

การลดทอนคลื่นของแผ่นดินไหวระยะไกลในประเทศไทย



นาย พิธาน ไพโรจน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

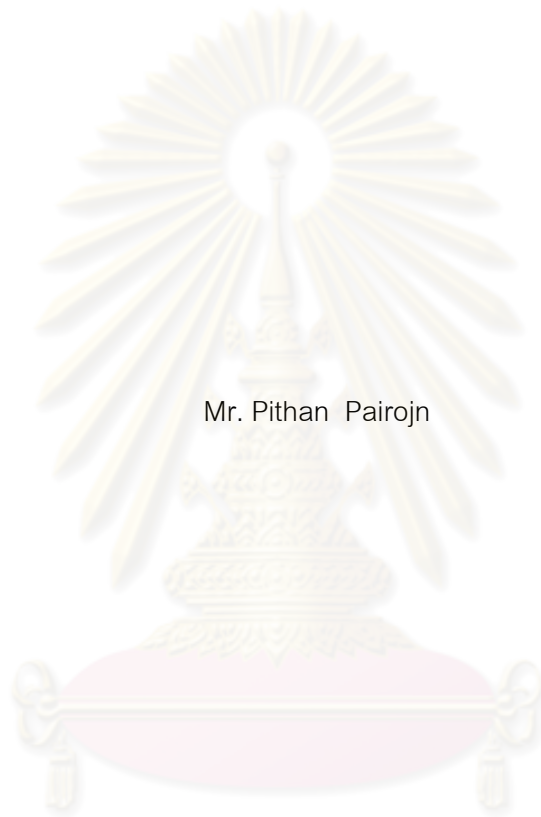
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ATTENUATION OF FAR FIELD EARTHQUAKES IN THAILAND



Mr. Pithan Pairojn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
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 2010

Copyright of Chulalongkorn University

พินาน ไพโรจน์ : การลดทอนคลื่นของแผ่นดินไหวระยะไกลในประเทศไทย.
(ATTENUATION OF FAR FIELD EARTHQUAKES IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 94 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอความสัมพันธ์ของการลดทอนคลื่นอย่างง่ายของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดของข้อมูลแผ่นดินไหวระยะไกลที่บันทึกโดยสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว สำนักแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยาที่ติดตั้งทั่วประเทศไทย 29 สถานี จุดกำเนิดแผ่นดินไหวหลักสามแหล่งที่ส่งคลื่นแผ่นดินไหวระยะไกลมาถึงประเทศไทย คือ บริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศพม่าและทะเลอันดามัน ซึ่งระยะจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวมีระยะทางระหว่าง 300 ถึง 3,000 กิโลเมตร รวมทั้งสิ้น 72 เหตุการณ์ ระหว่างปี 2549 ถึง 2551 ถูกนำมาใช้ในการกำหนดความสัมพันธ์ที่นำเสนอโดยแบ่งตามจุดกำเนิดแผ่นดินไหว ซึ่งพบว่าระยะเวลาสูงสุดเพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้นตามระยะทางจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว แต่การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดจะถูกลดทอนแบบเชิงเส้นตามระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว ความสัมพันธ์ที่นำเสนอถูกจัดกลุ่มตามขนาดแผ่นดินไหว

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา.....
ปีการศึกษา.....2553.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5270624721: MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: EARTHQUAKE / ATTENUATION RELATION / GROUND MOTION / PEAK
GROUND ACCELERATION / EPICENTER DISTANCE

PITHAN PAIROJN : ATTENUATION OF FAR FIELD EARTHQUAKES IN
THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. SUPOT TEACHAVORASINSKUN,
Ph.D., 94 pp.

This study aimed to propose the simple attenuation relations for peak period, peak ground distance (PGD), peak ground velocity (PGV) and peak ground acceleration (PGA) of various far field earthquakes recorded by the seismometers installed around Thailand. There are currently 29 seismic stations being active as earthquakes recorded station in Thailand. The main sources of far field earthquakes arrived are from three areas namely the regions around Sumatra, Myanmar and Andaman Sea. The epicenter distances varied from 300 to 3,000 kilometers. The total of 72 earthquakes recorded during 2006 to 2008 were used in formulation of the proposed correlations. The proposed correlations were divided according to the mentioned earthquake source zones. It was found that peak period was increased by distance from epicenters but peak ground distance, peak ground velocity and peak ground acceleration were attenuated by distance from epicenters. The proposed correlations for each earthquake sources were further subdivided according to the magnitudes of the events.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

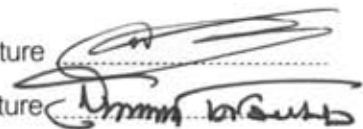
Department : CIVIL ENGINEERING

Student's Signature

Field of Study : CIVIL ENGINEERING

Advisor's Signature

Academic Year : 2010



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล อาจารย์ที่
ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการเสนอแนะแนวทางในการทำวิจัยในครั้งนี้
รวมทั้งช่วยตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย ขอกราบ
ขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวี ธนะเจริญกิจ และ ดร. ธนกร ชมภูรัตน์ คณะกรรมการ
ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ที่ช่วยแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์
ยิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอขอบคุณอย่างสุดซึ้งต่อ รุ่นพี่ เพื่อนๆ และรุ่นน้องที่คอยให้ความช่วยเหลือในการ
ทำงาน และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ซึ่งคอยให้กำลังใจและสนับสนุนการ
ทำงานเป็นอย่างดี ตลอดจนครูบาอาจารย์ทุกท่านที่เคยสั่งสอน อบรม และให้ความรู้ในสาขาวิชา
ต่างๆ พระคุณของท่านเหล่านี้ ผู้เขียนจะระลึกถึงจนกว่าชีวิตจะหาไม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว.....	4
2.2 ลักษณะโครงสร้างของโลก.....	5
2.3 การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก.....	6
2.4 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว.....	8
2.5 ขนาดของแผ่นดินไหว.....	10
2.6 ความรุนแรงของแผ่นดินไหว.....	11
2.7 การสั่นสะเทือนที่รุนแรง.....	13
2.8 รอยเลื่อน.....	20
2.9 รอยเลื่อนในประเทศไทย.....	22
2.10 สถิติแผ่นดินไหวในประเทศไทย.....	26
2.11 การตรวจวัดแผ่นดินไหวและเครื่องมือ.....	33
2.12 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายจากแผ่นดินไหว.....	37
2.13 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	42
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	42
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	47
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	50
4.1 จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย.....	50
4.2 จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า.....	59
4.3 จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน.....	66
4.4 การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม.....	73
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	74
5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย.....	74
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	75
รายการอ้างอิง.....	76
ภาคผนวก.....	78
ภาคผนวก ก. เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	79
ภาคผนวก ข. ข้อมูลค่าคาบสูงสุด (Predominant period) มูลค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด (Peak ground distance) ความเร็วของพื้นดินสูงสุด (Peak ground velocity) และความเร่งของพื้นดินสูงสุด (Peak ground acceleration) ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศพม่าและทะเลอันดามัน.....	82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	94

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ(บูรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.).....	11
ตารางที่ 2.2	อันดับความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราริกเตอร์ (บูรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.).....	12
ตารางที่ 2.3	อันดับความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์คัลลี (บูรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.).....	12
ตารางที่ 2.4	การประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหว ค่าความเร่งพื้นดินสูงสุด ระยะเวลาการสั่นสะเทือน และระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว (Gere and Shah, 1984).....	14
ตารางที่ 2.5	แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานความเสียหาย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์).....	27
ตารางที่ 2.6	สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์).....	33
ตารางที่ 4.1	สูตรการคำนวณหาคาบสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย.....	55
ตารางที่ 4.2	สูตรการคำนวณหาการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย.....	56
ตารางที่ 4.3	สูตรการคำนวณหาความเร็วของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย.....	57
ตารางที่ 4.4	สูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย.....	58
ตารางที่ 4.5	สูตรการคำนวณหาคาบสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า.....	64
ตารางที่ 4.6	สูตรการคำนวณหาการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า.....	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า	
ตารางที่ 4.7	สูตรการคำนวณหาความเร็วของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว บริเวณประเทศพม่า.....	65
ตารางที่ 4.8	สูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว บริเวณประเทศพม่า.....	65
ตารางที่ 4.9	สูตรการคำนวณหาคาบสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดา มัน.....	71
ตารางที่ 4.10	สูตรการคำนวณหาการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลาง แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน.....	71
ตารางที่ 4.11	สูตรการคำนวณหาความเร็วของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน.....	72
ตารางที่ 4.12	สูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว บริเวณทะเลอันดามัน.....	72

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1	โครงสร้างของโลก (Chen, 1936)..... 6
ภาพที่ 2.2	การเคลื่อนตัวของหินหลอมละลายภายในโลก (Chen, 1936)..... 7
ภาพที่ 2.3	แนวแผ่นดินไหวของโลก (Chen, 1936)..... 8
ภาพที่ 2.4	แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ (บุรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)..... 9
ภาพที่ 2.5	ตัวอย่างค่าความเร่งสูงสุด ค่าความเร็วสูงสุด และการเคลื่อนตัวสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัด (Pairojn and Teachavorasinskun, 2010)..... 16
ภาพที่ 2.6	ขั้นตอนการนำผลการวิเคราะห์แต่ละคลื่นมาผนวกรวมกัน (สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 2549)..... 18
ภาพที่ 2.7	กราฟ Fourier amplitude spectrum ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้อนุกรมฟูรีเยร์ (สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 2549)..... 19
ภาพที่ 2.8	การประมาณระยะเวลาของการสั่นสะเทือนตามวิธี Bracketed duration (สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 2549)..... 20
ภาพที่ 2.9	รอยเลื่อนชนิดต่างๆ (Chen, 1936)..... 22
ภาพที่ 2.10	แสดงรอยเลื่อนภายในประเทศไทย (บุรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)..... 26
ภาพที่ 2.11	สถิติตำแหน่งศูนย์กลางของแผ่นดินไหวในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง (บุรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)..... 31
ภาพที่ 2.12	แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวในประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2551 : ออนไลน์)..... 32
ภาพที่ 2.13	สถานีตรวจแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงใหม่ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์)..... 36
ภาพที่ 2.14	ตำแหน่งสถานีตรวจแผ่นดินไหว (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์)..... 37
ภาพที่ 3.1	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวกรมอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทย..... 42

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.2 เครื่องมือวัดความเร็วของอนุภาคดินของพื้นดิน.....	43
ภาพที่ 3.3 เครื่องมือวัดอัตราเร่งของพื้นดิน.....	44
ภาพที่ 3.4 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวและจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิจัย.....	45
ภาพที่ 3.5 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวเขื่อนศรีนครินทร์.....	46
ภาพที่ 3.6 กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์).....	46
ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการตรวจวัด (Pairojn and Teachavorasinskun, 2010).....	47
ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างกราฟความถี่ของคลื่นแผ่นดินไหวจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม คอมพิวเตอร์.....	48
ภาพที่ 3.9 แผนภูมิการวิเคราะห์ข้อมูล.....	49
ภาพที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลาง แผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (a)แนวราบ ตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	51
ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจาก จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	52
ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุด ศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	53
ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุด ศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	54
ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลาง แผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	61
ภาพที่ 4.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	62
ภาพที่ 4.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	63
ภาพที่ 4.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	67
ภาพที่ 4.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	68
ภาพที่ 4.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	69
ภาพที่ 4.12	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง.....	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผ่นดินไหว (Earthquake) เป็นภัยธรรมชาติที่มีก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรุนแรง แม้ว่าปัจจุบันได้มีการพัฒนาทฤษฎีการวิเคราะห์และเครื่องมือตรวจวัดที่ประจำอยู่ทั่วโลก เช่น เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนที่มีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตามก็สามารถตรวจวัดได้จากบนพื้นผิวโลกเท่านั้น คลื่นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งจึงทำหน้าที่คล้ายกับรังสีเอกซ์ (X-rays) กล่าวคือตรวจสอบโครงสร้างของโลก ลักษณะทางธรณีวิทยา และการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก เป็นต้น การหักเหและการตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวต่อลักษณะทางกายภาพของโลก สามารถทำให้เข้าใจถึงธรรมชาติของภัยแผ่นดินไหว สถิติแผ่นดินไหวในอดีตและผลการตรวจวัดด้วยเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาในปัจจุบัน ทำให้ทราบว่าประเทศไทยมิได้ปลอดภัยจากภัยแผ่นดินไหว

ประเทศไทยไม่ได้ตั้งอยู่ในเขตอันตรายจากการเกิดแผ่นดินไหวแต่แรงสั่นสะเทือนรู้สึกได้นั้นส่วนใหญ่เกิดจากนอกประเทศ เช่น หมู่เกาะสุมาตราประเทศอินโดนีเซีย ทะเลอันดามัน ประเทศพม่า เป็นต้น ทำให้มีผู้ศึกษาวิจัยเพื่อสร้างความสัมพันธ์ของการลดทอนคลื่นของคาบสูงสุด (Predominant period) การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด (Peak ground distance) ความเร็วของพื้นดินสูงสุด (Peak ground velocity) และความเร่งของพื้นดินสูงสุด (Peak ground acceleration) จากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวระยะไกลที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยเพื่อใช้ประโยชน์ในทางวิศวกรรมต่อไป

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการลดทอนคลื่นของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด จากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวภายนอกประเทศกับพื้นที่ต่างๆในประเทศไทยซึ่งมีแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 72 เหตุการณ์ ระหว่างวันที่ 7 ตุลาคม 2549 – 19 พฤษภาคม 2551 ซึ่งระยะทางจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจแผ่นดินไหวระหว่าง 312 ถึง 2,909 กิโลเมตร ความลึกของแหล่งกำเนิดระหว่าง 12 ถึง 304.8 กิโลเมตร และขนาดของแผ่นดินไหวที่ศูนย์กลางแผ่นดินไหวมีค่าระหว่าง 4.8 ถึง 7.9 ริคเตอร์ เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับงานวิศวกรรม ธรณีวิทยา งานวางแผนการใช้ประโยชน์ของพื้นดินต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนคลื่นของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับระยะทางจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด

1.2.2 สร้างความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนคลื่นของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับระยะทางจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด

1.2.3 หาค่าประมาณของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดจากความสัมพันธ์ของการลดทอนคลื่น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา 29 สถานี ระหว่างวันที่ 7 ตุลาคม 2549 – 19 พฤษภาคม 2551

1.3.2 ใช้ทฤษฎีวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของพื้นดินโดยใช้อนุกรมของฟูรีเยร์ (Fourier spectrum of ground motion)

1.3.3 สร้างความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนคลื่นของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตราประเทศอินโดนีเซีย ทะเลอันดามัน และประเทศพม่า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถวิเคราะห์และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนคลื่นของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับ ระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวภายนอกประเทศกับพื้นที่ต่างๆในประเทศไทย

1.4.2 เพิ่มฐานข้อมูลคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศพม่า และทะเลอันดามัน ให้กับประเทศไทย

1.4.3 สามารถหาค่าประมาณของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด จากความสัมพันธ์ของการลดทอนคลื่นโดยวิธีอย่างง่าย

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1 เก็บข้อมูลแผ่นดินไหวจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา 29 สถานี ข้อมูลระหว่างวันที่ 7 ตุลาคม 2549 – 19 พฤษภาคม 2551

1.5.2 นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด ของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละเหตุการณ์ด้วยทฤษฎีและโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.5.3 นำค่าที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการลดทอนคลื่นของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันความตื่นตัวในการศึกษาวิชาแผ่นดินไหว (Seismology) เป็นไปอย่างกว้างขวางในระดับนานาชาติไม่เพียงเฉพาะนักแผ่นดินไหว (Seismologist) เท่านั้น แต่ยังเป็นที่สนใจของวิศวกรเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้าง

2.1 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหว เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของชั้นหินขนาดใหญ่เลื่อน เคลื่อนที่ หรือแตกหักและเกิดการโอนถ่ายพลังงานศักย์ ผ่านในชั้นหินที่อยู่ติดกัน พลังงานศักย์นี้อยู่ในรูปคลื่นไหวสะเทือน จุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว (focus) มักเกิดตามรอยเลื่อน อยู่ในระดับความลึกต่าง ๆ ของผิวโลก การสั่นสะเทือนหรือเขย่าของพื้นผิวโลก เพื่อปรับตัวให้อยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งแผ่นดินไหวสามารถก่อให้เกิดความเสียหายและภัยพิบัติต่อบ้านเมือง ที่อยู่อาศัย สิ่งมีชีวิต ส่วนสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหวนั้นส่วนใหญ่เกิดจากธรรมชาติ โดยแผ่นดินไหวบางลักษณะสามารถเกิดจากการกระทำของมนุษย์ได้ แต่มีความรุนแรงน้อยกว่าที่เกิดขึ้นเองจากธรรมชาติ

2.1.1 แผ่นดินไหวจากธรรมชาติ

แผ่นดินไหวจากธรรมชาติเป็นธรณีพิบัติภัยชนิดหนึ่ง ส่วนมากเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดินอันเนื่องมาจากการปลดปล่อยพลังงานเพื่อระบายความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกมาอย่างฉับพลันเพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ โดยปกติเกิดจากการเคลื่อนไหวของรอยเลื่อนภายในชั้นเปลือกโลกที่อยู่ด้านนอกสุดของโครงสร้างของโลก มีการเคลื่อนที่หรือเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ อยู่เสมอ แผ่นดินไหวจะเกิดขึ้นเมื่อความเค้นอันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงมีมากเกินไป ภาวะนี้เกิดขึ้นบ่อยในบริเวณขอบเขตของแผ่นเปลือก

โลกที่แบ่งชั้นเปลือกโลกออกเป็นธรณีภาค (lithosphere) เรียกแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบริเวณขอบเขตของแผ่นเปลือกโลกนี้ว่า แผ่นดินไหวระหว่างแผ่น (Interplate earthquake) ซึ่งเกิดได้บ่อยและรุนแรงกว่า แผ่นดินไหวภายในแผ่น (Intraplate earthquake)

2.1.2 แผ่นดินไหวที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

มีทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การระเบิด การทำเหมือง สร้างอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อนใก้ล้วยเลื่อน การทำงานของเครื่องจักรกล การจรวจ รวมถึงการเก็บขยะนิวเคลียร์ไว้ใต้ดิน เป็นต้น

2.1.2.1 การสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งอาจพบปัญหาการเกิดแผ่นดินไหว เนื่องจากน้ำหนักของน้ำในเขื่อนกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยพลังงาน ทำให้สภาวะความเครียดของแรงในบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งทำให้แรงดันของน้ำเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดพลังงานด้านทานที่สะสมตัวในชั้นหิน เรียกแผ่นดินไหวลักษณะนี้ว่า แผ่นดินไหวท้องถิ่น ส่วนมากจะมีศูนย์กลางอยู่ที่ระดับความลึก 5-10 กิโลเมตร ขนาดและความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งเข้าสู่ภาวะปกติ

2.1.2.2 การทำเหมืองในระดับลึก ซึ่งในการทำเหมืองจะมีการระเบิดหิน ซึ่งอาจทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนขึ้นได้

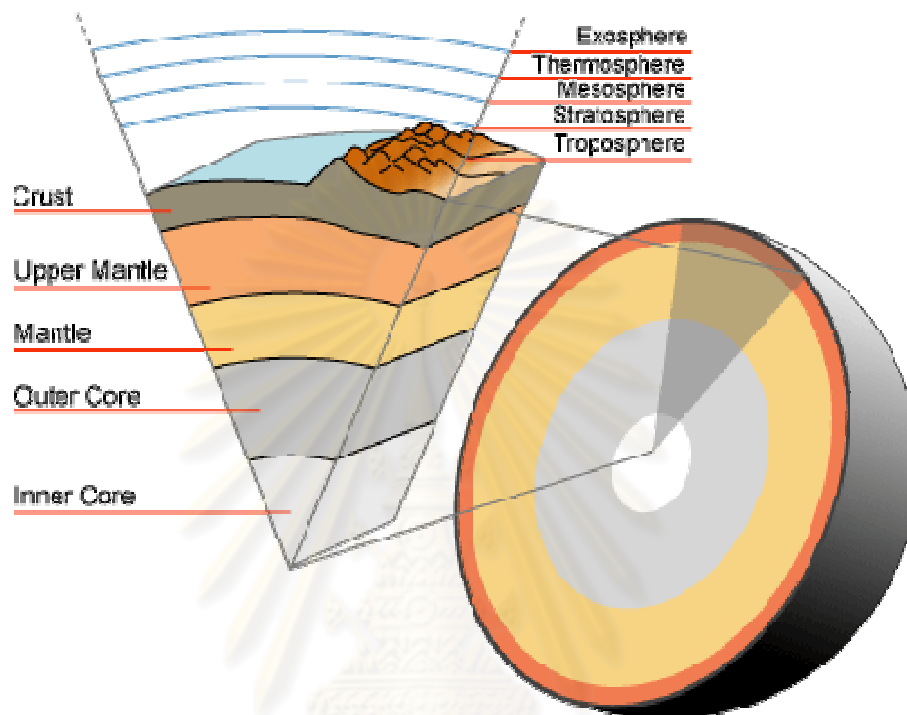
2.1.2.3 การสูบน้ำใต้ดิน การสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้มากเกินไป รวมถึงการสูบน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ ซึ่งอาจทำให้ชั้นหินที่รองรับเกิดการเคลื่อนตัวได้

2.1.2.4 การทดลองระเบิดนิวเคลียร์ใต้ดิน ก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนจากการทดลองระเบิด ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดผลกระทบต่อชั้นหินที่อยู่ใต้เปลือกโลกได้

2.2 ลักษณะโครงสร้างของโลก

โครงสร้างของโลกแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ส่วนที่หนึ่งเป็นแกนโลก (Core) อยู่ลึกที่สุดและมีอุณหภูมิสูงมากซึ่งเป็นต้นกำเนิดทำให้ชั้นหินหลอมละลายมีการเคลื่อนตัว ส่วนที่สองเป็นชั้นหินหลอมละลาย (Mantle) เป็นของแข็งแต่มีคุณสมบัติของการเคลื่อนตัวคล้ายของเหลวแต่มีความเร็ว

เข้ามาอยู่ในระดับหลายเซนติเมตรต่อปี ส่วนที่สามเป็นเปลือกโลก (Crust) ที่ห่อหุ้มโลกอยู่มีความหนาน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของโลกและไม่ได้เป็นชั้นเดียวกัน

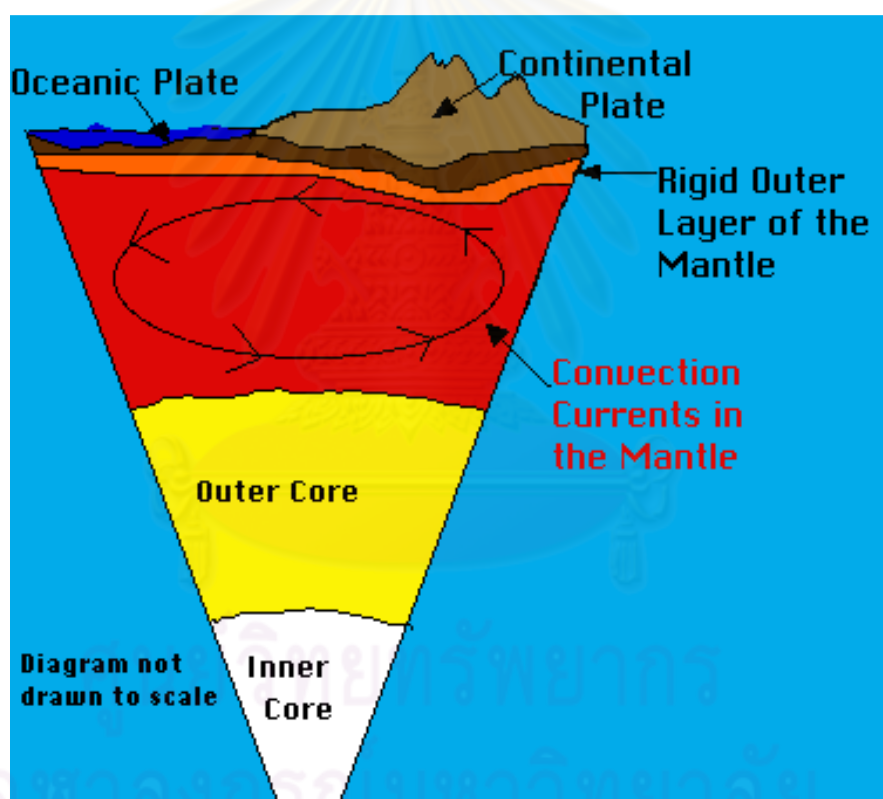


ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของโลก (Chen, 1936)

2.3 การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก

เมื่อชั้นหินหลอมละลายได้รับพลังงานความร้อนจากแกนโลกและลอยตัวขึ้นผลึกตันเปลือกโลกอยู่ตลอดเวลา ดังภาพที่ 2.2 เปลือกโลกแต่ละชั้นจะมีทิศทางการเคลื่อนตัวต่างๆ กัน พร้อมกับสะสมพลังงานไว้ภายใน บริเวณตรงขอบของเปลือกโลกจึงเป็นพื้นที่ที่มีการชนกันหรือเสียดสีกันหรือแยกจากกัน หากบริเวณขอบของชั้นเปลือกโลกใดๆ ที่ไม่สามารถทนแรงอัดได้ก็จะแตกหักและมีการเคลื่อนตัวโดยฉับพลันหรือบางครั้งผลึกตันให้เปลือกโลกอีกชั้น คดโค้งต่อจากนั้นเมื่อสะสมพลังงานมากก็จะติดตัวกลับเพื่อรักษาสมดุล กระตุ้นให้เกิดความสั่นสะเทือนแผ่กระจายไปทุกทิศทางบริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โดยบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลกเป็นบริเวณแนวแผ่นดินไหวของโลกดังภาพที่ 2.3 หากพาดผ่านหรืออยู่ใกล้กับประเทศใด ประเทศ

นั่นจะมีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหวค่อนข้างสูง เช่น ประเทศญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ ชิลี และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น นอกจากนั้นแรงที่สะสมในเปลือกโลกยังถูกส่งผ่านเข้าไปในพื้นที่ปตรงบริเวณรอยร้าวของหินใต้พื้นโลกหรือที่เรียกว่า รอยเลื่อน (Fault) ในกรณีที่รอยเลื่อนใดๆ ไม่สามารถทนแรงที่บิดอัดได้ก็จะมีการเคลื่อนตัวอย่างฉับพลันเช่นกัน เพื่อปรับความสมดุลของแรงกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหวกระจายคลื่นความสั่นสะเทือนไปทุกทิศทาง เรียกบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวภายในเปลือกโลกใต้พื้นดินว่า ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่แท้จริง (Hypocenter) และเรียกบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวตรงผิวพื้นข้างบนซึ่งสามารถกำหนดพิกัด ละติจูดและลองจิจูดว่า ศูนย์กลางแผ่นดินไหวบนผิวพื้น (Epicenter)



ภาพที่ 2.2 การเคลื่อนตัวของหินหลอมละลายภายในโลก (Chen, 1936)



ภาพที่ 2.3 แนวแผ่นดินไหวของโลก (Chen, 1936)

2.4 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว

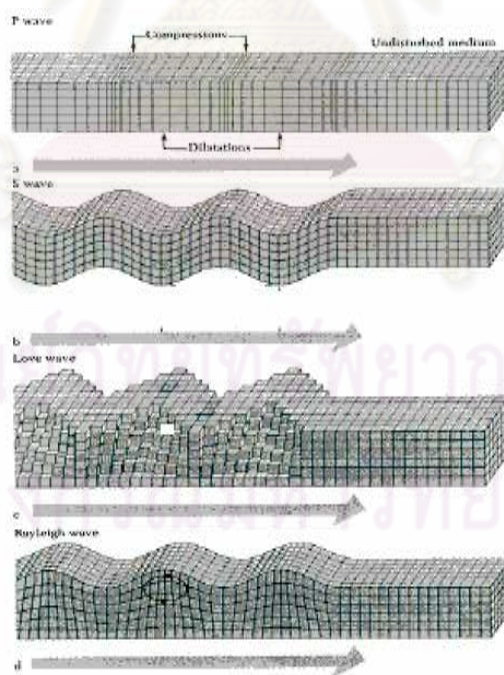
ความสั่นสะเทือนของพื้นดินนั้นมีลักษณะการเคลื่อนตัวของอนุภาคหินหรือดินแบบ 3 มิติ คือสามารถวัดการเคลื่อนตัวในแนวระนาบของทิศเหนือ ได้ ตะวันออก ตะวันตก และแนวตั้ง ทั้งนี้ คลื่นแผ่นดินไหวสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน 2 แบบได้แก่ แบบวัดความเร็วของอนุภาคดินหรือหิน (Seismometer) ซึ่งสามารถวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวเพื่อกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว ขนาด เวลาเกิด ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของโลก ลักษณะของแนวรอยเลื่อน กลไกการเกิดแผ่นดินไหว และแบบวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerometer) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหว ในบริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว คลื่นแผ่นดินไหวแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

2.4.1 คลื่นในตัวกลาง (Body Wave)

เป็นคลื่นที่มีลักษณะแผ่กระจายเป็นวงรอบๆจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว ได้แก่ คลื่นปฐมภูมิ (P - Wave) เป็นคลื่นตามยาว อนุภาคของคลื่นชนิดนี้เคลื่อนที่ในแนวทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น สามารถผ่านได้ในตัวกลางทุกสถานะ และคลื่นทุติยภูมิ (S - Wave) เป็นคลื่นตามขวาง อนุภาคของคลื่นมีทิศตั้งฉากกับทิศคลื่นเคลื่อนที่ ผ่านได้ในตัวกลางสถานะของแข็ง

2.4.2 คลื่นผิวพื้น (Surface Wave)

เป็นคลื่นที่แผ่จากจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหว ได้แก่ คลื่นเลิฟ (Love Wave) เป็นคลื่นที่อนุภาคสั่นในแนวราบ มีทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่นเคลื่อนที่ของสูงๆต่ำๆ และคลื่นเรย์เลห์ (Rayleigh Wave) อนุภาคในคลื่นนี้สั่นเป็นรูปรี ในทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เป็นสาเหตุทำให้พื้นโลกสั่นขึ้นลง แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ (บุรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)

2.5 ขนาดของแผ่นดินไหว (Magnitude)

เป็นปริมาณที่มีความสัมพันธ์กับพลังงานที่พื้นโลกปลดปล่อยออกมาในรูปของการสั่นสะเทือน คำนวณได้จากการตรวจวัดค่าความสูงของคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว เป็นปริมาณที่บ่งชี้ขนาด ณ บริเวณจุดศูนย์กลาง ขนาดที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีด้วยกันหลายประเภท ได้แก่

2.5.1 Local Magnitude (ML)

เป็นขนาดแผ่นดินไหวในยุคเริ่มแรก บ่งบอกถึงปริมาณของแผ่นดินไหวท้องถิ่นหรือแผ่นดินไหวใกล้ (ระยะทางน้อยกว่า 1,000 กิโลเมตร) คำนวณได้จากความสูงของคลื่นซึ่งตรวจด้วยเครื่องมือตรวจความสั่นสะเทือนแบบวัดการขจัด (Displacement) ได้แก่ เครื่อง Wood Anderson ซึ่งมีค่ากำลังขยาย 2,800 เท่า นำเสนอโดย C. F. Richter นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกา ดังนั้นหน่วยของขนาด ML ที่ใช้จึงเป็น “ริกเตอร์” โดยนำค่าของความสูงของคลื่นที่สูงที่สุดของคลื่นทุติยภูมิ ซึ่งมีช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 0.1-1.0 วินาทีมาใช้ในการคำนวณ

2.5.2 Body-Wave Magnitude (MB)

เป็นขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้งใกล้และไกล (ระยะทางมากกว่า 1,000 กิโลเมตร) เรียกว่า ขนาดของคลื่นในตัวกลาง (Body-wave magnitude) ในการคำนวณใช้คลื่นในตัวกลาง ได้แก่ คลื่นปฐมภูมิที่มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 1.0-5.0 วินาที

2.5.3 Surface Magnitude (Ms)

แสดงขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวไกลและมีขนาดใหญ่ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าขนาดคลื่นผิวพื้น (Surface Magnitude) ในการคำนวณใช้คลื่นผิวพื้นที่มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 18-22 วินาที

2.5.4 Moment Magnitude (Mw)

เป็นปริมาณที่แสดงถึงปริมาณพลังงานของคลื่นแผ่นดินไหวได้ดีกว่าขนาดชนิดอื่น สามารถวิเคราะห์ได้จากโมเมนต์แผ่นดินไหว (Mo: Seismic Moment) โดยที่ Mo สามารถคำนวณได้จากหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวหรือจากการสำรวจทางธรณีวิทยาเพื่อหาผลคูณของการขจัดของรอยเลื่อนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว (Fault displacement) หรือปริมาณพื้นที่ของรอยเลื่อน (Fault surface area) ส่วนใหญ่ขนาด Mw ใช้สำหรับกรณีแผ่นดินไหวไกล ที่มีขนาดใหญ่

ตารางที่ 2.1 แสดงการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ (บุรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)

ขนาด	สูตรคำนวณ	คลื่นแผ่นดินไหว	ความยาวช่วงคลื่น (วินาที)	การตรวจวัด
ML	$\text{Log A} - \text{Log A}_0$	S	0.1-1.0	displacement
MB	$\text{Log (A/T)} + Q (h,D)$	p	1.0-5.0	velocity
Ms	$\text{Log A} + 1.66 \text{ Log D} + 2.0$	Surface	20	velocity
Mw	$(2/3 \text{ log } M_0) - 10.7$	Surface	>200	velocity

2.6 ความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity)

ความรุนแรงที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งนั้นขึ้นอยู่กับความรุนแรงที่รู้สึกได้มากน้อยเพียงใด และขึ้นอยู่กับระยะทางจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว ความเสียหายจะเกิดขึ้นในบริเวณใกล้เคียงกับศูนย์กลางแผ่นดินไหว และจะลดหลั่นลงไปตามระยะทางที่ห่างออกไป ดังนั้น การสูญเสียจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความรุนแรงของแผ่นดินไหวโดยตรง สำหรับการวัดขนาดของแผ่นดินไหวมีหลายวิธี เช่น มาตรการวัดขนาดของแผ่นดินไหวแบบริกเตอร์และแบบเมอร์คัลลี แสดงดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.2 อันดับความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราริกเตอร์ (บูรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)

ริกเตอร์	ความรุนแรง	ลักษณะที่ปรากฏ
1-2.9	เล็กน้อย	ผู้คนเริ่มรู้สึกถึงการมาของคลื่นมีอาการวิงเวียนเพียงเล็กน้อยในบางคน
3-3.9	เล็กน้อย	ผู้คนที่อยู่ในอาคารรู้สึกเหมือนมีอะไรมาเขย่าอาคารให้สั่นสะเทือน
4-4.9	ปานกลาง	ผู้ที่อาศัยอยู่ทั้งภายในอาคารและนอกอาคารรู้สึกถึงการสั่นสะเทือน วัตถุห้อยแขวนแกว่งไกว
5-5.9	รุนแรง	เครื่องเรือน และวัตถุมีการเคลื่อนที่
6-6.9	รุนแรงมาก	อาคารเริ่มเสียหาย พังทลาย
7.0 ขึ้นไป	รุนแรงมาก	เกิดการสั่นสะเทือนอย่างมากมาส่งผลทำให้อาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ เสียหายอย่างรุนแรง แผ่นดินแยกวัตถุบนพื้นถูกเหวี่ยงกระเด็น

ตารางที่ 2.3 อันดับความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์คัลลี (บูรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)

เมอร์คัลลี	ลักษณะที่ปรากฏ
I	อ่อนมาก ผู้คนไม่รู้สึก ต้องทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือเฉพาะเท่านั้น
II	คนที่อยู่ในตึกสูง ๆ เริ่มรู้สึกเพียงเล็กน้อย
III	คนในบ้านเริ่มรู้สึก แต่คนส่วนใหญ่ยังไม่รู้สึก
IV	ผู้คนที่อยู่ในบ้านรู้สึกว่ามีอะไรบางอย่างมาทำให้บ้านสั่นเบา ๆ
V	คนส่วนใหญ่รู้สึก ของเบาในบ้านเริ่มแกว่งไกว

VI	คนส่วนใหญ่รู้สึก ของหนักในบ้านเริ่มแกว่งไหวเหวี่ยงกระเด็น
VII	คนตกใจ สิ่งก่อสร้างเริ่มมีรอยร้าว
VIII	อาคารธรรมดาเสียหายอย่างมาก
IX	สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดีตามหลักวิศวกรรม เสียหายมาก
X	อาคารพัง รางรถไฟงอเสียหาย
XI	อาคารสิ่งก่อสร้างพังทลายเกือบทั้งหมด ผิวโลกปูคูนุนและเลื่อนเป็นคลื่นบนพื้นดินอ่อน
XII	ทำลายหมดทุกอย่าง มองเห็นเป็นคลื่นบนแผ่นดิน

2.7 การสั่นสะเทือนที่รุนแรง (Strong ground motion)

เปลือกโลกมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนในระดับต่างๆ การสั่นสะเทือนส่วนใหญ่มีขนาดเล็กจนไม่สามารถรู้สึกได้ (Micro-seismic activities) วิศวกรมักให้ความสนใจการสั่นสะเทือนที่รุนแรง (Strong ground motion) ซึ่งเป็นการสั่นสะเทือนที่สามารถรู้สึกได้และส่งผลกระทบต่อารดำรงชีวิต การเคลื่อนตัวของชั้นดินเนื่องจากแผ่นดินไหวมีการเคลื่อนตัวเชิงเส้นใน 3 ทิศทาง ซึ่งในการวิเคราะห์ผลจะใช้ตัวแปร 3 ตัวแปรที่มีความสำคัญเพื่อเป็นตัวแทนในการบอกคุณลักษณะของการเคลื่อนตัวนั้นๆ ได้แก่

2.7.1 ตัวแปรด้านขนาด (Amplitude parameter)

วิธีที่ง่ายที่สุดในการแสดงการสั่นสะเทือนคือการแสดงในรูปกราฟระหว่าง ความเร่ง ความเร็ว และการเคลื่อนตัวกับเวลา ดังภาพที่ 2.5 วิศวกรสามารถกำหนดตัวแปรทางด้านขนาดของคลื่นได้ดังต่อไปนี้

2.7.1.1 ความเร่งสูงสุด (Peak acceleration)

ค่าความเร่งสูงสุดตามแนวราบ (Peak horizontal acceleration; PHA) หาได้จากค่าสูงสุดของความเร่งในแนวราบ ซึ่งข้อมูลจากการตรวจวัดส่วนใหญ่มักประกอบด้วยแนวราบ 2 ทิศทางด้วยกัน โดยทั่วไปค่า PHA จะได้จากผลรวมแบบเส้นสมมติ (Vector) ของค่าสูงสุดตามแนวราบทั้งสองทิศทาง ค่า PHA ได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นตัวแทนการสั่นสะเทือนอย่างมากเนื่องจากค่า PHA ส่งผลโดยตรงกับแรงเฉื่อยที่กระทำกับโครงสร้างจากการศึกษาที่ผ่านมา Gere and Shah (1984) พบว่า PHA มีความสัมพันธ์กับมาตราวัดความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Earthquake intensity) ดังตารางที่ 2.4 ส่วนค่าความเร่งตามแนวดิ่ง (Peak vertical acceleration; PVA) ไม่ค่อยได้รับความสำคัญในงานด้านปฐพีกลศาสตร์มากนักเพราะในการออกแบบโครงสร้างทั่วไปมักออกแบบให้โครงสร้างมีค่าพิกัดความปลอดภัยจากแรงโน้มถ่วงตามแนวดิ่งค่อนข้างสูง สามารถรับแรงเฉื่อยตามแนวดิ่งได้ค่อนข้างดีการสั่นสะเทือนที่มีค่า PHA สูงโดยมาก (ไม่เสมอไป) มักก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงกว่าการสั่นสะเทือนที่มีค่า PHA ต่ำและในการสั่นสะเทือนที่ PHA เกิดขึ้นเพียงช่วงเวลาสั้นๆมักจะก่อให้เกิดความเสียหาย หรือในบางกรณี PHA เกิดขึ้นจากส่วนประกอบของคลื่นที่มีความถี่สูงมากแต่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายมากนัก จะเห็นได้ว่าค่า PHA เพียงค่าเดียวไม่สามารถบอกคุณลักษณะของการสั่นสะเทือนได้ทั้งหมด จำเป็นต้องทราบระยะเวลาที่เกิดการสั่นสะเทือนและส่วนประกอบความถี่ของการสั่นสะเทือนนั้นๆประกอบด้วย

ตารางที่ 2.4 การประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหว ค่าความเร่งพื้นดินสูงสุด ระยะเวลาการสั่นสะเทือน และระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว (Gere and Shah, 1984)

ขนาดแผ่นดินไหว ท้องถิ่น (ML)	ค่าความเร่งพื้นดินสูงสุด (g)	ระยะเวลาการ สั่นสะเทือน (วินาที)	ระดับความรุนแรง แผ่นดินไหว (เมอร์คัลลี)
≤2	-	-	I-II
3	-	-	III
4	-	-	IV-V

5	0.09	2	VI-VII
6	0.22	12	VII-VIII
7	0.37	24	IX-X
≥ 8	≥ 0.50	≥ 34	XI-XII

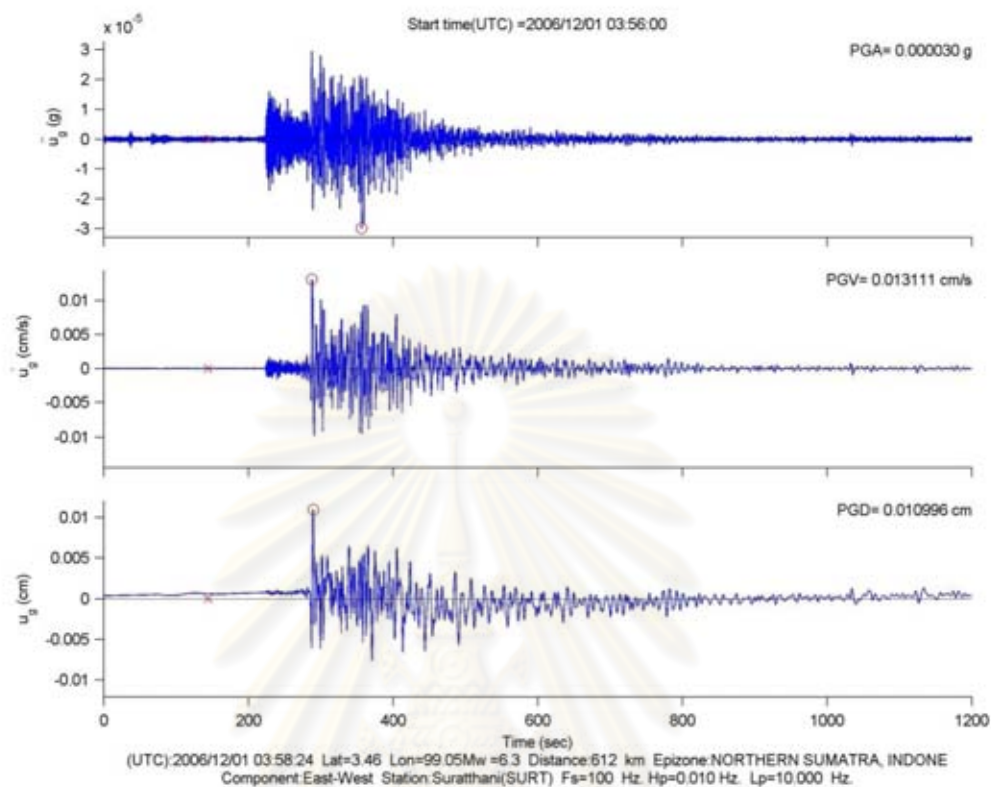
2.7.1.2 ความเร็วสูงสุด (Peak velocity)

ค่าความเร็วสูงสุดมีลักษณะเช่นเดียวกับค่าความเร่ง ค่าความเร็วสูงสุดตามแนวราบ (PHV) เป็นตัวแปรที่มีประโยชน์อีกตัวแปรหนึ่งที่ได้รับอิทธิพลจากคลื่นที่มีความถี่ปานกลาง ดังนั้นค่า PHV สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับโครงสร้างที่มีความถี่ธรรมชาติในช่วงความถี่ปานกลางได้ดีกว่าค่า PHA

2.7.1.3 การเคลื่อนตัวสูงสุด (Peak displacement)

ค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดตามแนวราบเป็นตัวแปรทางด้านขนาดที่ใช้กันน้อยมาก ทั้งนี้เพราะความไม่น่าเชื่อถือของกราฟที่ได้มาจากการอินทิเกรตถึงสองครั้งทำให้กราฟการเคลื่อนตัวมักมีสัญญาณรบกวนจำนวนมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างค่าความเร่งสูงสุด ค่าความเร็วสูงสุด และการเคลื่อนตัวสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัด (Pairojn and Teachavorasinskun, 2010)

2.7.2 ตัวแปรทางด้านส่วนประกอบความถี่ (Frequency content parameter)

จากการวิเคราะห์ง่ายๆ เช่น การวิเคราะห์ระบบการสั่นสะเทือนเชิงเส้นแบบ Single-degree-of-freedom แสดงให้เห็นการตอบสนองของโครงสร้างทางวิศวกรรมมีความไวการตอบสนองต่อความถี่ของการสั่นสะเทือนที่ต่างกันออกไป ดังนั้น การศึกษาส่วนประกอบทางด้านความถี่คลื่นสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวจึงมีบทบาทในการกำหนดคุณลักษณะของแผ่นดินไหวนั้นๆ

2.7.2.1 วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของพื้นดินโดยใช้อนุกรมของฟูรีเยร์ (Fourier spectrum of ground motion)

ใช้ในการแยกคลื่นการสั่นสะเทือนออกเป็นคลื่นสอดคล้องกัน (Harmonic) ที่มีความถี่และขนาดต่างๆ ดังสมการ 2.1

$$x(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \sin(\omega_n t + \phi_n) \quad (2.1)$$

เมื่อ $x(t)$ = การสั่นสะเทือนที่การเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ (Irregular motion)

C_n = ขนาดของคลื่นสอดคล้องกัน (Amplitude)

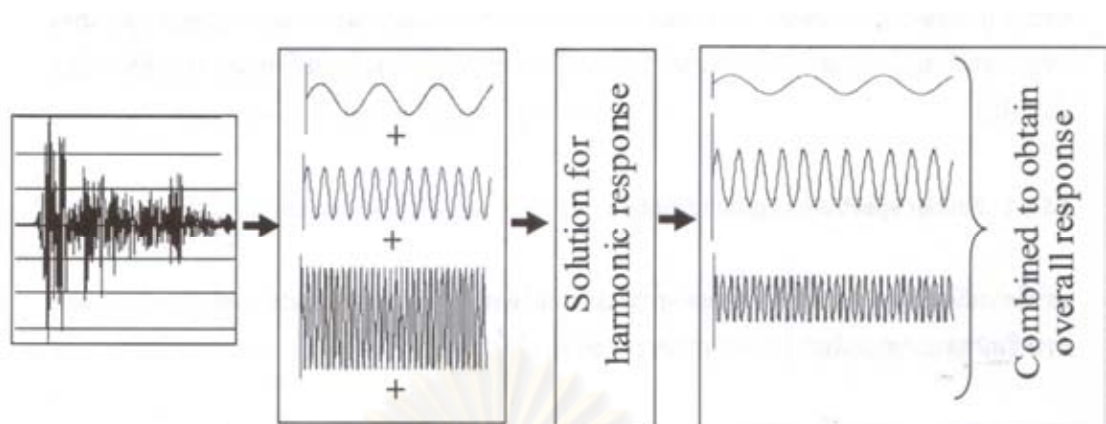
ϕ_n = มุมที่แตกต่างของคลื่นสอดคล้องกัน (Phase Different)

ω_n = ความถี่

เป็นวิธีการที่มีประโยชน์ในการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น (Non linear analysis) ได้มีการใช้คลื่นสอดคล้องกัน (Harmonic) ที่ได้จากอนุกรมฟูรีเยร์ในการวิเคราะห์เชิงเส้นแบบ Single-degree-of-freedom แล้วนำผลการวิเคราะห์แต่ละคลื่นมาผนวกรวมกัน (Superposition) ทำให้วิศวกรสามารถคำนวณการตอบสนองของโครงสร้างต่อคลื่นการสั่นสะเทือนได้ ดังขั้นตอนในภาพที่

2.6

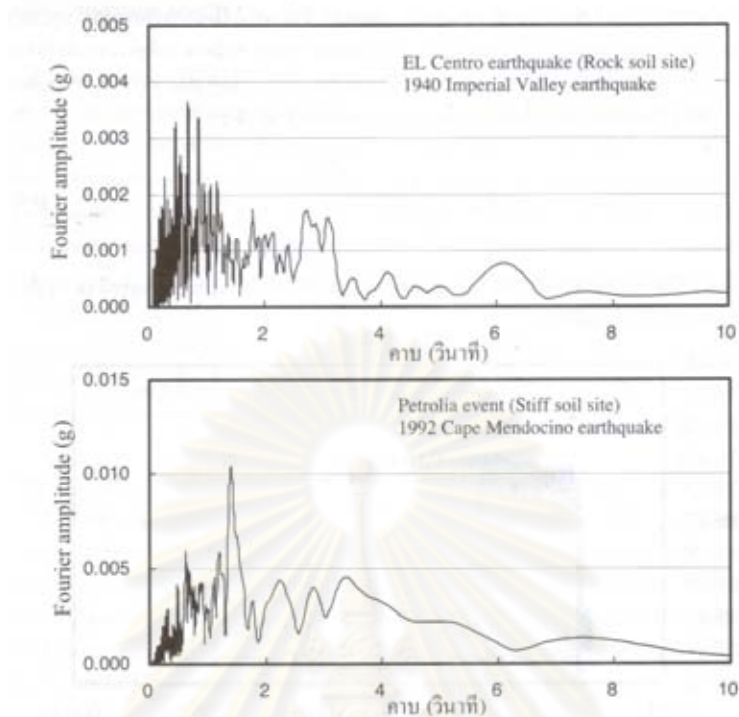
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการนำผลการวิเคราะห์แต่ละคลื่นมาผนวกรวมกัน (สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 2549)

ซึ่งจากการกระจายคลื่นการสั่นสะเทือนโดยใช้อนุกรมฟูรีเยร์ให้เป็นคลื่นสอดคล้องกัน (Harmonic) ที่ความถี่และขนาดต่างๆ แล้วนำผลของขนาด (Amplitude) ที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับความถี่ กราฟที่ได้นี้เรียกว่า Fourier amplitude spectrum เป็นกราฟที่แสดงการกระจายตัวของขนาด (Amplitude) ของการสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่างๆ โดยมีลักษณะแกว่งตัวไปมา ดังภาพที่ 2.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

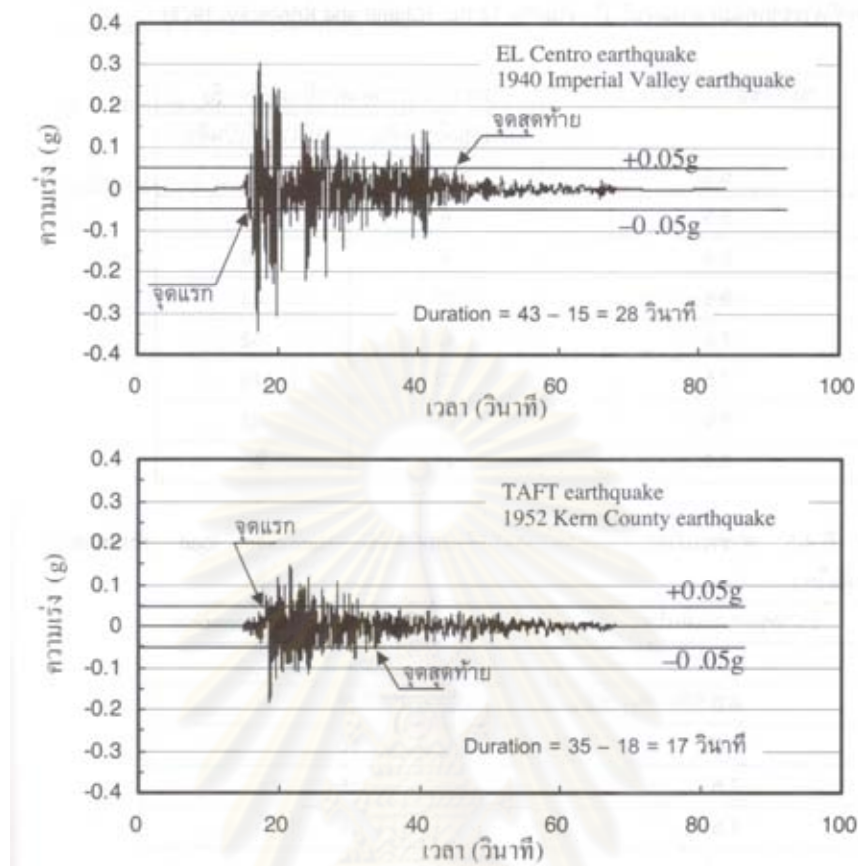


ภาพที่ 2.7 กราฟ Fourier amplitude spectrum ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้อนุกรมฟูริเยร์

(สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 2549)

2.7.3 ตัวแปรด้านระยะเวลาการสั่นสะเทือน (Duration)

ระยะเวลาการสั่นสะเทือนมีผลกระทบอย่างสูงต่อความเสียหายที่เกิดกับโครงสร้าง การสั่นสะเทือนที่มีขนาดสูงแต่กระทำเพียงช่วงเวลาสั้นๆไม่สามารถนำชั้นดินไปสู่การวิบัติได้ ในขณะที่การสั่นสะเทือนที่มีขนาดปานกลางแต่กระทำที่ระยะเวลานานกว่าสามารถนำชั้นดินไปสู่การวิบัติได้ การคำนวณเพื่อหาระยะเวลาการสั่นสะเทือนนั้น Bolt (1969) ได้เสนอวิธีการที่เรียกว่า Bracketed duration ในการกำหนดระยะเวลาการสั่นสะเทือนโดยให้ระยะเวลาการสั่นสะเทือนมีค่าเท่ากับช่วงเวลาที่ค่าความเร่งมีค่าเกิน $\pm 0.05g$ เป็นครั้งแรกและครั้งสุดท้าย ดังภาพที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การประมาณระยะเวลาของการสั่นสะเทือนตามวิธี Bracketed duration (สุพจน์ เตชวรสินสกุล, 2549)

2.8 รอยเลื่อน (Fault)

รอยเลื่อนเกิดจากการที่หินแตกเคลื่อนตัวออกจากกัน เนื่องจากแรงที่ค่อยๆสะสมตัวอยู่ในหินจนหินไม่สามารถรักษารูปร่างเดิมของมันไว้ได้ ทำให้หินเคลื่อนตัว มีแรงบีบอัด และแรงดึง ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในลักษณะต่างกัน การเคลื่อนตัวของหินจะเกิดอย่างรวดเร็วและรุนแรงทำให้เกิดแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จะอยู่ตรงแนวขอบของแผ่นเปลือกโลก ในกรณีของประเทศไทยแนวแผ่นดินไหวโลกที่ใกล้ๆ ได้แก่ แนวในมหาสมุทรอินเดีย สุมาตรา และ ประเทศพม่า ส่วนรอยเลื่อนในประเทศไทยได้แก่ แนวรอยเลื่อนในประเทศพม่า จีนตอนใต้ และสาธารณรัฐประชาชนลาว

2.8.1 รอยเลื่อนปกติ (Normal Fault)

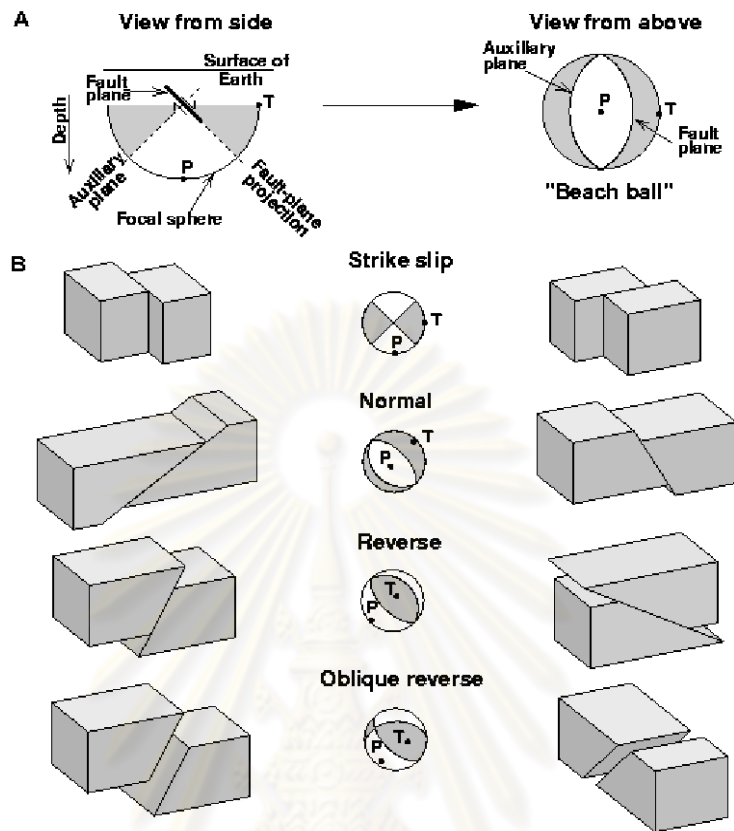
ได้แก่ รอยเลื่อนที่ผนังเพดาน (Hanging Wall Side) เลื่อนลงมา เมื่อเปรียบเทียบกับหินพื้นและระนาบรอยเลื่อนค่อนข้างชันเฉลี่ยประมาณ 60 องศา จากแนวอน สันนิษฐานว่าเกิดจากแรงดึง (Tension Stress) เป็นการขยายเนื้อที่ของโลก รอยเลื่อนชนิดนี้ทำให้เกิดหน้าผาเป็นรอยเลื่อนที่ชันและเรียบ เท่าที่พบผารอยเลื่อนมีความสูงน้อยกว่าหนึ่งเมตรไปจนถึงหลายร้อยเมตร โดยส่วนมากรอยเลื่อนปกติมักเป็นผลมาจากแรงดึงที่กระทำในพื้นที่กว้างใหญ่ ทำให้เกิดลักษณะภูมิประเทศเป็นพิคหินสองแบบ ซึ่งอยู่ระหว่างแนวรอยเลื่อน เรียกว่า กราเบน (Graben) ลักษณะเป็นแอ่ง ส่วนพื้นที่เลื่อนขึ้นเป็นบล็อก เรียกว่า ฮอริสต์ (Horst) เป็นส่วนยอดของแอ่งนั่นเอง

2.8.2 รอยเลื่อนย้อน (Reversed Fault)

คือ รอยเลื่อนที่ผนังเพดาน (Hanging Wall Side) ถูกผลักดันขึ้นจนมี ระดับสูงกว่าผนังพื้น (Foot Wall Side) เกิดจากแรงบีบอัด (Compression Stress) รอยเลื่อนชนิดนี้ทำให้เนื้อที่ผิวโลกแคบลง และทำให้เกิดผารอยเลื่อนเช่นกัน แต่เป็นผาที่ยื่นล้ำไปข้างหน้า จึงมักเกิดการพังทลายได้ง่ายกว่า

2.8.3 รอยเลื่อนทางราบ (Strike Slip Fault)

ได้แก่ รอยเลื่อนของตัวหินในแนวราบไม่ทำให้เกิดผารอยเลื่อน หรือถ้ามี จะต่ำมาก ทำให้เกิดรอยเลื่อนเหลี่ยมข้าง เมื่อเรายืนหันหน้าเข้าสู่แนวรอยเลื่อน ถ้าส่วนของพื้นดินที่อยู่ด้านตรงข้ามของแนวรอยเลื่อนซึ่งเคยอยู่ในแนวเดียวกับตอนที่เรายืนอยู่เลื่อนไปทางขวา เรียกว่า รอยเลื่อนเหลี่ยมขวา (Right Strike-Slip Fault) ถ้าเหลี่ยมไปทางซ้ายเรียกว่า รอยเลื่อนเหลี่ยมซ้าย (Left Strike-Slip Fault) กรณีตัวอย่างได้แก่ รอยเลื่อน ซาน แอนเดรส (San Andreas Fault) ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นแนวรอยเลื่อนเหลี่ยมขวา มีความยาวประมาณ 800 เมตร



ภาพที่ 2.9 รอยเลื่อนชนิดต่างๆ (Chen, 1936)

2.9 รอยเลื่อนในประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทย แนวรอยเลื่อนที่พบส่วนใหญ่เป็นแนวรอยเลื่อนตามแนวระดับ หรือแนวรอยเลื่อนเลื่อนข้าง (Strike Slip Fault) ขนาดของรอยเลื่อนมีตั้งแต่ 3 - 4 เซนติเมตร จนถึงขนาดที่มีความยาวหลายร้อยกิโลเมตร ได้แก่ รอยเลื่อนเชียงแสนพาดทางด้านเหนือของอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย รอยเลื่อนแพวอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดแพร่ รอยเลื่อนแม่ทาบริเวณจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน รอยเลื่อนเถินจังหวัดตากขนานกับแนวรอยเลื่อนแพวทางด้านทิศตะวันตก รอยเลื่อนเมย - อุทัยธานี รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์จังหวัดกาญจนบุรีอยู่ในร่องแม่น้ำแควใหญ่และแม่น้ำแม่กลอง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์บริเวณลำน้ำแควน้อยตลอดสายถึงประเทศพม่า รอยเลื่อนระนองตามแนวแม่น้ำกระบุรี และรอยเลื่อนคลองมะรุยพาดผ่านด้านทิศตะวันออกของเกาะภูเก็ตไปถึงบ้านดอน ดังภาพที่ 2.10

2.9.1 รอยเลื่อนเชียงแสน

รอยเลื่อนนี้วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบนสุดของประเทศ มีความยาวประมาณ 130 กิโลเมตร โดยเริ่มต้นจากแนวร่องน้ำแม่จันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือผ่านอำเภอแม่จัน แล้วตัดข้ามด้านใต้ของอำเภอเชียงแสนไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือตามแนวลำน้ำเงินทางด้านเหนือของอำเภอเชียงของ แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่วัดได้ตามแนวรอยเลื่อนนี้ เกิดเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2521 มีขนาด 4.9 ริกเตอร์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่า 3 ริกเตอร์ เกิดตามแนว รอยเลื่อนนี้ 10 ครั้ง และ 3 ครั้งมีขนาดใหญ่กว่า 4.5 ริกเตอร์ แผ่นดินไหวทั้งหมดเป็นแผ่นดินไหวที่เกิดในระดับตื้นกว่า 10 กิโลเมตร

2.9.2 รอยเลื่อนแพร์

รอยเลื่อนนี้อยู่ทางด้านตะวันออกของแอ่งแพร์และวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเริ่มต้นจากด้านตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอเด่นชัยผ่านไปทางด้านตะวันออกของอำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร่ไปจนถึงด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอร่องกวาง รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 115 กิโลเมตร มีแผ่นดินไหวขนาด 3-4 ริกเตอร์ เกิดตามแนวรอยเลื่อนนี้กว่า 20 ครั้ง ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา ส่วนแผ่นดินไหวขนาด 3 ริกเตอร์

2.9.3 รอยเลื่อนแม่ทา

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

2.9.4 รอยเลื่อนเถิน

รอยเลื่อนเถินอยู่ทางทิศตะวันตกของรอยเลื่อนแพร์ โดยตั้งต้นจากด้านตะวันตกของอำเภอเถินไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ขนานกับรอยเลื่อนแพร์ไปทางด้านเหนือ ของอำเภอเถินไปทาง

ตะวันออกเฉียงเหนือขนานกับรอยเลื่อนแพร์ ไปทางด้านเหนือของอำเภอวังชิ้น และอำเภอลอง รวมความยาวทั้งหมดประมาณ 90 กิโลเมตร เคยมีรายงานการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 3.7 ริกเตอร์ บนรอยเลื่อนนี้ เมื่อวันที่ 23 ธันวาคม 2521

2.9.5 รอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี

รอยเลื่อนนี้วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ ตั้งต้นจากลำน้ำเมยชายเขตแดนพม่ามาต่อกับห้วยแม่ท้อ และลำน้ำปิงใต้จังหวัดตาก ต่อลงมาผ่านจังหวัดกำแพงเพชร และนครสวรรค์ จนถึงเขตจังหวัดอุทัยธานี รวมความยาวทั้งสิ้นกว่า 250 กิโลเมตร มีรายงานแผ่นดินไหวเกิดตามรอยเลื่อนนี้ 2 ครั้ง คือ เมื่อวันที่ 23 กันยายน 2476 ที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก และเมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2518 ที่ อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก แผ่นดินไหวครั้งหลังนี้มีขนาด 5.6 ริกเตอร์

2.9.6 รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์

รอยเลื่อนนี้อยู่ทางด้านตะวันตก ของรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี โดยมีทิศทางเกือบขนานกับแนวของรอยเลื่อน อยู่ในร่องน้ำแม่กลองและแควใหญ่ ตลอดขึ้นไปจนถึงเขตแดนพม่า รวมความยาวทั้งหมดกว่า 500 กิโลเมตร ในช่วงระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านมามีรายงานแผ่นดินไหวขนาดเล็กหลายร้อยครั้ง ตามแนวรอยเลื่อนนี้ แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่วัดได้ในระหว่างนี้ เกิดเมื่อวันที่ 22 เมษายน 2526 มีขนาด 5.9 ริกเตอร์

2.9.7 รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

รอยเลื่อนนี้อยู่ในลำน้ำแควน้อยตลอดสาย และต่อไปจนถึงรอยเลื่อนสะแกง (Sakaing Fault) ในประเทศพม่า ความยาวของรอยเลื่อนช่วงที่อยู่ในประเทศไทยยาวกว่า 250 กิโลเมตร มีรายงานแผ่นดินไหวจากรอยเลื่อนนี้มากมายหลายพันครั้ง

2.9.8 รอยเลื่อนระนอง

รอยเลื่อนระนองวางตัวตามแนวร่องน้ำของแม่น้ำกระบือ มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 270 กิโลเมตร มีรายงานแผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2521 มีขนาด 5.6 ริกเตอร์

2.9.9 รอยเลื่อนคลองมะรุย

รอยเลื่อนนี้ตัดผ่านด้านตะวันออกของ เกาะภูเก็ต เข้าไปในอ่าวพังงา และตามแนวคลองมะรุย คลองชะอุ่น และคลองพุมดวงทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จนกระทั่งไปออกอ่าวบ้านดอนระหว่างอำเภอพุนพินกับอำเภอท่าฉาง รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 150 กิโลเมตร แผ่นดินไหวตามแนวรอยเลื่อนนี้ มีรายงาน เมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2476 ที่จังหวัดพังงา และทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ นอกฝั่งภูเก็ต เมื่อวันที่ 7 เมษายน 2519 วันที่ 17 สิงหาคม 2542 และวันที่ 29 สิงหาคม 2542



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.10 แสดงรอยเลื่อนภายในประเทศไทย (บุรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)

2.10 สถิติแผ่นดินไหวในประเทศไทย

แผ่นดินไหวในประเทศไทยนั้นมีการรวบรวมสถิติข้อมูลในอดีตจากหลายแหล่งข้อมูล เช่น ศิลาจารึก พงศาวดาร ปฐม จดหมายเหตุ สิ่งพิมพ์ และพบว่าเริ่มต้นบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวในลักษณะของความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) ส่วนใหญ่บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของแผ่นดินไหวและความเสียหายที่เกิด ในช่วงตั้งแต่ 624 ปีก่อนคริสต์ศักราช จนถึงราวปี พ.ศ. 2443

เป็นต้นมา จึงเริ่มมีข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือของเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวต่างประเทศ แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวภายในประเทศตรงบริเวณแนวรอยเลื่อนของภาคตะวันตกและภาคเหนือ กับจากแหล่งกำเนิดรอยเลื่อนบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน ประเทศพม่า สาธารณรัฐประชาชนจีน ทะเลอันดามัน และบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย โดยเฉลี่ยเกิดแผ่นดินไหวรู้สึกได้ประมาณปีละ 5-6 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 2.5 และภาพที่ 2.11 กรมทรัพยากรธรณีได้แบ่งพื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวในประเทศไทย ดังภาพที่ 2.12

ตารางที่ 2.5 แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานความเสียหาย
(กรมอุตุฯนิยามวิทยา, 2551 : ออนไลน์)

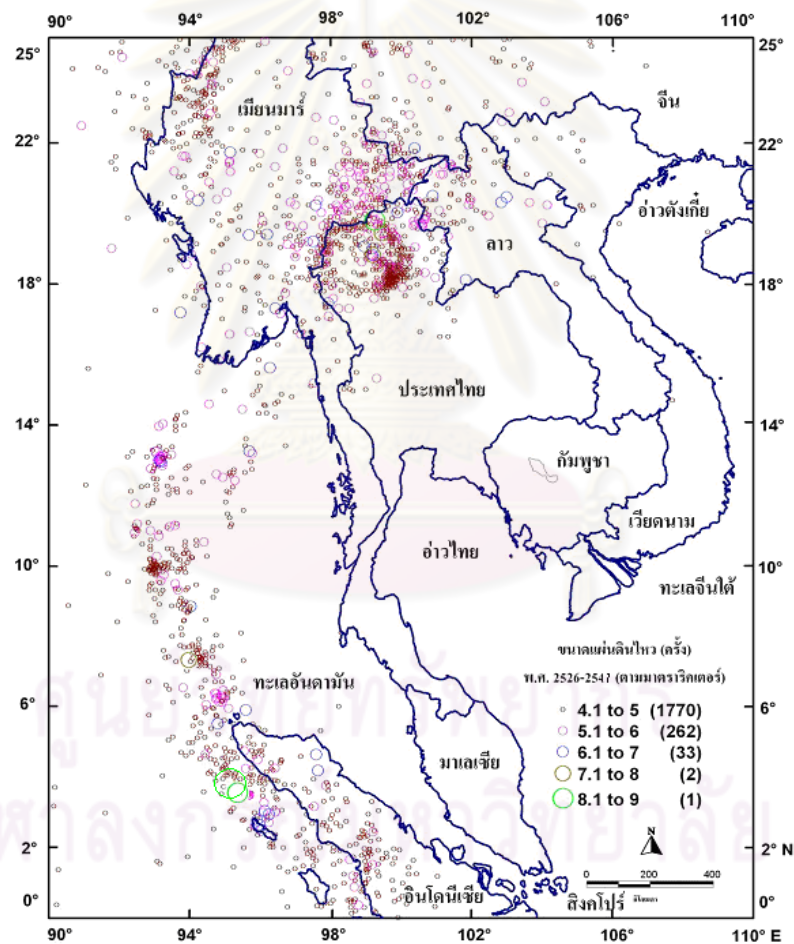
วัน เดือน ปี	เวลาเกิด/ ขนาด	ตำแหน่ง/ ศูนย์กลาง/สถานที่ รู้สึกสั่นไหว	เหตุการณ์
พ.ศ. 1003	กลางคืน	โยนกนคร	แผ่นดินไหว 3 ครั้งโยนกนครจมลงใต้ดิน
พ.ศ. 1077	ยามเช้า	โยนกนคร	ยอดเจดีย์หัก 4 แห่ง
พ.ศ. 2088	-	เชียงใหม่	รู้สึกที่เชียงใหม่ยอดเจดีย์หลวงหักจากความสูง 86 เมตร เหลือประมาณ 60 เมตร
พ.ศ. 2258	ขึ้น 6 ค่ำ เดือน 7	เชียงใหม่	รู้สึกแผ่นดินไหว วัดและเจดีย์ 4 ตำบลถูกทำลาย
17ก.พ.2518	10 38 19.8 /5.6	พรมแดนไทย- พม่า	ศูนย์กลางบริเวณ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก เสียหายเล็กน้อยในภาคเหนือ ภาคกลาง และกรุงเทพฯ
26พ.ค.2521	06 22 29.1 / 4.8	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	เสียหายเล็กน้อยที่ อ.พร้าว รู้สึกสั่นไหวนาน 15 วินาที ที่ จ.เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง
22เม.ย.2526	07:37:,10 21 / 5.9,5.2	อ.ศรีสวัสดิ์ จ. กาญจนบุรี	รู้สึกเกือบทุกภาค มีความเสียหายเล็กน้อยในกรุงเทพฯ
1ต.ค.2532	01:19:23.3 /5.3	พรมแดนไทย- พม่า	รู้สึกสั่นไหว ภาคเหนือตอนบน เสียหายเล็กน้อย เชียงใหม่ และเชียงราย
11ก.ย.2537	03 34 00	อ.พาน จ.เชียงราย	มีความเสียหายบริเวณ อ.พาน

	/5.1		ต่อวัด โรงพยาบาล โรงเรียน หลายแห่ง
12ก.ค.2538	0446 39.8 /7.2	ประเทศพม่า	รู้สึกได้บริเวณ ภาคเหนือตอนบน และ อาคารสูงในกรุงเทพมหานคร สิ่งก่อสร้างใน จังหวัดเชียงรายเสียหายเล็กน้อย
9ธ.ค.2538	20 26 00 /5.1	อ.ร้องกวาง จ.แพร่	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ อุดรดิตถ์ และน่าน เสียหายเล็กน้อยที่ แพร่
21ธ.ค.2538	23 30 00/5.2	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อยบริเวณใกล้ ศูนย์กลาง
22ธ.ค.2539	00 51 00/5.5	พรมแดนไทย-ลาว	มีความเสียหายเล็กน้อยที่ จ.เชียงราย
20ม.ค.2543	03 59 00/5.9	ประเทศลาว	เสียหายเล็กน้อยที่ จ.น่าน แพร่
2ก.ค.2545	10 54 00/4.7	อ.เชียงแสน จ.เชียงราย	เสียหายเล็กน้อยที่ อ.เชียงแสน อ.เชียงของ
22ก.ย.2546	01 16 00/6.7	พม่า	เสียหายเล็กน้อยอาคารสูงบางแห่งใน กทม.
3ก.พ.2547	24 58 00 /1.9	อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สันทราย อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่
27มี.ค.2547	11 05 00/3.4	อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	รู้สึกที่ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย
6เม.ย.2547	11 49 00/3.1	อ.เมือง จ.เชียงราย	รู้สึกที่ อ.เมือง จ. เชียงราย
30พ.ค.2547	23 53 00/2.0	อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่
11ก.ย.2547	08 30 00/3.7	อ.สเมิง จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สเมิง อ.หางดง อ.เมือง จ.เชียงใหม่
17ก.ย.2547	18 25 00/5.8	ทะเลอันดามัน	รู้สึกบนอาคารสูง กทม.
26ธ.ค.2547	07 58 00/9.0	ตะวันตก เกาะสุมาตรา	รู้สึกหลายจังหวัดในภาคใต้ อาคารสูง กทม. มีความเสียหายมากจาก สึนามิและ ผู้เสียชีวิตกว่า 5000 คน
26ธ.ค.2547	08 30 00/6.4	ประเทศพม่า	รู้สึกหลายจังหวัดในภาคใต้

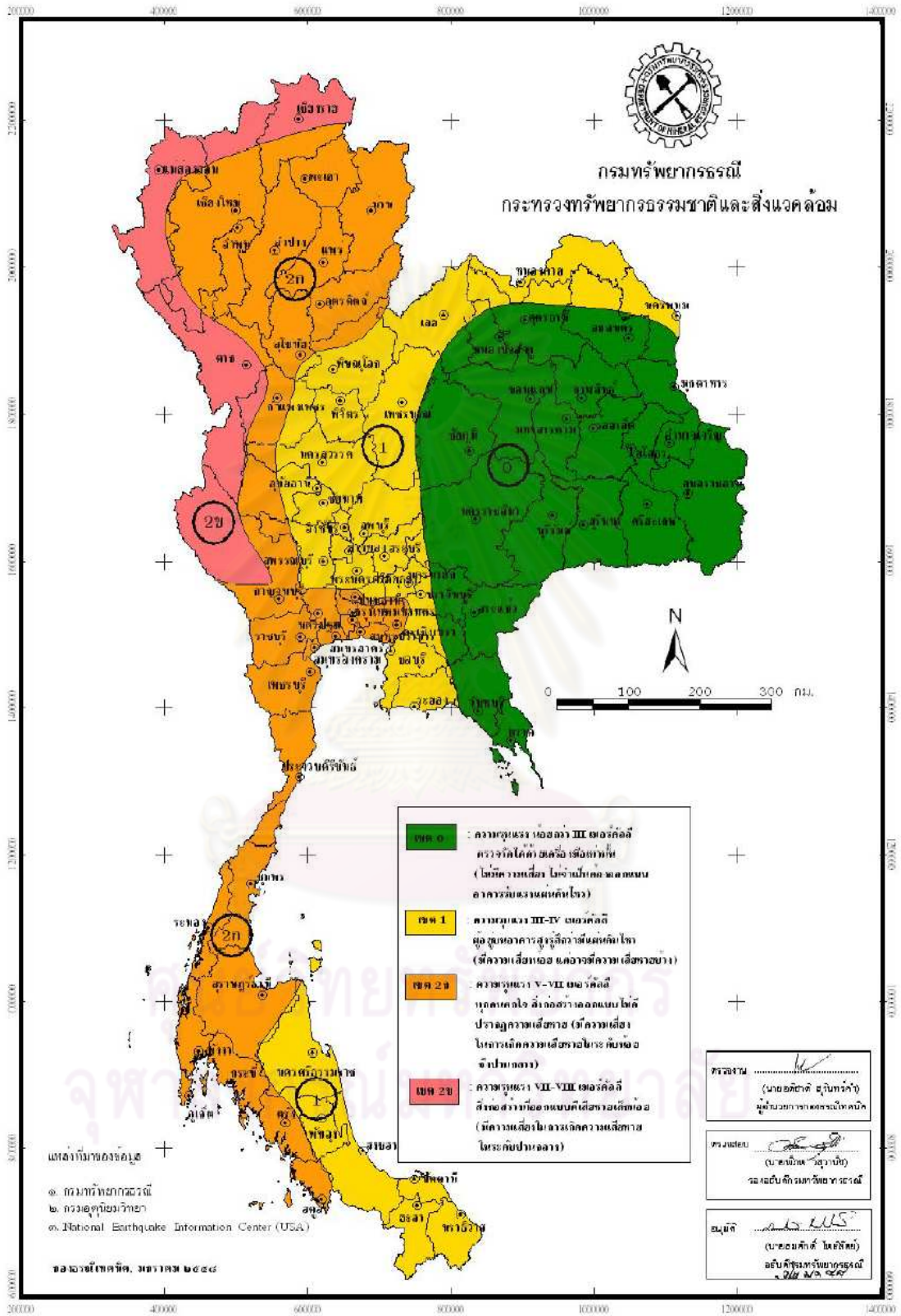
			และอาคารสูง กทม.
27ค.ค.2547	16 39 00/6.6	ทะเลอันดามัน	รู้สึกที่ จ.ภูเก็ต
30ค.ค.2547	08 07, 08 13 /5.4,5.6	ประเทศพม่า	รู้สึกที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
28มี.ค.2548	23 10/8.5	ตะวันตก เกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ในจังหวัดภาคใต้ จ.ภูเก็ต เดือนอพยพ
19พ.ค.2548	12 05/6.8	ตะวันตก เกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ในหลายจังหวัดภาคใต้ และอาคารสูงกทม.
5ก.ค.2548	22 42/6.8	ตอนบน เกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ที่ภูเก็ต
24 ก.ค.2548	22 42/7.2	เกาะนิโคบาร์ อินเดีย	รู้สึกได้ที่ภูเก็ต มีคำเตือนให้อพยพ
18 ก.ย.2548	14 26/6.0	พรมแดนพม่า- อินเดีย	รู้สึกได้บนอาคารสูงในจังหวัดเชียงใหม่
11ต.ค. 2548	22 05/6.2	ตอนเหนือของ เกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ที่ จ.พังงา และ จ.ภูเก็ต
19 พ.ย.2548	21 10/6.1	ตอนเหนือของ เกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ที่ จ.พังงา และ จ.ภูเก็ต
4ค.ค.2548	16 34/4.1	จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้บนอาคารสูง จ.เชียงใหม่ และ จ.ลำพูน
7ค.ค.2548	16 02/3.9	จ.เชียงราย	รู้สึกได้ที่ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย
15ค.ค.2548	13 48/4.1	จ.เชียงราย	รู้สึกได้ที่ อ.เมือง และ อ.เทิง จ.เชียงราย
16ค.ค.2548	09 13, 09 14 /3.8,3.9	จ.เชียงราย	รู้สึกได้ที่ อ.ป่าแดด จ.เชียงราย
24ม.ค.2549	20 42/5.7	รัฐฉาน ประเทศพม่า	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน

16มี.ค.2549	20 34/3.0	อ.จอมทอง เชียงใหม่	รู้จักที่ อ.จอมทอง อ.เมือง จ.เชียงใหม่
13ก.ค.2549	07 28/3.0	อ.หางดง จ.เชียงใหม่	รู้จักที่ อ.หางดง จ.เชียงใหม่
6ส.ค.2549	12 15/3.4	อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	รู้จักที่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่
27ก.ย.2549	2130, 23 15/4.8	พม่า	รู้จักได้ทั่ว จ.ประจวบคีรีขันธ์
28ก.ย.2549	00.35,01.45 /4.8	พม่า	รู้จักที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์
28ก.ย.2549	16 50/5.0	พม่า	รู้จักที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์
8ต.ค.2549	04 17/5.6	พม่า	รู้จักที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสงคราม
21ต.ค.2549	08 59/4.5	ไทย-ลาว	รู้จักที่ อ.แม่สาย จ.เชียงราย
17พ.ย.2549	01 39/4.4	อ.พาน จ.เชียงราย	รู้จักที่ อ.พาน อ.เมือง จ.เชียงราย
13ธ.ค.2549	00 02/5.1	อ.แมริม จ.เชียงใหม่	รู้จักได้ทั่วไปใน จ.เชียงใหม่
19ธ.ค.2549	07 03 /2.7	อ.แมริม จ.เชียงใหม่	รู้จักได้ที่ อ.แมริม จ.เชียงใหม่
23ธ.ค.2549	18 51 /3.6	อ.แมริม จ.เชียงใหม่	รู้จักได้ที่ อ.แมริม อ.สันทราย อ.เมือง จ.เชียงใหม่
4 ม.ค. 2550	15 38/2.4	อ.แมริม จ.เชียงใหม่	รู้จักได้ที่ อ.แมริม อ.สันทราย อ.เมือง จ.เชียงใหม่
6ม.ค.2550	9 23/3.1	อ.แมริม จ.เชียงใหม่	รู้จักได้ที่ อ.แมริม อ.เมือง จ.เชียงใหม่
22เม.ย.2550	13 18/4.5	อ.เวียงป่าเป้า	รู้จักได้ที่ อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย และ จ.พะเยา
27เม.ย.2550	15 03/6.1	ตอนเหนือ	รู้จักได้ที่ จ.ภูเก็ต

		เกาะสุมาตรา	
15 พ.ค.2550	21 35/5.1	พรมแดนลาว-พม่า	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงราย
16 พ.ค.2550	15 57/6.1	พรมแดนลาว-พม่า	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงรายและหลายจังหวัดภาคเหนือรวมถึงอาคารสูงใน กทม.
19 มิ.ย.2550	12 06/4.5	อ.แมริม จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้ที่ อ.แมริม จ.เชียงใหม่ และ จ.ลำพูน



ภาพที่ 2.11 สถิติตำแหน่งศูนย์กลางของแผ่นดินไหวในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง (บุรินทร์ เวชบรรเทิง, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.12 แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวในประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2551 : ออนไลน์)

2.11 การตรวจวัดแผ่นดินไหวและเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแผ่นดินไหวมีด้วยกันหลายประเภทซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการตรวจวัดค่าต่างๆ เช่น ค่าสนามแม่เหล็กโลก ความสั่นสะเทือนของพื้นดิน ระยะการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซเรดอน การเปลี่ยนแปลงค่าความเค้นของหิน (Changing of Rock Stress) ตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน และตรวจวัดระดับความลาดเอียง เป็นต้น ซึ่งเครือข่ายตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วไปจะเป็นเครื่องมือตรวจวัดความเร็วของอนุภาคดิน (Seismometer) มีวัตถุประสงค์โดยทั่วไปเพื่อหาตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว เวลาเกิด ขนาด และเครื่องมือตรวจวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerometer) เพื่องานด้านวิศวกรรม ข้อมูลพื้นฐานนี้สามารถนำมาวิเคราะห์ลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว โครงสร้างของโลก ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว และอื่นๆ เครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวมีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบโดยตรงได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีตำแหน่งของสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวและรายละเอียดของเครื่องมือดังตารางที่ 2.6 และภาพที่ 2.14 ทั้งระบบตรวจแบบดิจิทัลและแอนะล็อก

ตารางที่ 2.6 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์)

สถานี	รหัส สถานี	ชนิดดินที่ สถานีตั้งอยู่	Vs 30	Seismometer	Accelerometer
เขื่อนศรีนครินทร์ จ.จันทบุรี	CHBT	ดินแข็งมาก	487	Trillium 120	TSA100S
สถานีอุตุฯดอยอ่าง ขาง จ.เชียงใหม่	CMAI	ดินแข็งปาน กลาง	351	Geotech KS- 2000M	Accelerometer PA-23
ดอยสุเทพ จ.เชียงใหม่	CMMT	หิน		Trillium 120	TSA100S
อ่างเก็บน้ำห้วยช้าง จ.เชียงราย	CRAI	ดินแข็งมาก	387	Geotech KS- 2000M	Accelerometer PA-23
เขื่อนวชิราลงกรณ์ จ.กาญจนบุรี	KHLT	ดินแข็งมาก	387	Trillium 40	TSA100S

เขื่อนลำพระเพลิง จ.นครราชสีมา	KRDT	ดินแข็งปาน กลาง	348	Trillium 40	TSA100S
เขื่อนกั้วลม จ.ลำปาง	LAMP	ดินแข็งปาน กลาง	321	Geotech S13	Accelerometer PA-23
ด้านตรวจคนเข้าเมือง จ.แม่ฮ่องสอน	MHIT	ดินแข็งมาก	379	Trillium 120	TSA100S
สถานีอุตุนิยมวิทยา แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน	MHMT	ดินแข็งปาน กลาง	330	Trillium 40	TSA100S
ฝายน้ำกอน จ.น่าน	NAN	ดินแข็งมาก	454	Geotech S13	Accelerometer PA-23
อ่างเก็บน้ำห้วยแคน จ. นครพนม	PANO	ดินแข็งปาน กลาง	296	Geotech KS- 2000M	Accelerometer PA-23
อ่างเก็บน้ำแม่ปืม จ.พะเยา	PAYA	ดินแข็งปาน กลาง	327	Geotech S13	Accelerometer PA-23
เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์	PBKT	ดินแข็งปาน กลาง	245	Trillium 120	TSA100S
เขื่อนแควน้อย จ.พิษณุโลก	PHIT	ดินแข็งปาน กลาง	254	Geotech S13	Accelerometer PA-23
อ่างเก็บน้ำสอง จ.แพร่	PHRA	ดินแข็งปาน กลาง	362	Geotech KS- 2000M	Accelerometer PA-23
เขื่อนบางวาด จ.ภูเก็ต	PKDT	ดินแข็งปาน กลาง	215	Trillium 40	TSA100S
เขื่อนปรมาณบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์	PRAC	ดินแข็งมาก	527	Geotech KS- 2000M	Accelerometer PA-23
ระนอง	RNTT	ดินแข็งมาก	417	Trillium 40	TSA100S
สงขลา	SKLT	ดินแข็งปาน กลาง	340	Trillium 120	TSA100S
เขื่อนน้ำพุง	SKNT	ดินแข็งปาน	254	Trillium 40	TSA100S

จ.สกลนคร		กลาง			
เขื่อนศรีนครินทร์ จ.กาญจนบุรี	SRDT	ดินแข็งมาก	387	Trillium 120	TSA100S
อ่างเก็บน้ำคลองดินแดง จ.นครศรีธรรมราช	SRIT	ดินแข็งปานกลาง	270	Geotech KS-2000M	Accelerometer PA-23
อ่างเก็บน้ำห้วยท่าแพ จ.สุโขทัย	SUKH	ดินแข็งปานกลาง	321	Geotech S13	Accelerometer PA-23
ฝายเก็บน้ำท่าทอง จ.สุราษฎร์ธานี	SURA	ดินแข็งปานกลาง	254	Geotech KS-2000M	Accelerometer PA-23
เขื่อนรัชชประภา จ.สุราษฎร์ธานี	SURT	ดินแข็งปานกลาง	290	Trillium 40	TSA100S
เขื่อนท่าจิว จ.ตรัง	TRTT	ดินแข็งปานกลาง	340	Trillium 40	TSA100S
เขื่อนปากมูล จ.อุบลราชธานี	UBPT	ดินแข็งปานกลาง	294	Trillium 120	TSA100S
สถานีอุตุฯอุ้มผาง จ.ตาก	UMPA	ดินแข็งปานกลาง	307	Geotech S13	Accelerometer PA-23
เขื่อนสิริกิติ์ จ.อุตรดิตถ์	UTTA	ดินแข็งปานกลาง	278	Geotech S13	Accelerometer PA-23



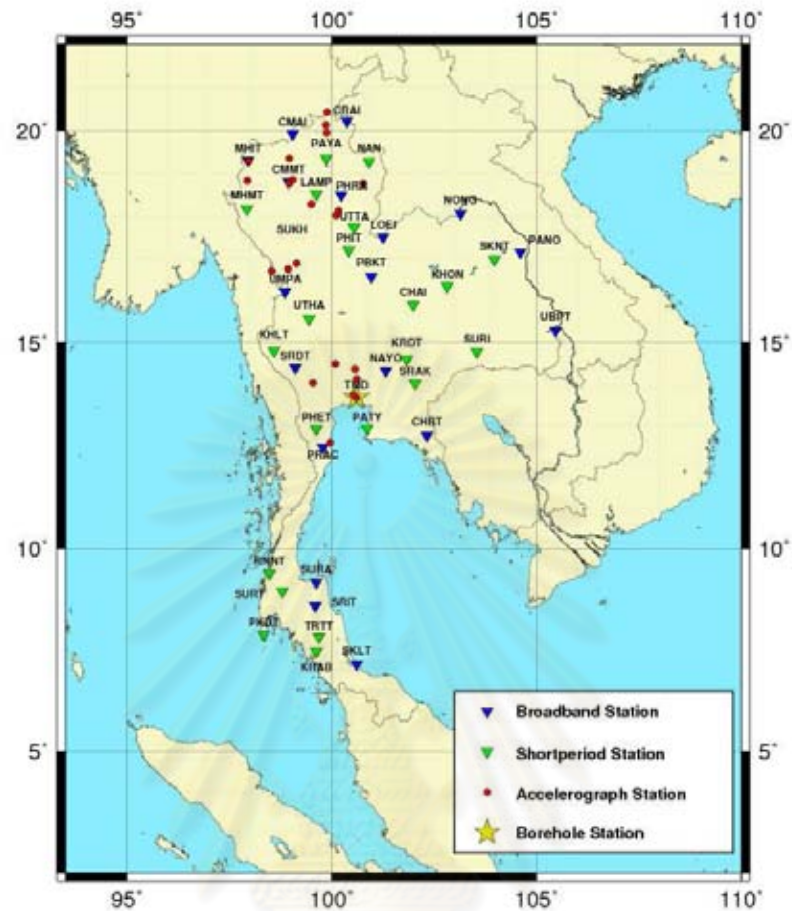
ภาพที่ 2.13 สถานีตรวจแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงใหม่ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์)

2.11.1 ระบบดิจิทัล

ได้แก่ ที่ จังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย ตาก แม่ฮ่องสอน แพร่ เลย ขอนแก่น นครราชสีมา กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และสงขลา ดังรูปที่ 2.13

2.11.2 ระบบแอนะล็อก

ได้แก่ ที่ จังหวัด เชียงราย น่าน ตาก นครสวรรค์ เขื่อนเขาแหลม กาญจนบุรี เลย อุบลราชธานี ขอนแก่น ประจวบคีรีขันธ์ ภูเก็ต สงขลา และจันทบุรี



ภาพที่ 2.14 ตำแหน่งสถานีตรวจแผ่นดินไหว (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์)

2.12 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายจากแผ่นดินไหว

มีปัจจัยหลายประเภทซึ่งเป็นองค์ประกอบสำหรับพิจารณาในเรื่องของความเสียหายมากหรือน้อยจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ได้แก่

2.12.1 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่อยู่ในแนวแผ่นดินไหวโลก โดยเฉพาะบริเวณที่มีการชนกันของเปลือกโลกและส่วนที่อยู่ตรงแนวรอยเลื่อนที่มีความยาวมาก ๆ มักทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

2.12.2 ระยะเวลา

โดยปกติแผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากันแต่ระยะทางต่างกัน ระยะทางใกล้กว่าย่อมมีความสั่นสะเทือนของพื้นดินมากกว่า ยกเว้นในกรณีคลื่นยักษ์ที่ได้นำมาเกิดจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ใกล้

2.12.3 ความลึกของแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวที่มีความลึกไม่มากหรือแผ่นดินไหวที่พื้นผิวจะก่อความเสียหายได้มากกว่าแผ่นดินไหวซึ่งมีความลึกมาก ตัวอย่างเช่น แผ่นดินไหวที่พื้นผิวเกิดจากกระตุ้นของการทำเหมืองในประเทศแอฟริกาใต้มีขนาดประมาณ 5 ริคเตอร์ แต่เนื่องจากมีความลึกไม่ถึง 1 กิโลเมตร ทำให้เกิดความเสียหายกับสิ่งก่อสร้างบริเวณใกล้เคียงพังทลายลง

2.12.4 ทิศทางการเคลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

ทิศทางของการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว มีผลต่อค่าความสูงของคลื่นสั่นสะเทือน (Amplitude) และการขจัด (Displacement) ของคลื่นปฐมภูมิ คลื่นทุติยภูมิ และคลื่นผิวพื้น หากสิ่งก่อสร้าง อาคารบ้านเรือน สร้างบนตำแหน่งที่มีผลกระทบสูง อาจทำให้เกิดความเสียหายมากกว่าตำแหน่งอื่น

2.12.5 เวลาเกิด

เวลาเกิดของแผ่นดินไหวมีผลกระทบต่อความเสียหาย เนื่องจากกิจกรรมบางอย่างที่มนุษย์กระทำหรืออยู่ร่วมกัน มีทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ดังนั้นหากเกิดแผ่นดินไหวในช่วงที่มีกิจกรรมดังกล่าวโอกาสหรือความเสี่ยงที่จะมีความเสียหายรุนแรงเพิ่มขึ้น

2.12.6 ความยาวนานของแผ่นดินไหว

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวที่มีความสั้นสะเทือนกินเวลาหลายวินาที ความเสียหายจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหวประกอบด้วยคลื่นความสั้นสะเทือนหลายความยาวช่วงคลื่นหรือหลายความถี่ ในกรณีที่แผ่นดินไหวมีความสั้นสะเทือนยาวนาน ณ ความถี่ที่ตรงกับค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารสิ่งก่อสร้างจะช่วยเสริมให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อโครงสร้างได้

2.12.7 ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหว

ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ในบริเวณรกร้าง ในป่าเขา ในทะเล มหาสมุทร ไกลจากชุมชนมาก ความสั้นสะเทือนที่เกิดย่อมมีอันตรายน้อยกว่า แผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางใกล้ชุมชน

2.12.8 สภาพทางธรณีวิทยา

สภาพทางธรณีวิทยามีส่วนอย่างมากในการก่อความเสียหายจากความสั้นสะเทือน บริเวณที่มีการดูดซับพลังงานจากความสั้นสะเทือนได้มากหรือมีค่าการลดทอนพลังงานมาก (High Attenuation) ในบริเวณที่เป็นหินแข็งจึงได้รับความเสียหายน้อย ส่วนบริเวณที่เป็นดินอ่อน ความถี่คลื่นสั้นสะเทือนของพื้นดินจะขยายได้มากกว่าเดิมหลายเท่าและความเสียหายจะเพิ่มขึ้นมาก เช่น ในกรณีของแผ่นดินไหวที่ประเทศเม็กซิโก เมื่อปี ค.ศ. 1985 และในกรณีของประเทศไทย ดินใต้กรุงเทพมหานครเป็นดินอ่อน มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับพื้นดินใต้เม็กซิโกซิตีซึ่งสามารถขยายความรุนแรงของการสั้นไหวได้ จากการศึกษาวิจัยพบว่า พื้นดินกรุงเทพมหานครขยายความสั้นสะเทือนได้ดีที่ ความถี่ประมาณ 1 Hz

2.13 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kalkan, EERI, and Gulkan, 2004 ความตื่นตระหนกจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว 2 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นที่ตุรกีในปี 1999 ได้พัฒนาแบบจำลองความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นจากประสบการณ์สำหรับเหตุการณ์แผ่นดินไหวในประเทศแถบอเมริกาเหนือและยุโรปใช้เป็นประโยชน์ในการศึกษาอันตรายจากแผ่นดินไหว อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบหลักฐานจากประสบการณ์และการประมาณการในปัจจุบันจากการบันทึก 100 เหตุการณ์ การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งจาก 47 ประเทศ ซึ่งเกิดระหว่างปี 1976 ถึง 2002 ใช้พัฒนาความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นในตุรกี สอดคล้องกับความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นจากประสบการณ์ซึ่งได้มาจากการทำนายการเคลื่อนที่แนวดิ่งสูงสุดและความเร่งแนวดิ่งในรูปแบบของขนาดแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดถึงพื้นที่ จากการศึกษาเป็นที่ชัดเจนว่าความรุนแรงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความเร่งแนวดิ่งต่อความเร่งแนวนอน (V/H) ซึ่งพบมีความสำคัญโดยเฉพาะที่ความถี่สูงถึง 0.9 ที่ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงพื้นที่นั้น นำผลนี้มาพิจารณากำหนดค่ามาตรฐานของอัตราส่วนของความเร่งแนวดิ่งต่อความเร่งแนวนอน (V/H) สำหรับปรับปรุงการปฏิบัติงานในประเทศตุรกี

Pétursson and Vogfjörð, 2009 แผ่นดินไหว 46 ครั้ง ทางตะวันตกเฉียงใต้ของไอซ์แลนด์ มีขนาด M_{LW} ระหว่าง 3.3 และ 6.5 ได้ข้อมูลจากสถานีตรวจแผ่นดินไหวและใช้พัฒนาความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นของความเร็วพื้นดินสูงสุด (PGV) และความเร่งพื้นดินสูงสุด (PGA) การพัฒนาความสัมพันธ์ของการรวมผลของกำลังสองของแนวดิ่งและแนวนอนโดยวัดจากสถานีที่ระยะทางระหว่าง 3 ถึง 380 กิโลเมตร แผ่นดินไหวมีขนาด $M > 3$ ซึ่งต่ำกว่าที่ประมาณการไว้โดยระบบ SIL จึงใช้เครื่องมือ Teleseismic ในการประมาณค่าขนาด M_w โดยใช้ 5 ใน 6 เครื่องเพื่อบันทึกแผ่นดินไหวในตะวันตกเฉียงใต้ของไอซ์แลนด์และหาความสัมพันธ์ การปรับปรุงการประมาณการขนาดของแผ่นดินไหวโดยพัฒนาการหาความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นของ PGV และ PGA ทำให้สามารถสร้างโมเดลของการเคลื่อนที่สูงสุดที่ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่ระยะทางระหว่าง 0 ถึง 380 กิโลเมตร

Poolcharuansin, 2009 ได้ทำการศึกษาและเสนอความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นของ ความเร่งของพื้นดินสูงสุด (PGA) และการหน่วงความเร่งของคลื่น (Sa) 5% โดยเลือกสถานีตั้งอยู่ที่ ดอยสุเทพจังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องจากสถานีนี้ตั้งอยู่บนชั้นหิน โดยใช้ ข้อมูลแผ่นดินไหวที่เคยถูกบันทึกไว้โดยกรมอุตุนิยมวิทยามีข้อมูลแผ่นดินไหว 37 เหตุการณ์ มีช่วง ความถี่ 100 เฮิรตซ์ ตั้งแต่ปี 2549 ถึง 2551 ซึ่งประเทศไทยมีข้อมูลแผ่นดินไหวน้อยมากและข้อมูล ความเร่งของพื้นดินสูงสุด (PGA) มีค่าน้อยกว่า 1 g ด้วยเหตุผลนี้จึงเสนอให้ใช้เทคนิคที่ปรับปรุง โดยวิธี Bayesian ในการสร้างความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นโดยอยู่บนพื้นฐานการสร้าง ความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นซึ่งเสนอโดย Idriss ในปี 1993 วิธี Bayesian สามารถอธิบายความ ไม่แน่นอนของตัวแปรที่ไม่รู้จัก ซึ่งแตกต่างจากวิธีการวิเคราะห์แบบถอยกลับโดยนำมาใช้พัฒนา ความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นที่ได้จากประสบการณ์ ในการศึกษาที่มีการเพิ่มวิธีแก้ไขผลกระทบ จากพื้นที่และความผิดพลาดของ Idriss โดยใช้เทคนิคที่ปรับปรุงโดยวิธี Bayesian จากการ เปรียบเทียบของการทำนายโดยวิธี Idriss จากการสังเกตข้อมูลพบว่าค่าความเร่งของพื้นดินสูงสุด PGA มีค่ามากกว่าที่ประมาณการไว้ และค่าการหน่วงความเร่งของคลื่น Sa มีค่าน้อยกว่าที่ ประมาณการไว้ และผลจากการปรับปรุงความสัมพันธ์ของ PGA และ Sa ที่เสนอโดยการศึกษานี้มี ค่าใกล้เคียงมากกว่าค่าที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีของ Idriss จากการศึกษาสรุปว่าการปรับปรุง ด้วยเทคนิคของ Bayesian เหมาะสมสำหรับการสร้างความสัมพันธ์การลดทอนคลื่นในประเทศไทย เพราะประเทศไทยมีข้อมูลแผ่นดินไหวน้อยมากและข้อมูลความเร่งของพื้นดินสูงสุด (PGA) ที่ มีค่าน้อยกว่า 1 g ซึ่งการใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวของประเทศไทยเพื่อสร้างความสัมพันธ์การลดทอน คลื่นโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบถอยกลับไม่สามารถทำได้ซึ่งวิธีนี้ต้องใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวจำนวน มาก

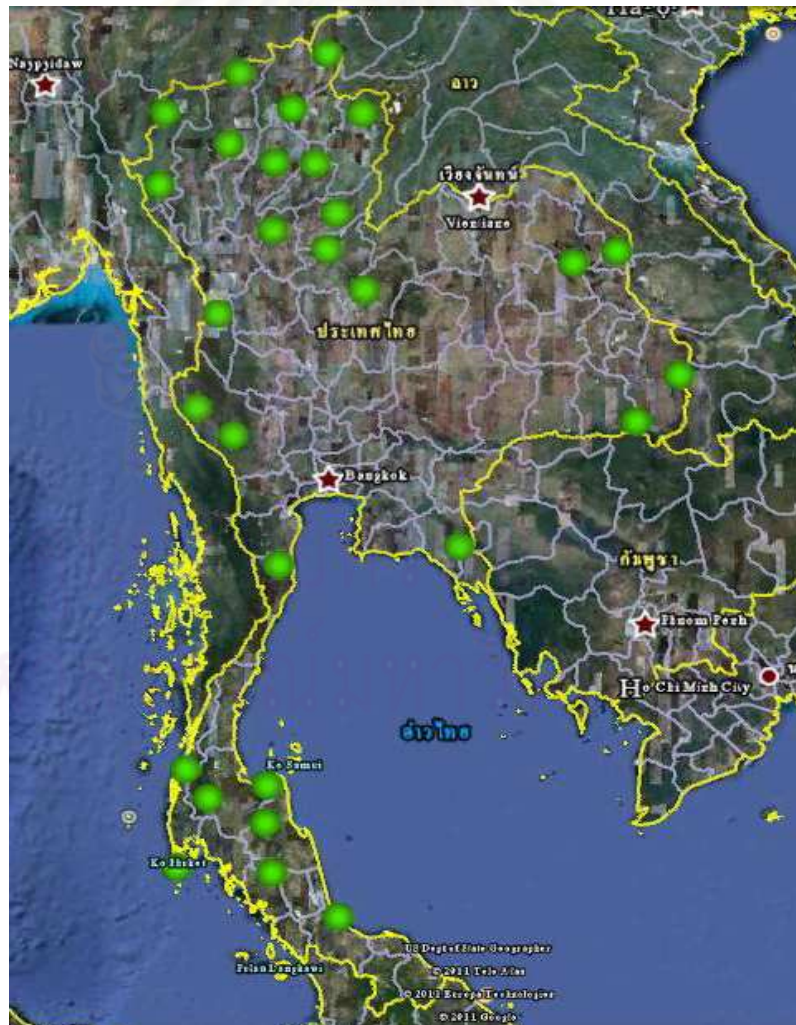
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแผ่นดินไหวในสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวประกอบไปด้วยเครื่องมือวัดความเร็วของอนุภาคดิน (Seismometer) และเครื่องมือตรวจวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerometer) โดยติดตั้งในสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งกระจายอยู่ทั่วประเทศ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวกรมอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทย

3.1.1 เครื่องมือวัดความเร็วของอนุภาคดิน (Seismometer)

เป็นเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวชนิดวัดการสั่นสะเทือนได้ทุกขนาด มีทั้งการวัดขนาดความลึก โดยอุปกรณ์ทำหน้าที่วัดสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหว และนำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาจุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหว ซึ่งความถูกต้องแม่นยำของการคำนวณขึ้นอยู่กับจำนวนและคุณภาพของอุปกรณ์วัดการเกิดแผ่นดินไหว อุปกรณ์วัดเหล่านี้จะถูกติดตั้งในสถานีตรวจวัดตามที่ต่างๆ เพื่อตรวจจับและตัดสินใจว่าสัญญาณที่วัดได้นั้นเป็นคลื่นแผ่นดินไหวหรือไม่ (Trigger) และส่งข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางเพื่อคำนวณหาตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว หรือตำแหน่งจุดกำเนิดแผ่นดินไหว ในปัจจุบันระบบตรวจตราแผ่นดินไหว (Earthquake monitoring system) จะใช้การวิเคราะห์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ขนาดและตำแหน่งของการเกิดแผ่นดินไหวคำนวณได้จากการตรวจวัดค่าความสูง (Amplitude) และความแตกต่างของเวลา (Time difference) วิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวจำเป็นต้องใช้หลักการระบบเชิงเส้น (Linear system) และการวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectral analysis) เพื่อแยกย่านความถี่ที่สนใจออกมาพิจารณา สัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์วัดแผ่นดินไหวจะมีย่านความถี่ตั้งแต่ 0.1 Hz ถึง 100 Hz สัญญาณความถี่ต่ำของแผ่นดินไหวจะถูกคัดกรอง (Digital signal conditioning) โดยตัดสัญญาณความถี่ต่ำออก และนำไปวิเคราะห์หอนุกรมฟูริเยร์ (Fourier analysis) ต่อไป ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 เครื่องมือวัดความเร็วของอนุภาคดินของพื้นดิน

3.1.2 เครื่องมือตรวจวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerometer)

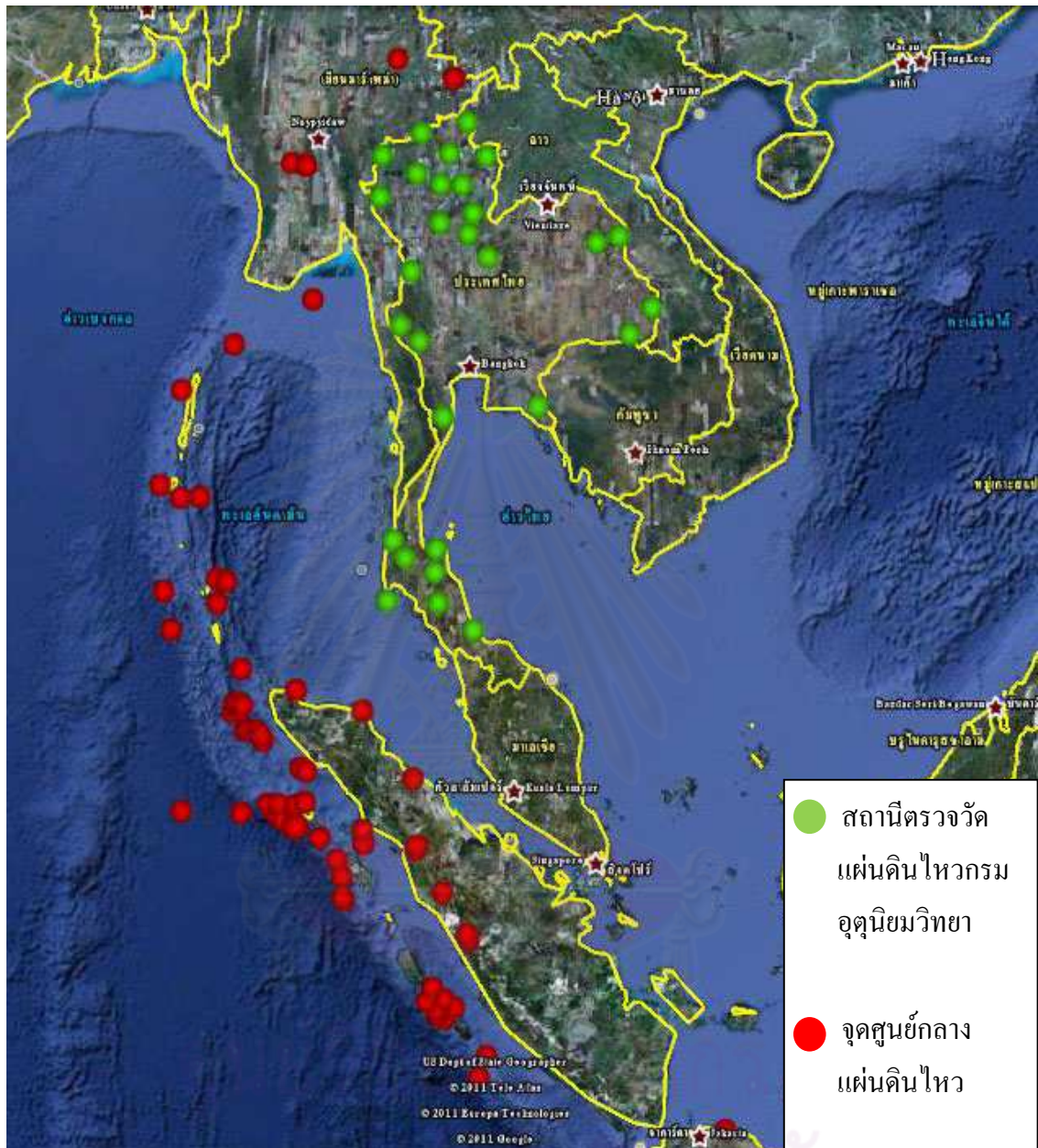
เป็นเครื่องมือใช้วัดขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว โดยจะวัดเป็นอัตราเร่งของพื้นดินซึ่งค่าความเร่งจะนำไปใช้สำหรับออกแบบสิ่งก่อสร้างที่มีขนาดใหญ่ เช่น ตึกสูง สะพาน และเขื่อนขนาดใหญ่ เป็นต้น ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 เครื่องมือวัดอัตราเร่งของพื้นดิน

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

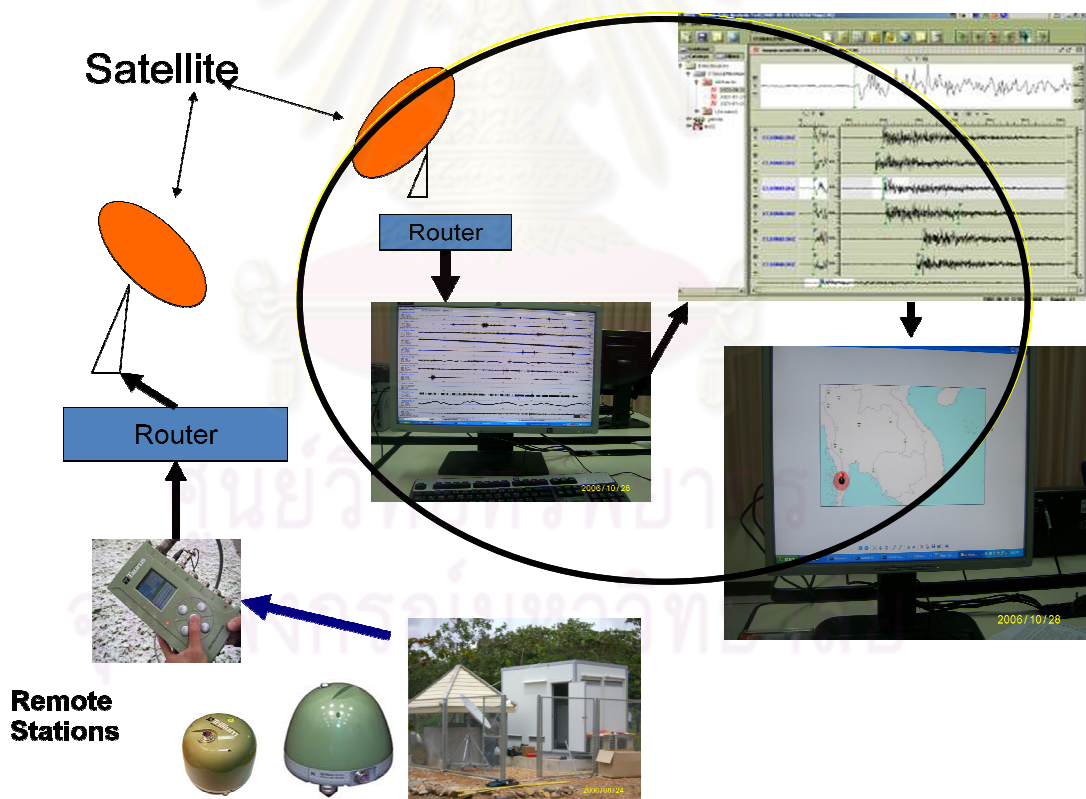
เก็บรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวส่วนใหญ่ 3 แห่งคือ เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศพม่า และทะเลอันดามัน ดังภาพที่ 3.4 ควรสังเกตเงื่อนไขของการตรวจจับคลื่นแผ่นดินไหวคือ ความแตกต่างของชั้นดินใต้สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวซึ่งมีความหลากหลายตามพื้นที่ อย่างไรก็ตามสถานีตรวจวัดส่วนใหญ่ สร้างอยู่บนชั้นดินแข็งไปถึงแข็งมาก โดยที่ชั้นหินต้นกำเนิดลึกจากระดับพื้นดินประมาณ 5-20 เมตร แต่การติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวนั้นที่สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา ติดตั้งเครื่องวัดบนพื้นที่เียบสงบและต้องอยู่บนพื้นที่เป็นหินแข็งเพราะรับสัญญาณได้ดี อีกทั้งรวมถึงมีเจ้าหน้าที่คอยดูแลอย่างใกล้ชิด การติดตั้งมีลักษณะเป็นบ่อลึกลงไปสำหรับวางเครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือน ดังภาพที่ 3.5 ซึ่งถือว่าเงื่อนไขดังกล่าวมีผลกระทบต่อ การตรวจจับคลื่นแผ่นดินไหวน้อยมากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวมีกระบวนการดังภาพที่ 3.6 ซึ่งจะได้ค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดิน ความเร็วของพื้นดิน และความเร่งของพื้นดินจากการตรวจวัด ดังภาพที่ 3.7



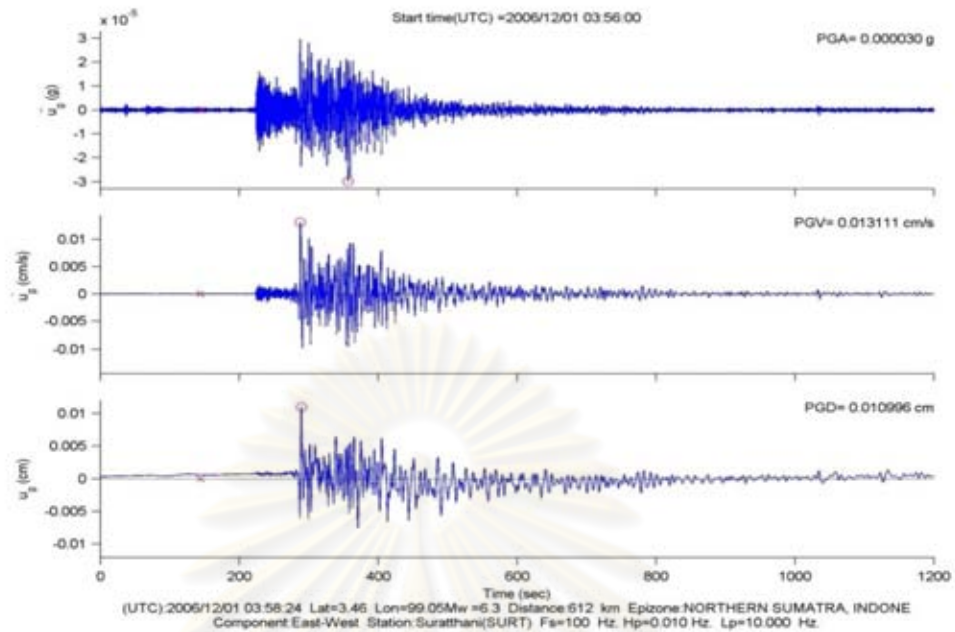
ภาพที่ 3.4 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวและจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ 3.5 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวเขื่อนศรีนครินทร์



ภาพที่ 3.6 กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551 : ออนไลน์)

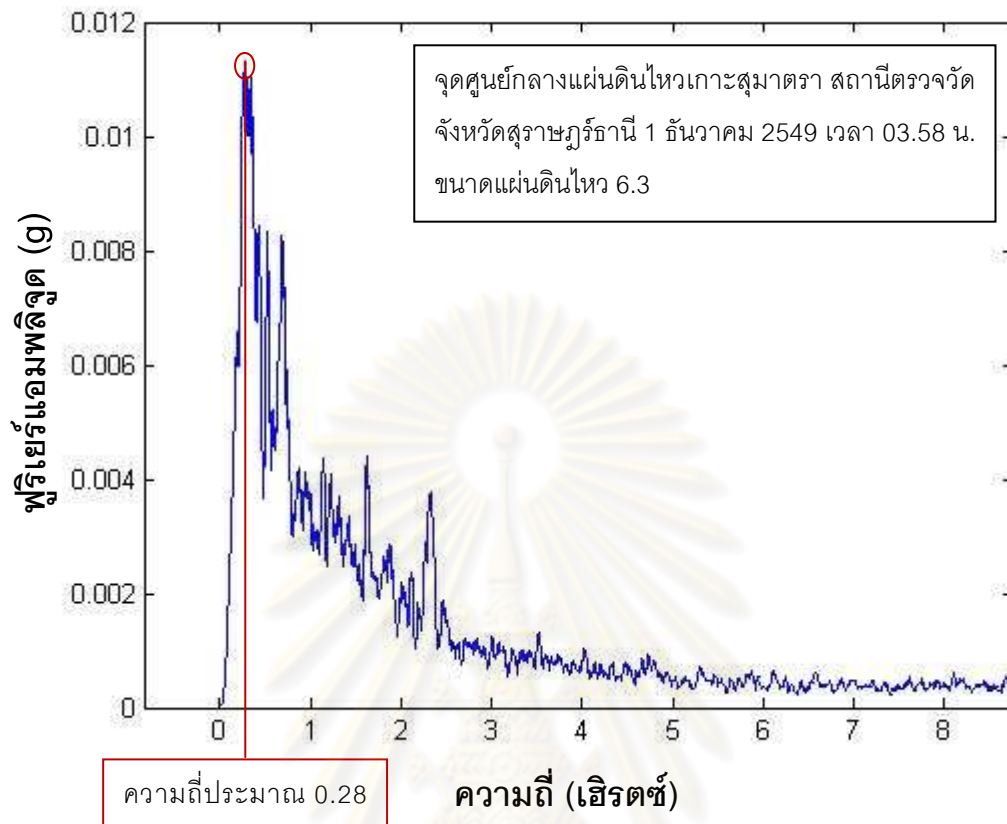


ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการตรวจวัด (Pairojn and Teachavorasinskun, 2010)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

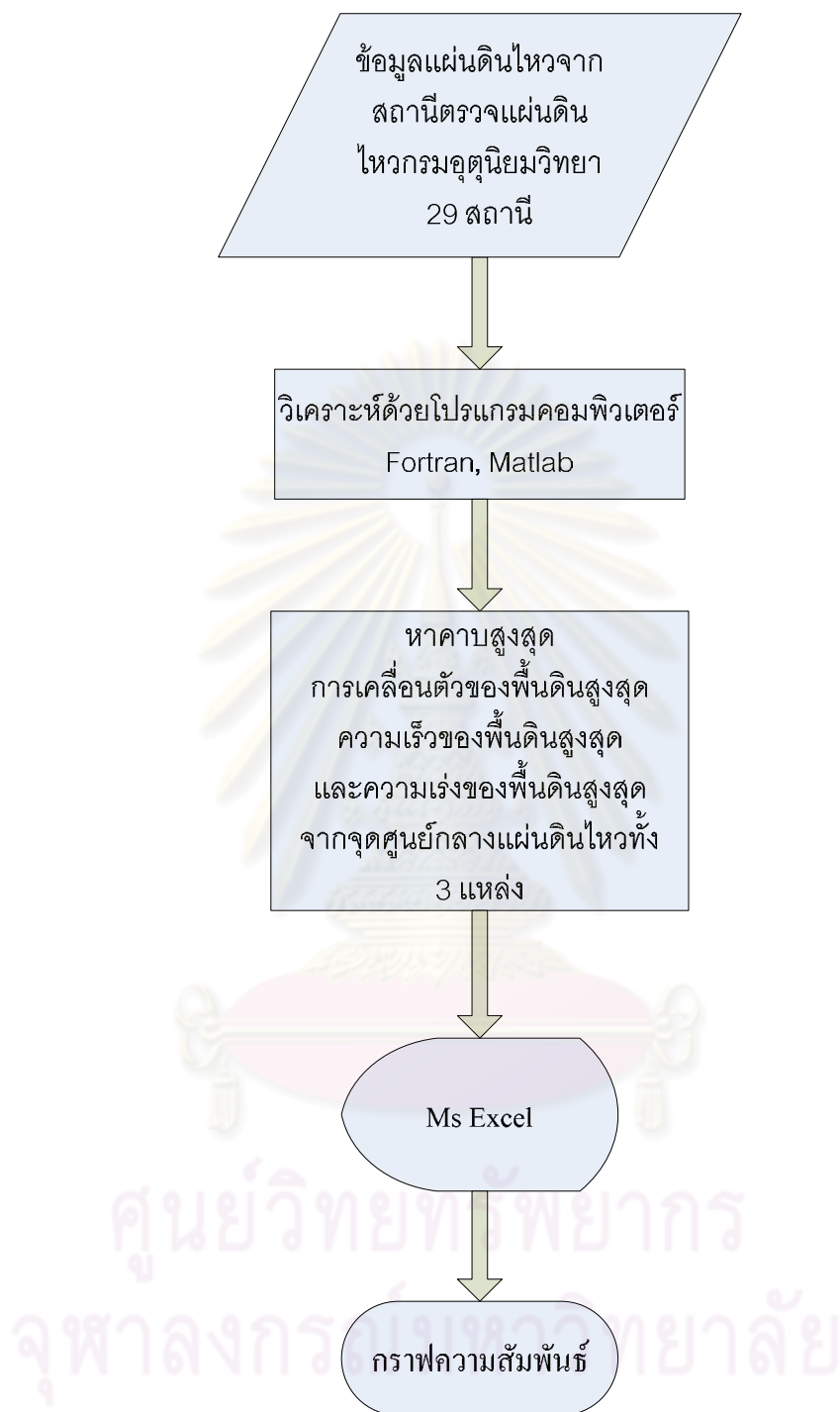
หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

3.3.1 นำค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดิน ความเร็วของพื้นดิน และความเร่งของพื้นดิน จากการตรวจวัดจากภาพที่ 3.7 มาวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของพื้นดินโดยใช้อนุกรมของฟูรีเยร์ จะได้ผลดังภาพที่ 3.8 ซึ่งสามารถหาคาบสูงสุดของการสั่นสะเทือน จากนั้นนำค่าดังกล่าวมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัดโดยแบ่งตามขนาดของแผ่นดินไหว



ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างกราฟความถี่ของคลื่นแผ่นดินไหวจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3.2 จากการหาค่าคาบสูงสุด ภาพที่ 3.8 การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดที่ตรวจวัดได้ ภาพที่ 3.7 นำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัดโดยแบ่งตามขนาดของแผ่นดินไหว ซึ่งมีแผนภูมิการวิเคราะห์ข้อมูล ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แผนภูมิการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ได้ความสัมพันธ์ของการเกิดแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศพม่า และทะเลอันดามัน กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด ซึ่งค่าคาบสูงสุดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวในรูปยกกำลังเชิงบวก แต่สำหรับค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดจะถูกลดทอนอย่างรวดเร็วตามระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวในรูปยกกำลังเชิงลบ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงนำเสนอสูตรการคำนวณอยู่ในรูปสมการที่ 4.1

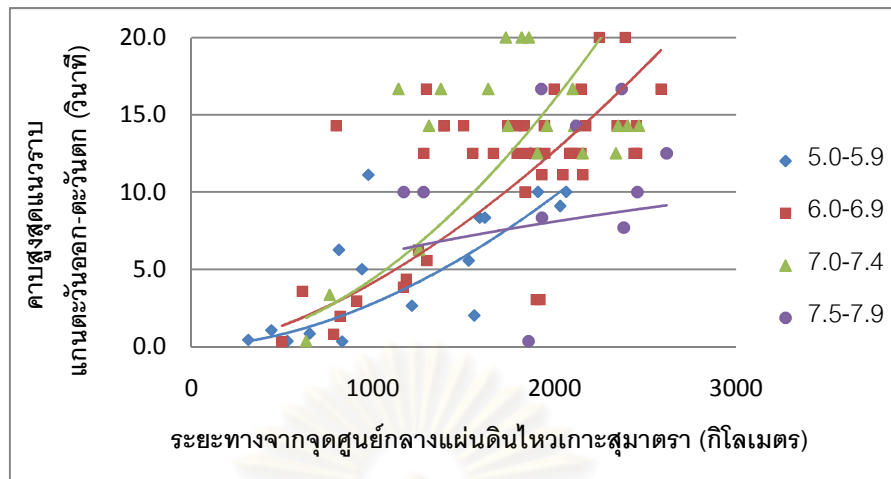
$$y = ax^b \quad (4.1)$$

เมื่อ x = ระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงบริเวณที่สนใจ (กิโลเมตร)

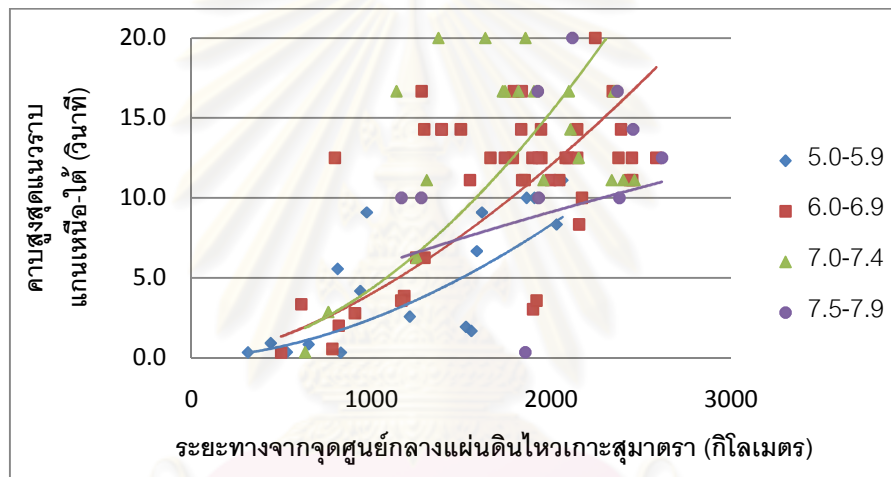
y = ค่าคาบสูงสุด (Predominant period) หรือค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด (Peak ground distance) หรือค่าความเร็วของพื้นดินสูงสุด (Peak ground velocity) หรือค่าความเร่งของพื้นดินสูงสุด (Peak ground acceleration)

4.1 จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

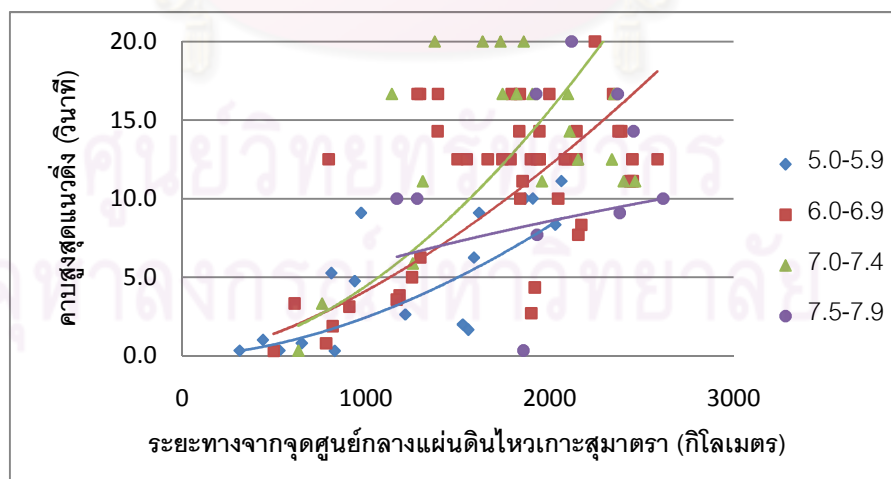
ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย นั้น สามารถแบ่งช่วงข้อมูลจากการตรวจวัดตามขนาดแผ่นดินไหวได้ 4 ช่วง คือ 5.0-5.9, 6.0-6.9, 7.0-7.4 และ 7.5-7.9 โดยระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัดประมาณ 300-3,000 กิโลเมตร ดังภาพที่ 4.1-4.4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อจัดให้อยู่ในรูปสมการที่ 4.1 จะได้ค่า a และ b ตามช่วงขนาดของแผ่นดินไหว ดังตารางที่ 4.1-4.4



(a)

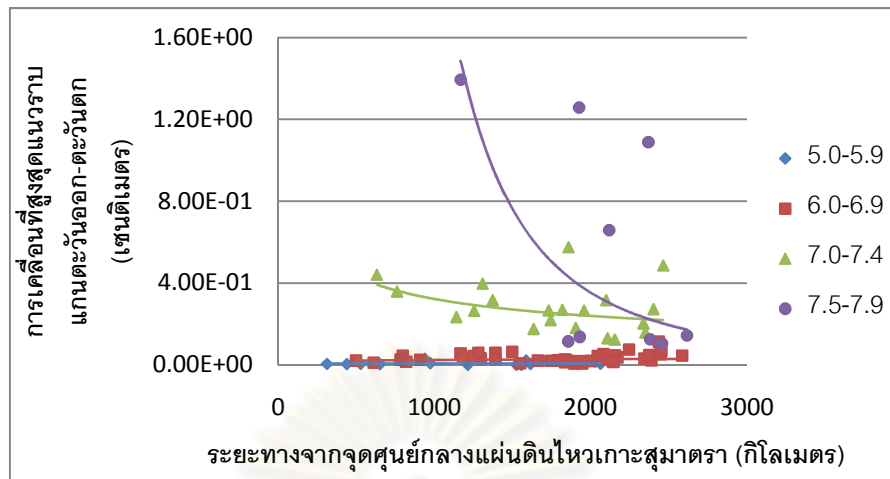


(b)

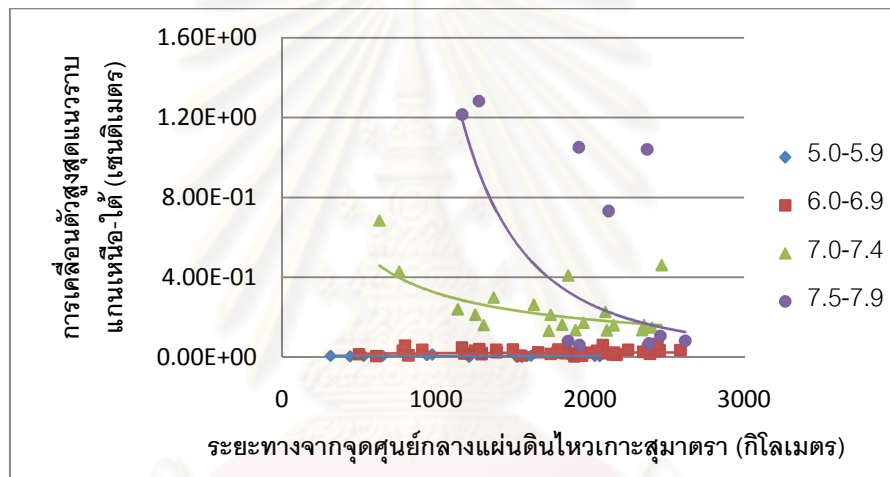


(c)

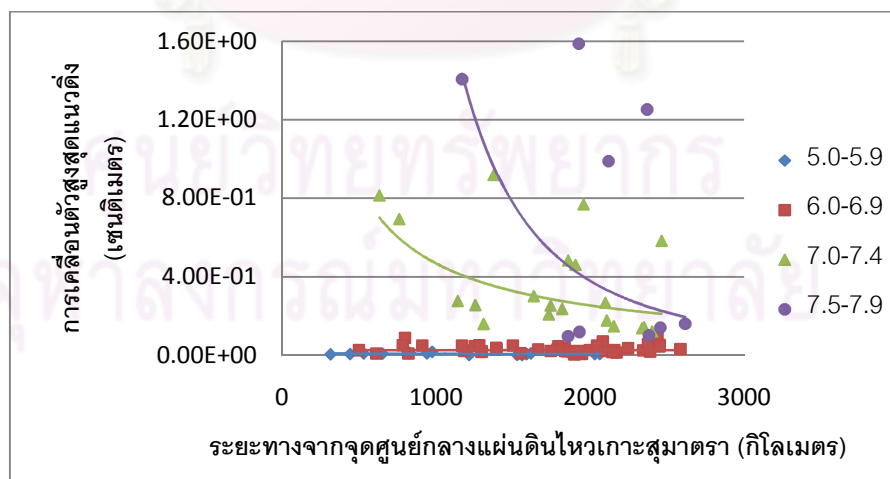
ภาพที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณ หมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)

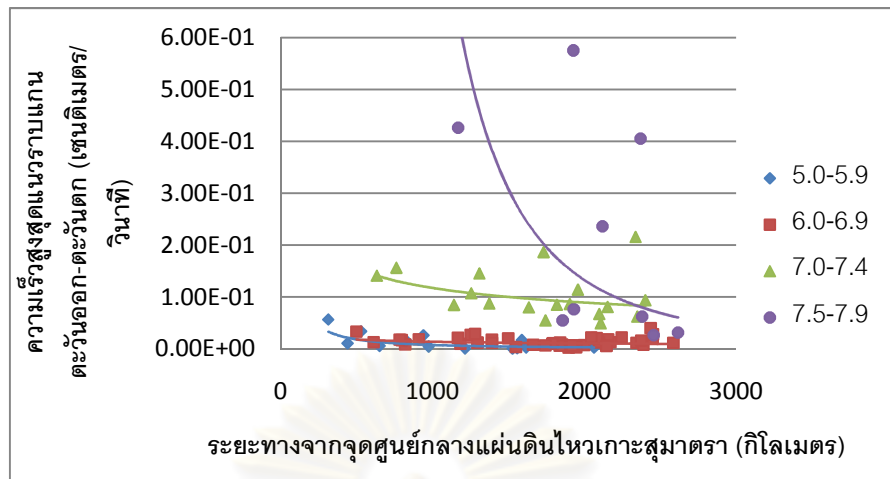


(b)

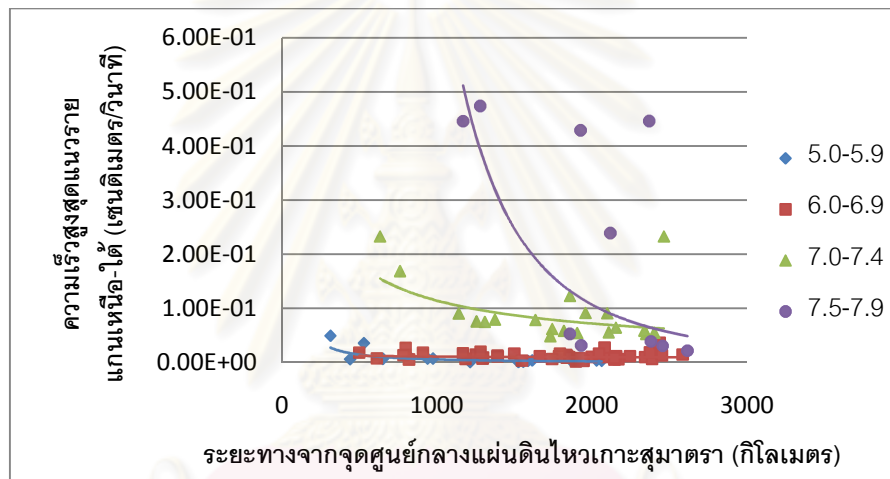


(c)

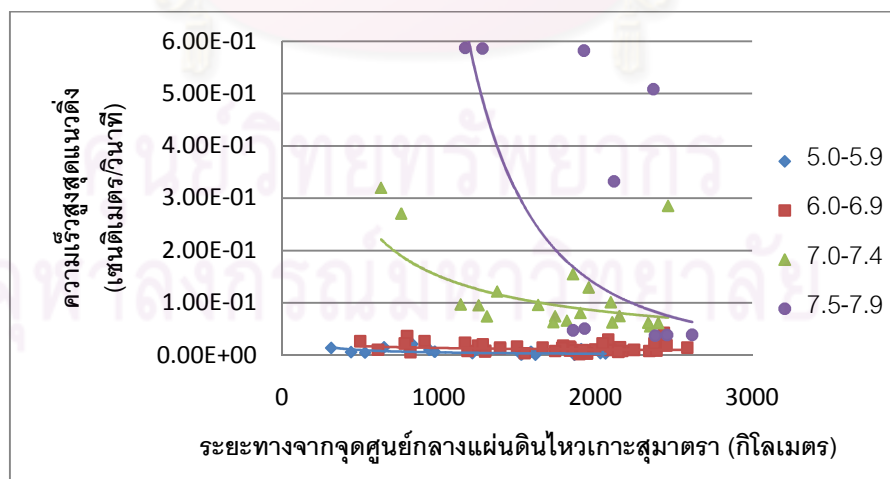
ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)

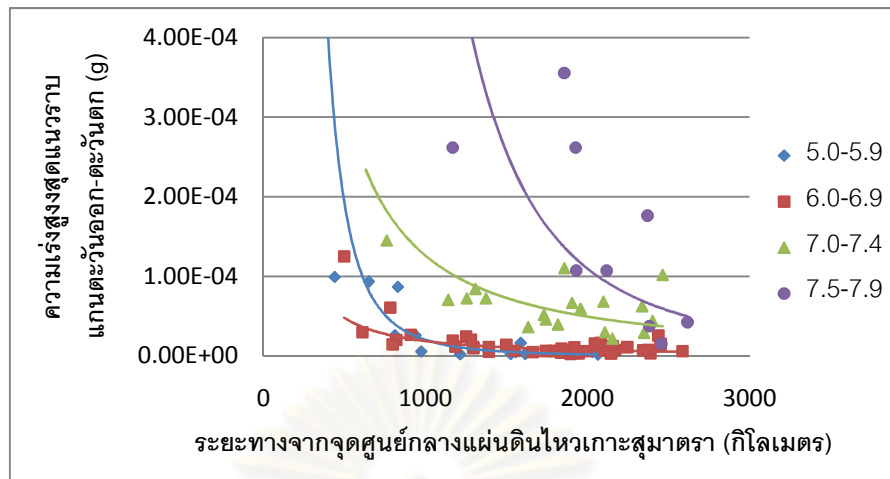


(b)

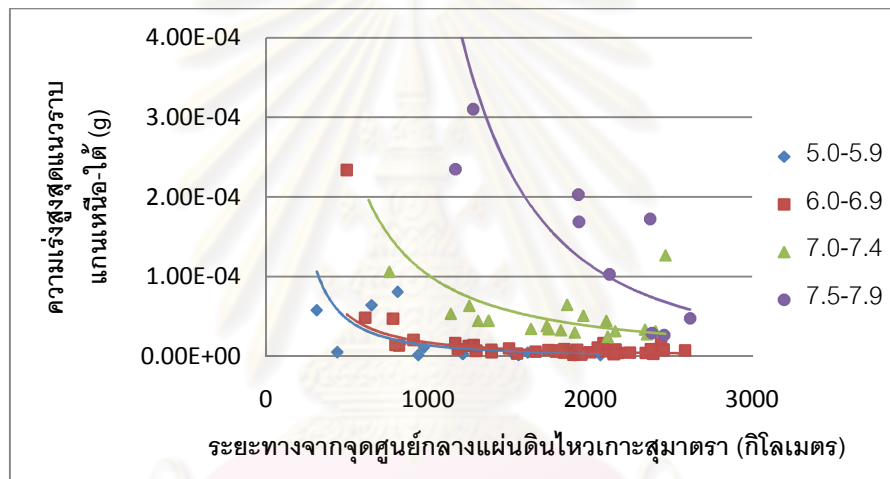


(c)

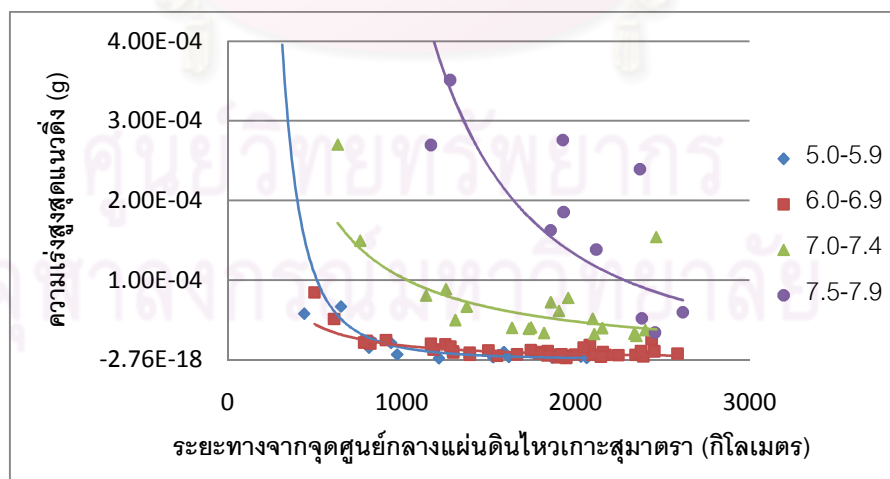
ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง

ตารางที่ 4.1 สูตรการคำนวณหาคาบสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	1×10^{-5}	1.087	0.623
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	1×10^{-5}	1.785	0.615
	แนวตั้ง	1×10^{-5}	1.707	0.606
6.0-6.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	6×10^{-5}	1.617	0.542
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	7×10^{-5}	1.595	0.516
	แนวตั้ง	9×10^{-5}	1.556	0.509
7.0-7.4	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	1×10^{-5}	1.864	0.563
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	1×10^{-5}	1.835	0.535
	แนวตั้ง	2×10^{-5}	1.817	0.526
7.5-7.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.252	0.456	0.011
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.045	0.697	0.025
	แนวตั้ง	0.109	0.574	0.017

ตารางที่ 4.2 สูตรการคำนวณหาการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว บริเวณหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.005	0.040	0.417
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.016	-.0.143	0.425
	แนวตั้ง	0.031	-0.210	0.433
6.0-6.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.005	0.219	0.342
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.005	0.208	0.326
	แนวตั้ง	0.025	0.008	0.319
7.0-7.4	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	6.230	-0.429	0.322
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	67.71	-.0.774	0.358
	แนวตั้ง	208.1	-0.883	0.251
7.5-7.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	2×10^8	-2.672	0.366
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	4×10^8	-2.791	0.302
	แนวตั้ง	6×10^7	-2.479	0.275

ตารางที่ 4.3 สูตรการคำนวณหาความเร็วของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณ หมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	49.942	-1.272	0.353
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	78.961	-1.386	0.313
	แนวตั้ง	2.296	-0.874	0.379
6.0-6.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.190	-0.379	0.370
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.037	-0.177	0.498
	แนวตั้ง	0.141	-0.335	0.390
7.0-7.4	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	1.812	-0.396	0.334
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	11.441	-0.667	0.376
	แนวตั้ง	45.358	-0.825	0.326
7.5-7.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	6×10^8	-2.923	0.402
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	5×10^8	-2.917	0.355
	แนวตั้ง	4×10^8	-2.852	0.345

ตารางที่ 4.4 สูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณ หมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

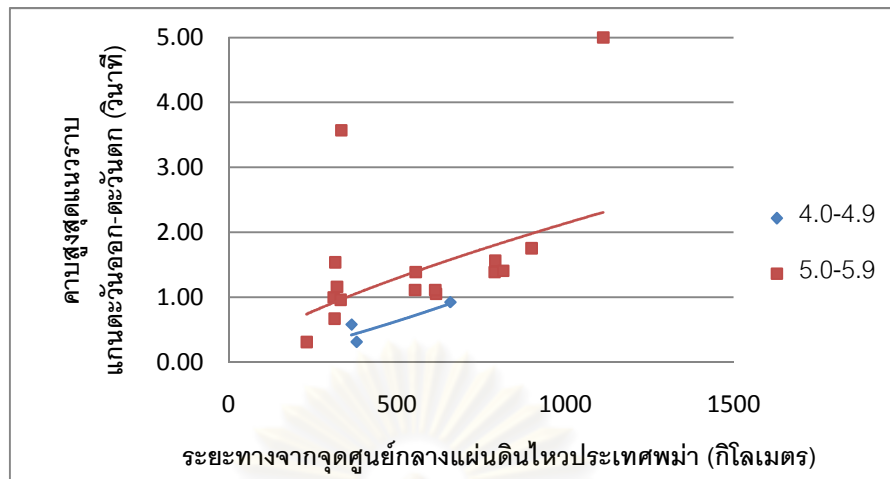
ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	1.138×10^5	-3.250	0.806
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	2.562	-1.755	0.413
	แนวตั้ง	3956.5	-1.804	0.818
6.0-6.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.2126	-1.351	0.441
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	1.037	-1.591	0.507
	แนวตั้ง	0.163	-1.320	0.487
7.0-7.4	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	1.419	-1.350	0.526
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	1.909	-1.424	0.491
	แนวตั้ง	0.219	-1.108	0.472
7.5-7.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	5.598×10^5	-2.941	0.526
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	1.846×10^4	-2.486	0.475
	แนวตั้ง	1300.9	-2.119	0.513

จากกราฟความสัมพันธ์คาบสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.2-20 วินาที การเคลื่อนที่ของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 1×10^{-3} - 1.6 เซนติเมตร ความเร็วของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 1×10^{-3} - 0.6 เซนติเมตรต่อวินาที และความเร่งของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 1×10^{-6} - 3×10^{-4} เซนติเมตรต่อวินาที²

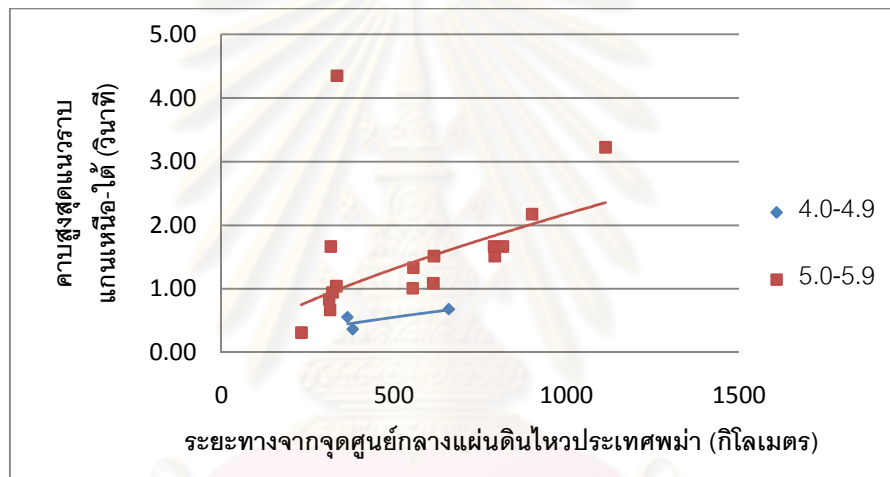
4.1 จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า

ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า นั้น สามารถแบ่งช่วงข้อมูลจากการตรวจวัดตามขนาดแผ่นดินไหว 2 ช่วง คือ 4.0-4.9 และ 5.0-5.9 ซึ่งระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัดประมาณ 200-1,200 กิโลเมตร ดังภาพที่ 4.5-4.8 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อจัดให้อยู่ในรูปสมการที่ 4.1 จะได้ค่า a และ b ตามช่วงขนาดของแผ่นดินไหว ดังตารางที่ 4.5-4.8

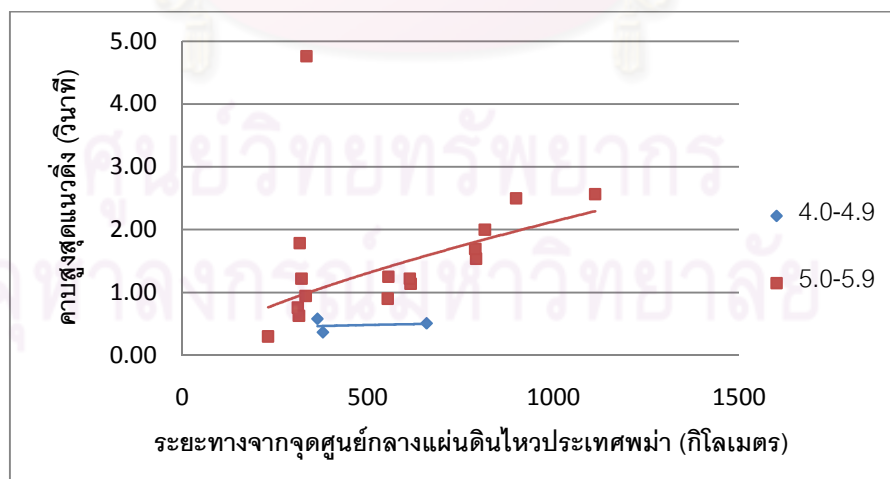
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(a)

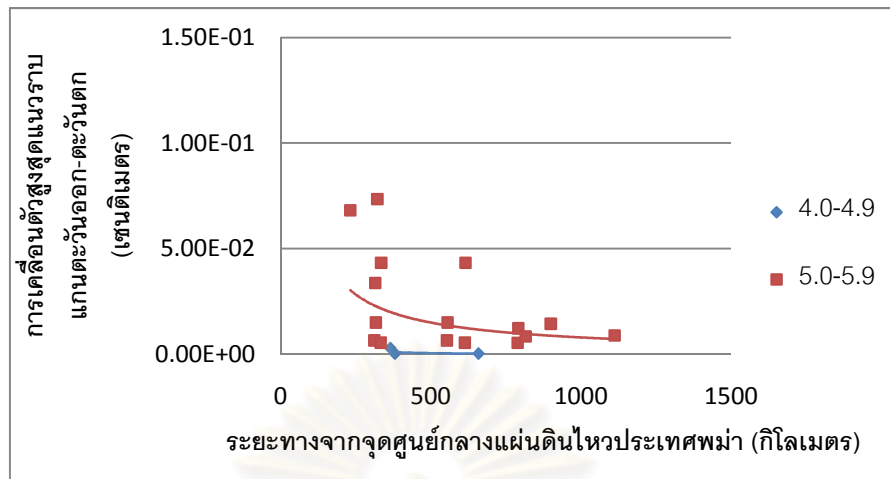


(b)

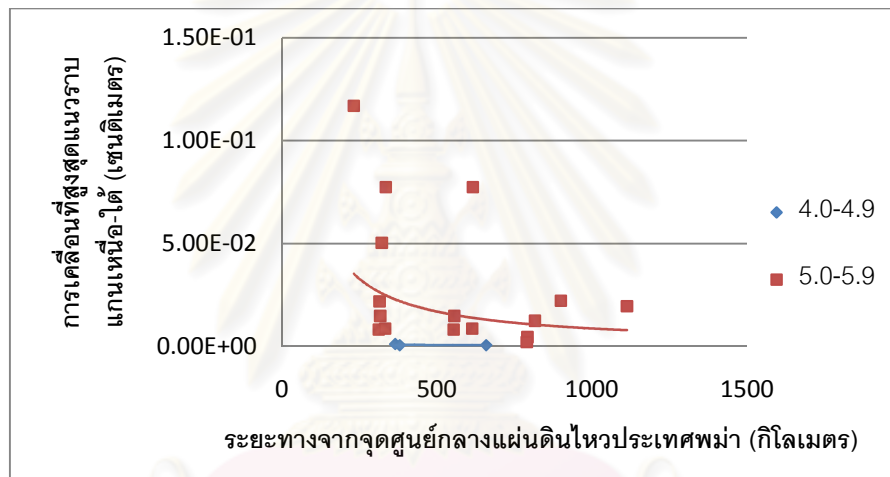


(c)

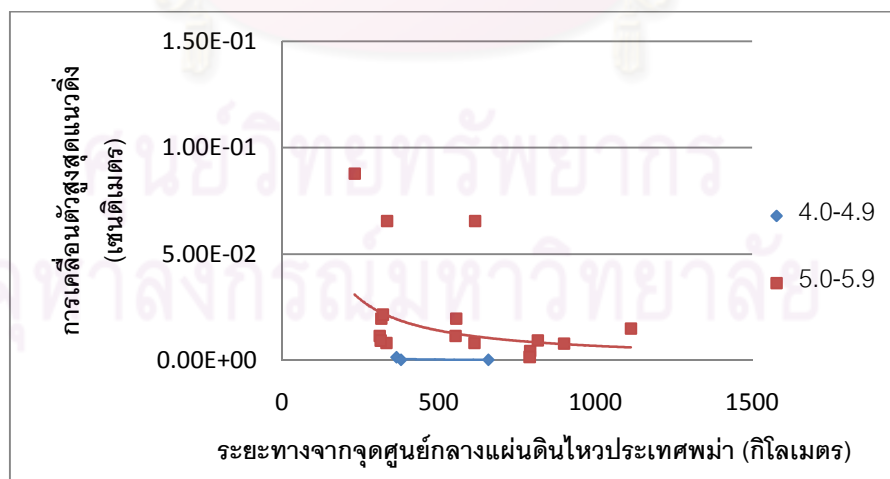
ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)

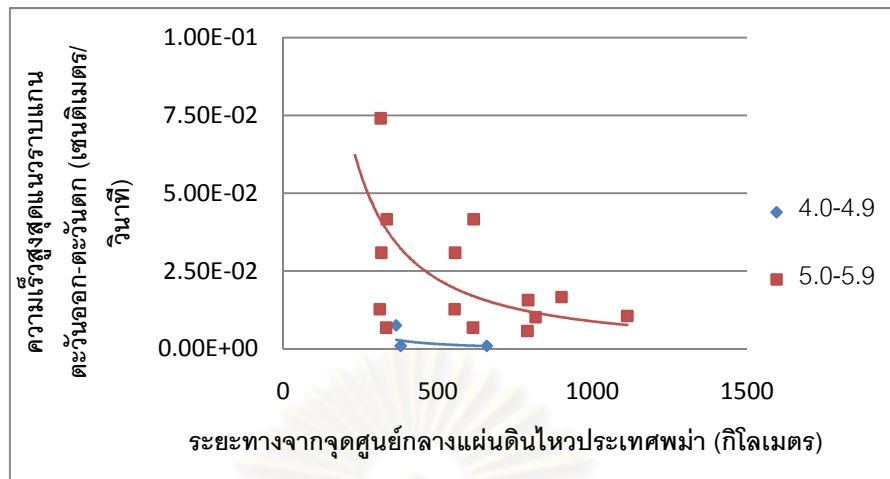


(b)

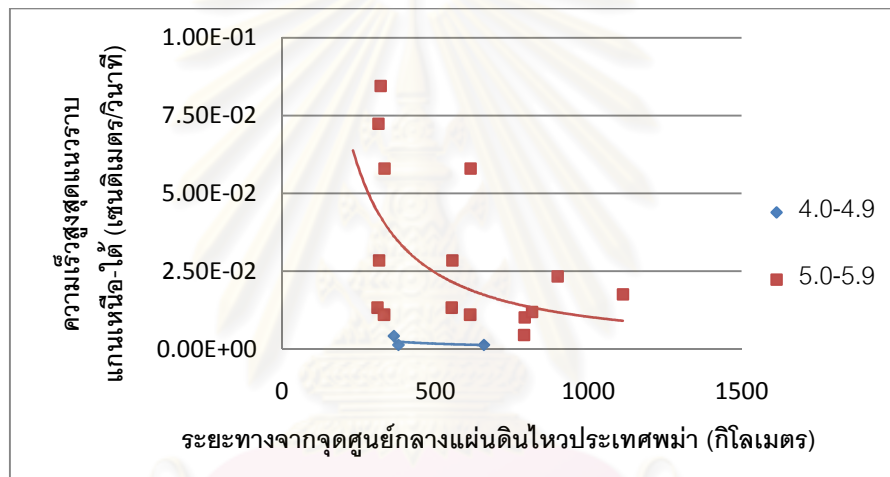


(c)

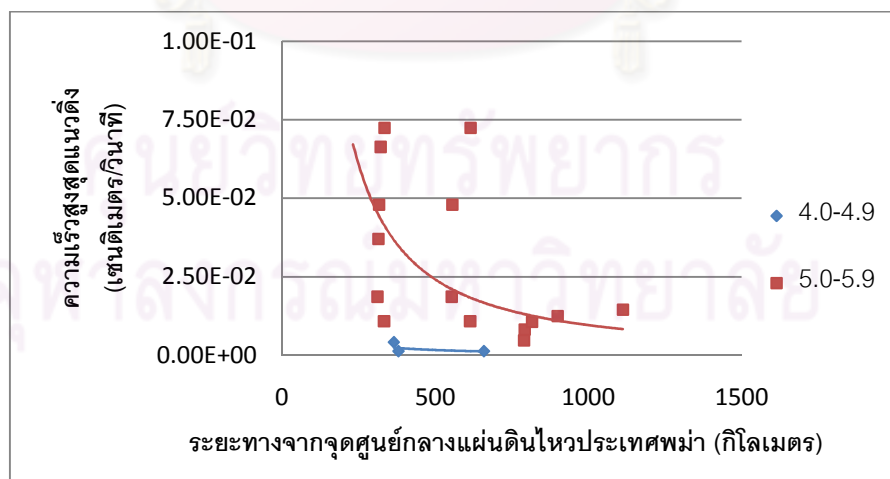
ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)

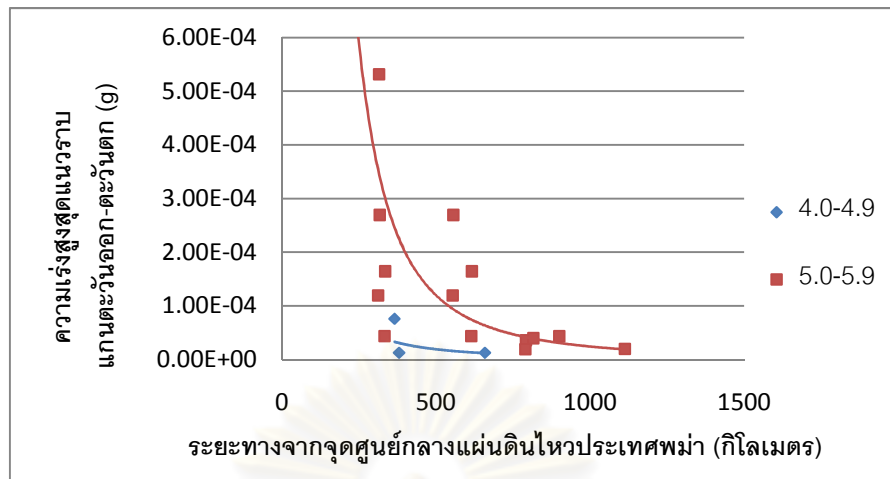


(b)

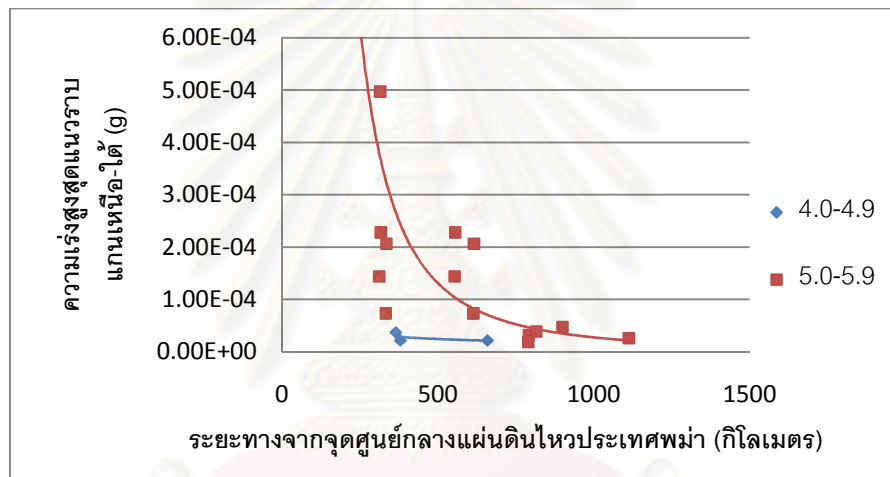


(c)

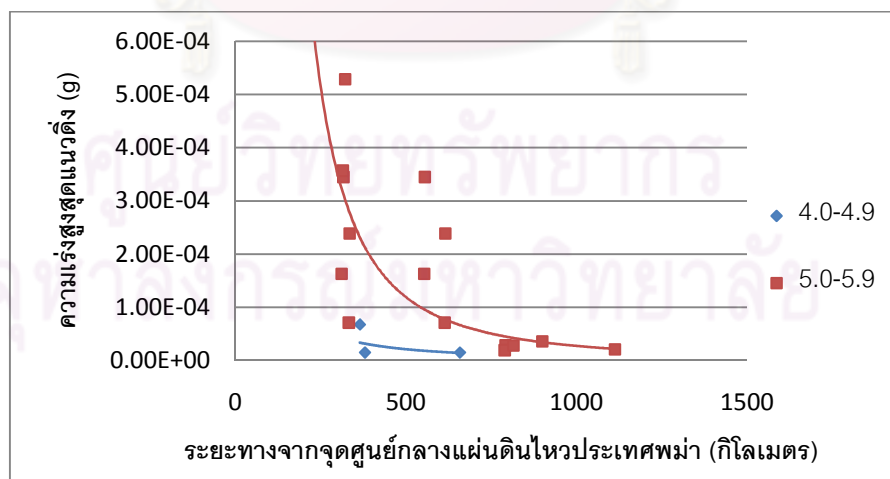
ภาพที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง

ตารางที่ 4.5 สูตรการคำนวณหาความสูงที่สุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
4.0-4.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.0002	1.294	0.618
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.008	0.681	0.501
	แนวตั้ง	0.219	0.126	0.310
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.014	0.722	0.320
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.014	0.727	0.326
	แนวตั้ง	0.017	0.703	0.279

ตารางที่ 4.6 สูตรการคำนวณหาการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว
บริเวณประเทศพม่า

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
4.0-4.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	309.150	-2.136	0.304
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.040	-0.653	0.304
	แนวตั้ง	5.162	-1.496	0.304
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	4.386	-0.914	0.228
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	6.415	-0.953	0.280
	แนวตั้ง	8.318	-1.027	0.238

ตารางที่ 4.7 สูตรการคำนวณหาความเร็วของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณ
ประเทศพม่า

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
4.0-4.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	354.390	-1.984	0.304
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	1.747	-1.111	0.304
	แนวตั้ง	2.060	-1.145	0.304
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	89.345	-1.335	0.370
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	55.308	-1.242	0.357
	แนวตั้ง	95.047	-1.332	0.430

ตารางที่ 4.8 สูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณ
ประเทศพม่า

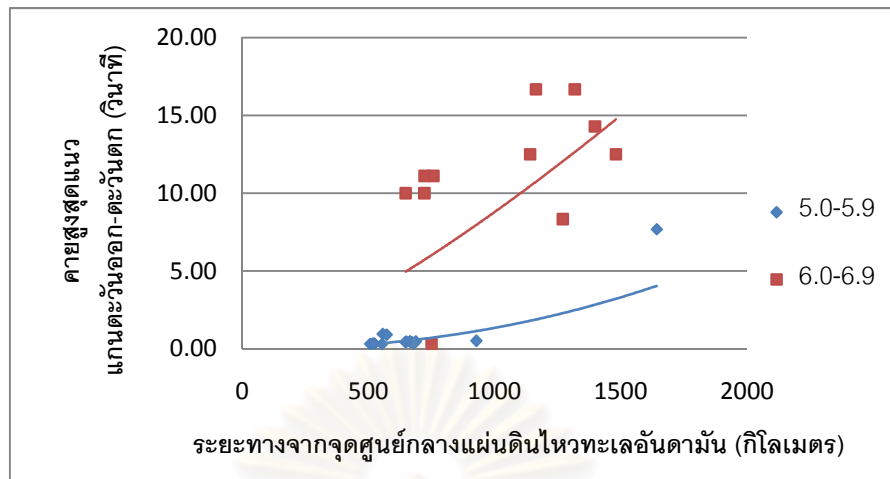
ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
4.0-4.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.894	-1.729	0.304
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.0006	-0.515	0.304
	แนวตั้ง	0.178	-1.452	0.304
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	189.9	-2.297	0.621
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	158.11	-2.253	0.673
	แนวตั้ง	59.475	-2.111	0.687

จากกราฟความสัมพันธ์คาบสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.3-5 วินาที การเคลื่อนที่ของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 3×10^{-4} - 0.1 เซนติเมตร ความเร็วของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 9×10^{-4} - 8×10^{-2} เซนติเมตรต่อวินาที และความเร่งของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 1×10^{-5} - 5×10^{-4} เซนติเมตรต่อวินาที²

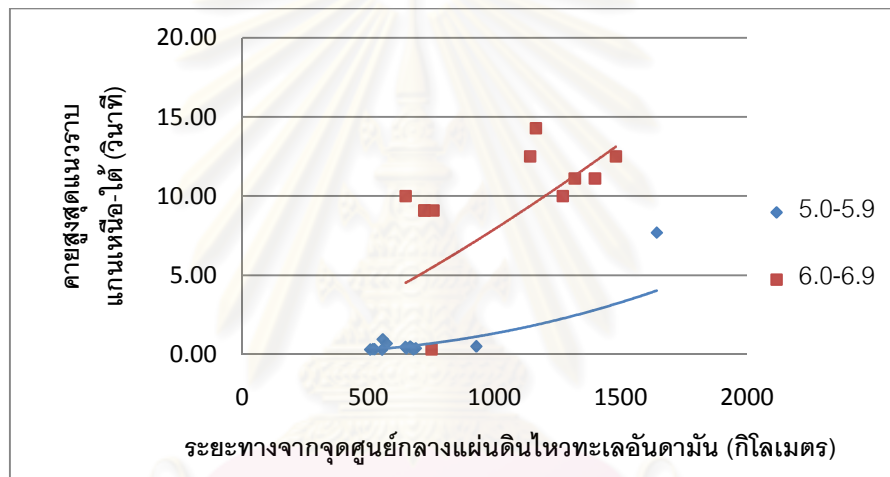
4.3 จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน

ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามันนั้น สามารถแบ่งช่วงข้อมูลจากการตรวจวัดตามขนาดแผ่นดินไหว 2 ช่วง คือ 5.0-5.9 และ 6.0-6.9 ซึ่งระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัดประมาณ 500-1,700 กิโลเมตร ดังภาพที่ 4.9-4.12 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อจัดให้อยู่ในรูปสมการที่ 4.1 จะได้ค่า a และ b ตามช่วงขนาดของแผ่นดินไหว ดังตารางที่ 4.9-4.12

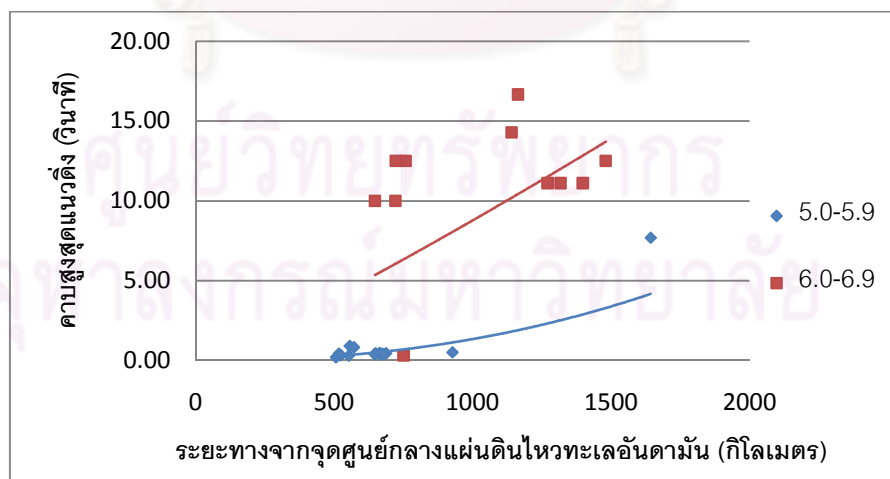
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(a)

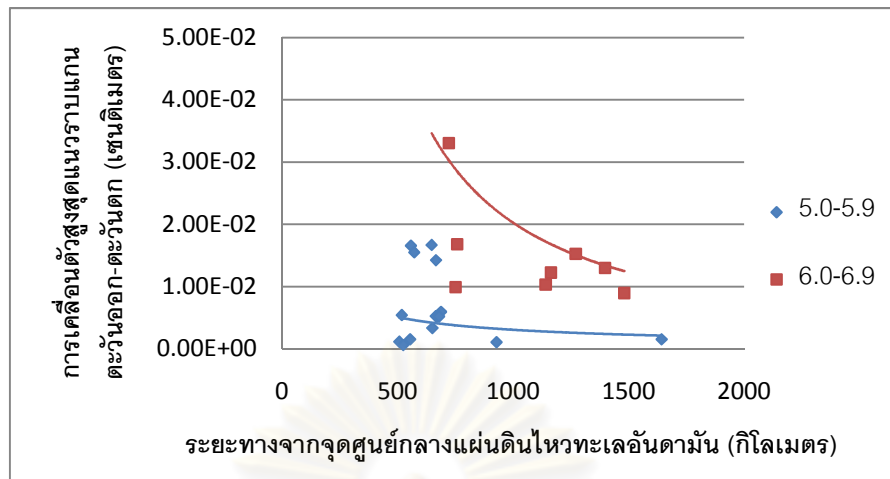


(b)

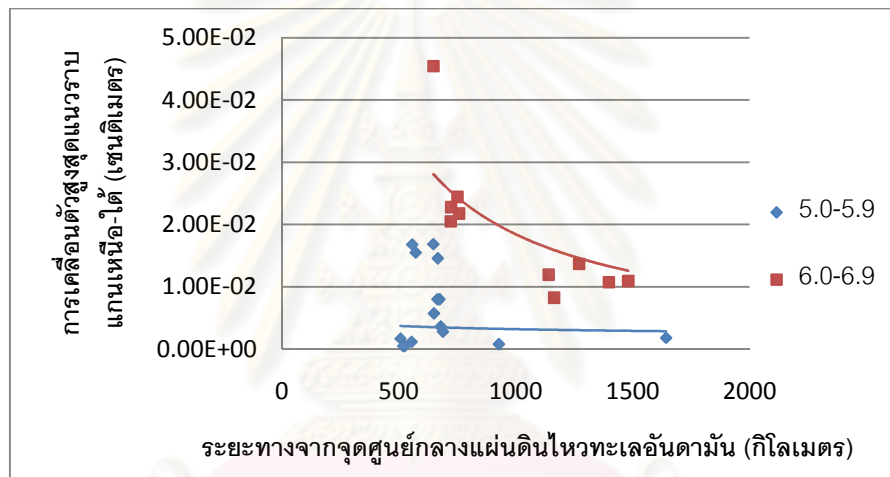


(c)

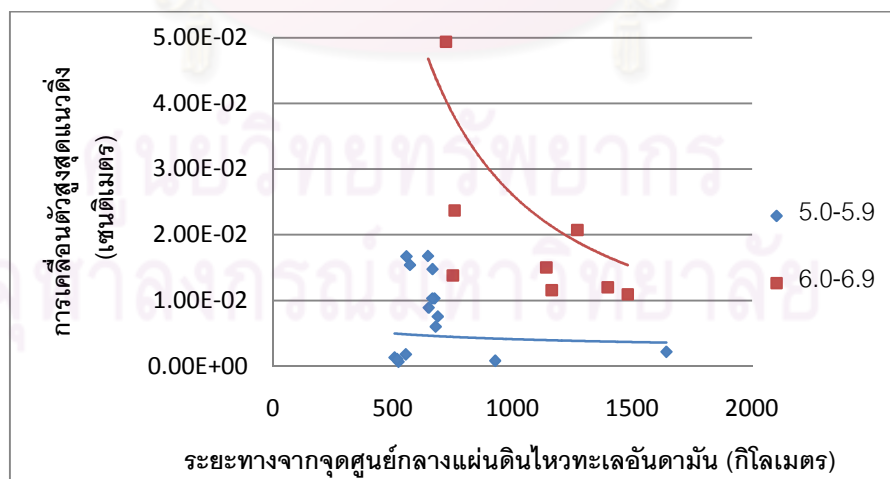
ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)

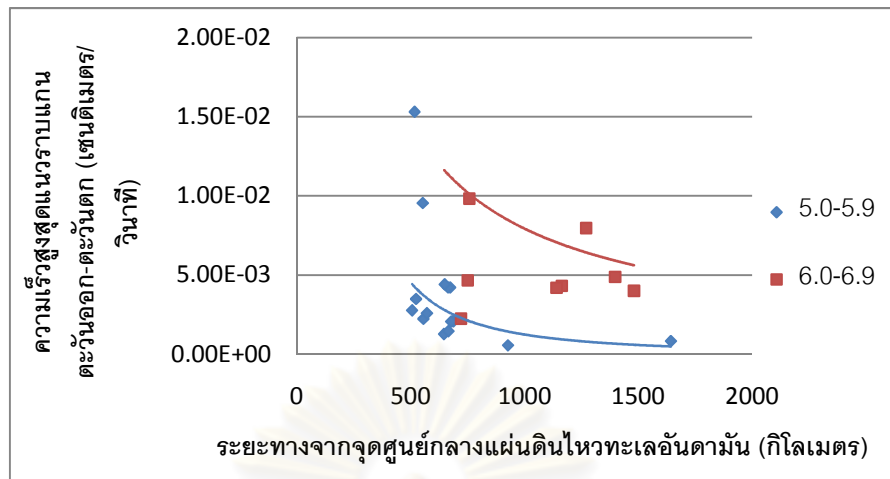


(b)

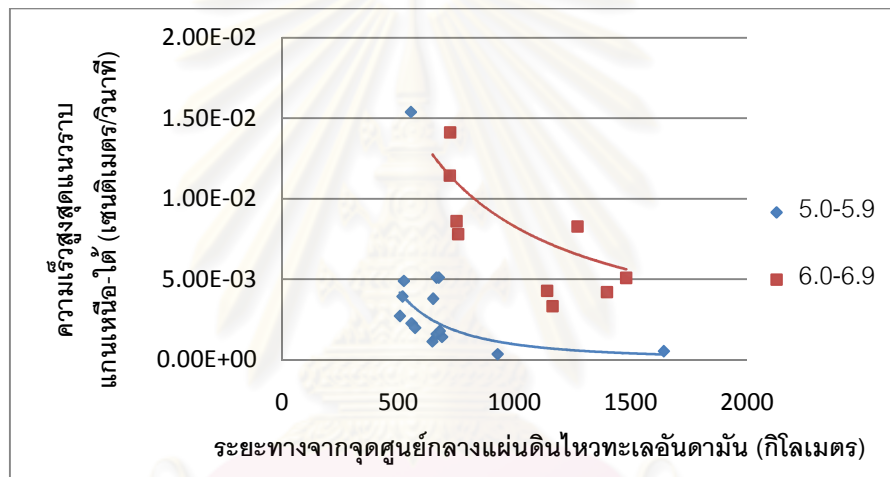


(c)

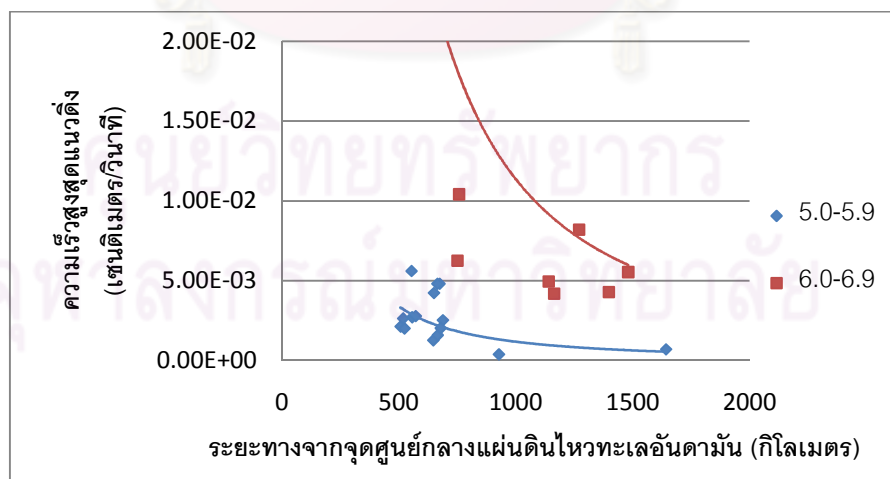
ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)

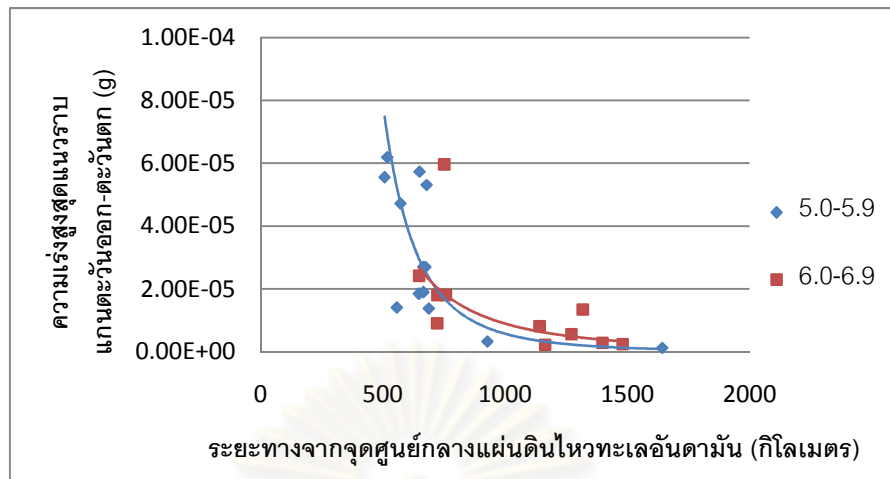


(b)

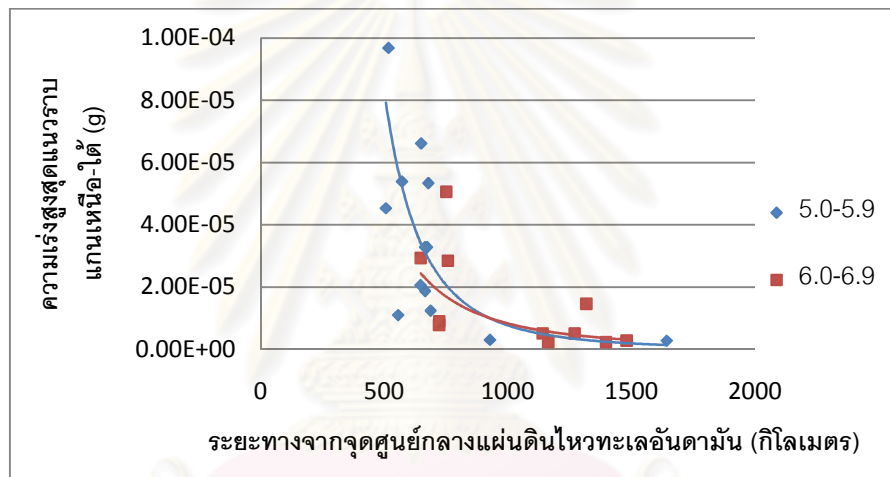


(c)

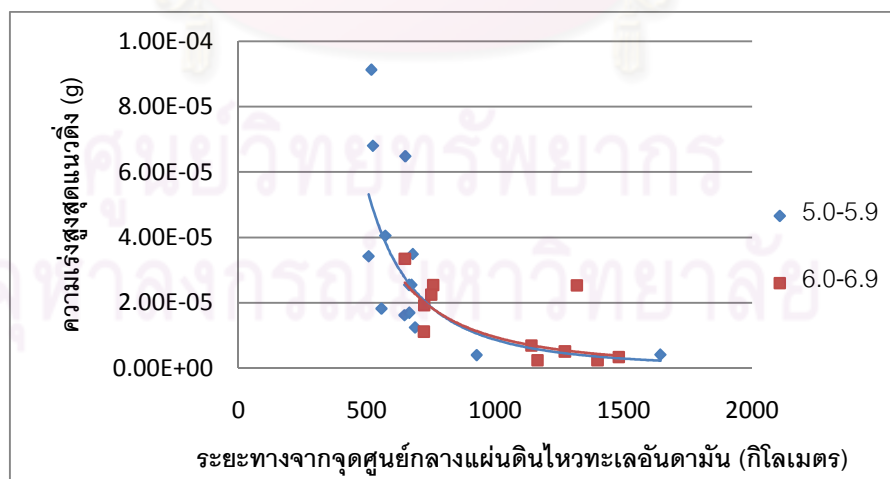
ภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งของพื้นดินสูงสุดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน (a)แนวราบตะวันออก-ตะวันตก (b)แนวราบเหนือ-ใต้ (c)แนวตั้ง

ตารางที่ 4.9 สูตรการคำนวณหาคาบสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	3×10^{-7}	2.210	0.655
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	3×10^{-7}	2.238	0.673
	แนวตั้ง	2×10^{-7}	2.279	0.665
6.0-6.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.001	1.317	0.140
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.001	1.288	0.143
	แนวตั้ง	0.0034	1.135	0.106

ตารางที่ 4.10 สูตรการคำนวณหาการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	0.480	-0.731	0.439
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	0.015	-0.291	0.420
	แนวตั้ง	0.02	-0.280	0.440
6.0-6.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	100.810	-1.232	0.249
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	15.125	-0.971	0.264
	แนวตั้ง	283.860	-1.345	0.246

ตารางที่ 4.11 สูตรการคำนวณหาความเร็วของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	498.45	-1.867	0.415
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	2964.3	-2.163	0.451
	แนวตั้ง	43.724	-1.523	0.382
6.0-6.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	3.434	-0.879	0.285
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	7.743	-0.990	0.219
	แนวตั้ง	898.7	-1.633	0.275

ตารางที่ 4.12 สูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน

ขนาด (Mw)	แกน (Axis)	a	b	R ²
5.0-5.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	331.13	-2.522	0.725
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	14469	-3.424	0.559
	แนวตั้ง	854.81	-2.664	0.609
6.0-6.9	แนวราบ แกน ตะวันออก-ตก	1×10^{-6}	-3.780	0.584
	แนวราบ แกน เหนือ-ใต้	231.780	-2.481	0.534
	แนวตั้ง	89.867	-2.325	0.543

จากกราฟความสัมพันธ์คาบสูงสุดอยู่ระหว่าง 0.2-16 วินาที การเคลื่อนที่ของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 1×10^{-3} - 5×10^{-2} เซนติเมตร ความเร็วของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 3×10^{-4} - 1.5×10^{-2} เซนติเมตรต่อวินาที และความเร่งของพื้นดินสูงสุดอยู่ระหว่าง 1×10^{-5} - 1×10^{-4} เซนติเมตรต่อวินาที²

4.4 การประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม

จากความสัมพันธ์และสูตรการคำนวณหาคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด โดยแบ่งตามขนาดของแผ่นดินไหวที่ได้ นำเสนอนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิศวกรรมได้ ยกตัวอย่างเช่น เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรีตอนที่สร้างเขื่อนครั้งแรก ได้รับการออกแบบที่ 0.1 จี นั้นหมายความว่า หากเกิดแผ่นดินไหวที่ใดก็ตาม ถ้าส่งแรงมาไม่ถึง 1 จี เขื่อนก็สามารถรับได้ไม่มีปัญหา ซึ่งค่าจึ้นนั้นวัดเป็นอัตราเร่งมีค่า 9.8 เมตรต่อวินาที ถ้า 0.1 จี ก็เท่ากับประมาณ 1 เมตร ดังนั้นใน 1 วินาที ถ้าแรงส่งมา 0.1 จี ก็ จะเห็นการขยับไปมาเกือบ 1 เมตร โดยในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 ที่ผ่านมามีเกิดแผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา สามารถตรวจวัดได้ที่ 5.8 ริกเตอร์ ซึ่งมีระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด 1193 กิโลเมตร โดยเครื่องมือสามารถวัดค่าความเร่งพื้นดินสูงสุดแนวราบ แกนตะวันออก-ตะวันตกที่ส่งความเร่งมาถึงเขื่อนได้ 1×10^{-5} จี เมื่อลองเปรียบเทียบกับค่าจากสูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย แนวราบ แกนตะวันออก-ตะวันตกได้ค่า 1.14×10^{-5} จี ซึ่งมีค่าแตกต่างกันร้อยละ 14 จึ้นไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของเขื่อนเนื่องจากค่าความเร่งน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ และเหตุการณ์แผ่นดินไหวเดียวกันที่สถานีอุตุวิทยามหาแม่สะเรียง จ. แม่ฮ่องสอน ซึ่งมีระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด 1558 กิโลเมตร โดยเครื่องมือสามารถวัดค่าความเร่งพื้นดินสูงสุดได้ 5×10^{-6} จี เมื่อลองเปรียบเทียบกับค่าจากสูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดได้ค่า 4.79×10^{-6} จี ซึ่งมีค่าแตกต่างกันร้อยละ 4.2 และที่สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวเขื่อนรัชชประภา จ. สุราษฎร์ธานี ซึ่งมีระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด 652 กิโลเมตร โดยเครื่องมือสามารถวัดค่าความเร่งพื้นดินสูงสุดได้ 9.4×10^{-5} จี เมื่อลองเปรียบเทียบกับค่าจากสูตรการคำนวณหาความเร่งของพื้นดินสูงสุดได้ค่า 8.13×10^{-5} จี ซึ่งมีค่าแตกต่างกันร้อยละ 13.51

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1.1 จากกราฟความสัมพันธ์จะเห็นได้ว่าของค่าคาบสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่เพิ่มขึ้นซึ่งในรูปยกกำลังเชิงบวก และค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุดจะลดลงตามระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่เพิ่มขึ้นซึ่งในรูปยกกำลังเชิงลบในทั้งสามทิศทาง

5.1.2 สูตรการคำนวณที่นำเสนอแบ่งแยกตามจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวและขนาดของแผ่นดินไหว ซึ่งสูตรการคำนวณอยู่ในรูปสมการที่ 4.1 ค่า a และ b ที่ได้จากสมการไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของแผ่นดินไหว เนื่องจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวเกิดบริเวณเดียวกันแต่พิกัดศูนย์กลางแผ่นดินไหวต่างกัน ซึ่งทำให้ค่าดังกล่าวไม่มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามขนาดของแผ่นดินไหว

5.1.3 ค่าจากสูตรการคำนวณหาคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด ตามระยะทางจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวทั้งสามแหล่งที่ได้นำเสนอสามารถนำไปใช้เป็นเงื่อนไขในการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหวโดยพิจารณาที่ค่าความเร่งสูงสุดที่อาจกระทบกับโครงสร้างจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวทั้ง 3 แหล่ง ถึงแม้ว่าค่าจากสูตรการคำนวณดังกล่าวมีค่าความแตกต่างจากการตรวจวัดได้จริงเนื่องจากลักษณะแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว แต่สามารถใช้เป็นตัวแทนที่ดีพอสมควรเพื่อใช้อ้างอิงการเคลื่อนไหวของพื้นดินในประเทศไทย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของการลดทอนคลื่นของคาบสูงสุด การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด ความเร็วของพื้นดินสูงสุด และความเร่งของพื้นดินสูงสุด จากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัดที่เสนอในงานวิจัยนี้ยังมีจำนวนจำกัด จึงควรเพิ่มการเก็บข้อมูลแผ่นดินไหวระยะไกลที่ส่งแรงสั่นสะเทือนถึงประเทศไทยโดยเฉพาะจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่าและทะเลอันดามันที่มีปริมาณข้อมูลและช่วงของขนาดแผ่นดินไหวน้อย เพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าสูงขึ้นและทำการเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมทรัพยากรธรณี. พื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวในประเทศไทย. [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา:
<http://www.dmr.go.th/> {2552, สิงหาคม 3}
- กรมอุตุนิยมวิทยา. ความรู้เกี่ยวกับแผ่นดินไหว. [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา:
<http://www.seismology.tmd.go.th/smartquake/smartquake.php> {2552, สิงหาคม 3}
- บุรินทร์ เวชบรรเทิง. ความรู้พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับแผ่นดินไหว. กรุงเทพฯ : สำนักแผ่นดินไหว กรม
อุตุนิยมวิทยา, (ม.ป.ป.).
- สุพจน์ เตชวรสินสกุล. พฤติกรรมของดินทางพลศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2549.

ภาษาอังกฤษ

- Bolt, A.B. Earthquake Engineering, United State : Prentice hall, 1996.
- Chen, W. F. Earthquake Engineering, Hawaii University, 1936.
- Gere, J. M. and Shah, H. C. Terra Non Finna- Understanding and Preparing for
Earthquakes, W. H. Freeman and Co, 1984.
- Gregor, J.N. Silva, J. W. Wong, G.I. and Youngs, R.R. Ground-Motion Attenuation
Relationships for Cascadia Subduction Zone Megathrust Earthquakes Based on
a Stochastic Finite-Fault Model, Bulletin of the Seismological Society of America,
92, (June 2002): 1923–1932.
- Kalkan, E. EERI, M.S. and Gulkan, P. Empirical Attenuation Equations for Vertical
Ground Motion in Turkey. Earthquake Spectra, 20, (1975): 853 – 882.
- Kramer L.S. Geotechnical earthquake engineering. 2nd ed. United State : Prentice hall,
1996.
- Lay, T. and Terry, C.W. Modern Global Seismology, 1995.
- Pairojn, P. and Teachavorasinskun, S. Attenuation of Far Field Earthquakes in
Thailand. Proceeding of KKCNN Symposium on Civil Engineering 23rd, Taiwan.
23 (November 2010): 371-374.
- Pétursson, G.G. and Vogfjörð S.K. Attenuation Relations for Near- and Far Field
Peak ground Motion (PGV, PGA) and New Magnitude Estimates for Large

Earthquakes in SW- Iceland, European Commission 6th Framework. 25
(December 2009): 34-43.

Poolcharuansin, K. Updating framework for Site-Specific Attenuation Relation of Seismic
Ground Motion in Thailand. Japan National Graduate Institute for Policy Studies,
2009.

Youngs, R.R. Chiou, J.S. Silva J.W. and Humphrey, R.J. Strong Ground Motion
Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquake, Seismological
Research Letters. 68 (January/February 1997): 1824-1833.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก-1 เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เหตุการณ์	ปี/เดือน/วัน	เวลาท้องถิ่น	จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว	ขนาดแผ่นดินไหว
1	2006/10/07	21:12:28	อ่าวไทย	5.0
2	2006/11/18	13:55:25	ทะเลอันดามัน	5.9
3	2006/11/18	13:57:57	ทะเลอันดามัน	5.9
4	2006/12/01	3:58:24	เกาะสุมาตรา	6.3
5	2006/12/12	17:02:00	จังหวัดเชียงใหม่	5.1
6	2006/12/17	21:10:26	ทะเลอันดามัน	5.8
7	2006/12/17	21:39:17	เกาะสุมาตรา	5.8
8	2006/12/22	19:50:49	ทะเลอันดามัน	6.2
9	2007/01/03	12:47:33	ทะเลอันดามัน	5.4
10	2007/01/07	10:47:07	ประเทศพม่า	4.8
11	2007/01/08	12:48:44	ทะเลอันดามัน	6.1
12	2007/01/09	5:27:24	ประเทศพม่า	4.9
13	2007/01/22	16:44:35	เกาะสุมาตรา	5.3
14	2007/01/25	15:18:40	เกาะสุมาตรา	5.0
15	2007/01/29	19:48:40	ทะเลอันดามัน	5.4
16	2007/02/11	10:47:37	ทะเลอันดามัน	5.4
17	2007/02/14	19:50:02	เกาะสุมาตรา	5.7
18	2007/02/14	20:12:00	ทะเลอันดามัน	5.2
19	2007/02/14	20:46:34	เกาะสุมาตรา	5.4
20	2007/03/01	2:01:05	เกาะสุมาตรา	5.2
21	2007/03/01	5:08:23	ทะเลอันดามัน	5.0
22	2007/03/06	3:49:44	เกาะสุมาตรา	6.4
23	2007/03/06	5:49:29	เกาะสุมาตรา	6.3
24	2007/03/07	10:53:42	เกาะสุมาตรา	5.9
25	2007/04/07	9:51:54	เกาะสุมาตรา	6.1

26	2007/04/10	13:56:55	ทะเลอันดามัน	5.5
27	2007/04/26	5:23:48	เกาะสุมาตรา	4.9
28	2007/04/27	8:02:52	เกาะสุมาตรา	5.9
29	2007/04/28	19:14:31	เกาะสุมาตรา	4.9
30	2007/05/01	19:44:20	ทะเลอันดามัน	5.0
31	2007/05/16	8:56:18	ประเทศลาว	6.3
32	2007/05/18	15:57:31	เกาะสุมาตรา	5.2
33	2007/05/23	20:19:11	เกาะสุมาตรา	5.2
34	2007/05/31	23:18:05	ทะเลอันดามัน	5.4
35	2007/06/02	21:35:02	มณฑลยูนนาน ประเทศจีน	6.1
36	2007/06/03	2:49:03	มณฑลยูนนาน ประเทศจีน	4.9
37	2007/06/09	14:59:51	เกาะสุมาตรา	5.2
38	2007/06/23	8:17:20	ประเทศพม่า	5.6
39	2007/06/23	8:27:49	ประเทศพม่า	5.4
40	2007/06/24	13:47:40	ทะเลอันดามัน	5.0
41	2007/07/21	12:53:03	เกาะสุมาตรา	5.2
42	2007/07/24	14:51:33	เกาะสุมาตรา	5.3
43	2007/07/25	23:37:35	ทะเลอันดามัน	6.0
44	2007/07/30	22:42:06	ประเทศพม่า	5.6
45	2007/07/31	8:43:42	ประเทศพม่า	5.0
46	2007/08/08	17:05:11	เกาะสุมาตรา	7.5
47	2007/08/25	17:03:08	เกาะสุมาตรา	5.2
48	2007/09/12	11:11:15	เกาะสุมาตรา	8.5
49	2007/09/12	23:49:35	เกาะสุมาตรา	7.9
50	2007/09/13	2:30:04	เกาะสุมาตรา	6.5
51	2007/09/13	3:35:36	เกาะสุมาตรา	7.0
52	2007/09/20	8:31:24	เกาะสุมาตรา	6.7
53	2007/10/04	12:40:30	เกาะสุมาตรา	6.2
54	2007/10/24	21:02:58	เกาะสุมาตรา	6.8

55	2007/11/21	3:30:15	เกาะสุมาตรา	4.9
56	2007/11/21	19:04:02	ทะเลอันดามัน	4.9
57	2007/11/22	23:02:14	เกาะสุมาตรา	5.8
58	2007/12/01	1:44:35	เกาะสุมาตรา	5.9
59	2007/12/22	12:26:21	เกาะสุมาตรา	6.1
60	2007/12/28	5:24:19	เกาะสุมาตรา	5.4
61	2008/01/14	13:38:40	ทะเลอันดามัน	5.8
62	2008/01/22	17:15:03	เกาะสุมาตรา	6.1
63	2008/02/20	8:08:45	เกาะสุมาตรา	7.4
64	2008/02/24	14:46:27	เกาะสุมาตรา	6.4
65	2008/02/25	8:36:42	เกาะสุมาตรา	6.9
66	2008/02/25	18:06:09	เกาะสุมาตรา	6.4
67	2008/02/25	21:02:23	เกาะสุมาตรา	6.5
68	2008/03/15	14:43:30	เกาะสุมาตรา	6.0
69	2008/03/29	17:30:57	เกาะสุมาตรา	6.3
70	2008/05/12	6:28:41	มณฑลเสฉวน ประเทศจีน	7.9
71	2008/05/13	10:29:22	เกาะสุมาตรา	5.4
72	2008/05/19	14:26:48	เกาะสุมาตรา	6.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลค่าคาบสูงสุด (Predominant period) ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณ
เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

ปี/เดือน/วัน	เวลา	สถานีตรวจวัด	ขนาด	ระยะทาง	ค่าคาบสูงสุด (T)		
					EW_T	NS_T	V_T
2549/12/17	21:39:17	เซียงใหม่	5.8	2031		8.3	8.3
2550/02/14	19:50:02	เซียงใหม่	5.7	2064	10.0	11.1	11.1
2550/03/06	3:49:44	เซียงใหม่	6.4	2172	14.3	10.0	8.3
2550/03/06	5:49:29	เซียงใหม่	6.3	2156	11.1	8.3	7.7
2550/07/21	12:53:03	เซียงใหม่	5.2	1527	5.6	1.9	2.0
2550/09/12	23:49:35	เซียงใหม่	7.9	2370	16.7	16.7	16.7
2550/09/13	3:35:36	เซียงใหม่	7.0	2350	14.3	16.7	16.7
2550/09/20	8:31:24	เซียงใหม่	6.7	2344	14.3	16.7	16.7
2550/10/24	21:02:58	เซียงใหม่	6.8	2586	16.7	12.5	12.5
2550/12/22	12:26:21	เซียงใหม่	6.1	1897	12.5	12.5	12.5
2551/01/22	17:15:03	เซียงใหม่	6.1	1998	16.7	11.1	16.7
2551/02/20	8:08:45	เซียงใหม่	7.4	1819	20.0	16.7	16.7
2551/02/24	14:46:27	เซียงใหม่	6.4	2389	20.0	14.3	14.3
2551/02/25	8:36:42	เซียงใหม่	6.9	2402	14.3	11.1	11.1
2551/02/25	21:02:23	เซียงใหม่	6.5	2375	14.3	12.5	14.3
2551/03/29	17:30:57	เซียงใหม่	6.3	1834	14.3	14.3	14.3
2551/05/19	14:26:48	เซียงใหม่	6.0	1908	10.0	10.0	10.0
2549/12/01	3:58:24	สุราษฎร์ธานี	6.3	612	3.6	3.3	3.3
2549/12/17	21:39:17	สุราษฎร์ธานี	5.8	940	5.0	4.2	4.8
2550/02/14	19:50:02	สุราษฎร์ธานี	5.7	975	11.1	9.1	9.1
2550/07/21	12:53:03	สุราษฎร์ธานี	5.2	441	1.0	0.9	1.0
2550/08/08	17:05:11	สุราษฎร์ธานี	7.5	1931	8.3	10.0	7.7
2550/09/12	23:49:35	สุราษฎร์ธานี	7.9	1279	10.0	10.0	10.0
2550/09/13	3:35:36	สุราษฎร์ธานี	7.0	1255	6.3	6.3	5.9

2550/09/20	8:31:24	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.7	1251	6.3	6.3	5.0
2550/10/24	21:02:58	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.8	1499	14.3	14.3	12.5
2550/11/22	23:02:14	សុវាង្សរិទ្ធានី	5.8	652	0.8	0.8	0.8
2550/12/22	12:26:21	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.1	820	2.0	2.0	1.9
2551/01/22	17:15:03	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.1	910	2.9	2.8	3.1
2551/02/20	8:08:45	សុវាង្សរិទ្ធានី	7.4	762	3.3	2.9	3.3
2551/02/24	14:46:27	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.4	1295	16.7	14.3	16.7
2551/02/25	8:36:42	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.9	1309	14.3	11.1	11.1
2551/02/25	18:06:09	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.4	1297	5.6	6.3	6.3
2551/02/25	21:02:23	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.5	1281	12.5	16.7	16.7
2551/03/29	17:30:57	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.3	798	14.3	12.5	12.5
2551/05/19	14:26:48	សុវាង្សរិទ្ធានី	6.0	813	6.3	5.6	5.3
2549/12/01	3:58:24	ភូកើត	6.3	499	0.3	0.3	0.3
2549/12/17	21:39:17	ភូកើត	5.8	831	0.3	0.3	0.3
2550/07/21	12:53:03	ភូកើត	5.2	314	0.4	0.3	0.3
2550/08/08	17:05:11	ភូកើត	7.5	1857	0.3	0.3	0.3
2550/09/12	23:49:35	ភូកើត	7.9	1169	10.0	10.0	10.0
2550/09/13	3:35:36	ភូកើត	7.0	1141	16.7	16.7	16.7
2550/10/24	21:02:58	ភូកើត	6.8	1391	14.3	14.3	14.3
2550/11/22	23:02:14	ភូកើត	5.8	530	0.3	0.3	0.3
2551/01/22	17:15:03	ភូកើត	6.1	784	0.8	0.5	0.8
2551/02/20	8:08:45	ភូកើត	7.4	633	0.3	0.3	0.3
2551/02/25	18:06:09	ភូកើត	6.4	1184	4.3	3.8	3.8
2551/02/25	21:02:23	ភូកើត	6.5	1168	3.8	3.6	3.6
2549/12/17	21:39:17	កាណូនប៊ុនរី	5.8	1588	8.3	6.7	6.3
2550/02/14	19:50:02	កាណូនប៊ុនរី	5.7	1616	8.3	9.1	9.1
2550/08/08	17:05:11	កាណូនប៊ុនរី	7.5	2456	10.0	14.3	14.3
2550/09/12	23:49:35	កាណូនប៊ុនរី	7.9	1927	16.7	16.7	16.7
2550/09/13	3:35:36	កាណូនប៊ុនរី	7.0	1905	12.5	16.7	16.7

2550/09/20	8:31:24	กาญจนบุรี	6.7	1900	3.0	3.0	2.7
2550/10/24	21:02:58	กาญจนบุรี	6.8	2146	16.7	14.3	14.3
2550/11/22	23:02:14	กาญจนบุรี	5.8	1215	2.6	2.6	2.6
2551/01/22	17:15:03	กาญจนบุรี	6.1	1549	12.5	11.1	12.5
2551/02/20	8:08:45	กาญจนบุรี	7.4	1374	16.7	20.0	20.0
2551/02/24	14:46:27	กาญจนบุรี	6.4	1944	14.3	14.3	14.3
2551/02/25	8:36:42	กาญจนบุรี	6.9	1958	14.3	11.1	11.1
2551/02/25	18:06:09	กาญจนบุรี	6.4	1946	12.5	12.5	12.5
2551/02/25	21:02:23	กาญจนบุรี	6.5	1931	11.1	12.5	12.5
2551/03/29	17:30:57	กาญจนบุรี	6.3	1392	14.3	14.3	16.7
2550/03/06	3:49:44	อุบลราชธานี	6.4	1853	12.5	11.1	11.1
2550/03/06	5:49:29	อุบลราชธานี	6.3	1840	10.0	11.1	10.0
2550/08/08	17:05:11	อุบลราชธานี	7.5	2381	7.7	10.0	9.1
2550/10/24	21:02:58	อุบลราชธานี	6.8	2246	20.0	20.0	20.0
2551/01/22	17:15:03	อุบลราชธานี	6.1	1837	10.0	16.7	16.7
2551/02/20	8:08:45	อุบลราชธานี	7.4	1744	14.3	16.7	16.7
2551/02/25	8:36:42	อุบลราชธานี	6.9	2099	16.7	16.7	16.7
2551/02/25	18:06:09	อุบลราชธานี	6.4	2096	12.5	12.5	12.5
2551/02/25	21:02:23	อุบลราชธานี	6.5	2082	12.5	12.5	12.5
2551/03/15	14:43:30	อุบลราชธานี	6.0	1865	12.5	10.0	10.0
2551/03/29	17:30:57	อุบลราชธานี	6.3	1793	12.5	16.7	16.7
2550/08/08	17:05:11	เพชรบูรณ์	7.5	2617	12.5	12.5	10.0
2550/09/12	23:49:35	เพชรบูรณ์	7.9	2119	14.3	20.0	20.0
2550/09/13	3:35:36	เพชรบูรณ์	7.0	2108	14.3	14.3	14.3
2551/01/22	17:15:03	เพชรบูรณ์	6.1	1788	14.3	12.5	12.5
2551/02/20	8:08:45	เพชรบูรณ์	7.4	1635	16.7	20.0	20.0
2551/02/25	8:36:42	เพชรบูรณ์	6.9	2154	12.5	12.5	12.5
2551/02/25	18:06:09	เพชรบูรณ์	6.4	2145	12.5	12.5	12.5
2551/03/29	17:30:57	เพชรบูรณ์	6.3	1663	12.5	12.5	12.5

2550/11/22	23:02:14	เขียงราย	5.8	1558	2.0	1.7	1.7
2551/01/22	17:15:03	เขียงราย	6.1	1919	3.0	3.6	4.3
2551/02/20	8:08:45	เขียงราย	7.4	1732	20.0	16.7	20.0
2551/02/25	8:36:42	เขียงราย	6.9	2338	12.5	11.1	12.5
2551/03/29	17:30:57	เขียงราย	6.3	1743	14.3	12.5	12.5
2551/01/22	17:15:03	แม่ฮ่องสอน	6.1	2046	11.1	11.1	10.0
2551/02/20	8:08:45	แม่ฮ่องสอน	7.4	1858	20.0	20.0	20.0
2551/02/24	14:46:27	แม่ฮ่องสอน	6.4	2450	14.3	12.5	12.5
2551/02/25	8:36:42	แม่ฮ่องสอน	6.9	2464	14.3	11.1	11.1
2551/02/25	18:06:09	แม่ฮ่องสอน	6.4	2452	12.5	11.1	11.1
2551/02/25	21:02:23	แม่ฮ่องสอน	6.5	2437	12.5	11.1	11.1

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลค่าคาบสูงสุด (Predominant period) ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า

ปี/เดือน/วัน	เวลา	สถานีตรวจวัด	ขนาด	ระยะทาง	ค่าคาบสูงสุด (T)		
					EW_T	NS_T	V_T
2550/01/07	10:47:07	เชียงใหม่	4.8	365	0.58	0.56	0.58
2550/01/09	5:27:24	เชียงใหม่	4.9	380	0.31	0.36	0.36
2550/06/23	8:17:20	เชียงใหม่	5.6	317	1.54	1.67	1.79
2550/06/23	8:27:49	เชียงใหม่	5.4	312	1.00	0.83	0.76
2550/07/30	22:42:06	เชียงใหม่	5.6	335	3.57	4.35	4.76
2550/07/31	8:43:42	เชียงใหม่	5.0	333	0.96	1.04	0.94
2550/01/09	5:27:24	เพชรบูรณ์	4.9	659	0.93	0.68	0.51
2550/06/23	8:17:20	เพชรบูรณ์	5.6	556	1.39	1.33	1.25
2550/06/23	8:27:49	เพชรบูรณ์	5.4	554	1.11	1.01	0.90
2550/07/30	22:42:06	เพชรบูรณ์	5.6	616	1.05	1.52	1.14
2550/07/31	8:43:42	เพชรบูรณ์	5.0	614	1.11	1.09	1.22
2550/06/23	8:17:20	แม่ฮ่องสอน	5.6	322	1.16	0.94	1.22
2550/06/23	8:27:49	แม่ฮ่องสอน	5.4	315	0.67	0.67	0.63

2550/07/30	22:42:06	แม่ฮ่องสอน	5.6	232	0.31	0.31	0.30
2550/06/23	8:17:20	นครราชสีมา	5.6	792	1.56	1.52	1.54
2550/06/23	8:27:49	นครราชสีมา	5.4	790	1.39	1.67	1.69
2550/07/30	22:42:06	นครราชสีมา	5.6	816	1.41	1.67	2.00
2550/06/23	8:17:20	อุบลราชธานี	5.6	900	1.75	2.17	2.50
2550/07/30	22:42:06	อุบลราชธานี	5.6	1113	5.00	3.23	2.56

ตารางที่ ข-3 ข้อมูลค่าคาบสูงสุด (Predominant period) ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน

ปี/เดือน/วัน	เวลา	สถานีตรวจวัด	ขนาด	ระยะทาง	ค่าคาบสูงสุด (T)		
					EW_T	NS_T	V_T
2549/12/17	21:10:26	เชียงใหม่	5.8	1643	7.69	7.69	7.69
2549/12/22	19:50:49	เชียงใหม่	6.2	1164	16.67	14.29	16.67
2550/01/08	12:48:44	เชียงใหม่	6.1	1398	14.29	11.11	11.11
2550/04/10	13:56:55	เชียงใหม่	5.5	928	0.53	0.52	0.52
2550/07/25	23:37:35	เชียงใหม่	6.0	1481	12.50	12.50	12.50
2549/11/18	13:55:25	สุราษฎร์ธานี	5.9	674	0.41	0.40	0.44
2549/11/18	13:57:57	สุราษฎร์ธานี	5.9	665	0.48	0.48	0.48
2549/12/17	21:10:26	สุราษฎร์ธานี	5.8	650	0.47	0.40	0.46
2549/12/22	19:50:49	สุราษฎร์ธานี	6.2	758	11.11	9.09	12.50
2550/01/03	12:47:33	สุราษฎร์ธานี	5.4	647	0.43	0.48	0.39
2550/01/08	12:48:44	สุราษฎร์ธานี	6.1	722	10.00	9.09	10.00
2550/01/29	19:48:40	สุราษฎร์ธานี	5.4	557	0.96	0.96	0.91
2550/02/11	10:47:37	สุราษฎร์ธานี	5.4	572	0.91	0.70	0.83
2550/02/14	20:12:00	สุราษฎร์ธานี	5.2	666	0.46	0.50	0.39
2550/07/25	23:37:35	สุราษฎร์ธานี	6.0	723	11.11	9.09	12.50
2550/11/21	19:04:02	สุราษฎร์ธานี	4.9	567	0.47	0.34	0.38
2551/01/14	13:38:40	สุราษฎร์ธานี	5.8	688	0.48	0.40	0.46
2549/12/22	19:50:49	ภูเก็ต	6.2	751	0.32	0.31	0.32

2550/01/29	19:48:40	ภูเก็ต	5.4	507	0.31	0.31	0.20
2550/02/14	20:12:00	ภูเก็ต	5.2	554	0.31	0.31	0.31
2550/05/01	19:44:20	ภูเก็ต	5.0	524	0.34	0.34	0.34
2550/06/24	13:47:40	ภูเก็ต	5.0	518	0.35	0.34	0.43
2550/07/25	23:37:35	ภูเก็ต	6.0	648	10.00	10.00	10.00
2551/01/14	13:38:40	ภูเก็ต	5.8	679	0.34	0.34	0.39
2549/12/22	19:50:49	นครราชสีมา	6.2	1141	12.50	12.50	14.29
2550/01/08	12:48:44	นครราชสีมา	6.1	1271	8.33	10.00	11.11
2550/07/25	23:37:35	นครราชสีมา	6.0	1318	16.67	11.11	11.11

ตารางที่ ข-4 ข้อมูลค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด (Peak ground distance) ความเร็วของพื้นดินสูงสุด (Peak ground velocity) และความเร่งของพื้นดินสูงสุด (Peak ground acceleration) ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศอินโดนีเซีย

การเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด(PGD)			ความเร็วพื้นดินสูงสุด(PGV)			ความเร่งพื้นดินสูงสุด(PGA)		
EW_PGD	NS_PGD	V_PGD	EW_PGV	NS_PGV	V_PGV	EW_PGA	NS_PGA	V_PGA
6.34E-03	5.56E-03	6.82E-03	2.65E-03	3.25E-03	3.49E-03	1.62E-06	1.77E-06	2.08E-06
3.69E-02	1.18E-02	1.31E-02	1.31E-02	5.91E-03	8.26E-03	7.61E-06	4.30E-06	6.16E-06
4.61E-02	2.21E-02	2.59E-02	1.85E-02	1.18E-02	1.56E-02	1.23E-05	8.61E-06	9.72E-06
9.09E-04	1.65E-03	2.41E-03	9.53E-04	9.85E-04	1.21E-03	2.31E-06	1.72E-06	2.95E-06
1.09E+00	1.04E+00	1.25E+00	4.05E-01	4.46E-01	5.08E-01	1.76E-04	1.72E-04	2.39E-04
1.58E-01	1.61E-01	1.42E-01	6.25E-02	5.26E-02	5.51E-02	2.91E-05	2.77E-05	3.00E-05
3.14E-02	2.66E-02	2.45E-02	1.16E-02	1.00E-02	8.06E-03	7.06E-06	4.37E-06	6.05E-06
4.55E-02	3.47E-02	3.18E-02	1.19E-02	1.47E-02	1.45E-02	6.16E-06	7.65E-06	7.65E-06
6.81E-03	3.61E-03	4.28E-03	2.49E-03	1.95E-03	2.34E-03	2.55E-06	1.84E-06	3.05E-06
1.97E-02	2.22E-02	2.62E-02	7.39E-03	1.01E-02	1.13E-02	6.15E-06	5.25E-06	6.50E-06
2.68E-01	1.62E-01	2.35E-01	8.51E-02	5.84E-02	6.58E-02	3.96E-05	3.27E-05	3.36E-05
2.23E-02	1.55E-02	1.93E-02	7.99E-03	6.30E-03	8.60E-03	3.44E-06	3.03E-06	4.13E-06
2.72E-01	1.48E-01	1.21E-01	9.40E-02	5.49E-02	6.12E-02	4.38E-05	3.13E-05	3.74E-05
4.84E-02	4.26E-02	5.55E-02	1.60E-02	1.88E-02	2.30E-02	7.76E-06	9.09E-06	1.10E-05

2.60E-02	3.13E-02	3.57E-02	1.08E-02	1.41E-02	1.64E-02	5.65E-06	6.78E-06	8.11E-06
8.73E-03	9.73E-03	9.61E-03	5.40E-03	4.77E-03	5.43E-03	4.75E-06	3.21E-06	4.30E-06
1.10E-02	5.20E-03	8.59E-03	1.31E-02	7.47E-03	1.05E-02	2.99E-05	4.85E-05	5.12E-05
2.94E-02	9.30E-03	1.04E-02	2.63E-02	7.29E-03	1.16E-02	2.58E-05	1.14E-05	2.11E-05
8.78E-03	1.34E-02	1.77E-02	4.91E-03	7.16E-03	1.03E-02	5.60E-06	5.31E-06	6.54E-06
4.12E-03	3.66E-03	6.33E-03	1.09E-02	5.91E-03	6.64E-03	9.93E-05	6.43E-05	5.78E-05
1.37E-01	6.05E-02	1.19E-01	7.64E-02	3.14E-02	5.08E-02	1.07E-04	1.69E-04	1.85E-04
1.63E+00	1.28E+00	1.61E+00	7.03E-01	4.74E-01	5.86E-01	4.46E-04	3.10E-04	3.51E-04
2.64E-01	2.12E-01	2.54E-01	1.07E-01	7.59E-02	9.53E-02	7.22E-05	6.35E-05	8.87E-05
4.29E-02	3.25E-02	4.63E-02	2.70E-02	1.42E-02	1.82E-02	2.43E-05	1.32E-05	1.93E-05
6.45E-02	3.87E-02	4.96E-02	2.03E-02	1.65E-02	1.68E-02	1.40E-05	1.00E-05	1.15E-05
4.35E-03	6.43E-03	9.03E-03	6.17E-03	6.70E-03	5.91E-03	9.36E-05	8.10E-05	6.68E-05
1.55E-02	8.78E-03	9.20E-03	8.70E-03	5.32E-03	5.78E-03	2.01E-05	1.35E-05	2.02E-05
2.54E-02	3.66E-02	4.97E-02	1.84E-02	1.80E-02	2.69E-02	2.66E-05	2.06E-05	2.45E-05
3.58E-01	4.29E-01	6.93E-01	1.56E-01	1.69E-01	2.71E-01	1.45E-04	1.06E-04	1.50E-04
3.29E-02	1.40E-02	1.78E-02	1.17E-02	6.96E-03	6.91E-03	1.13E-05	6.95E-06	1.03E-05
3.97E-01	1.60E-01	1.59E-01	1.46E-01	7.49E-02	7.41E-02	8.42E-05	4.44E-05	4.98E-05
2.68E-02	2.01E-02	1.95E-02	1.24E-02	9.18E-03	8.90E-03	9.90E-06	7.24E-06	9.02E-06
5.93E-02	4.03E-02	5.01E-02	2.89E-02	1.98E-02	2.09E-02	2.06E-05	1.43E-05	1.66E-05
4.53E-02	5.69E-02	8.89E-02	1.70E-02	2.67E-02	3.70E-02	1.44E-05	1.45E-05	2.36E-05
1.62E-02	1.79E-02	2.19E-02	1.42E-02	1.27E-02	1.49E-02	2.58E-05	1.58E-05	1.51E-05
2.13E-02	1.45E-02	2.60E-02	3.33E-02	1.81E-02	2.68E-02	1.25E-04	2.34E-04	8.45E-05
2.33E-02	9.40E-03	1.14E-02	1.48E-02	8.39E-03	8.56E-03	8.68E-05	5.81E-05	2.28E-05
5.15E-03	5.95E-03	5.50E-03	5.69E-02	4.92E-02	2.13E-02	1.37E-03	1.44E-03	6.35E-04
1.15E-01	7.99E-02	9.62E-02	5.47E-02	5.26E-02	4.75E-02	3.55E-04	4.39E-04	1.62E-04
1.39E+00	1.22E+00	1.41E+00	4.26E-01	4.46E-01	5.87E-01	2.62E-04	2.35E-04	2.70E-04
2.33E-01	2.39E-01	2.76E-01	8.50E-02	9.04E-02	9.69E-02	7.05E-05	5.34E-05	8.07E-05
5.97E-02	3.58E-02	3.79E-02	1.79E-02	1.27E-02	1.49E-02	1.14E-05	8.49E-06	9.00E-06
6.09E-03	6.16E-03	1.00E-02	3.42E-02	3.57E-02	1.40E-02	7.55E-04	9.01E-04	4.62E-04

2.59E-02	3.17E-02	5.13E-02	1.80E-02	1.36E-02	2.24E-02	6.06E-05	4.74E-05	2.16E-05
4.41E-01	6.84E-01	8.13E-01	1.41E-01	2.33E-01	3.20E-01	5.41E-04	7.03E-04	2.70E-04
3.07E-02	1.75E-02	2.25E-02	9.68E-03	6.51E-03	8.12E-03	1.18E-05	9.17E-06	1.27E-05
5.55E-02	4.79E-02	4.88E-02	2.13E-02	1.67E-02	2.40E-02	1.92E-05	1.68E-05	2.00E-05
2.10E-02	4.37E-03	6.92E-03	1.73E-02	2.88E-03	4.89E-03	1.63E-05	4.74E-06	9.57E-06
5.02E-03	6.81E-03	1.04E-02	2.88E-03	3.92E-03	6.38E-03	2.50E-06	2.85E-06	3.51E-06
1.04E-01	1.05E-01	1.41E-01	2.66E-02	3.05E-02	3.89E-02	1.53E-05	2.67E-05	3.41E-05
1.26E+00	1.05E+00	1.59E+00	5.75E-01	4.29E-01	5.82E-01	2.62E-04	2.03E-04	2.76E-04
1.80E-01	1.35E-01	4.60E-01	8.66E-02	5.42E-02	8.06E-02	6.65E-05	3.00E-05	6.14E-05
1.35E-02	1.41E-02	1.23E-02	5.82E-03	4.57E-03	4.85E-03	6.64E-06	3.70E-06	4.52E-06
1.47E-02	1.35E-02	1.68E-02	6.18E-03	5.23E-03	6.37E-03	3.30E-06	2.70E-06	3.62E-06
1.30E-03	1.43E-03	1.55E-03	9.54E-04	6.62E-04	8.41E-04	1.00E-05	1.73E-05	1.82E-05
7.82E-03	7.79E-03	1.07E-02	3.71E-03	3.46E-03	3.85E-03	6.41E-06	3.62E-06	4.79E-06
3.16E-01	2.98E-01	9.18E-01	1.02E-01	7.91E-02	1.22E-01	7.23E-05	4.47E-05	6.67E-05
7.93E-03	7.26E-03	7.95E-03	3.76E-03	3.52E-03	3.40E-03	3.92E-06	2.56E-06	3.14E-06
2.65E-01	1.72E-01	7.68E-01	1.03E-01	9.13E-02	1.29E-01	5.90E-05	5.09E-05	7.77E-05
8.01E-03	7.99E-03	7.88E-03	3.49E-03	3.01E-03	3.36E-03	3.26E-06	2.32E-06	2.30E-06
1.59E-02	1.48E-02	1.75E-02	6.67E-03	7.03E-03	6.97E-03	6.06E-06	4.30E-06	5.36E-06
2.66E-02	2.46E-02	3.07E-02	1.16E-02	1.11E-02	1.32E-02	5.27E-06	5.20E-06	6.01E-06
1.95E-02	2.13E-02	2.00E-02	8.29E-03	9.85E-03	9.84E-03	7.08E-06	5.81E-06	6.43E-06
2.48E-02	2.28E-02	2.29E-02	1.21E-02	1.17E-02	1.48E-02	9.39E-06	9.30E-06	1.09E-05
1.25E-01	6.94E-02	1.01E-01	6.22E-02	3.87E-02	3.77E-02	3.75E-05	2.93E-05	5.20E-05
7.52E-02	3.63E-02	3.57E-02	2.24E-02	1.18E-02	1.03E-02	1.11E-05	4.76E-06	5.65E-06
1.22E-02	1.92E-02	2.21E-02	6.20E-03	8.90E-03	9.15E-03	4.27E-06	4.81E-06	5.37E-06
2.19E-01	2.12E-01	2.52E-01	8.76E-02	6.19E-02	7.44E-02	4.57E-05	3.42E-05	4.07E-05
3.16E-01	2.26E-01	2.67E-01	1.14E-01	9.07E-02	1.01E-01	6.83E-05	4.46E-05	5.15E-05
2.53E-02	1.99E-02	2.13E-02	1.25E-02	9.76E-03	1.01E-02	6.77E-06	6.45E-06	6.05E-06
5.30E-02	6.10E-02	6.97E-02	2.07E-02	2.76E-02	3.00E-02	1.66E-05	1.66E-05	1.85E-05
1.49E-02	9.30E-03	9.83E-03	6.45E-03	3.74E-03	4.14E-03	3.04E-06	2.49E-06	2.82E-06

2.31E-02	3.83E-02	4.53E-02	1.10E-02	1.61E-02	1.83E-02	6.20E-06	7.43E-06	9.48E-06
1.44E-01	8.21E-02	1.60E-01	3.14E-02	2.16E-02	3.90E-02	4.25E-05	4.78E-05	5.96E-05
6.59E-01	7.32E-01	9.89E-01	2.36E-01	2.39E-01	3.32E-01	1.07E-04	1.03E-04	1.38E-04
1.30E-01	1.34E-01	1.76E-01	5.52E-02	5.55E-02	6.27E-02	2.95E-05	2.45E-05	3.23E-05
2.06E-02	2.22E-02	2.99E-02	9.97E-03	1.14E-02	1.44E-02	6.50E-06	6.11E-06	7.85E-06
1.75E-01	2.62E-01	3.01E-01	6.76E-02	7.84E-02	9.59E-02	3.62E-05	3.44E-05	4.01E-05
1.23E-01	1.59E-01	1.47E-01	4.97E-02	6.42E-02	7.47E-02	2.17E-05	3.16E-05	3.98E-05
1.56E-02	2.07E-02	1.70E-02	5.49E-03	8.19E-03	7.84E-03	3.41E-06	3.56E-06	4.17E-06
2.10E-02	2.45E-02	3.00E-02	7.97E-03	1.12E-02	1.45E-02	4.84E-06	5.95E-06	6.75E-06
1.46E-03	1.72E-03	2.15E-03	1.49E-03	1.09E-03	9.81E-04	5.00E-06	7.01E-06	5.86E-06
1.80E-02	1.55E-02	2.08E-02	6.51E-03	7.77E-03	9.77E-03	1.08E-05	8.40E-06	6.79E-06
2.66E-01	1.32E-01	2.07E-01	8.01E-02	4.84E-02	6.33E-02	5.15E-05	3.81E-05	3.91E-05
2.02E-01	1.35E-01	1.37E-01	8.10E-02	5.87E-02	6.20E-02	6.25E-05	3.36E-05	3.30E-05
1.99E-02	1.61E-02	2.20E-02	6.85E-03	6.25E-03	8.21E-03	6.25E-06	7.96E-06	1.21E-05
4.36E-02	3.22E-02	4.96E-02	2.23E-02	1.65E-02	2.28E-02	1.58E-05	1.11E-05	1.51E-05
5.75E-01	4.09E-01	4.83E-01	1.86E-01	1.23E-01	1.55E-01	1.10E-04	6.46E-05	7.23E-05
5.15E-02	3.14E-02	4.48E-02	1.94E-02	1.46E-02	1.92E-02	1.42E-05	7.80E-06	1.07E-05
4.86E-01	4.61E-01	5.82E-01	2.16E-01	2.33E-01	2.86E-01	1.02E-04	1.27E-04	1.54E-04
7.33E-02	3.29E-02	5.19E-02	2.81E-02	1.29E-02	1.88E-02	1.55E-05	8.52E-06	1.04E-05
1.13E-01	6.58E-02	1.03E-01	4.00E-02	3.62E-02	4.32E-02	2.59E-05	2.15E-05	2.57E-05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-5 ข้อมูลค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด (Peak ground distance) ความเร็วของพื้นดินสูงสุด (Peak ground velocity) และความเร่งของพื้นดินสูงสุด (Peak ground acceleration) ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณประเทศพม่า

การเคลื่อนตัวพื้นดินสูงสุด(PGD)			ความเร็วพื้นดินสูงสุด(PGV)			ความเร่งพื้นดินสูงสุด(PGA)		
EW_PGD	NS_PGD	V_PGD	EW_PGV	NS_PGV	V_PGV	EW_PGA	NS_PGA	V_PGA
2.90E-03	1.15E-03	1.56E-03	7.59E-03	4.23E-03	4.16E-03	7.60E-05	3.67E-05	6.79E-05
3.17E-04	5.86E-04	3.31E-04	9.72E-04	1.34E-03	1.27E-03	1.27E-05	2.15E-05	1.51E-05
1.50E-02	1.48E-02	1.97E-02	3.09E-02	2.85E-02	4.79E-02	2.69E-04	2.28E-04	3.45E-04
6.52E-03	8.22E-03	1.16E-02	1.27E-02	1.33E-02	1.86E-02	1.19E-04	1.44E-04	1.63E-04
4.33E-02	7.74E-02	6.55E-02	4.16E-02	5.80E-02	7.24E-02	1.64E-04	2.06E-04	2.39E-04
5.46E-03	8.65E-03	8.29E-03	6.82E-03	1.11E-02	1.08E-02	4.38E-05	7.33E-05	7.12E-05
3.17E-04	5.86E-04	3.31E-04	9.72E-04	1.34E-03	1.27E-03	1.27E-05	2.15E-05	1.51E-05
1.50E-02	1.48E-02	1.97E-02	3.09E-02	2.85E-02	4.79E-02	2.69E-04	2.28E-04	3.45E-04
6.52E-03	8.22E-03	1.16E-02	1.27E-02	1.33E-02	1.86E-02	1.19E-04	1.44E-04	1.63E-04
4.33E-02	7.74E-02	6.55E-02	4.16E-02	5.80E-02	7.24E-02	1.64E-04	2.06E-04	2.39E-04
5.46E-03	8.65E-03	8.29E-03	6.82E-03	1.11E-02	1.08E-02	4.38E-05	7.33E-05	7.12E-05
7.34E-02	5.03E-02	2.15E-02	1.47E-01	8.45E-02	6.63E-02	1.07E-03	9.47E-04	5.28E-04
3.38E-02	2.18E-02	9.37E-03	7.40E-02	7.23E-02	3.70E-02	5.31E-04	4.97E-04	3.57E-04
6.82E-02	1.17E-01	8.78E-02	1.72E-01	2.11E-01	1.48E-01	2.38E-03	2.26E-03	7.90E-04
1.23E-02	4.56E-03	4.55E-03	1.57E-02	1.02E-02	8.20E-03	3.58E-05	3.21E-05	2.85E-05
5.42E-03	2.14E-03	1.71E-03	5.73E-03	4.51E-03	4.72E-03	1.92E-05	1.87E-05	1.95E-05
8.45E-03	1.24E-02	9.47E-03	1.02E-02	1.20E-02	1.06E-02	3.99E-05	3.86E-05	2.84E-05
1.44E-02	2.22E-02	8.00E-03	1.66E-02	2.34E-02	1.25E-02	4.35E-05	4.72E-05	3.61E-05
8.94E-03	1.95E-02	1.50E-02	1.06E-02	1.76E-02	1.45E-02	1.97E-05	2.60E-05	2.12E-05

ตารางที่ ข-6 ข้อมูลค่าการเคลื่อนตัวของพื้นดินสูงสุด (Peak ground distance) ความเร็วของพื้นดินสูงสุด (Peak ground velocity) และความเร่งของพื้นดินสูงสุด (Peak ground acceleration) ที่จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามัน

การเคลื่อนตัวพื้นดินสูงสุด(PGD)			ความเร็วพื้นดินสูงสุด(PGV)			ความเร่งพื้นดินสูงสุด(PGA)		
EW_PGD	NS_PGD	V_PGD	EW_PGV	NS_PGV	V_PGV	EW_PGA	NS_PGA	V_PGA
1.55E-03	1.79E-03	2.18E-03	8.44E-04	5.38E-04	7.11E-04	1.29E-06	2.78E-06	4.09E-06
1.23E-02	8.25E-03	1.16E-02	4.32E-03	3.32E-03	4.19E-03	2.26E-06	2.39E-06	2.46E-06
1.30E-02	1.08E-02	1.20E-02	4.88E-03	4.20E-03	4.29E-03	2.82E-06	2.34E-06	2.50E-06
1.08E-03	8.00E-04	8.36E-04	5.71E-04	3.54E-04	3.91E-04	3.32E-06	3.06E-06	3.98E-06
8.97E-03	1.09E-02	1.09E-02	4.01E-03	5.08E-03	5.54E-03	2.45E-06	2.82E-06	3.41E-06
5.25E-03	7.99E-03	1.03E-02	4.22E-03	5.10E-03	4.81E-03	2.70E-05	3.28E-05	2.54E-05
5.25E-03	7.99E-03	1.03E-02	4.22E-03	5.10E-03	4.81E-03	2.70E-05	3.28E-05	2.54E-05
3.35E-03	5.73E-03	8.91E-03	4.42E-03	3.79E-03	4.23E-03	5.74E-05	6.61E-05	6.48E-05
1.68E-02	2.18E-02	2.37E-02	9.82E-03	7.80E-03	1.04E-02	1.81E-05	2.84E-05	2.54E-05
1.67E-02	1.68E-02	1.68E-02	1.28E-03	1.14E-03	1.28E-03	1.85E-05	2.06E-05	1.62E-05
3.30E-02	2.05E-02	4.94E-02	1.39E-02	1.14E-02	2.11E-02	9.09E-06	7.88E-06	1.12E-05
1.66E-02	1.68E-02	1.67E-02	2.24E-03	2.26E-03	2.71E-03	1.42E-05	1.10E-05	1.82E-05
1.55E-02	1.55E-02	1.54E-02	2.60E-03	1.99E-03	2.79E-03	4.72E-05	5.39E-05	4.05E-05
1.42E-02	1.46E-02	1.48E-02	1.46E-03	1.60E-03	1.60E-03	1.90E-05	1.88E-05	1.69E-05
7.18E-02	2.28E-02	8.09E-02	3.23E-02	1.41E-02	3.97E-02	1.81E-05	9.05E-06	1.93E-05
4.88E-04	1.61E-04	4.98E-04	2.66E-04	1.82E-04	2.64E-04	3.86E-06	3.58E-06	2.89E-06
5.96E-03	2.78E-03	7.58E-03	2.09E-03	1.42E-03	2.53E-03	1.38E-05	1.24E-05	1.25E-05
9.91E-03	2.44E-02	1.38E-02	4.67E-03	8.60E-03	6.25E-03	5.96E-05	5.06E-05	2.25E-05
1.16E-03	1.68E-03	1.33E-03	2.77E-03	2.72E-03	2.14E-03	5.56E-05	4.53E-05	3.42E-05
1.55E-03	1.16E-03	1.81E-03	9.55E-03	1.54E-02	5.61E-03	2.04E-04	3.37E-04	1.23E-04
6.27E-04	4.71E-04	6.67E-04	3.50E-03	4.90E-03	2.01E-03	1.31E-04	2.05E-04	6.80E-05
5.44E-03	4.66E-04	1.08E-03	1.53E-02	3.93E-03	2.64E-03	6.19E-05	9.68E-05	9.12E-05
6.02E-02	4.54E-02	7.83E-02	3.55E-02	2.02E-02	5.07E-02	2.42E-05	2.93E-05	3.34E-05
5.22E-03	3.61E-03	6.02E-03	2.07E-03	1.79E-03	2.04E-03	5.31E-05	5.33E-05	3.49E-05
1.03E-02	1.20E-02	1.50E-02	4.20E-03	4.28E-03	4.95E-03	8.15E-06	5.13E-06	6.92E-06

1.53E-02	1.37E-02	2.07E-02	7.96E-03	8.27E-03	8.20E-03	5.58E-06	5.08E-06	5.14E-06
5.13E-02	5.25E-02	9.36E-02	2.62E-02	2.59E-02	4.45E-02	1.34E-05	1.46E-05	2.54E-05



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพิธาน ไพโรจน์ เกิดวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสุวรรณวิทยาคาร จังหวัดสุรินทร์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2552 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบริหารศาสตรบัณฑิต สาขาการจัดการงานก่อสร้าง ภาควิชาวิทยาการการจัดการ คณะวิทยาการการจัดการ ในปี 2553

ได้รับรางวัลรองชนะเลิศอันดับ 3 การแข่งขันโครงสร้างเหล็กจำลอง ปี พ.ศ. 2549 ได้รับเกียรติบัตรนิสิตสร้างชื่อเสียงให้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปี พ.ศ. 2549 และได้รับเกียรติบัตรนิสิตดีเด่นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปี พ.ศ. 2551



ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย