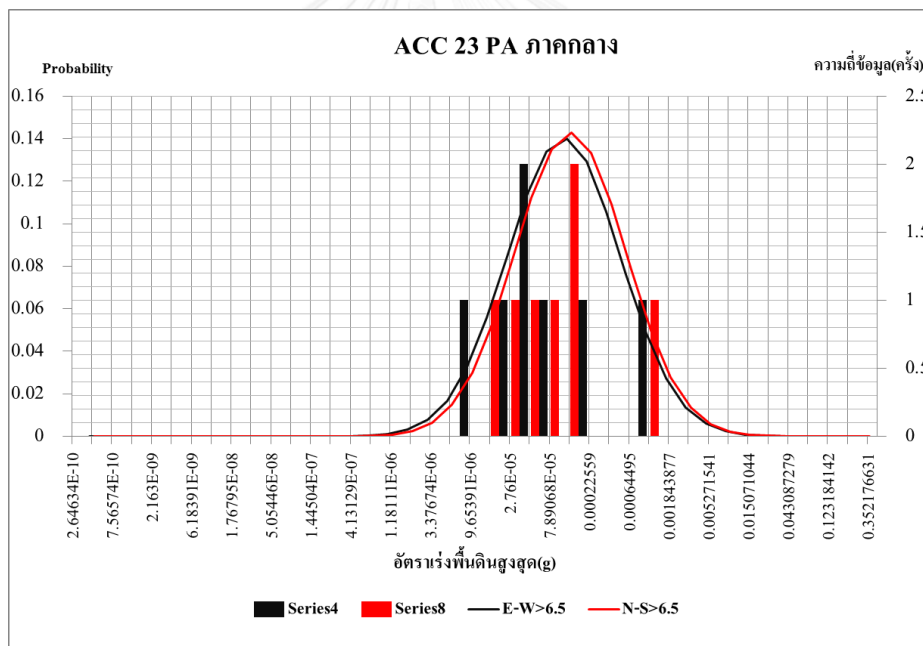
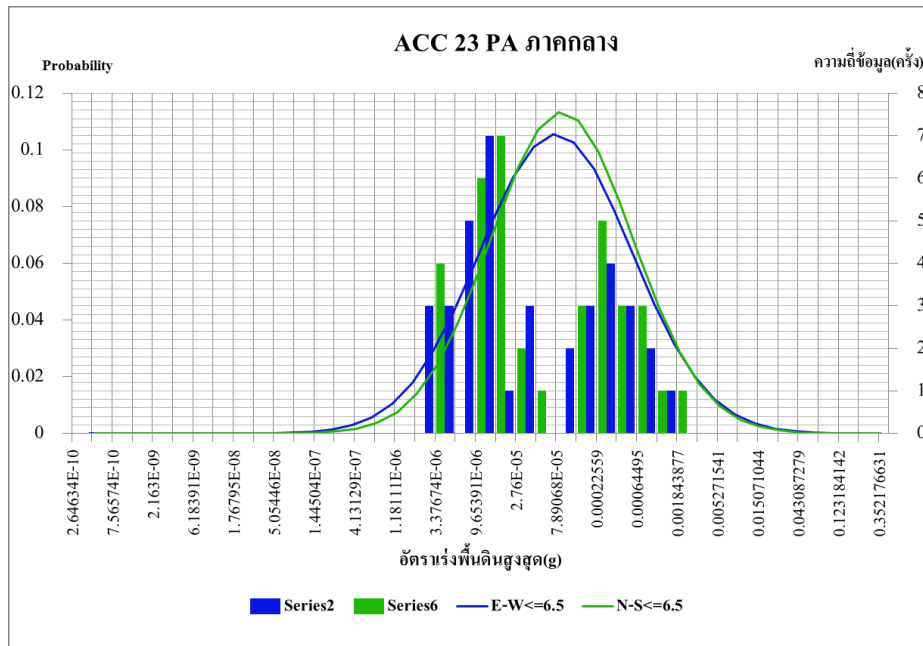
รูปที่ 4.4.17 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



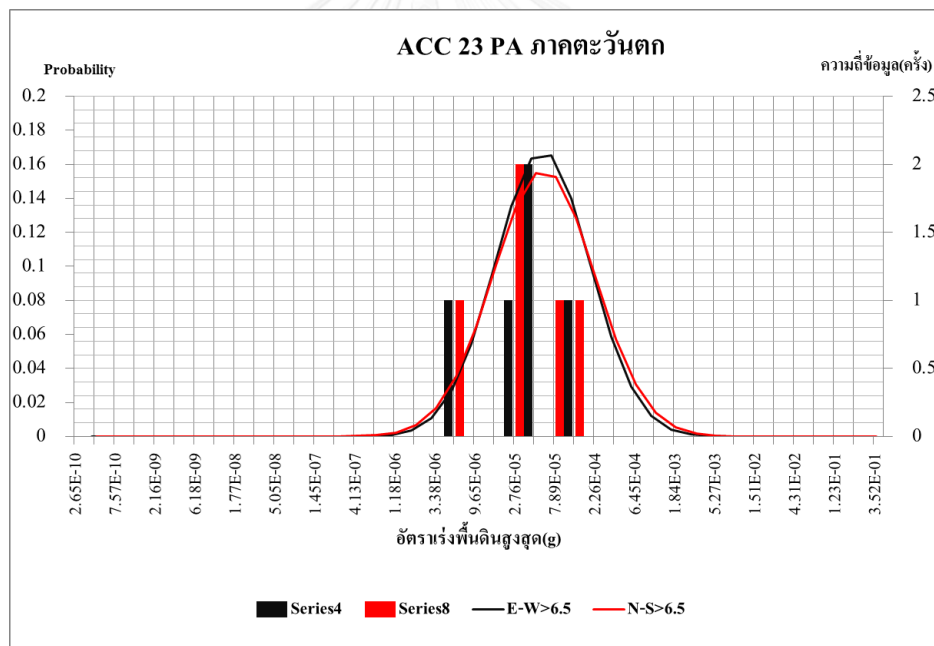
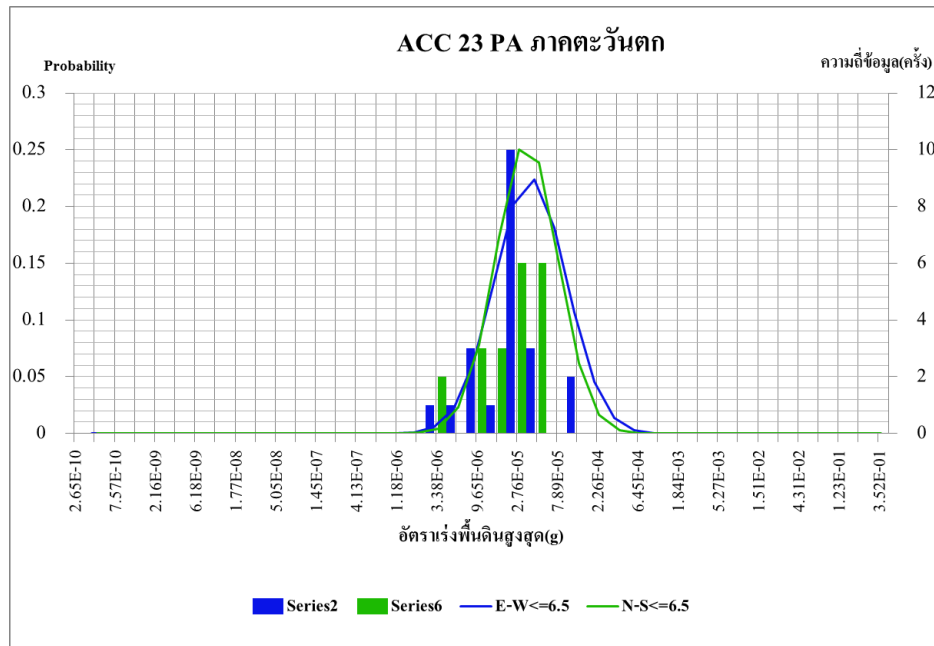
รูปที่ 4.4.18 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100

ตารางที่ 4.4.4 สรุปจำนวนแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัด ACC 23 PA

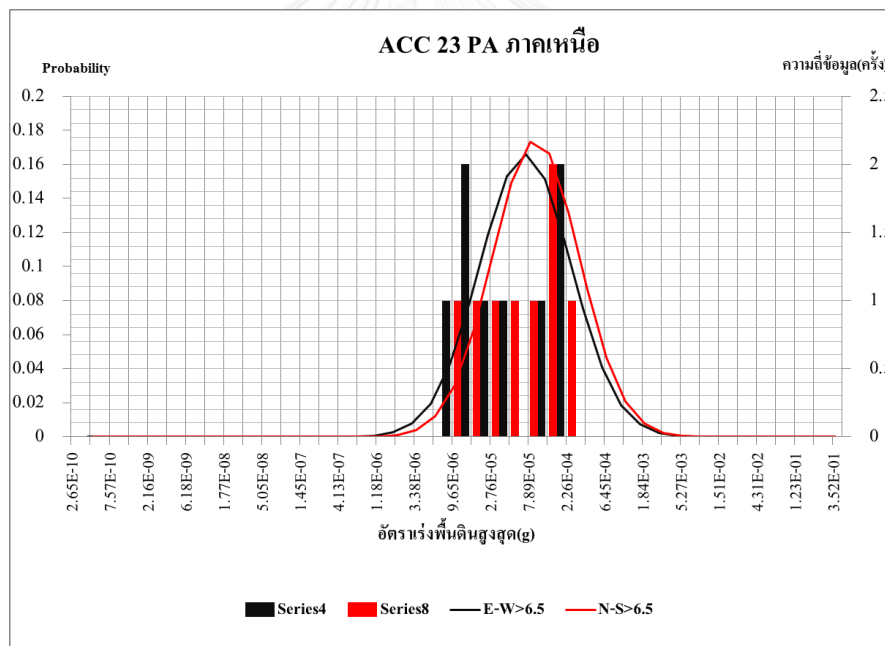
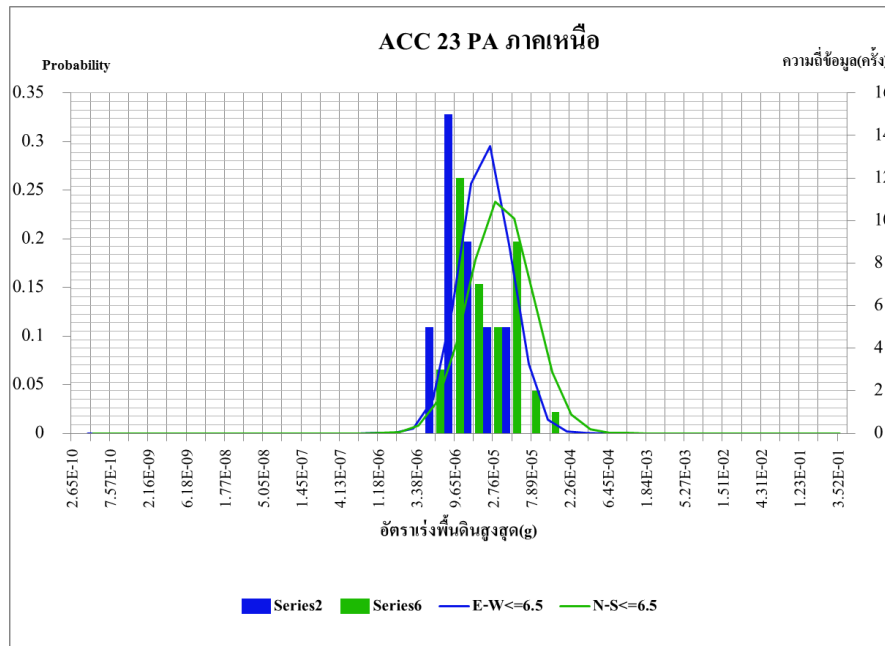
ภาค	E-W<6.5	E-W=>6.5	N-S<6.5	N-S=>6.5
กลาง	37	7	36	7
ตะวันตก	21	5	20	5
เหนือ	39	8	39	8
ใต้	26	3	26	3
ตะวันออกเฉียงเหนือ	43	9	53	9
ตะวันออก	10	0	10	0



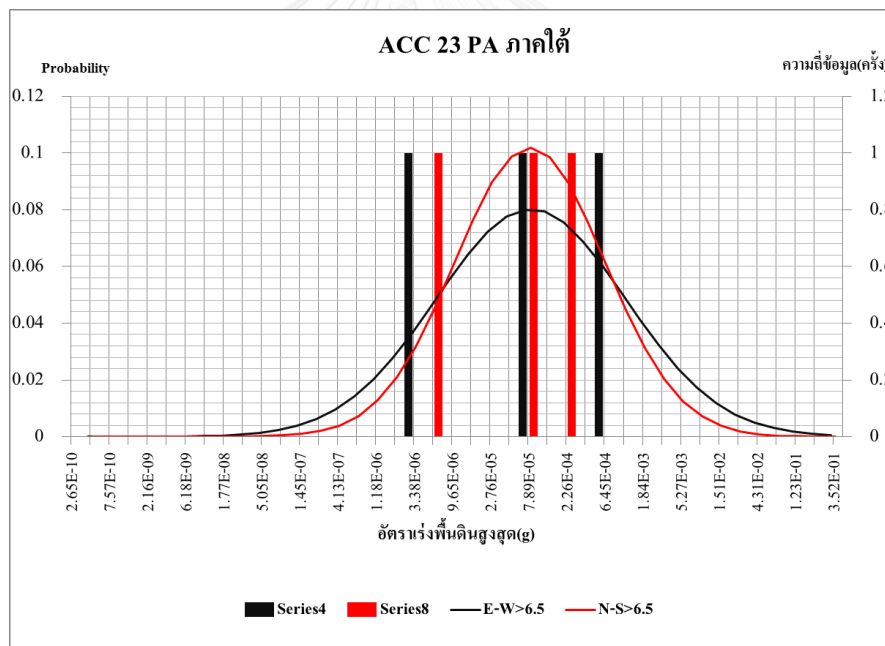
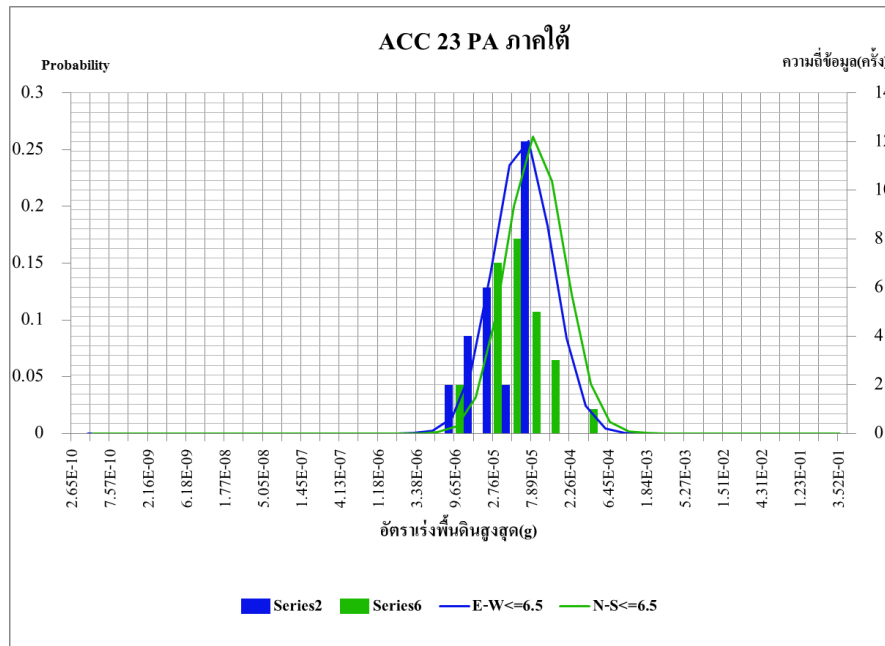
รูปที่ 4.4.19 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโตแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย
สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



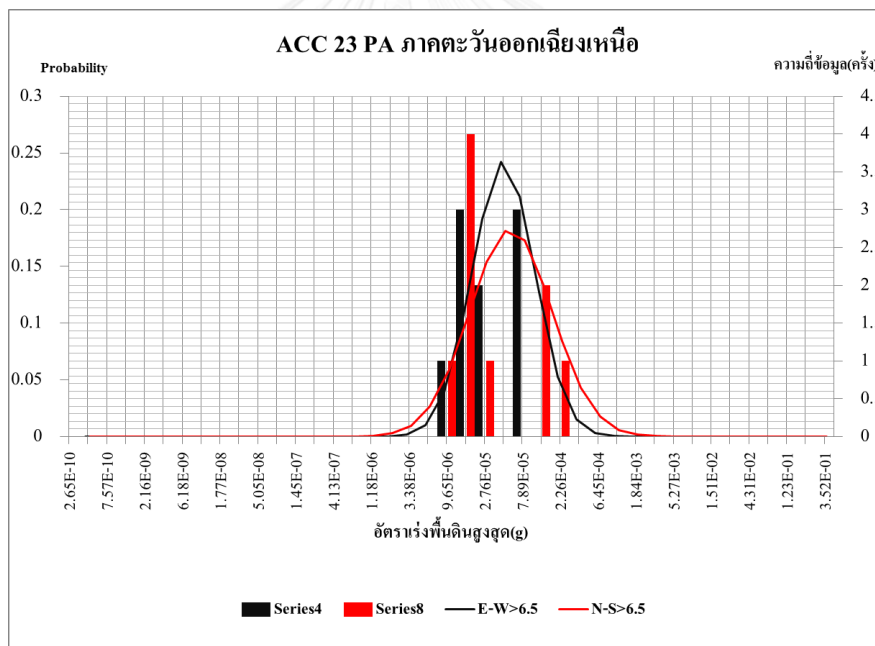
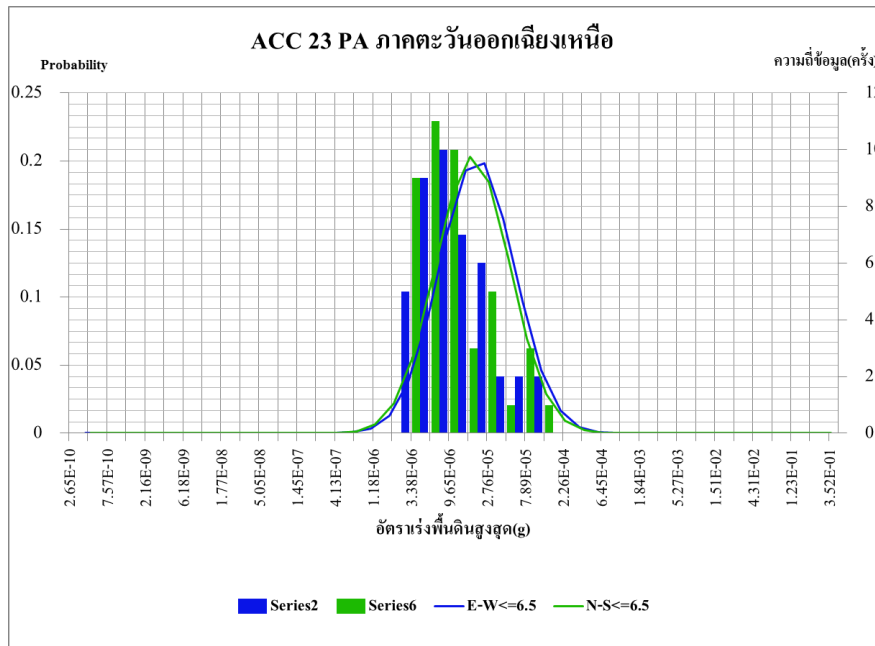
รูปที่ 4.4.20 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย
ตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



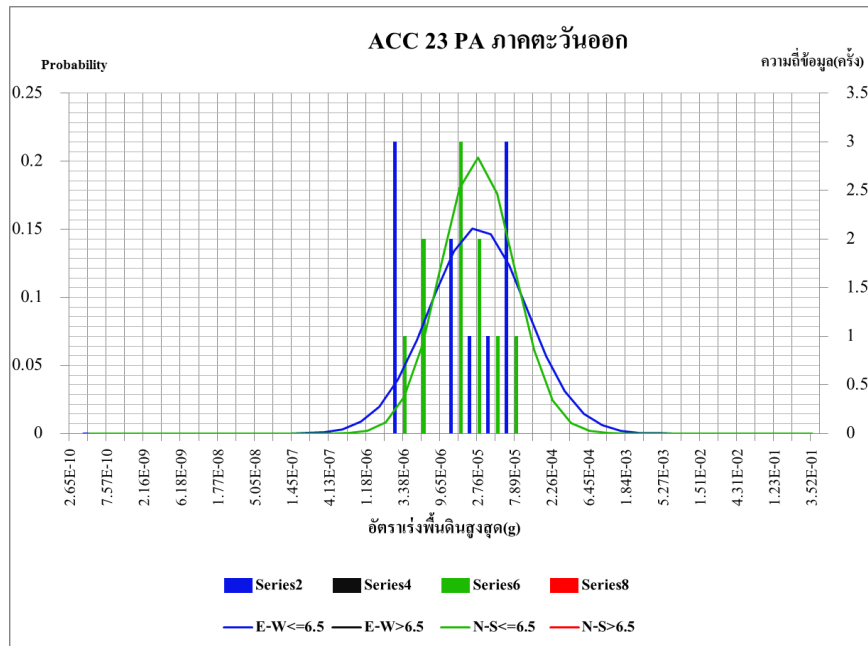
รูปที่ 4.4.21 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



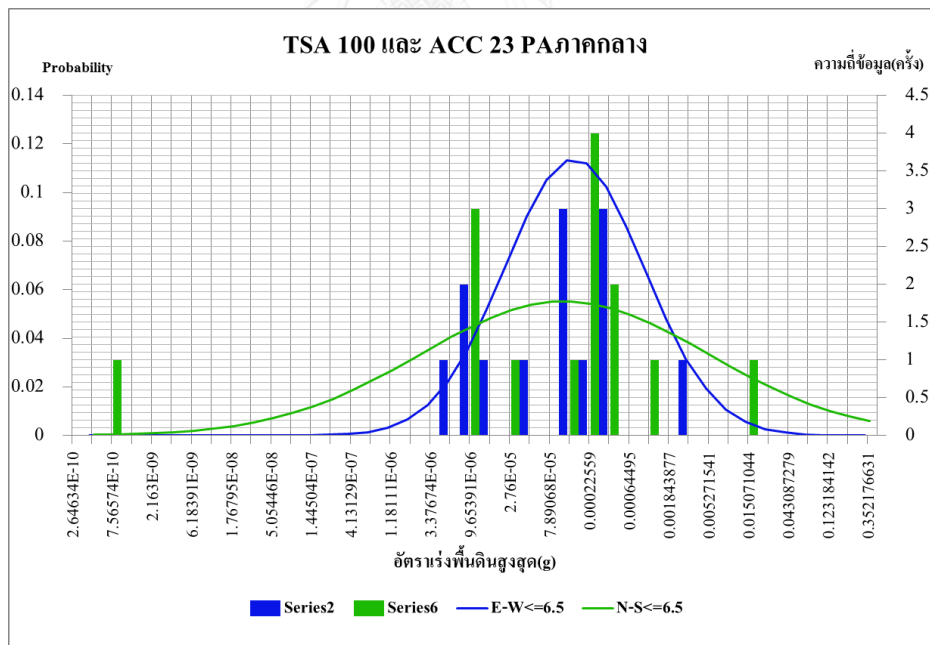
รูปที่ 4.4.22 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA

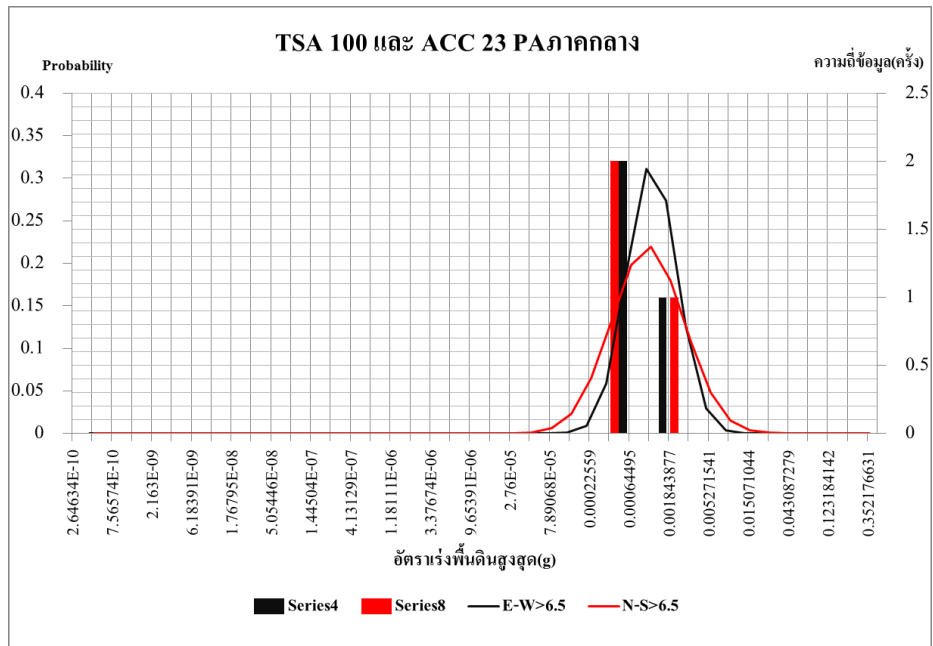


รูปที่ 4.4.23 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA

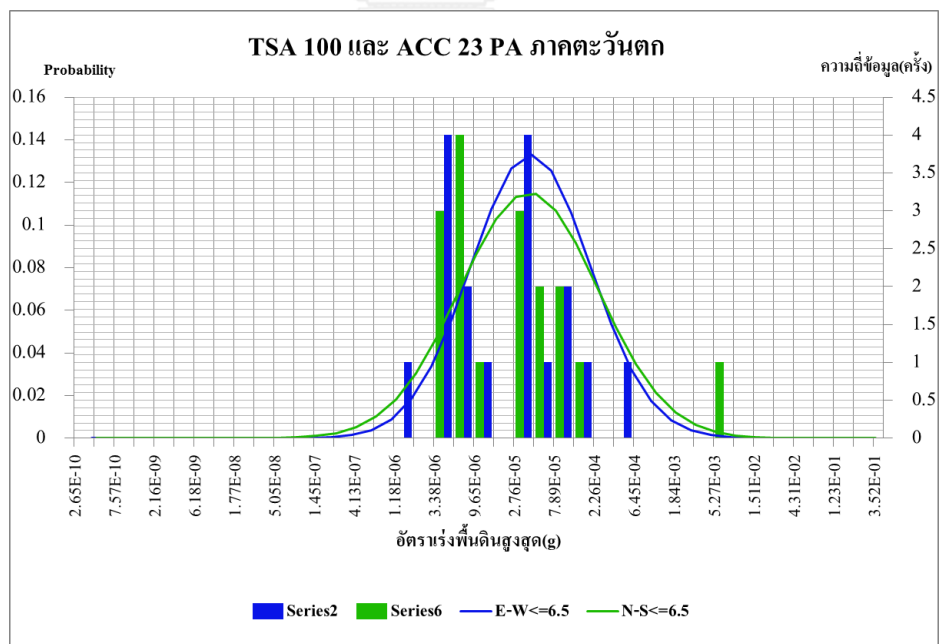


รูปที่ 4.4.24 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียสถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA

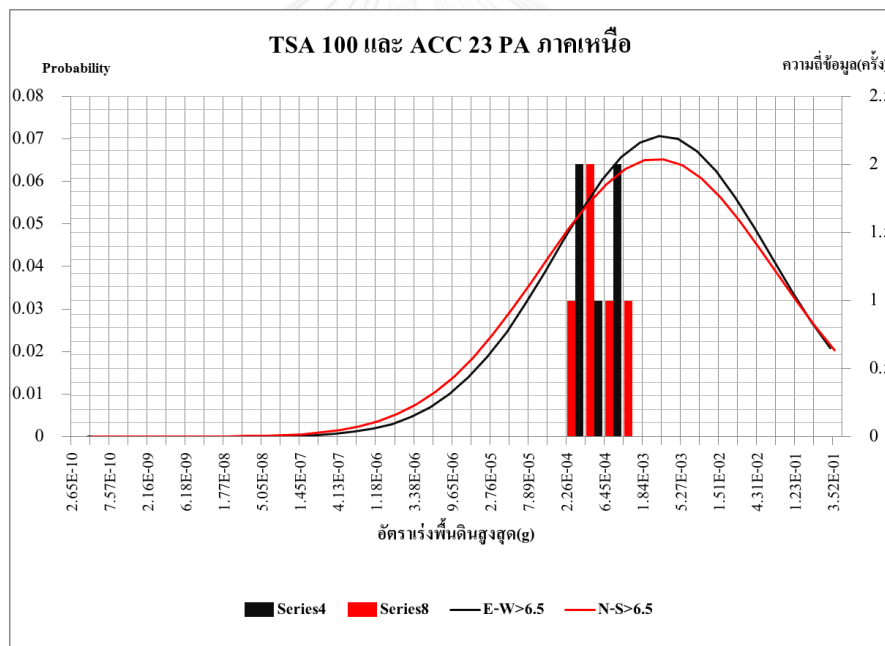
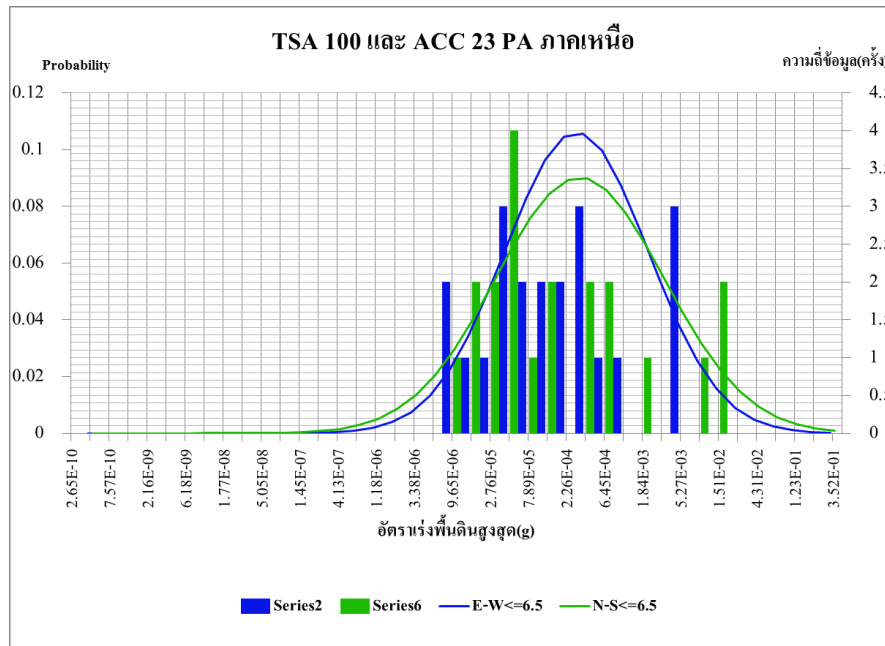




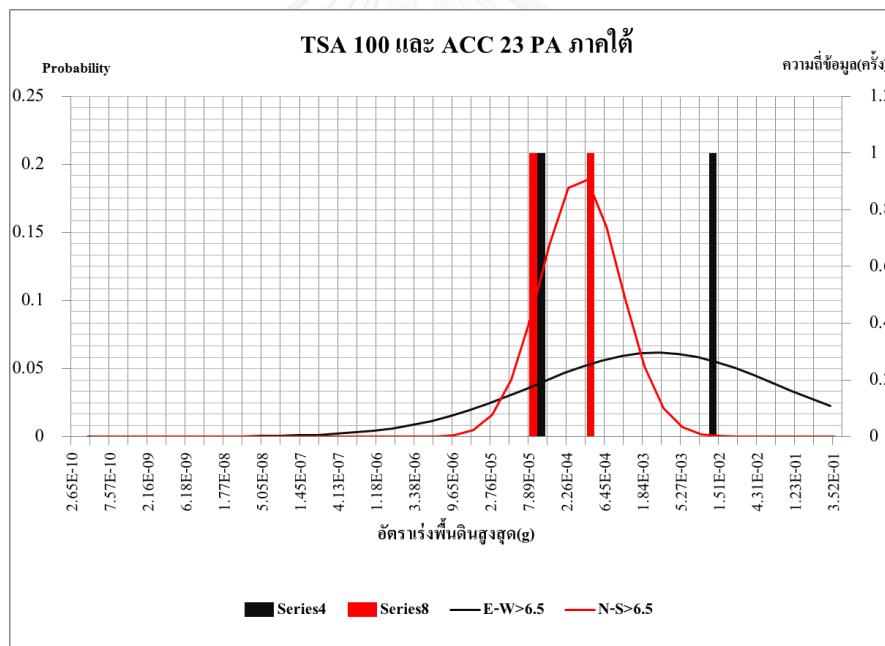
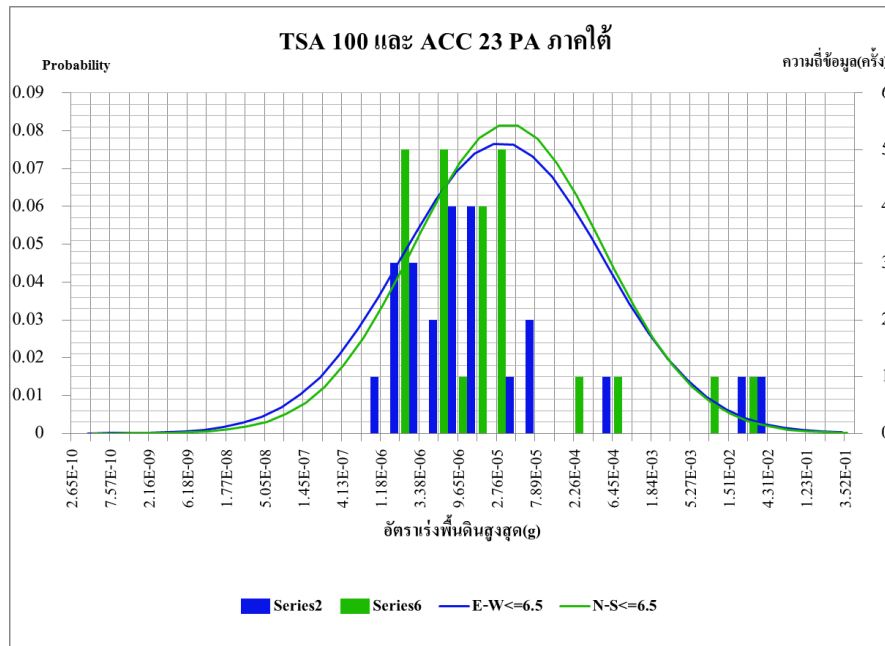
รูปที่ 4.4.25 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัดชนิด TSA100 และ ACC 23 PA



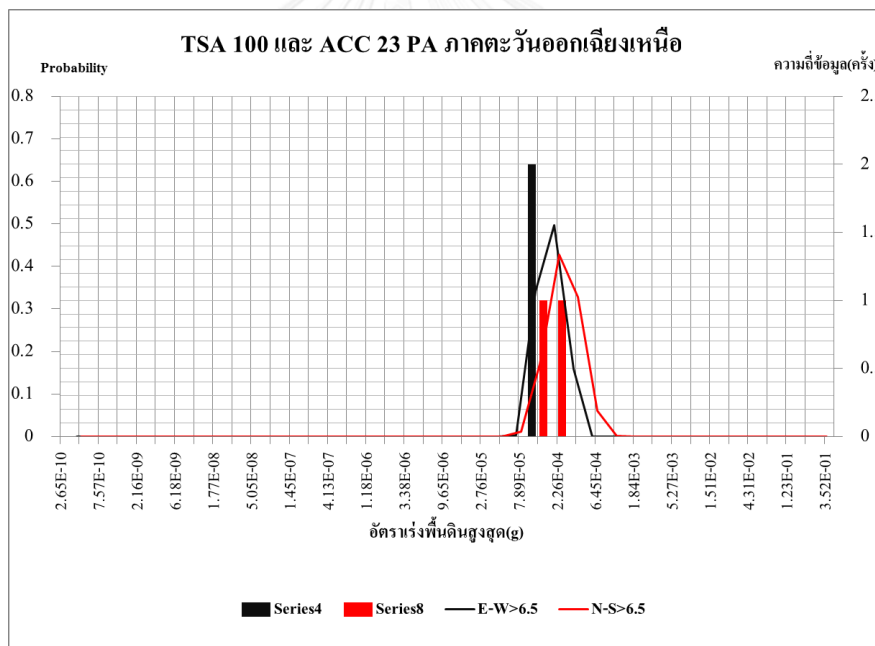
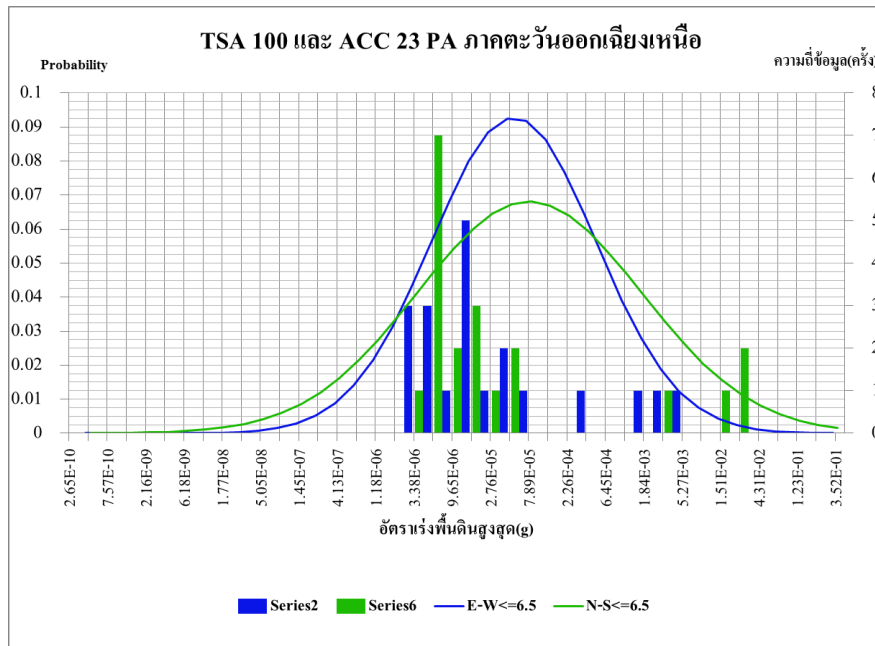
รูปที่ 4.4.26 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA



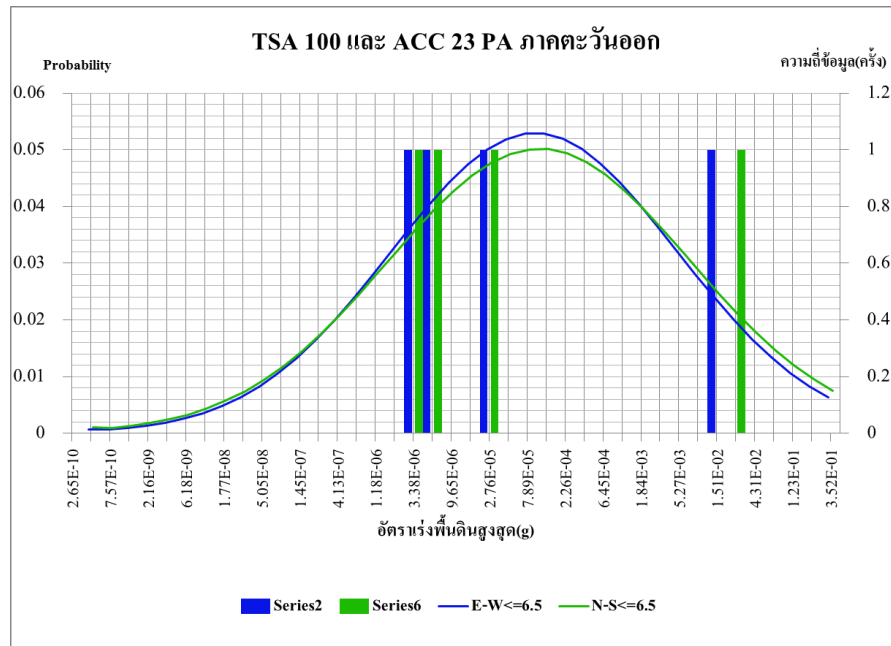
รูปที่ 4.4.27 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA



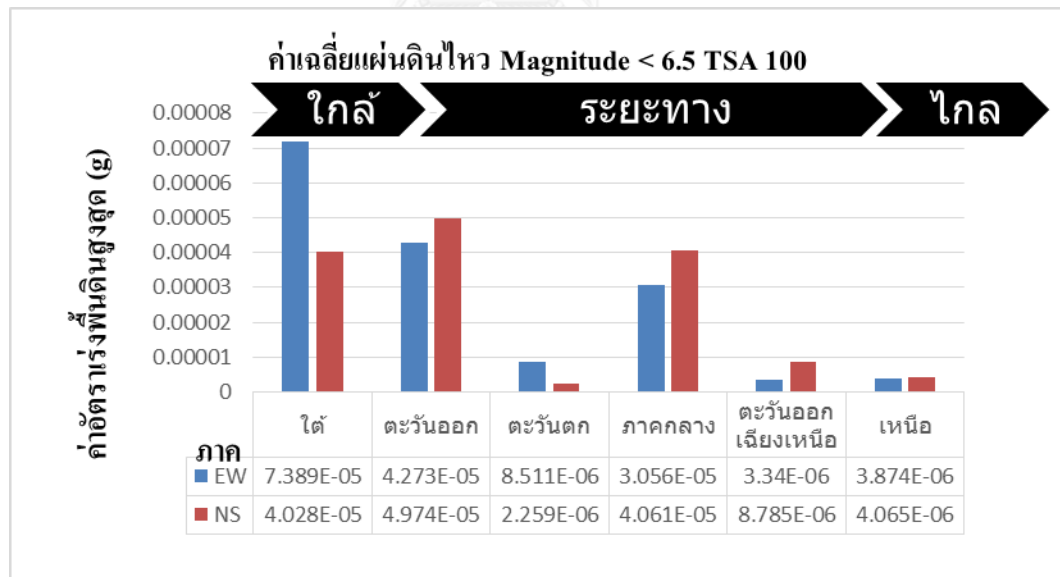
รูปที่ 4.4.28 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัดชนิด TSA100 และ ACC 23 PA



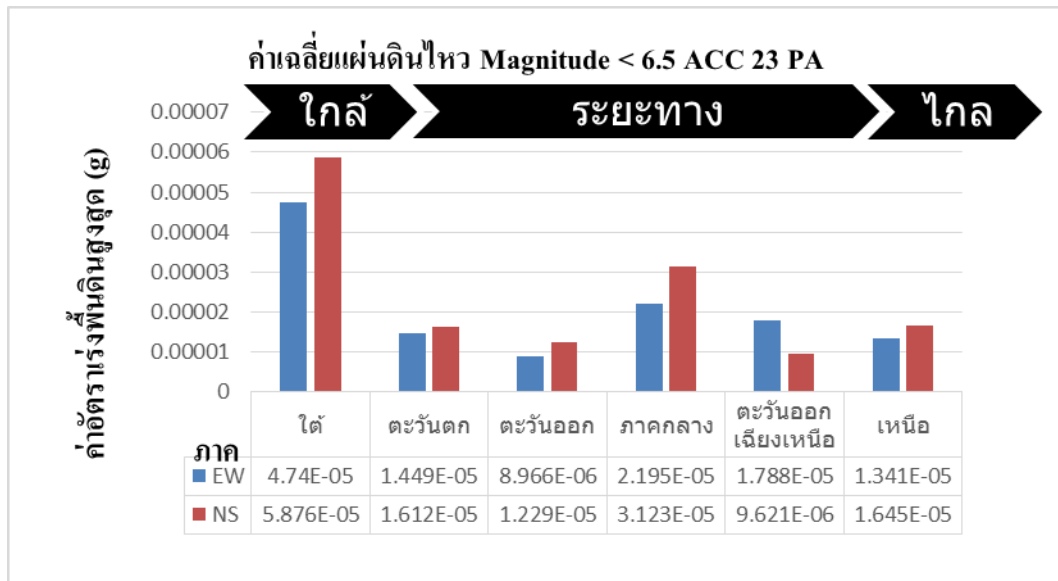
รูปที่ 4.4.29 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโตแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA



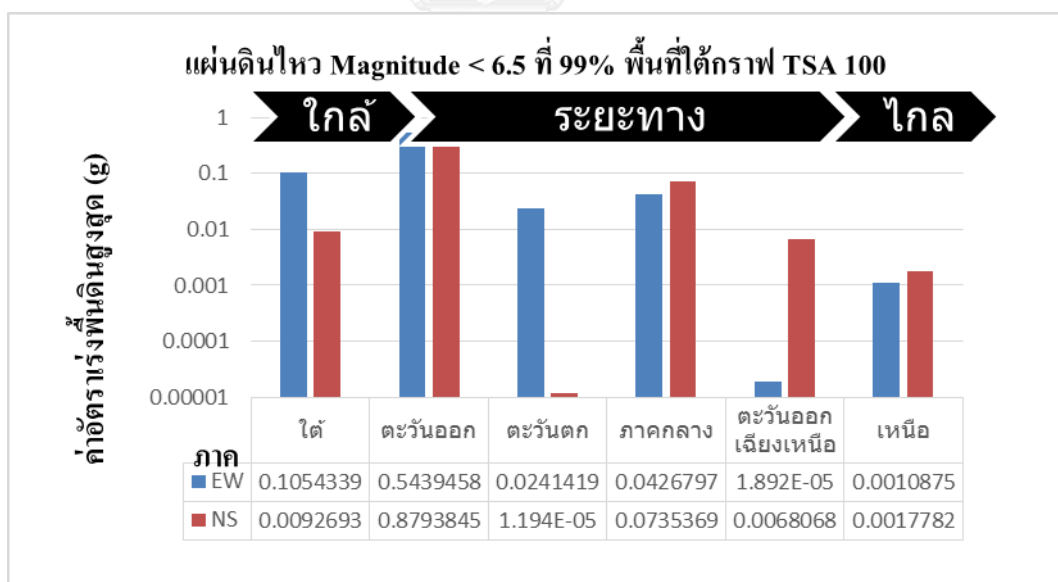
รูปที่ 4.4.30 การแจกแจงปกติและแผนภาพฮิสโทแกรมบริเวณประเทศพม่าสถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA



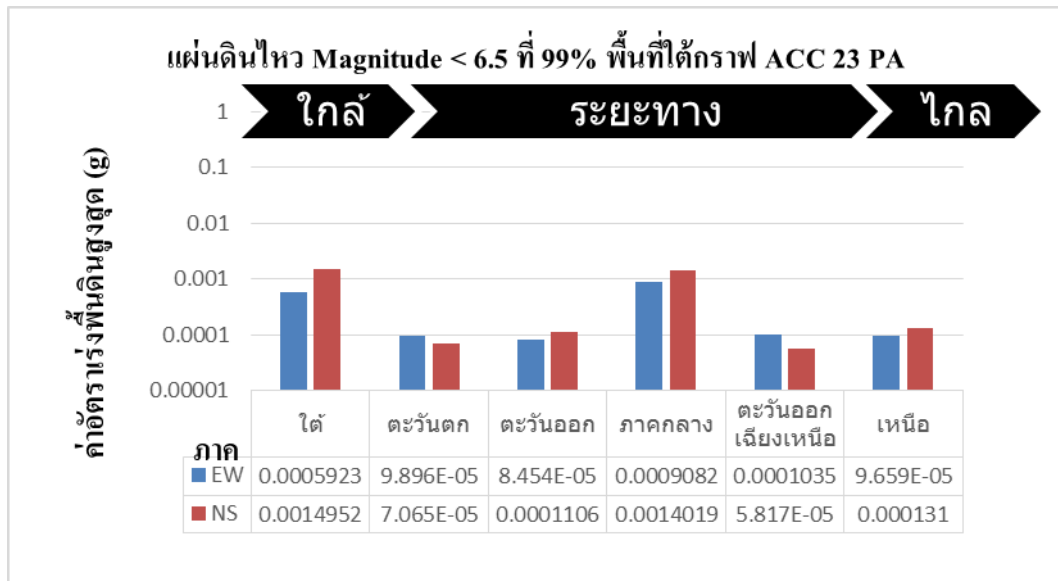
รูปที่ 4.4.31 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



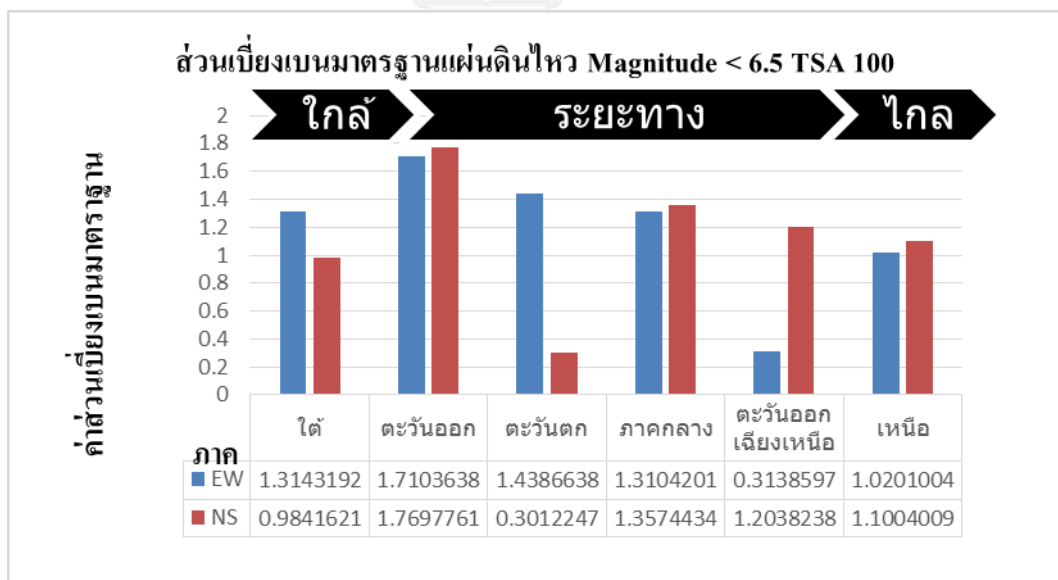
รูปที่ 4.4.32 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



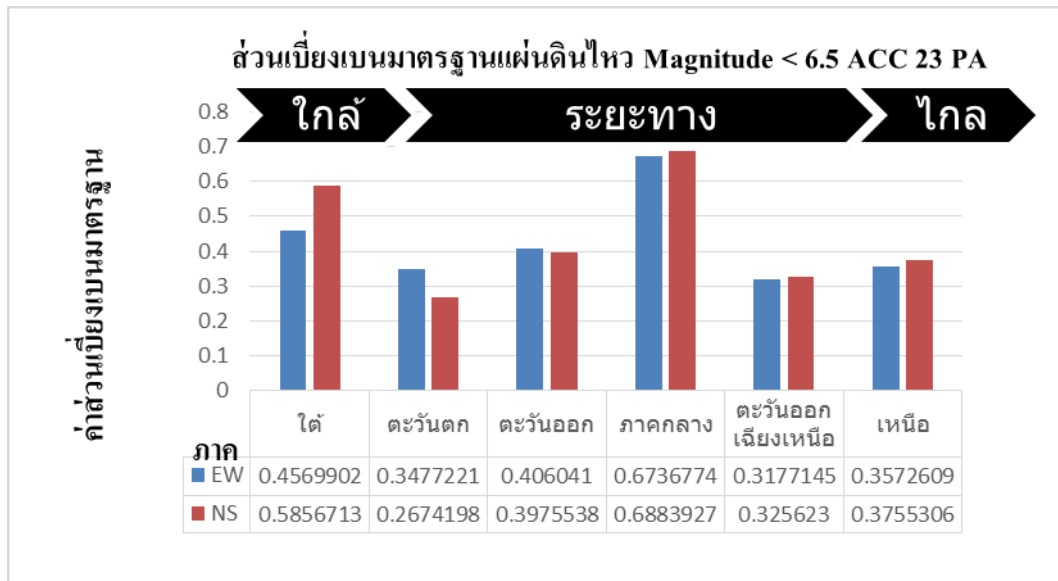
รูปที่ 4.4.33 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ไต้กราฟ ของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



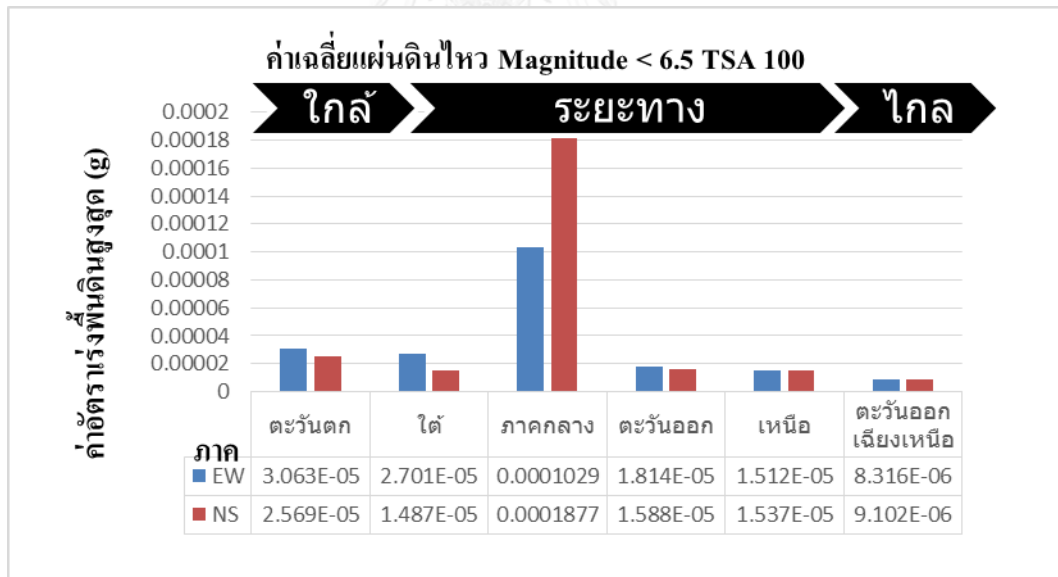
รูปที่ 4.4.34 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ไต้กราฟ ของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



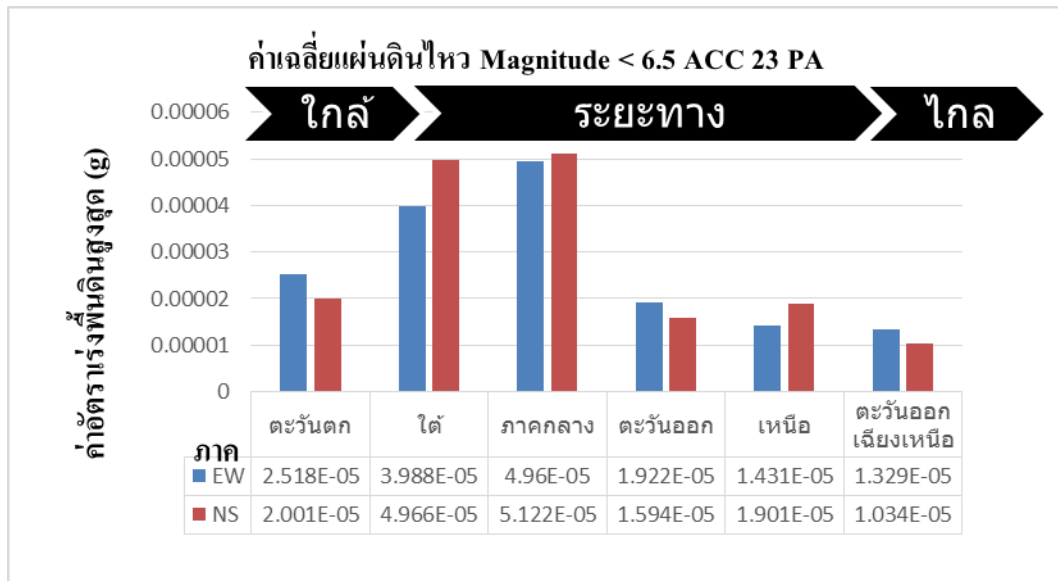
รูปที่ 4.4.35 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



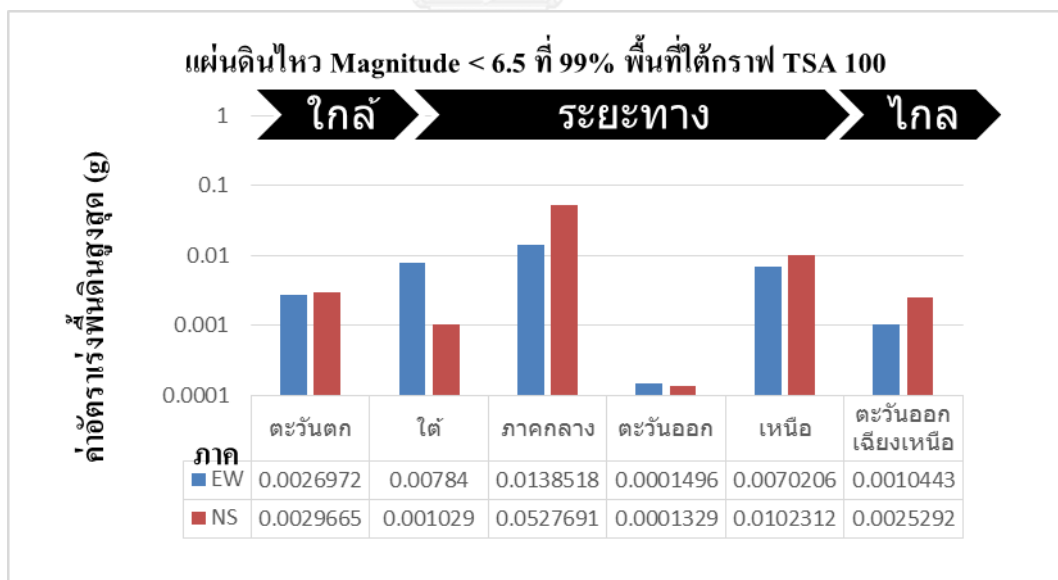
รูปที่ 4.4.36 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบา สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



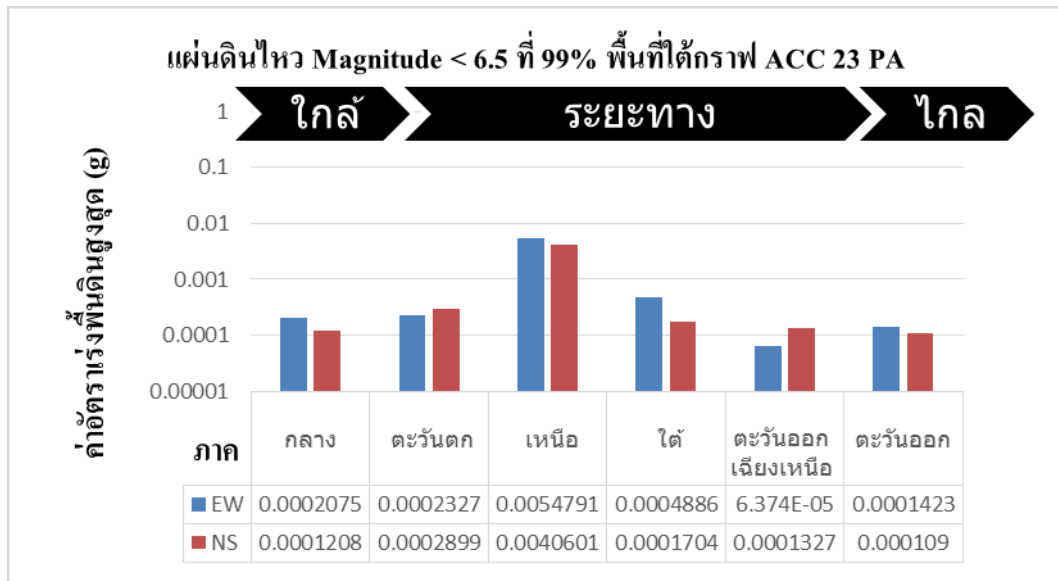
รูปที่ 4.4.37 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



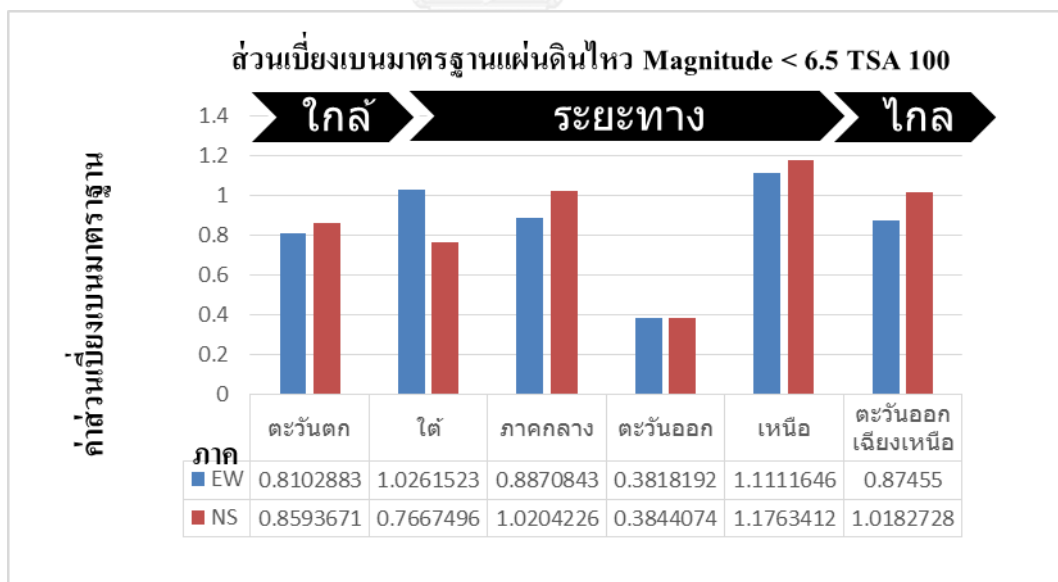
รูปที่ 4.4.38 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



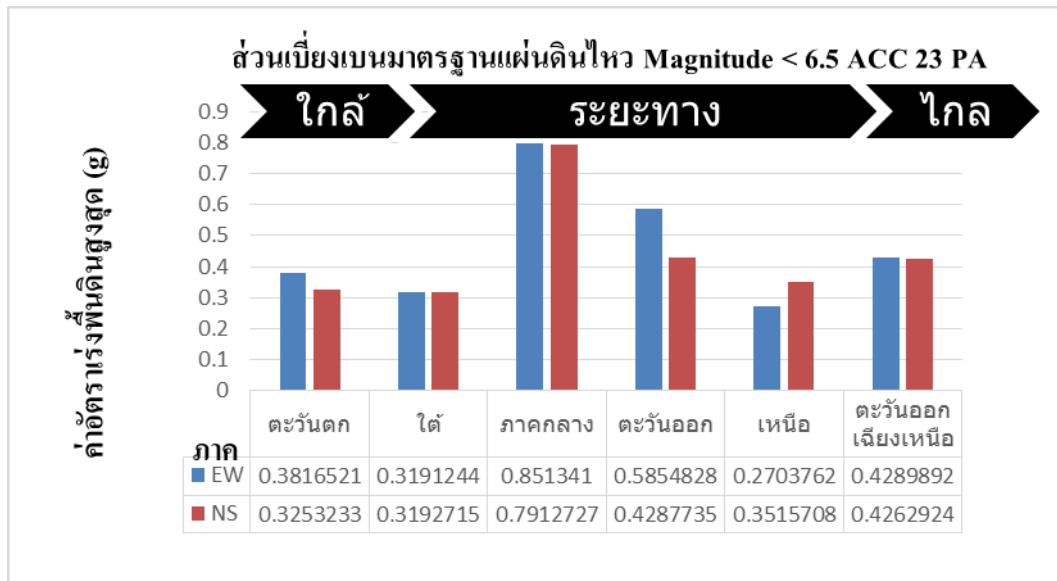
รูปที่ 4.4.39 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ไต้กราฟ ของแผ่นดินไหว ทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



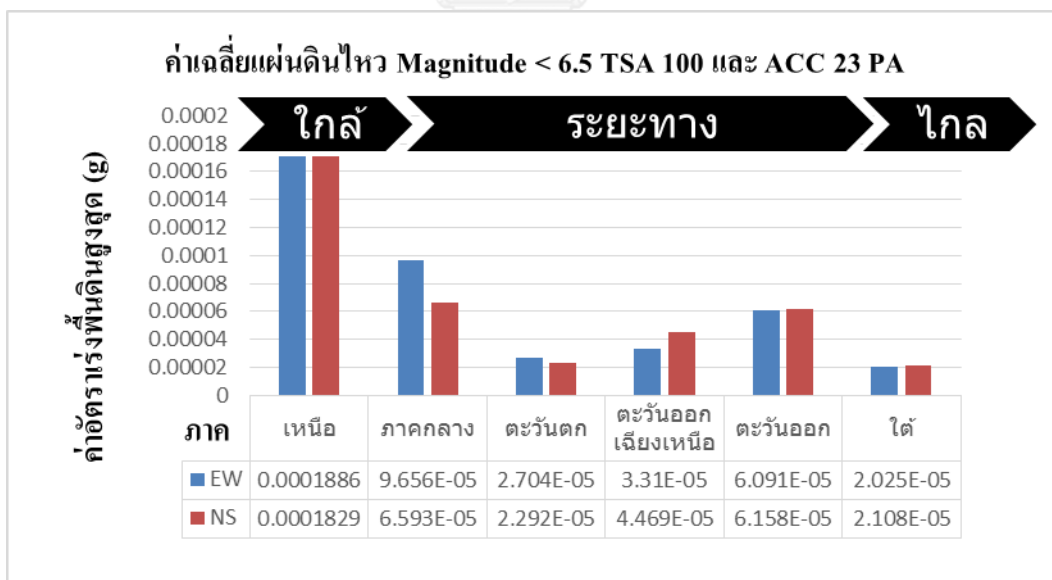
รูปที่ 4.4.40 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ไถ่กราฟ ของแผ่นดินไหว ทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



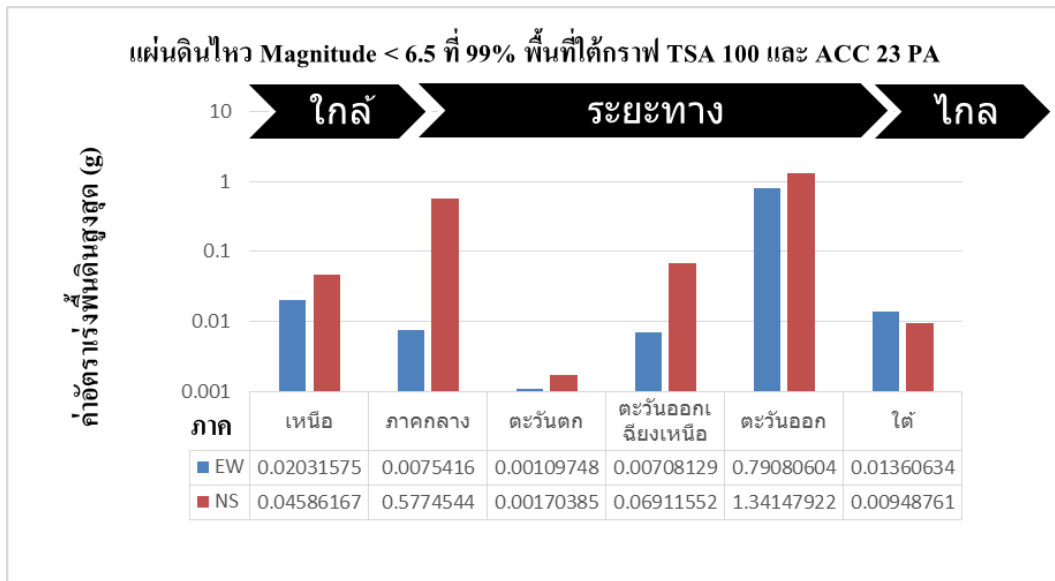
รูปที่ 4.4.41 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100



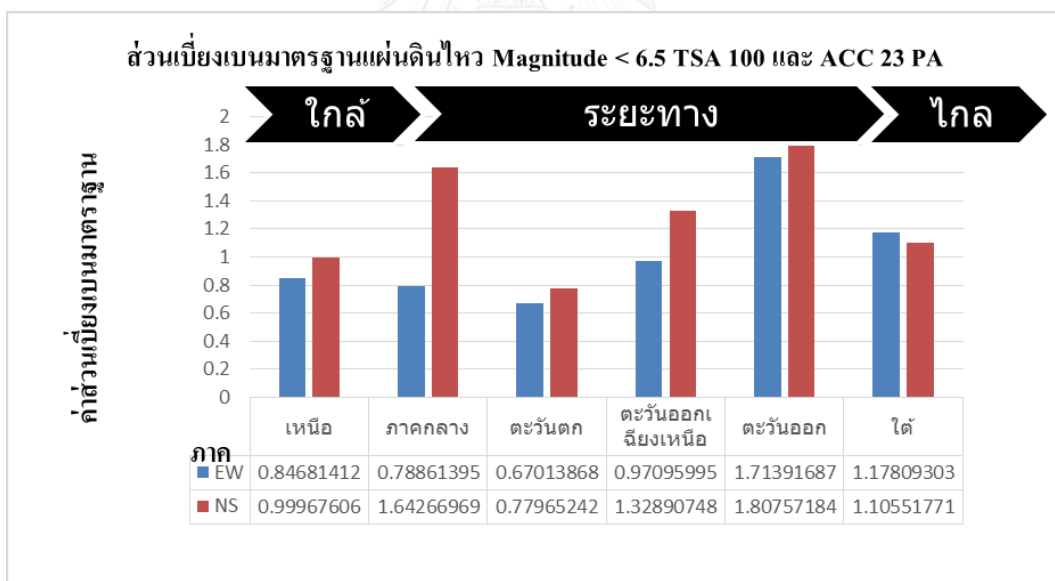
รูปที่ 4.4.42 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย สถานีตรวจวัดชนิด ACC 23 PA



รูปที่ 4.4.43 ค่าเฉลี่ยอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดของแผ่นดินไหว บริเวณประเทศพม่า สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA



รูปที่ 4.4.44 ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ตำแหน่ง 99% พื้นที่ได้กราฟ ของแผ่นดินไหว บริเวณประเทศพม่า สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA



รูปที่ 4.4.45 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นดินไหว บริเวณประเทศพม่า สถานีตรวจวัดชนิด TSA 100 และ ACC 23 PA

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์

การหาค่าสหสัมพันธ์ด้วยการแยกแแกนตามทิศทางการเคลื่อนตัวแนวตะวันออก-ตะวันตกและ แแกนเหนือ-ใต้ จะได้ค่าสหสัมพันธ์โดยรวมดีขึ้นเล็กน้อยแสดงว่าการวิเคราะห์แบบแยกแแกนทำให้ค่า อัตราเร่งพื้นดินสูงสุดและระยะทางมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันการเปรียบเทียบค่า สหสัมพันธ์ทั้งแบบรวมระบบตรวจวัดและแบบแยกระบบตรวจวัดแสดงค่าสหสัมพันธ์ที่มากขึ้นเมื่อมี การแยกระบบตรวจ โดยระบบตรวจวัด ACC-23-PAจะแสดงความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อระยะทางจากจุดศูนย์กลางพื้นผิวถึงสถานีเพิ่มขึ้นค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจะลดลง โดยมีค่า สหสัมพันธ์อยู่ประมาณ -0.44 ถึง -0.73 ตามผลของ ACC 23 PA ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1.1-4.1.4 ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ของสถานีตรวจวัดระบบ TSA-100 เมื่อทำการวิเคราะห์แบบแยกแแกนค่า สหสัมพันธ์ที่แสดงออกมามีทั้งค่าบวกและค่าลบแสดงถึงค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่มีทั้งเพิ่มขึ้นและ ลดลงเมื่อระยะจากจุดศูนย์กลางพื้นผิวมากขึ้น ตามผลของ TSA 100 ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1.1- 4.1.4 ทั้งนี้อาจจะมีปัจจัยอื่นรบกวนเช่นสภาพชั้นดิน ตำแหน่งจุดศูนย์กลางหรือความแม่นยำของ เครื่อง TSA -100 อาจจะมีน้อยกว่า ACC-23-PA เนื่องจากค่าสหสัมพันธ์ในบางตาราง ค่าสหสัมพันธ์ ของแแกนเหนือ-ใต้ กับ แแกนตะวันออก-ตะวันตก ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ค่าหนึ่งเพิ่มตาม ระยะทางในขณะที่ค่าหนึ่งลดลงซึ่งค่าของเหตุการณ์แผ่นดินไหวเหตุการณ์เดียวกันค่าทิศทางการ เคลื่อนตัวของทั้งสองแแกนนี้อาจแตกต่างกันแต่ควรแสดงผลไปในทิศทางเดียวกันคือทิศทางการ เคลื่อนตัวของทั้งแแกนหนึ่งเพิ่มอีกแแกนหนึ่งไม่ควรที่จะลดลง ซึ่งต้องศึกษาเพิ่มเติมต่อไป และสุดท้ายคือการคัดกรอง ข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่า 10^{-8} ออกทำให้ค่าสหสัมพันธ์โดยรวมดีขึ้นอีกเล็กน้อยทั้งอุปกรณ์ตรวจวัดชนิด TSA 100 และชนิด ACC 23 PA จึงใช้เป็นองค์ประกอบในการวิเคราะห์ช่วงอื่นๆต่อไป

5.2 การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วย Scatter Plot

การวิเคราะห์วิธีนี้ทำเพื่อตัดปัญหาเรื่องข้อมูลแปรปรวนเนื่องจากชั้นดินที่อยู่ใต้สถานีตรวจวัด โดยคาดว่าหากคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้มีจุดศูนย์กลางจากคนละตำแหน่ง ค่าการลดทอนที่เกิด

ต่อคลื่นนั้นๆก็ควรจะแตกต่างกันออกไปโดยส่งผลให้ค่าอัตราเร่งสูงสุดต่อระยะทางจากจุดศูนย์กลางพื้นผิวที่วัดได้จะกระจายออกเป็นกลุ่มๆชัดเจนตามศูนย์กลาง โดยได้วิเคราะห์เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดโมเมนต์น้อยกว่า 6.5 ซึ่งมีข้อมูลอยู่มาก ดังแสดงในรูปที่ 4.2.1-4.2.4 ผลที่ได้คือข้อมูลไม่กระจายตัวเนื่องจากลักษณะคลื่นแผ่นดินไหวส่วนมากเป็นแผ่นดินไหวที่มีขนาดไม่รุนแรงมากนักทำให้ความแตกต่างของค่าการลดทอนแสดงผลออกมาได้ไม่ชัดเจนแต่ข้อมูลส่วนมากจะมีระยะทางอยู่ที่ 800 -1400 กิโลเมตร มีค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดอยู่ในช่วง 0.001-0.0001 (g) ซึ่งผลที่ได้คือแม้ระยะทางจะต่างกันแต่ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดไม่มีความแตกต่างกันจึงยังไม่สามารถสร้างสมการการลดทอนได้

5.3 การจำแนกจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram

จากปัญหาเรื่องค่าการลดทอนที่ไม่สามารถจำแนกได้จากการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้จึงได้จำกัดจุดศูนย์กลางการเกิดรวมทั้งสถานีปลายทางเพื่อลดความแปรปรวนจากค่าการลดทอน จากการแบ่งพื้นที่ของจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวพบว่าแผ่นดินไหวที่สามารถตรวจวัดได้สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวในประเทศไทยโดยมากจะมีศูนย์กลางมาจากบริเวณหมู่เกาะนิโคบา สุมาตรา ซึ่งการวิเคราะห์ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดด้วยการทำแผนภาพฮิสโทแกรมและการแจกแจงแบบปกติ ข้อมูลที่จากแผ่นดินไหวที่มีขนาดโมเมนต์ตั้งแต่ 6.5 ลงมาจะอยู่ในช่วงประมาณ 3×10^{-5} ถึง 5×10^{-7} ตามรูปที่ 4.3.3 โดยกราฟการแจกแจงแบบปกติค่อนข้างสัมพันธ์กับแผนภาพฮิสโทแกรมที่ตรวจวัดได้ ดังที่นำมาแสดงเพียงบางส่วนในรูปที่ 4.3.3 - 4.3.6 ในส่วนของแผ่นดินไหวที่มีขนาดโมเมนต์มากกว่า 6.5 ยังไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้เนื่องจากมีปริมาณข้อมูลที่น้อยเกินไป

5.4 การจัดกลุ่มสถานีตรวจวัด วิเคราะห์ข้อมูลด้วย Normal Distribution และ แผนภาพ Histogram

จากการรวบรวมข้อมูลด้วยการจัดกลุ่มของสถานีตรวจวัดก็ยังคงประสบปัญหาเรื่องปริมาณข้อมูลที่นำมาใช้ทำ Normal Distribution มีปริมาณข้อมูลที่น้อยเกินไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่แผ่นดินไหวมีขนาดตั้งแต่ 6.5 ขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือน้อยมาก ทั้งนี้ได้จัดทำสรุปค่าอัตราพื้นดิน ณ ตำแหน่งที่พื้นที่ได้กราฟ Normal Distribution 40% ถึง 60% ซึ่งสามารถใช้ประเมินช่วงของค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่เกิดขึ้นบ่อยในแต่ละพื้นที่ที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.4.1 ถึง 5.4.6

ตารางที่ 5.4.1 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะนิโคบา-สุมาตรา ที่มีขนาดความรุนแรงน้อยกว่า 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า pga(g) ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า pga(g) ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
TSA 100	ภาคกลาง	1.42025E-05	8.98322E-05
	ภาคตะวันตก	1.89447E-06	1.97423E-05
	ภาคเหนือ	2.13352E-06	7.73612E-06
	ภาคใต้	2.26506E-05	0.000159386
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2.77973E-06	1.77638E-05
	ภาคตะวันออก	1.57127E-05	0.000140036

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า pga(g) ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า pga(g) ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
ACC 23 PA	ภาคกลาง	4.67129E-05	1.47992E-05
	ภาคตะวันตก	1.88466E-05	1.18196E-05
	ภาคเหนือ	2.04849E-05	1.08837E-05
	ภาคใต้	8.27636E-05	3.62804E-05
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2.15297E-05	7.95286E-06
	ภาคตะวันออก	1.55128E-05	7.07056E-06

ตารางที่ 5.4.2 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะนิโคบา-สุมาตรา ที่มีขนาดความรุนแรงมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า pga(g) ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า pga(g) ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
TSA 100	ภาคกลาง	5.61514E-05	0.002902691
	ภาคตะวันตก	2.98577E-05	9.8715E-05
	ภาคเหนือ	2.18795E-05	3.96925E-05
	ภาคใต้	0.000300684	0.000704824
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3.66487E-05	0.000154995
	ภาคตะวันออก	0.000124814	0.00016

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า pga(g) ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า pga(g) ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
ACC 23 PA	ภาคกลาง	7.20326E-05	0.000158079
	ภาคตะวันตก	1.64787E-05	0.000107296
	ภาคเหนือ	4.26523E-05	5.96908E-05
	ภาคใต้	0.000425212	0.000589268
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	6.28158E-05	7.60134E-05
	ภาคตะวันออก		

ตารางที่ 5.4.3 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย ที่มีขนาดความรุนแรงน้อยกว่า 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า pga(g) ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า pga(g) ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
TSA 100	ภาคกลาง	6.12609E-05	0.000340842
	ภาคตะวันตก	1.55411E-05	4.92069E-05
	ภาคเหนือ	7.72531E-06	3.05842E-05
	ภาคใต้	9.49402E-06	4.92256E-05
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	4.98621E-06	1.65108E-05
	ภาคตะวันออก	1.26837E-05	2.26777E-05

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า pga(g) ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า pga(g) ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
ACC 23 PA	ภาคกลาง	3.01477E-05	8.16085E-05
	ภาคตะวันตก	1.65453E-05	3.14791E-05
	ภาคเหนือ	1.22133E-05	2.33527E-05
	ภาคใต้	3.30938E-05	5.98586E-05
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	8.05772E-06	1.70829E-05
	ภาคตะวันออก	1.24015E-05	2.70735E-05

ตารางที่ 5.4.4 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดีย ที่มีขนาดความรุนแรงมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า $pga(g)$ ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า $pga(g)$ ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
TSA 100	ภาคกลาง	0.00122058	0.006226784
	ภาคตะวันตก		
	ภาคเหนือ	0.000182379	0.000839902
	ภาคใต้	3.52628E-05	0.000194808
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3.07845E-05	8.69533E-05
	ภาคตะวันออก		

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า $pga(g)$ ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า $pga(g)$ ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
ACC 23 PA	ภาคกลาง	5.04603E-05	0.00011024
	ภาคตะวันตก	2.44437E-05	5.03171E-05
	ภาคเหนือ	3.36605E-05	7.29435E-05
	ภาคใต้	2.74412E-05	0.000104159
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	2.41102E-05	4.23216E-05
	ภาคตะวันออก		

ตารางที่ 5.4.5 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า ที่มีขนาดความรุนแรงน้อยกว่า 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า pga(g) ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า pga(g) ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
TSA 100 และ ACC 23 PA	ภาคกลาง	2.52274E-05	0.000172325
	ภาคตะวันตก	1.4529E-05	4.00203E-05
	ภาคเหนือ	0.000101932	0.000328205
	ภาคใต้	1.01644E-05	4.03231E-05
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1.87579E-05	9.72165E-05
	ภาคตะวันออก	2.13938E-05	0.000177229

ตารางที่ 5.4.6 สรุปค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจากการวิเคราะห์ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า ที่มีขนาดความรุนแรงมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	ค่า pga(g) ที่ 40% พื้นที่ได้กราฟ	ค่า pga(g) ที่ 60% พื้นที่ได้กราฟ
TSA 100 และ ACC 23 PA	ภาคกลาง	0.000470548	0.000871748
	ภาคตะวันตก		
	ภาคเหนือ	0.000688684	0.004288061
	ภาคใต้	0.000142369	0.004015198
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.000117328	0.000166388
	ภาคตะวันออก		

5.5 สรุป

จากผลการดำเนินงานทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการลดทอนของคลื่นแผ่นดินไหวระยะไกลเมื่อเราได้ทำการจำแนกขนาดของแผ่นดินไหวที่มีขนาดโมเมนต์น้อยกว่า 6.5 และตั้งแต่ 6.5 ขึ้นไป มี 2 ปัจจัยคือ 1. ระยะทางจากจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว 2. ลักษณะของชั้นดินที่มีผลต่อการขยายคลื่นแผ่นดินไหว จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลมากที่สุดต่อคุณลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวระยะไกลคือ คุณลักษณะของชั้นดินของแต่ละพื้นที่โดยเฉพาะชั้นดินกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นที่ทราบกันว่ามีลักษณะเป็นดินเหนียวอ่อน ซึ่งเมื่อนำค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่วิเคราะห์ได้เปรียบเทียบกับข้อมูลของภาคตะวันตกจะได้ค่าที่วิเคราะห์ได้มากกว่าค่าของภาคตะวันตกถึงแม้ว่าภาคตะวันตกจะมีระยะทางที่ไกลกว่า โดยกรณีที่ศูนย์กลางแผ่นดินไหวมาจากบริเวณหมู่เกาะนิโคบา – สุมาตรา ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดจะใกล้เคียงกับภาคใต้ ซึ่งหลายครั้งมีข้อมูลที่ตรวจวัดได้มีระยะทางห่างจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวเพียง 400-500 กิโลเมตร

2. จากการศึกษาโดยใช้วิธี Normal distribution กับจุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะนิโคบา เกาะสุมาตรา และ บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ในกรณีที่เป็แผ่นดินไหวที่มีขนาดโมเมนต์แมกนิจูดน้อยกว่า 6.5 แผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณหมู่เกาะนิโคบา เกาะสุมาตรา มีโอกาสส่งผลกระทบต่อภาคใต้และภาคกลาง และ แผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณทะเลอันดามันมีโอกาสส่งผลกระทบต่อทุกภาคยกเว้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกแต่เป็นในระดับที่ไม่รุนแรง สำหรับเหตุการณ์แผ่นดินไหวในประเทศพม่า นั้นส่งผลกระทบต่ออย่างชัดเจนต่อพื้นที่ภาคเหนือและส่งผลกระทบต่อเล็กน้อยต่อภาคกลางและภาคตะวันออก

3. การศึกษานี้สามารถศึกษาได้เพียงในส่วนของแผ่นดินไหวที่มีระดับโมเมนต์แมกนิจูดที่ต่ำกว่า 6.5 เนื่องจากแผ่นดินไหวที่มีขนาดรุนแรงมีข้อมูลการเกิดที่น้อยมากและสามารถทำการศึกษาได้เพียงในส่วนของภาคกลาง ภาคใต้ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ ภาคเหนือ ในส่วนของภาคตะวันออกและแผ่นดินไหวที่มีระดับโมเมนต์แมกนิจูดตั้ง 6.5 ขึ้นไป นั้นมีจำนวนข้อมูลน้อยมากจึงทำให้ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่มีความน่าเชื่อถือ ไม่เหมาะจะนำมาเป็นค่าประมาณอย่างง่ายของอัตราเร่งพื้นดินสูงสุด

รายการอ้างอิง

Poolcharuansin K., (2009). UPDATING FRAMEWORK FOR SITE-SPECIFIC ATTENUATION RELATION OF SEISMIC GROUND MOTION IN THAILAND.

McCaffrey R., (2008). "The Tectonic Framework of the Smarten Subduction Zone." 345-366.

Ornthammarath T., Wanitchai P., Worakaanchana K., Zaman S., Sigbjornsson R., Lai C.G. (2010). Probabilistic seismic hazard assessment for Thailand, Springer.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2554). แผ่นดินไหวกบประเทศไทย. กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: 197.

माणพ เจริญยุทธ, (2550). ฐานข้อมูลการสั่นไหวของพื้นดินเนื่องจากแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทย. วิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. มหาคณิต: 159.

ร.ศ.ดร. มนต์ชัย เทียนทอง, (2548). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติและการวิจัย. สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพมหานคร, บริษัท รวยบุญการพิมพ์ จำกัด: 279-310.

พิธาน ไพโรจน์, (2553). การลดทอนคลื่นของแผ่นดินไหวระยะไกลในประเทศไทย. วิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. มหาคณิต: 94.

รศ.ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล, อ. รัตน์มณี นันทสาร, (2548). การศึกษาการเพิ่มความรุนแรงของแผ่นดินไหวเนื่องมาจากสภาพดิน (Site Amplification) ในบริเวณกรุงเทพมหานครและจังหวัด เชียงราย: 173.

วิษณุ หัตถา, (2551). แบบจำลองการลดทอนเพื่อประมาณค่าสเปกตรัมการตอบสนองสำหรับประเทศไทย. วิศวกรรมโยธา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. มหาคณิต: 164.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.1 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาที่มีขนาดน้อยกว่า 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n	
TSA 100	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.51479	1.31042	9	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.39136	1.357443	9	
	ภาคตะวันตก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-5.07002	1.438664	6	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-5.646	0.301225	7	
	ภาคเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-5.4118	1.0201	5	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-5.39098	1.100401	5	
	ภาคใต้	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.13139	1.314319	33	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.39494	0.984162	33	
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-5.47628	0.31386	9	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-5.05624	1.203824	9	
	ภาคตะวันออก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.36932	1.710364	4	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.30328	1.769776	4	
	อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n
	ACC 23 PA	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.65865	0.673677	38
เหนือ-ใต้ (N-S)			-4.50541	0.688393	38	
ภาคตะวันตก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.83908	0.347722	19	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.79269	0.26742	17	
ภาคเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.87248	0.357261	53	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.78395	0.375531	53	
ภาคใต้		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.32425	0.45699	22	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.23092	0.585671	22	
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.74766	0.317714	54	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-5.01677	0.325623	54	
ภาคตะวันออก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-5.04741	0.406041	11	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.91029	0.397554	11	

ตารางที่ 6.2 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา-หมู่เกาะนิโคบาที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n	
TSA 100	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.91511	1.320996	2	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-2.87031	1.311461	4	
	ภาคตะวันตก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.20782	0.796078	3	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.33541	0.746216	3	
	ภาคเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.53066	0.509061	3	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.49646	0.374661	3	
	ภาคใต้	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.31402	0.638207	10	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-3.40399	0.464154	11	
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.20259	0.918712	7	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.06691	1.012713	8	
	ภาคตะวันออก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.87617	0.10854	2	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-3.82191	0.102493	2	
	อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n
	ACC 23 PA	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.03483	0.423779	5
เหนือ-ใต้ (N-S)			-3.94169	0.553399	5	
ภาคตะวันตก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.59674	0.733614	2	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.02314	0.21152	2	
ภาคเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.28015	0.220702	9	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.32697	0.169638	9	
ภาคใต้		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.28407	0.214124	3	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-3.31546	0.220197	3	
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.16052	0.163034	6	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.1628	0.134676	6	
ภาคตะวันออก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-	-	0	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-	-	0	

ตารางที่ 6.3 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียที่มีขนาดน้อยกว่า 6.5

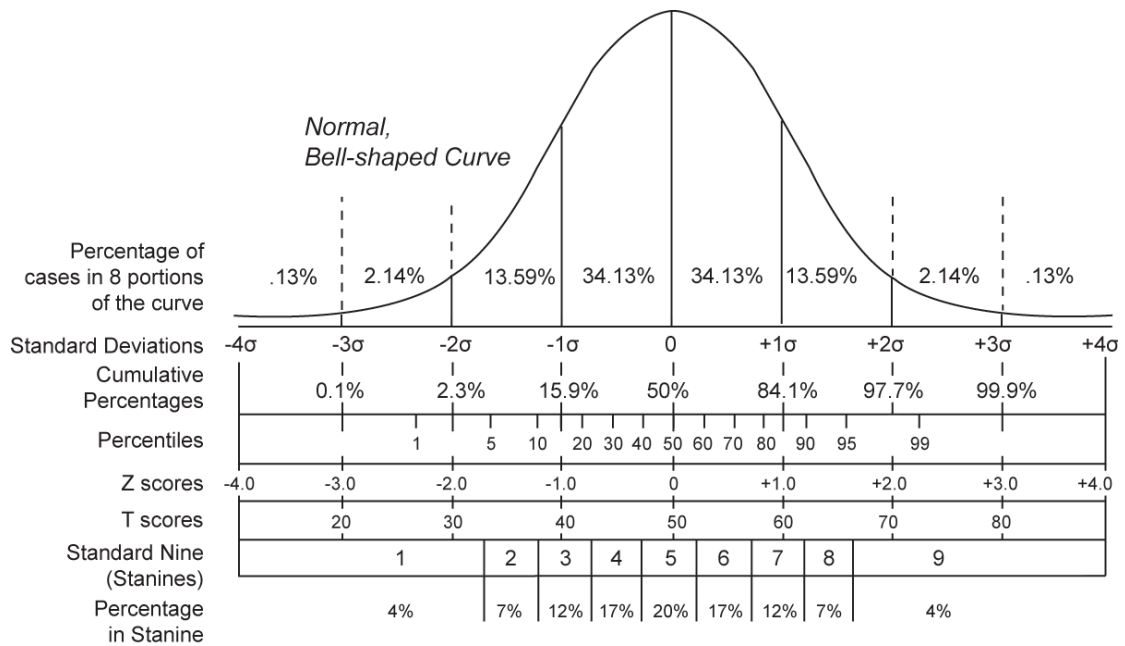
อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n	
TSA 100	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.9875	0.887084	20	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-3.72663	1.020423	20	
	ภาคตะวันตก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.51379	0.810288	17	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.59024	0.859367	17	
	ภาคเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.82042	1.111165	22	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.81329	1.176341	22	
	ภาคใต้	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.56845	1.026152	40	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.8278	0.76675	40	
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-5.08009	0.87455	26	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-5.04087	1.018273	25	
	ภาคตะวันออก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.74138	0.381819	3	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.79912	0.384407	3	
	อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n
	ACC 23 PA	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.30451	0.851341	37
เหนือ-ใต้ (N-S)			-4.29052	0.791273	36	
ภาคตะวันตก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.59892	0.381652	21	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.69869	0.325323	20	
ภาคเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.84449	0.270376	39	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.72096	0.351571	39	
ภาคใต้		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.3992	0.319124	26	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.30397	0.319272	26	
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.8764	0.428989	43	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.98551	0.426292	43	
ภาคตะวันออก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.71617	0.585483	10	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.79762	0.428773	10	

ตารางที่ 6.4 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน-มหาสมุทรอินเดียที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n	
TSA 100	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-2.73518	0.70178	2	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-2.39239	0.734861	2	
	ภาคตะวันตก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)			1	
		เหนือ-ใต้ (N-S)			1	
	ภาคเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.43969	1.178496	4	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-3.38083	1.201011	4	
	ภาคใต้	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.99906	1.136469	2	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.30037	0.599637	2	
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.38322	0.505708	3	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.24626	0.730498	3	
	ภาคตะวันออก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)			1	
		เหนือ-ใต้ (N-S)			1	
	อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n
	ACC 23 PA	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.13577	0.634958	7
เหนือ-ใต้ (N-S)			-4.11569	0.622156	7	
ภาคตะวันตก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.43143	0.524213	5	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.46849	0.564341	5	
ภาคเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.33769	0.532241	8	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.26484	0.503263	8	
ภาคใต้		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.26857	1.127041	3	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.33735	0.882857	3	
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.52912	0.349134	9	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.49528	0.479677	9	
ภาคตะวันออก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-	-	0	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-	-	0	

ตารางที่ 6.5 สรุปค่าเฉลี่ยในรูปลอการิทึมฐานสิบ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทำ Normal Distribution ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่าที่มีขนาดน้อยกว่า 6.5 และขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5

อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n	
TSA 100 และ ACC 23 PA	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.01521	0.788614	13	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.18089	1.64267	14	
	ภาคตะวันตก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.56793	0.670139	17	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.63973	0.779652	17	
	ภาคเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.72452	0.846814	21	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-3.73777	0.999676	20	
	ภาคใต้	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.69368	1.178093	23	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.67609	1.105518	24	
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.48019	0.97096	20	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.3498	1.328907	20	
	ภาคตะวันออก	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-4.21533	1.713917	4	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-4.21059	1.807572	4	
	อุปกรณ์ตรวจวัด	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว	แกน- ทิศทางการเคลื่อนตัว	μ	σ	n
	TSA 100 และ ACC 23 PA	ภาคกลาง	ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.12303	0.249688	3
เหนือ-ใต้ (N-S)			-3.22816	0.390713	3	
ภาคตะวันตก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)			1	
		เหนือ-ใต้ (N-S)			1	
ภาคเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-2.69273	1.279494	5	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-2.80973	1.386823	5	
ภาคใต้		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-2.7684	1.464987	2	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-3.73079	0.455886	2	
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)	-3.91122	0.0763	2	
		เหนือ-ใต้ (N-S)	-3.81551	0.144199	2	
ภาคตะวันออก		ตะวันออก-ตะวันตก (E-W)			0	
		เหนือ-ใต้ (N-S)			0	



รูปที่ 6.1 รูปแสดงความสัมพันธ์ของค่าและตัวแปลต่างๆของกราฟ Normal Distribution

$$Z = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

Z = ค่า Z-Score

x_i = ค่าอัตราเร่งพื้นดินสูงสุดในรูปลอกการิทึมฐานสิบ

μ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทำ Normal Distribution

σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทำ Normal Distribution

ตารางที่ 6.6 ตารางสรุปค่า Z-Score เปรียบเทียบ Cumulative Distribution Function (%ของพื้นที่ใต้กราฟ) ที่ค่า Z-Score 0 – 1.409

z	+0	+0.001	+0.002	+0.003	+0.004	+0.005	+0.006	+0.007	+0.008	+0.009
0.000	0.5000	0.5004	0.5008	0.5012	0.5016	0.5020	0.5024	0.5028	0.5032	0.5036
0.010	0.5040	0.5044	0.5048	0.5052	0.5056	0.5060	0.5064	0.5068	0.5072	0.5076
0.020	0.5080	0.5084	0.5088	0.5092	0.5096	0.5100	0.5104	0.5108	0.5112	0.5116
0.030	0.5120	0.5124	0.5128	0.5132	0.5136	0.5140	0.5144	0.5148	0.5152	0.5156
0.040	0.5160	0.5164	0.5168	0.5171	0.5175	0.5179	0.5183	0.5187	0.5191	0.5195
0.050	0.5199	0.5203	0.5207	0.5211	0.5215	0.5219	0.5223	0.5227	0.5231	0.5235
0.060	0.5239	0.5243	0.5247	0.5251	0.5255	0.5259	0.5263	0.5267	0.5271	0.5275
0.070	0.5279	0.5283	0.5287	0.5291	0.5295	0.5299	0.5303	0.5307	0.5311	0.5315
0.080	0.5319	0.5323	0.5327	0.5331	0.5335	0.5339	0.5343	0.5347	0.5351	0.5355
0.090	0.5359	0.5363	0.5367	0.5370	0.5374	0.5378	0.5382	0.5386	0.5390	0.5394
0.100	0.5398	0.5402	0.5406	0.5410	0.5414	0.5418	0.5422	0.5426	0.5430	0.5434
0.110	0.5438	0.5442	0.5446	0.5450	0.5454	0.5458	0.5462	0.5466	0.5470	0.5474
0.120	0.5478	0.5482	0.5486	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5505	0.5509	0.5513
0.130	0.5517	0.5521	0.5525	0.5529	0.5533	0.5537	0.5541	0.5545	0.5549	0.5553
0.140	0.5557	0.5561	0.5565	0.5569	0.5572	0.5576	0.5580	0.5584	0.5588	0.5592
0.150	0.5596	0.5600	0.5604	0.5608	0.5612	0.5616	0.5620	0.5624	0.5628	0.5632
0.160	0.5636	0.5640	0.5643	0.5647	0.5651	0.5655	0.5659	0.5663	0.5667	0.5671
0.170	0.5675	0.5679	0.5683	0.5687	0.5691	0.5695	0.5699	0.5702	0.5706	0.5710
0.180	0.5714	0.5718	0.5722	0.5726	0.5730	0.5734	0.5738	0.5742	0.5746	0.5750
0.190	0.5753	0.5757	0.5761	0.5765	0.5769	0.5773	0.5777	0.5781	0.5785	0.5789
0.200	0.5793	0.5797	0.5800	0.5804	0.5808	0.5812	0.5816	0.5820	0.5824	0.5828
0.210	0.5832	0.5836	0.5839	0.5843	0.5847	0.5851	0.5855	0.5859	0.5863	0.5867
0.220	0.5871	0.5875	0.5878	0.5882	0.5886	0.5890	0.5894	0.5898	0.5902	0.5906

z	+0	+0.001	+0.002	+0.003	+0.004	+0.005	+0.006	+0.007	+0.008	+0.009
0.230	0.5910	0.5913	0.5917	0.5921	0.5925	0.5929	0.5933	0.5937	0.5941	0.5944
0.240	0.5948	0.5952	0.5956	0.5960	0.5964	0.5968	0.5972	0.5975	0.5979	0.5983
0.250	0.5987	0.5991	0.5995	0.5999	0.6003	0.6006	0.6010	0.6014	0.6018	0.6022
0.260	0.6026	0.6030	0.6033	0.6037	0.6041	0.6045	0.6049	0.6053	0.6057	0.6060
0.280	0.6103	0.6106	0.6110	0.6114	0.6118	0.6122	0.6126	0.6129	0.6133	0.6137
0.300	0.6179	0.6183	0.6187	0.6191	0.6194	0.6198	0.6202	0.6206	0.6210	0.6213
0.320	0.6255	0.6259	0.6263	0.6267	0.6270	0.6274	0.6278	0.6282	0.6285	0.6289
0.340	0.6331	0.6334	0.6338	0.6342	0.6346	0.6350	0.6353	0.6357	0.6361	0.6365
0.360	0.6406	0.6410	0.6413	0.6417	0.6421	0.6424	0.6428	0.6432	0.6436	0.6439
0.380	0.6480	0.6484	0.6488	0.6491	0.6495	0.6499	0.6503	0.6506	0.6510	0.6514
0.400	0.6554	0.6558	0.6562	0.6565	0.6569	0.6573	0.6576	0.6580	0.6584	0.6587
0.420	0.6628	0.6631	0.6635	0.6639	0.6642	0.6646	0.6649	0.6653	0.6657	0.6660
0.440	0.6700	0.6704	0.6708	0.6711	0.6715	0.6718	0.6722	0.6726	0.6729	0.6733
0.460	0.6772	0.6776	0.6780	0.6783	0.6787	0.6790	0.6794	0.6798	0.6801	0.6805
0.480	0.6844	0.6847	0.6851	0.6855	0.6858	0.6862	0.6865	0.6869	0.6872	0.6876
0.500	0.6915	0.6918	0.6922	0.6925	0.6929	0.6932	0.6936	0.6939	0.6943	0.6946
0.520	0.6985	0.6988	0.6992	0.6995	0.6999	0.7002	0.7006	0.7009	0.7013	0.7016
0.540	0.7054	0.7057	0.7061	0.7064	0.7068	0.7071	0.7075	0.7078	0.7082	0.7085
0.560	0.7123	0.7126	0.7129	0.7133	0.7136	0.7140	0.7143	0.7146	0.7150	0.7153
0.580	0.7190	0.7194	0.7197	0.7201	0.7204	0.7207	0.7211	0.7214	0.7217	0.7221
0.600	0.7257	0.7261	0.7264	0.7267	0.7271	0.7274	0.7277	0.7281	0.7284	0.7287
0.620	0.7324	0.7327	0.7330	0.7334	0.7337	0.7340	0.7343	0.7347	0.7350	0.7353
0.640	0.7389	0.7392	0.7396	0.7399	0.7402	0.7405	0.7409	0.7412	0.7415	0.7418
0.660	0.7454	0.7457	0.7460	0.7463	0.7467	0.7470	0.7473	0.7476	0.7479	0.7483
0.680	0.7517	0.7521	0.7524	0.7527	0.7530	0.7533	0.7536	0.7540	0.7543	0.7546

z	+0	+0.001	+0.002	+0.003	+0.004	+0.005	+0.006	+0.007	+0.008	+0.009
0.700	0.7580	0.7583	0.7587	0.7590	0.7593	0.7596	0.7599	0.7602	0.7605	0.7608
0.720	0.7642	0.7645	0.7649	0.7652	0.7655	0.7658	0.7661	0.7664	0.7667	0.7670
0.740	0.7704	0.7707	0.7710	0.7713	0.7716	0.7719	0.7722	0.7725	0.7728	0.7731
0.760	0.7764	0.7767	0.7770	0.7773	0.7776	0.7779	0.7782	0.7785	0.7788	0.7791
0.780	0.7823	0.7826	0.7829	0.7832	0.7835	0.7838	0.7841	0.7844	0.7847	0.7849
0.800	0.7881	0.7884	0.7887	0.7890	0.7893	0.7896	0.7899	0.7902	0.7905	0.7907
0.820	0.7939	0.7942	0.7945	0.7947	0.7950	0.7953	0.7956	0.7959	0.7962	0.7964
0.840	0.7995	0.7998	0.8001	0.8004	0.8007	0.8009	0.8012	0.8015	0.8018	0.8021
0.860	0.8051	0.8054	0.8057	0.8059	0.8062	0.8065	0.8068	0.8070	0.8073	0.8076
0.880	0.8106	0.8108	0.8111	0.8114	0.8117	0.8119	0.8122	0.8125	0.8127	0.8130
0.900	0.8159	0.8162	0.8165	0.8167	0.8170	0.8173	0.8175	0.8178	0.8181	0.8183
0.920	0.8212	0.8215	0.8217	0.8220	0.8223	0.8225	0.8228	0.8230	0.8233	0.8236
0.940	0.8264	0.8266	0.8269	0.8272	0.8274	0.8277	0.8279	0.8282	0.8284	0.8287
0.960	0.8315	0.8317	0.8320	0.8322	0.8325	0.8327	0.8330	0.8332	0.8335	0.8337
0.980	0.8365	0.8367	0.8370	0.8372	0.8374	0.8377	0.8379	0.8382	0.8384	0.8387
1.000	0.8413	0.8416	0.8418	0.8421	0.8423	0.8426	0.8428	0.8430	0.8433	0.8435
1.020	0.8461	0.8464	0.8466	0.8468	0.8471	0.8473	0.8476	0.8478	0.8480	0.8483
1.040	0.8508	0.8511	0.8513	0.8515	0.8518	0.8520	0.8522	0.8525	0.8527	0.8529
1.060	0.8554	0.8557	0.8559	0.8561	0.8563	0.8566	0.8568	0.8570	0.8572	0.8575
1.080	0.8599	0.8602	0.8604	0.8606	0.8608	0.8610	0.8613	0.8615	0.8617	0.8619
1.100	0.8643	0.8646	0.8648	0.8650	0.8652	0.8654	0.8656	0.8659	0.8661	0.8663
1.120	0.8686	0.8689	0.8691	0.8693	0.8695	0.8697	0.8699	0.8701	0.8703	0.8706
1.140	0.8729	0.8731	0.8733	0.8735	0.8737	0.8739	0.8741	0.8743	0.8745	0.8747
1.160	0.8770	0.8772	0.8774	0.8776	0.8778	0.8780	0.8782	0.8784	0.8786	0.8788
1.180	0.8810	0.8812	0.8814	0.8816	0.8818	0.8820	0.8822	0.8824	0.8826	0.8828

z	+0	+0.001	+0.002	+0.003	+0.004	+0.005	+0.006	+0.007	+0.008	+0.009
1.200	0.8849	0.8851	0.8853	0.8855	0.8857	0.8859	0.8861	0.8863	0.8865	0.8867
1.220	0.8888	0.8890	0.8891	0.8893	0.8895	0.8897	0.8899	0.8901	0.8903	0.8905
1.240	0.8925	0.8927	0.8929	0.8931	0.8933	0.8934	0.8936	0.8938	0.8940	0.8942
1.260	0.8962	0.8963	0.8965	0.8967	0.8969	0.8971	0.8972	0.8974	0.8976	0.8978
1.280	0.8997	0.8999	0.9001	0.9003	0.9004	0.9006	0.9008	0.9010	0.9011	0.9013
1.300	0.9032	0.9034	0.9035	0.9037	0.9039	0.9041	0.9042	0.9044	0.9046	0.9047
1.320	0.9066	0.9067	0.9069	0.9071	0.9072	0.9074	0.9076	0.9077	0.9079	0.9081
1.340	0.9099	0.9100	0.9102	0.9104	0.9105	0.9107	0.9108	0.9110	0.9112	0.9113
1.360	0.9131	0.9132	0.9134	0.9136	0.9137	0.9139	0.9140	0.9142	0.9143	0.9145
1.380	0.9162	0.9164	0.9165	0.9167	0.9168	0.9170	0.9171	0.9173	0.9174	0.9176
1.400	0.9192	0.9194	0.9195	0.9197	0.9198	0.9200	0.9201	0.9203	0.9204	0.9206



ตารางที่ 6.7 ตารางสรุปค่า Z-Score เปรียบเทียบ Cumulative Distribution Function (%ของพื้นที่ใต้กราฟ) ที่ค่า Z-Score 1.41 – 1.8075

z	+0	+0.0025	+0.0050	+0.0075	+0.0100	+0.0125	+0.0150	+0.0175	+0.0200	+0.0225
1.410	0.9207	0.9211	0.9215	0.9218	0.9222	0.9226	0.9229	0.9233	0.9236	0.9240
1.435	0.9244	0.9247	0.9251	0.9254	0.9258	0.9261	0.9265	0.9268	0.9272	0.9275
1.460	0.9279	0.9282	0.9285	0.9289	0.9292	0.9296	0.9299	0.9302	0.9306	0.9309
1.485	0.9312	0.9316	0.9319	0.9322	0.9325	0.9329	0.9332	0.9335	0.9338	0.9342
1.510	0.9345	0.9348	0.9351	0.9354	0.9357	0.9361	0.9364	0.9367	0.9370	0.9373
1.535	0.9376	0.9379	0.9382	0.9385	0.9388	0.9391	0.9394	0.9397	0.9400	0.9403
1.560	0.9406	0.9409	0.9412	0.9415	0.9418	0.9421	0.9424	0.9427	0.9429	0.9432
1.585	0.9435	0.9438	0.9441	0.9444	0.9446	0.9449	0.9452	0.9455	0.9458	0.9460
1.610	0.9463	0.9466	0.9468	0.9471	0.9474	0.9477	0.9479	0.9482	0.9484	0.9487
1.635	0.9490	0.9492	0.9495	0.9498	0.9500	0.9503	0.9505	0.9508	0.9510	0.9513
1.660	0.9515	0.9518	0.9520	0.9523	0.9525	0.9528	0.9530	0.9533	0.9535	0.9538
1.685	0.9540	0.9542	0.9545	0.9547	0.9550	0.9552	0.9554	0.9557	0.9559	0.9561
1.710	0.9564	0.9566	0.9568	0.9571	0.9573	0.9575	0.9577	0.9580	0.9582	0.9584
1.735	0.9586	0.9589	0.9591	0.9593	0.9595	0.9597	0.9599	0.9602	0.9604	0.9606
1.760	0.9608	0.9610	0.9612	0.9614	0.9616	0.9618	0.9621	0.9623	0.9625	0.9627
1.785	0.9629	0.9631	0.9633	0.9635	0.9637	0.9639	0.9641	0.9643	0.9645	0.9647

ตารางที่ 6.8 ตารางสรุปค่า Z-Score เปรียบเทียบ Cumulative Distribution Function (%ของพื้นที่ใต้กราฟ) ที่ค่า Z-Score 1.81 – 2.905

z	+0	+0.005	+0.010	+0.015	+0.020	+0.025	+0.030	+0.035	+0.040	+0.045
1.810	0.9649	0.9652	0.9656	0.9660	0.9664	0.9667	0.9671	0.9675	0.9678	0.9682
1.860	0.9686	0.9687	0.9689	0.9691	0.9693	0.9694	0.9696	0.9698	0.9699	0.9701
1.910	0.9719	0.9721	0.9723	0.9724	0.9726	0.9727	0.9729	0.9730	0.9732	0.9734
1.960	0.9750	0.9751	0.9753	0.9754	0.9756	0.9757	0.9759	0.9760	0.9761	0.9763
2.010	0.9778	0.9779	0.9780	0.9782	0.9783	0.9784	0.9786	0.9787	0.9788	0.9789
2.060	0.9803	0.9804	0.9805	0.9807	0.9808	0.9809	0.9810	0.9811	0.9812	0.9814
2.110	0.9826	0.9827	0.9828	0.9829	0.9830	0.9831	0.9832	0.9833	0.9834	0.9835
2.160	0.9846	0.9847	0.9848	0.9849	0.9850	0.9851	0.9852	0.9853	0.9854	0.9855
2.210	0.9864	0.9865	0.9866	0.9867	0.9868	0.9869	0.9870	0.9870	0.9871	0.9872
2.260	0.9881	0.9882	0.9882	0.9883	0.9884	0.9885	0.9885	0.9886	0.9887	0.9888
2.310	0.9896	0.9896	0.9897	0.9898	0.9898	0.9899	0.9900	0.9900	0.9901	0.9902
2.360	0.9909	0.9909	0.9910	0.9910	0.9911	0.9912	0.9912	0.9913	0.9913	0.9914
2.410	0.9920	0.9921	0.9921	0.9922	0.9922	0.9923	0.9923	0.9924	0.9925	0.9925
2.460	0.9931	0.9931	0.9931	0.9932	0.9932	0.9933	0.9933	0.9934	0.9934	0.9935
2.510	0.9940	0.9940	0.9940	0.9941	0.9941	0.9942	0.9942	0.9943	0.9943	0.9943
2.560	0.9948	0.9948	0.9948	0.9949	0.9949	0.9950	0.9950	0.9950	0.9951	0.9951
2.610	0.9955	0.9955	0.9955	0.9956	0.9956	0.9956	0.9957	0.9957	0.9957	0.9958
2.660	0.9961	0.9961	0.9962	0.9962	0.9962	0.9962	0.9963	0.9963	0.9963	0.9963
2.710	0.9966	0.9967	0.9967	0.9967	0.9967	0.9968	0.9968	0.9968	0.9968	0.9969
2.760	0.9971	0.9971	0.9972	0.9972	0.9972	0.9972	0.9972	0.9973	0.9973	0.9973
2.810	0.9975	0.9975	0.9976	0.9976	0.9976	0.9976	0.9976	0.9977	0.9977	0.9977
2.860	0.9979	0.9979	0.9979	0.9979	0.9979	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980	0.9980

ตารางที่ 6.9 ตารางสรุปค่า Z-Score เปรียบเทียบ Cumulative Distribution Function (%ของพื้นที่ใต้กราฟ) ที่ค่า Z-Score 2.91- 4.00

z	+0	+0.08	+0.16	+0.24	+0.32	+0.40	+0.48	+0.56	+0.64	+0.72
2.910	0.9982	0.9986	0.9989	0.9992	0.9994	0.9995	0.9997	0.9997	0.9998	0.9999
3.710	0.9999	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอภิรักษ์ ตั้งเสริมวงศ์ เกิดวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนแม่พระฟาติมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2555



