

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวสำหรับใช้ในการออกแบบอาคาร

นายภควัสน์ มินชัยนันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

GROUND MOTION DATABASE FOR SEISMIC DESIGN

Mr. Pakawats Minchainant

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบ
โดย	อาคาร
สาขาวิชา	นายภควัสน์ มินชัยนันท์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดิ์
	ดร.ธีรพันธ์ อรรถธรรมรัตน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ เรืองรัมย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.ธีรพันธ์ อรรถธรรมรัตน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพบุลย์ ปัญญาอะโป)

ภควัสน์ มินชัยนันท์ : ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวสำหรับการออกแบบอาคาร.
(GROUND MOTION DATABASE FOR SEISMIC DESIGN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก : ผศ.ดร.ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ดร.ธีรพันธ์
อรรถธรรมรัตน์, 168 หน้า.

ในกรณีที่วิศวกรต้องทำการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีเชิงพลศาสตร์แบบประวัติเวลา วิศวกรจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอัตราเร่งของพื้นดินในการจำลองให้แผ่นดินไหวกระทำต่อโครงสร้าง แต่ในปัจจุบันวิศวกรในประเทศไทยยังไม่มีฐานข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยสะดวก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเตรียมฐานข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับให้วิศวกรสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบอาคารในประเทศไทย โดยมีการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่างๆ โดยพิจารณาว่าแหล่งกำเนิดใดมีผลต่อความน่าจะเป็นมากที่สุด ในการเกิดการสั่นไหวของพื้นดินเกินระดับความรุนแรงที่ระบุในแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวและพิจารณาขนาดและระยะทางของแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดนั้น ที่มีผลต่อความน่าจะเป็นมากที่สุด เพื่อให้ทราบลักษณะเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีโอกาสมากที่สุดที่จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ตั้งอาคาร เพื่อที่จะสามารถคัดเลือกข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของต่างประเทศที่สอดคล้องกับสถานการณ์แผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย จากนั้นคัดเลือกข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวในรูปของอัตราเร่งของพื้นดินจากฐานข้อมูลของศูนย์วิจัยด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวแห่งแปซิฟิกที่สอดคล้องกับสถานการณ์แผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยและทำการคูณปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวตามวิธีการที่กำหนดในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยพ.1302-52) ให้มีความรุนแรงตามระดับความเสี่ยงที่กำหนดในมาตรฐาน โดยมีข้อมูลอัตราเร่งของพื้นดินทั้งสองทิศทางในแนวราบสำหรับพื้นที่อำเภอเมืองของจังหวัดต่างๆ ในภาคเหนือ กาญจนบุรี และกรุงเทพมหานคร ที่จำเป็นต้องพิจารณาผลกระทบของแผ่นดินไหวตามข้อบังคับของกฎกระทรวงเพื่อให้วิศวกรสามารถนำไปใช้ได้โดยสะดวก

ภาควิชา.....วิศวกรรมโยธา.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมโยธา.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา.....2555.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5370563121 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS : RESPONSE HISTORY ANALYSIS / EARTHQUAKE GROUND MOTIONS / HAZARD DEAGGREGATION

PAKAWATS MINCHAINANT : GROUND MOTION DATABASE FOR SEISMIC DESIGN. ADVISOR : ASST. PROF. CHATPAN CHINTANAPAKDEE, Ph.D., CO-ADVISOR : TERAPHAN ORNTHAMMARATH, Ph.D., 168 pp.

When structural engineers need to use response history analysis in design and evaluation of buildings, ground motion records are necessary. At present, there is no readily available ground motion database for designing structures in Thailand. Therefore, this study aims to provide such a database for convenient use by engineers. The ground motions to be used have to correspond to the earthquake scenario that is likely to occur at the building site. The corresponding seismic source zone, magnitude, and distance are determined from the case with highest contribution to annual rate of ground motion intensity exceeding the level specified in seismic hazard map in the design standard. The process of investigating contribution of seismic hazard from each seismic source, magnitude and distance is called Hazard Deaggregation. The ground motion records were selected from Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) strong motion database corresponding to the scenarios (magnitude and distance) likely to affect each area in Thailand. They were then scaled to match the target design spectrum for each area according the procedure specified in the building standard of Department of Public Works and Town & Country Planning (DPT 1302-52). Each ground motion record consists of a pair of two horizontal components of ground accelerations. They are prepared for the city center area of all Northern provinces, Kanchanaburi, and Bangkok, which require seismic design of buildings.

Department : Civil Engineering Student's Signature.....

Field of Study : Civil Engineering Advisor's Signature.....

Academic Year : 2012 Co-advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้านายภควัสน์ มีนชัยนันท์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.ธีรพันธ์ อรรถธรรมรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเป็นอย่างสูง ที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งให้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวและความรู้ทางด้านอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ เรืองรัมย์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ ปัญญาอะโป ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษารวมทั้งข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำหรับการสนับสนุนเงินทุนในการทำวิจัยให้กับข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณบุรินทร์ เวชบันเทิง คุณปฎิญา พรโสภิน และเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยาทุกท่าน ที่ได้เอื้อข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษ และขอขอบคุณ คุณจิตติ ปาลศรี คุณวิษณุ หัตถา ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นและมีประโยชน์ต่อการศึกษา และขอขอบคุณ คุณนครินทร์ คำเนินสวัสดิ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือต่างๆ ต่อการศึกษา และขอขอบคุณ รุ่งพี รุ่งน้อง เพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่คอยให้กำลังใจ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา

ที่สำคัญที่สุดข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคือ บิดา มารดา ที่ช่วยอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู และให้กำลังใจ รวมถึงญาติ พี่น้องและแฟน ที่คอยเป็นกำลังใจทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.1 พื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว.....	11
2.1.1 ลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน.....	11
2.1.2 คลื่นแผ่นดินไหว.....	13
2.1.3 ขนาดของแผ่นดินไหว.....	14
2.2 สเปกตรัมการตอบสนอง.....	16
2.2.1 แนวความคิดของสเปกตรัมการตอบสนอง.....	16
2.2.2 สเปกตรัมการตอบสนองแบบยืดหยุ่น.....	17
2.2.3 การคำนวณสเปกตรัมการตอบสนองที่ใช้ในการศึกษา.....	17
2.3 การวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น.....	20
2.3.1 การบ่งชี้พื้นที่และลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว.....	21
2.3.2 การหาอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว.....	24
2.3.3 การหาค่าความน่าจะเป็นของความเร่งในแนวนราบสูงสุดจากแบบจำลองการลดทอน.....	27
2.3.4 การหาผลรวมความน่าจะเป็นเพื่อหาค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวนราบสูงสุดเกินระดับที่กำลังพิจารณา.....	29

	หน้า
2.3.5 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบริเวณผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้.....	29
2.3.6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น.....	32
2.4 การคูณปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวตาม มยผ.1302-52.....	34
2.4.1 การวิเคราะห์แบบ 3 มิติ.....	34
บทที่ 3 ข้อมูลแผ่นดินไหว.....	35
3.1 ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา.....	35
3.1.1 ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1.....	35
3.1.2 ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 2.....	35
3.2 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว.....	36
3.2.1 รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหว.....	36
3.2.2 ขอบเขตของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณา.....	37
3.2.3 กระบวนการแปลงข้อมูล.....	38
3.2.4 การปรับแก้เส้นฐานและการกรองสัญญาณรบกวนของคลื่นแผ่นดินไหว.....	40
3.2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการสร้างฐานข้อมูล.....	40
3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินโดยใช้โปรแกรม Matlab.....	45
3.2.7 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล.....	49
3.3 ข้อมูลที่รวบรวมได้.....	51
3.3.1 ข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหว.....	51
3.3.2 ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดิน.....	52
3.3.3 การจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวตามกลไกการเคลื่อนที่จุดกำเนิด.....	53
3.3.4 การเปรียบเทียบแบบจำลองการลดทอน.....	53
3.3.5 ความเร่งสูงสุดของพื้นดิน และสมการลดทอนที่เหมาะสม.....	54
3.4 ฐานข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวของต่างประเทศ.....	55
บทที่ 4 การแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว.....	57
4.1 การแยกแยะความเสี่ยงภัยจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวลักษณะต่างๆ.....	57
บทที่ 5 คลื่นแผ่นดินไหวสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี.....	86
5.1 การคัดเลือกคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี.....	86
5.2 การคูณปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี.....	89
บทที่ 6 คลื่นแผ่นดินไหวสำหรับกรุงเทพมหานคร.....	92

	หน้า
6.1 การคัดเลือกคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับกรุงเทพมหานคร.....	92
6.2 การคูณปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับกรุงเทพมหานคร.....	94
6.3 การขยายคลื่นแผ่นดินไหวผ่านชั้นดินอ่อนโดยใช้โปรแกรม ProShake.....	97
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา.....	104
รายการอ้างอิง.....	106
ภาคผนวก.....	111
ภาคผนวก ก ข้อมูลความเร่งสูงสุดของพื้นดินที่บันทึกได้ในประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2551 ถึง 14 มิถุนายน พ.ศ. 2554.....	112
ภาคผนวก ข ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่กระทำ พร้อมกัน 2 ทิศทาง สำหรับบางจังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี..	157
ภาคผนวก ค ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินทั้ง 2 ทิศทางในแนวราบก่อนคูณ ปรับแก้และขยายคลื่น สำหรับกรุงเทพมหานคร.....	158
ภาคผนวก ง ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินทั้ง 2 ทิศทางในแนวราบหลังขยายคลื่น ผ่านชั้นดินอ่อน สำหรับกรุงเทพมหานคร.....	163
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	168

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผลการวิเคราะห์อัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวในแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Palasri และ Ruangrassamee, 2010).....	31
3.1 การแบ่งประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตามเกณฑ์ของ International Building Code (2003).....	42
3.2 ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลักระบบใหม่ระยะที่ 1	42
3.3 ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดเฉพาะความเร่งของพื้นดินระบบใหม่ระยะที่ 1.....	43
3.4 ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลักระบบใหม่ระยะที่ 2.....	44
3.5 จำนวนข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่ได้แบ่งตามบริเวณการแปรสัณฐานและลักษณะชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว.....	52
4.1 ความเร่งในแนวราบสูงสุดบนชั้นหินโดยความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเร่งเกินค่าในตารางเท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี และ โชนของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อ กทม. และ อ. เมือง จังหวัดต่างๆ.....	82
4.2 ขนาดของแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อให้การสั่นไหวของพื้นดินมีความรุนแรงตามแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี ที่ กทม. และ อ. เมือง จังหวัดต่างๆ.....	83
4.3 ระยะทางของแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อให้การสั่นไหวของพื้นดินมีความรุนแรงตามแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี ที่ กทม. และ อ. เมือง จังหวัดต่างๆ.....	84
4.4 ละติจูดและลองจิจูดของกรุงเทพมหานคร จังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี.....	85
5.1 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลาสำหรับเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน และแม่ฮ่องสอน.....	87
5.2 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลาสำหรับกาญจนบุรี ลำปาง และแพร่.....	88
5.3 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลาสำหรับน่าน พะเยา ตาก และอุตรดิตถ์.....	88
5.4 ค่าของตัวคูณปรับค่าสเปกตรัมสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี.....	90

ตารางที่		หน้า
6.1	คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลา สำหรับกรุงเทพมหานคร.....	94
6.2	ค่าของตัวคูณปรับค่าสเปกตรัมสำหรับกรุงเทพมหานคร.....	96
6.3	คุณสมบัติของดินชั้นต่างๆ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ บางเขน.....	98

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	แผนที่แสดงตำแหน่งและขนาดของแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทย และ ประเทศข้างเคียง ตั้งแต่ พ.ศ.2453 ถึง 2539 (Warnitchai และ Lisantono, 1996).....	3
1.2	แผนที่แสดงเส้นชั้นความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวที่ผิวดินในประเทศไทย (ในหน่วยความเร่งโน้มถ่วง, g) โดยมีโอกาสเกินคิดเป็น 10% ในรอบ 50 ปี (Warnitchai และ Lisantono, 1996).....	4
1.3	แผนที่แสดงเส้นชั้นความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวที่ผิวดินบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย และแหลมมาลายู (ในหน่วยร้อยละของความเร่งโน้มถ่วง, g) โดยมีโอกาสมากเกินคิดเป็น 10% ในรอบ 50 ปี (Petersen และคณะ, 2004).....	5
1.4	แผนที่แสดงเส้นชั้นความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวในสหรัฐอเมริกาปี 1996 (ในหน่วยร้อยละของความเร่งโน้มถ่วง, g) โดยมีโอกาสมากเกินคิดเป็น 10% ในรอบ 50 ปี (Frankel และคณะ, 1996).....	6
1.5	แผนที่แสดงเส้นชั้นความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวในสหรัฐอเมริกาปี 2002 (ในหน่วยร้อยละของความเร่งโน้มถ่วง, g) โดยมีโอกาสมากเกินคิดเป็น 10% ในรอบ 50 ปี (Frankel และคณะ, 2002).....	6
1.6	แผนที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Nutalaya และคณะ, 1985).....	7
1.7	เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2543).....	8
1.8	เส้นเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว (hazard curve) ของ (a) เชียงใหม่ (b) กาญจนบุรี (c) กรุงเทพมหานคร (Palasri and Ruangrassamee, 2010).....	10
1.9	แผนที่เขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source zone) ในบริเวณเอเชีย ตะวันออกเฉียงใต้.....	10
2.1	ลักษณะการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก.....	13
2.2	คลื่นแผ่นดินไหวประเภทต่างๆ.....	14
2.3	ขั้นตอนการคำนวณสเปกตรัมการตอบสนองของการกระจัด (Chen and Scawthorn, 2003).....	16

รูปที่	หน้า
2.4	การวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็นทั้ง 4 ขั้นตอน (Kramer, 1996)..... 20
2.5	การหาโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดตามขั้นตอนการวิเคราะห์แผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น..... 21
2.6	แผนที่เขตกำเนิดแผ่นดินไหว (seismic source zones) ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Saithong และคณะ, 2004)..... 22
2.7	การหาค่าความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Kramer, 1996)..... 23
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดของแผ่นดินไหวตามสมการของ Gutenberg และ Richter (1944) โดยใช้ค่า a เท่ากับ 3 (จิตติ ปาลศรี, 2549)..... 25
2.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดของแผ่นดินไหวตามสมการของ McGuire และ Arabasz (1990) โดยใช้ค่า a เท่ากับ 3 (จิตติ ปาลศรี, 2549)..... 26
2.10	ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดของแผ่นดินไหวตามสมการของ McGuire และ Arabasz (1990) โดยพื้นที่ใต้กราฟมีค่าเท่ากับ 1 (จิตติ ปาลศรี, 2549)..... 27
2.11	การหาค่าความน่าจะเป็นเนื่องจากสมการลดทอนแผ่นดินไหวที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดจากแผ่นดินไหวขนาด M_2 ที่ระยะทาง R_1 (จิตติ ปาลศรี, 2549)..... 28
2.12	แผนที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบริเวณผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548)..... 30
3.1	ตัวอย่างรายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวในฐานะข้อมูล Harvard CMT Catalog..... 37
3.2	การค้นหาข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวในฐานะข้อมูล Harvard CMT Catalog..... 38
3.3	ข้อมูลในระบบเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 โดยโปรแกรม Atlas..... 39
3.4	ข้อมูลในระบบเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 โดยโปรแกรม SeisGram2K..... 39
3.5	ตัวอย่างข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดความเร่ง..... 47
3.6	ตัวอย่างข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดความเร็ว..... 48

รูปที่	หน้า
3.7 ตัวอย่างสเปกตรัมการตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหว.....	48
3.8 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินในแนวราบ EW.....	49
3.9 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินในแนวราบ NS.....	50
3.10 แบบจำลองการลดทอนสำหรับบริเวณการแปรสัณฐานที่มีพลังซึ่งที่ตั้งอยู่บนหิน $M_w = 6.3$ (วิษณุ หัตถา, 2551).....	54
3.11 การกำหนดคุณลักษณะและแสดงผลสเปกตรัมของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เลือก พิจารณา.....	56
3.12 ผลการค้นหาเหตุการณ์แผ่นดินไหวจาก PEER.....	56
4.1 เส้นเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว (Hazard Curve) ของกรุงเทพมหานคร.....	58
4.2 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของกรุงเทพมหานคร พิจารณาความเร่ง สูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.043g เท่ากับ 2% ในช่วง เวลา 50 ปี โซน J.....	59
4.3 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พิจารณาความเร่ง สูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.417g เท่ากับ 2% ในช่วง เวลา 50 ปี โซน E.....	59
4.4 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงราย พิจารณาความเร่ง สูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.399g เท่ากับ 2% ในช่วง เวลา 50 ปี โซน E.....	60
4.5 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี พิจารณาความเร่ง สูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.293g เท่ากับ 2% ในช่วง เวลา 50 ปี โซน J.....	60
4.6 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำปาง พิจารณาความเร่ง สูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.299g เท่ากับ 2% ในช่วง เวลา 50 ปี โซน I.....	61
4.7 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำพูน พิจารณาความเร่ง สูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.391g เท่ากับ 2% ในช่วง เวลา 50 ปี โซน E.....	61

รูปที่	หน้า
4.8 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.365g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E.....	62
4.9 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.365g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน F.....	62
4.10 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.น่าน พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.288g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	63
4.11 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.พะเยา พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.288g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	63
4.12 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แพร่ พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.301g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	64
4.13 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.283g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	64
4.14 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.283g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J.....	65
4.15 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.292g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	65
4.16 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของกรุงเทพมหานคร พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.116g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J.....	66

รูปที่	หน้า
4.17 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.999g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E.....	66
4.18 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงราย พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.946g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E.....	67
4.19 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.665g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J.....	67
4.20 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำปาง พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.656g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	68
4.21 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำพูน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.937g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E.....	68
4.22 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.842g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E.....	69
4.23 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.842g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน F.....	69
4.24 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.น่าน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.635g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	70
4.25 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.พะเยา พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.634g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	70

รูปที่	หน้า
4.26 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แพร่ พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.660g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	71
4.27 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.636g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	71
4.28 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.636g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J.....	72
4.29 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.643g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	72
4.30 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของกรุงเทพมหานคร พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.044g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J.....	73
4.31 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.314g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E.....	73
4.32 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงราย พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.292g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E.....	74
4.33 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.171g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J.....	74
4.34 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำปาง พิจารณาความเร่ง สเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.161g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E.....	75

รูปที่	หน้า
4.44 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.167g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	80
4.45 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.167g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J.....	80
4.46 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.145g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I.....	81
5.1 การกำหนดคุณลักษณะแผ่นดินไหวและแสดงผลสเปกตรัมของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ต้องการพิจารณาของ PEER สำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี.....	86
5.2 ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่กระทำพร้อมกัน 2 ทิศทางสำหรับเชียงใหม่.....	90
5.3 ค่าเฉลี่ยเชิงสเปกตรัม SRSS ที่ถูกคูณปรับค่ามีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับออกแบบ สำหรับเชียงใหม่.....	91
6.1 การกำหนดคุณลักษณะแผ่นดินไหวและแสดงผลสเปกตรัมของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ต้องการพิจารณาของ PEER สำหรับกรุงเทพมหานคร.....	93
6.2 ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่กระทำพร้อมกัน 2 ทิศทางสำหรับกรุงเทพมหานคร บนชั้นหิน.....	96
6.3 สเปกตรัม SRSS ที่ถูกคูณปรับค่ามีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับออกแบบ สำหรับกรุงเทพมหานคร.....	97
6.4 สเปกตรัม SRSS ที่ถูกคูณปรับค่ามีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับออกแบบ และมีการขยายคลื่นผ่านชั้นดินอ่อน สำหรับกรุงเทพมหานคร.....	99
6.5 ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินทั้ง 2 ทิศทางในแนวราบก่อนคูณปรับแก้และขยายคลื่น.....	100
6.6 ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินทั้ง 2 ทิศทางในแนวราบหลังการขยายคลื่นผ่านชั้นดินอ่อน.....	101
6.7 เปรียบเทียบสเปกตรัม SRSS เฉลี่ยก่อนขยายคลื่นและหลังขยายคลื่น.....	102
6.8 อัตราส่วนของสเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังขยายคลื่นหารด้วยก่อนขยายคลื่น.....	102

รูปที่	หน้า
6.9	เปรียบเทียบสเปกตรัมกรุงเทพมหานคร..... 103

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

แผ่นดินไหวเป็นภัยธรรมชาติที่มักนำไปสู่ความเสียหายได้เป็นจำนวนมากเนื่องจากไม่สามารถคาดเดาหรือเตือนภัยได้ล่วงหน้าเพราะเกิดขึ้นอย่างฉับพลันเป็นปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนของพื้นผิวโลก การตระหนักถึงภัยแผ่นดินไหวนี้จึงได้มีการศึกษาหาความรู้ทางด้านแผ่นดินไหวและมีมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหวเพื่อช่วยป้องกันมิให้เกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน

สืบเนื่องจากกฎกระทรวงมหาดไทยโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองว่าด้วยการกำหนดการรับน้ำหนักความต้านทานความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 ได้กำหนดให้วิศวกรต้องทำการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอที่อยู่ใกล้รอยเลื่อนหรือที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ภายใต้อิทธิพลจากแผ่นดินไหวให้มีความสมจริงโดยใช้วิธีเชิงพลศาสตร์ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลอัตราเร่งของพื้นดินเนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหว งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเพื่อจัดเตรียมฐานข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวให้วิศวกรสามารถนำไปใช้กระทำต่อโครงสร้างและวิเคราะห์ด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลาในการออกแบบอาคารให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหวโดยการสร้างฐานข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับใช้ในการออกแบบอาคารจะใช้คลื่นแผ่นดินไหวจากต่างประเทศ ซึ่งการคัดเลือกข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวจะอยู่ในรูปของอัตราเร่งของพื้นดินจากฐานข้อมูลของ Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) ที่สอดคล้องกับสถานการณ์แผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย โดยทำการวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) เพื่อใช้ในการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวแล้วนำไปคัดเลือกข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหว และทำการคูณปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวตามวิธีการที่กำหนดในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยพ.1302-52) ให้มีความรุนแรงตามระดับความเสี่ยงที่กำหนดในมาตรฐาน โดยมีข้อมูลอัตราเร่งของพื้นดินทั้งสองทิศทางในแนวราบสำหรับพื้นที่อำเภอเมืองของจังหวัดต่างๆ 10 จังหวัดในภาคเหนือ กาญจนบุรี และกรุงเทพมหานคร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อจัดเตรียมฐานข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวสามารถนำไปใช้กระทำต่อโครงสร้างและวิเคราะห์ด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลาในการออกแบบอาคารให้สามารถต้านทานแผ่นดินไหว

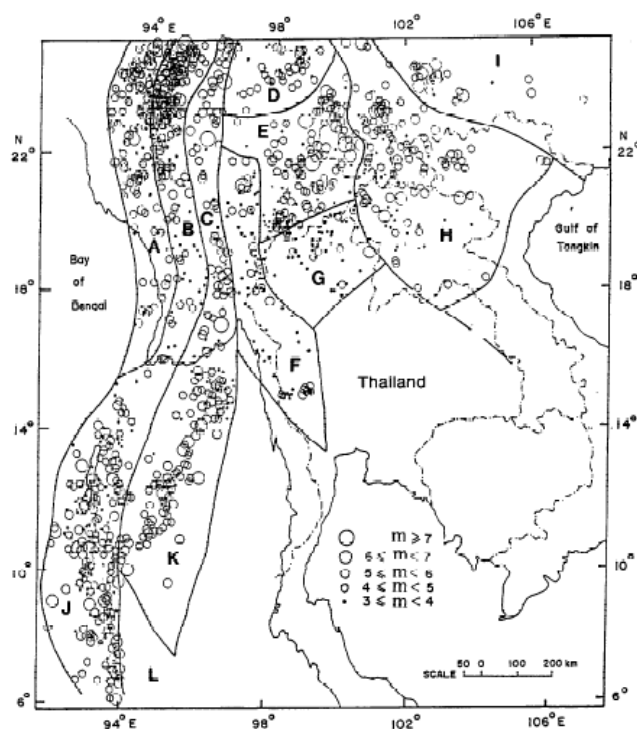
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. การสร้างฐานข้อมูลของคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับให้วิศวกรใช้ในการออกแบบอาคารจะใช้คลื่นแผ่นดินไหวจากทั้งในและต่างประเทศเพราะคลื่นที่บันทึกได้ในประเทศไทยอาจจะยังไม่ครอบคลุมทุกรูปแบบสถานการณ์ในเชิงขนาดแผ่นดินไหวและระยะห่างจากจุดกำเนิดแต่การเลือกคลื่นแผ่นดินไหวจะคำนึงถึงสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในประเทศไทย
2. ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินเนื่องจากแผ่นดินไหวที่สามารถบันทึกได้จากเครื่องมือวัดแผ่นดินไหวในแต่ละสถานีของสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา โดยมีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว 2 ระบบ คือ สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2554 โดยใช้รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหว Harvard CMT Catalog พิจารณาจุดกำเนิดของแผ่นดินไหวที่มีขนาดโมเมนต์มากกว่าเท่ากับ 4 และอยู่ระหว่างพิสัยละติจูดตั้งแต่ 0 ถึง 25 องศาเหนือและลองจิจูดตั้งแต่ 90 ถึง 110 องศาตะวันออก

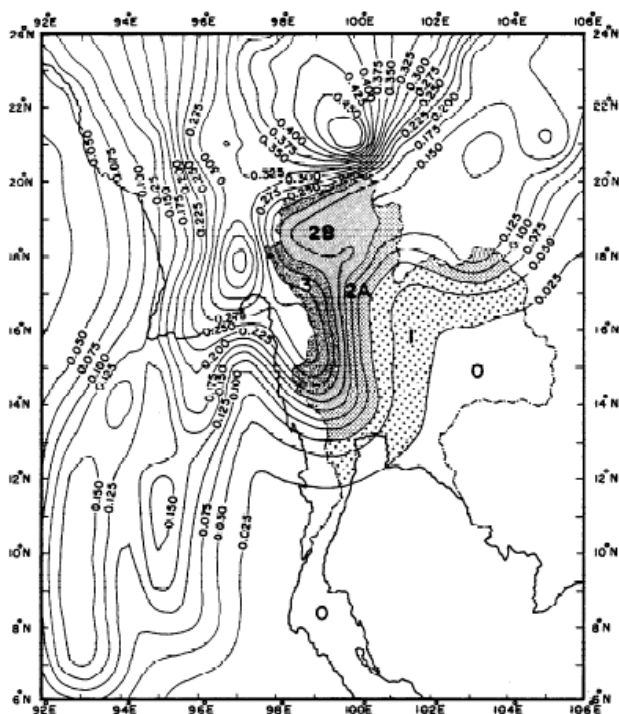
1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Warnitchai และ Lisantono (1996) ได้จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวในระยะเวลา 80 ปี จาก Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering (Nutalaya และคณะ, 1985) หาขนาดของแผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่ของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่แบ่งไว้ดังแสดงในรูปที่ 1.1 แล้วนำข้อมูลที่ได้อมาวิเคราะห์หาความเร่งสูงสุดที่ผิวดินโดยใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Esteva (1973) จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์

เชิงความน่าจะเป็นตามวิธีของ Cornell (1968) และได้จัดทำแผนเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกินคิดเป็น 10 % ในรอบ 50 ปี ซึ่งพบว่าทางตอนเหนือและทางตะวันตกของประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตแผ่นดินไหวปานกลาง 2B และ 3 ตามการแบ่งเขตความรุนแรงแผ่นดินไหวของ UBC (Uniform Building Code) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ซึ่งจากแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวดังกล่าวได้ค่าความเร่งสูงสุดบนพื้นดินในประเทศไทยมีค่าประมาณ 0.27g (g คือหน่วยอัตราเร่งจากแรงดึงดูดของโลก) ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาค่อนข้างมากเนื่องจากสมมุติฐานที่แฝงอยู่ในการใช้ข้อมูล ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจสอบวิจัยเพิ่มเติมทางธรณีวิทยา เพื่อให้ทราบพลังการทำลายอันเนื่องมาจากรอยเลื่อนต่างๆ ความลึกของศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งคาบการเกิดซ้ำ (return period) ของการเกิดการเลื่อนขนาดใหญ่ ลักษณะคลื่นแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นได้ และการลดทอนของคลื่นตามระยะทางจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว

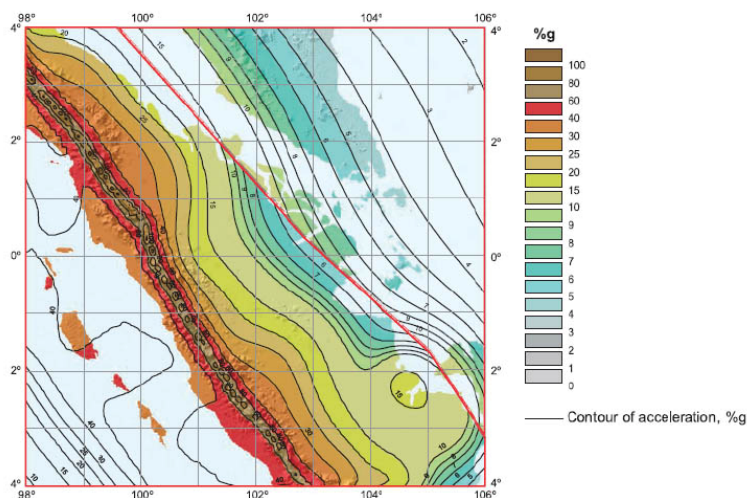


รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงตำแหน่งและขนาดของแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทย และประเทศข้างเคียง ตั้งแต่ พ.ศ.2453 ถึง 2539 (Warnitchai และ Lisantono, 1996)



รูปที่ 1.2 แผนที่แสดงเส้นชั้นความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวที่ผิวดินในประเทศไทย (ในหน่วยความเร่งโน้มถ่วง, g) โดยมีโอกาสเกินคิดเป็น 10% ในรอบ 50 ปี (Warnitchai และ Lisantono, 1996)

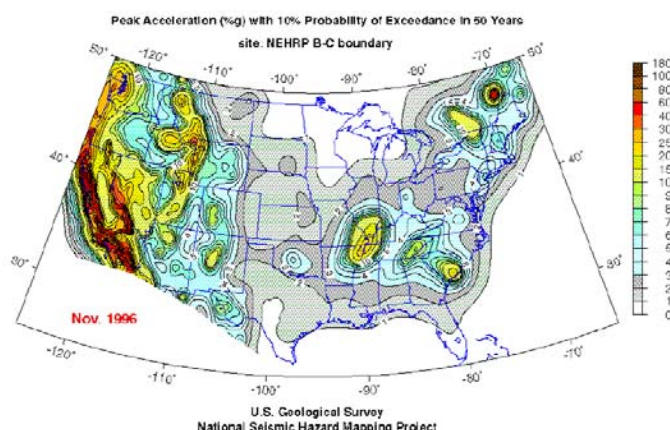
Petersen และคณะ (2004) ได้จัดทำแผนที่เกี่ยวกับแผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตราประเทศอินโดนีเซีย และแหลมมาลายู ดังแสดงในรูปที่ 1.3 โดยสร้างแบบจำลองจากข้อมูลแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ได้จากแหล่งข้อมูล 3 แหล่ง ได้แก่ EHB catalog (Engdahl, van der Hilst, and Buland, 1998), ISC catalog (Bulletins of the International Seismological Centre) และ PDE catalog (Preliminary Determination of Epicenters catalogs of the US Geological Survey) แล้วใช้สมการการลดทอนแผ่นดินไหว (attenuation equations) ที่ได้แก้ไขให้เหมาะสมกับพื้นที่มาวิเคราะห์หาค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดินที่ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกินคิดเป็น 2% และ 10% ในรอบ 50 ปี สำหรับผิวดินที่มีสภาพเหมือนชั้นหิน (รูปที่ 1.3) ผลการวิเคราะห์หาค่าความเร่งในแนวราบที่ผิวดินสูงสุดพบว่า สำหรับโอกาสเกิน 2% ในรอบ 50 ปี จะอยู่ในช่วงระหว่าง 10% g ถึง 100% g บริเวณเกาะสุมาตรา และน้อยกว่า 20% g บริเวณแหลมมาลายู และสำหรับโอกาสเกิน 10% ในรอบ 50 ปี จะมีขนาดความเร่งสูงสุดที่ผิวดินเป็น 60% ของกรณีที่มีโอกาสเกิน 2% ในรอบ 50 ปี



รูปที่ 1.3 แผนที่แสดงเส้นชั้นความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวที่ผิวดินบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย และแหลมมาลายู (ในหน่วยร้อยละของความเร่งโน้มถ่วง, g) โดยมีโอกาสเกินคิดเป็น 10% ในรอบ 50 ปี (Petersen และคณะ, 2004)

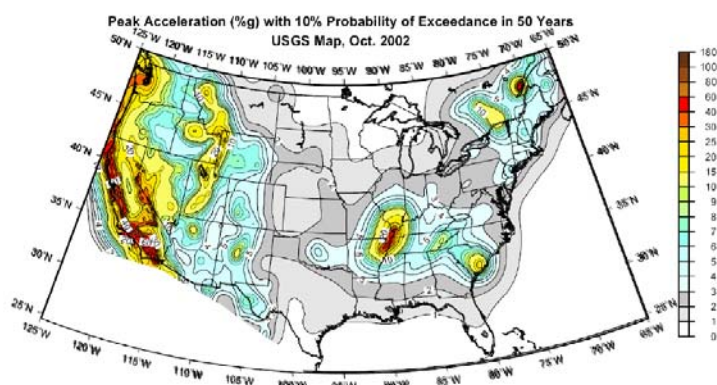
Frankel และคณะ (1996) ได้จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของสหรัฐอเมริกา (1996 US National Seismic Hazard Maps) ดังแสดงในรูปที่ 1.4 โดยสมการการลดทอนแผ่นดินไหว (attenuation equations) ที่มาจากแหล่งกำเนิดบริเวณรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกที่พิจารณานั้นมี 3 สมการ ได้แก่ สมการของ Boore และคณะ (1997) กับสมการของ Campbell (1997) มีความเหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่มีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดไม่เกิน 100 กิโลเมตร และสมการของ Sadigh และคณะ (1997) มีความเหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่มีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดไม่เกิน 300 กิโลเมตร

ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งกำเนิดที่อยู่บริเวณภายในแผ่นเปลือกโลกนั้น สำหรับตอนกลางและตะวันออกของสหรัฐอเมริกา สมการของ Frankel และคณะ (1996) กับ Toro และคณะ (1997) ได้ถูกตัดแปลงมาจากสมการของ Atkinson และ Boore (1995) ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลระยะทางไม่เกิน 1,000 กิโลเมตร จากแหล่งกำเนิด ทำให้สามารถนำสมการเหล่านี้ไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีระยะทางไกลกว่า 500 กิโลเมตร ได้ สำหรับเขตแผ่นดินไหวที่เกิดจากการมุดตัวของเปลือกโลกนั้น ในการจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของสหรัฐอเมริกาได้ใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Youngs และคณะ (1997) ในการวิเคราะห์หาความเร่งสูงสุดที่ผิวดินของแผ่นดินไหวที่มีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดไม่เกิน 500 กิโลเมตร



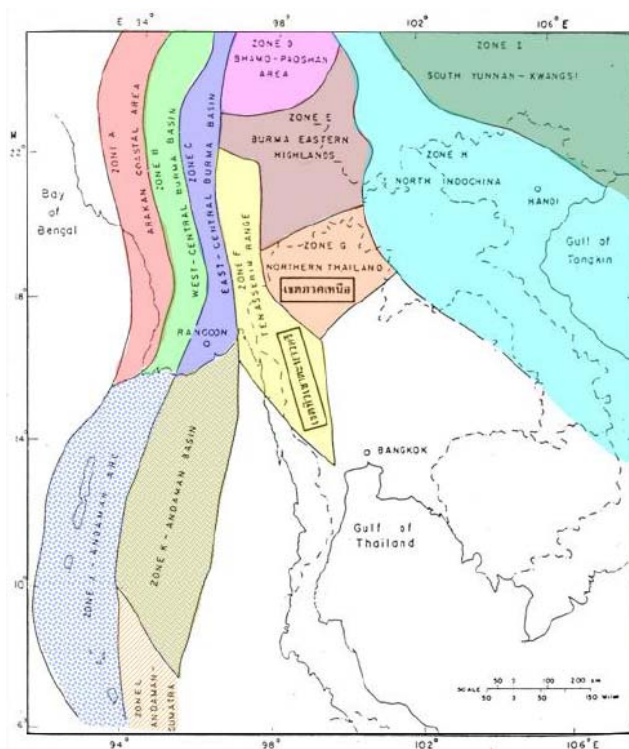
รูปที่ 1.4 แผนที่แสดงเส้นชั้นความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวในสหรัฐอเมริกาปี 1996 (ในหน่วยร้อยละของความเร่งโน้มถ่วง, g) โดยมีโอกาสเกินเป็น 10% ในรอบ 50 ปี (Frankel และคณะ, 1996)

Frankel และคณะ (2002) ได้จัดทำแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของสหรัฐอเมริกาขึ้นใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 1.5 ซึ่งปรับปรุงจากแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในปี 1996 โดยสมการลดทอนแผ่นดินไหว (attenuation equations) ที่ใช้ในเขตตะวันตกของอเมริกาได้แก่ สมการของ Abrahamson และ Silva (1997), สมการของ Boore Joyner และ Fumal (1997), สมการของ Campbell (1997), สมการของ Idriss (2002) และสมการของ Sadigh และคณะ (1997) ส่วนสมการลดทอนแผ่นดินไหว (attenuation equations) ที่ใช้ในเขตตอนกลางและตะวันออกของอเมริกาได้แก่ สมการของ Toro และคณะ (1997) และสมการของ Atkinson และ Boore (1997)



รูปที่ 1.5 แผนที่แสดงเส้นชั้นความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวในสหรัฐอเมริกาปี 2002 (ในหน่วยร้อยละของความเร่งโน้มถ่วง, g) โดยมีโอกาสเกินเป็น 10% ในรอบ 50 ปี (Frankel และคณะ, 2002)

Nutalaya และคณะ (1985) ได้ทำการแบ่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบริเวณผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ออกเป็น 12 โซน ดังแสดงในรูปที่ 1.6 ได้พิจารณาจากลักษณะการเกิดแผ่นดินไหว (seismicity) และข้อมูลทางธรณีแปรสัณฐานไหวสะเทือน (seismotectonic) หรือข้อมูลการไหวสะเทือนของบริเวณการเกิดการไหวสะเทือน (seismogenic structure or zone)

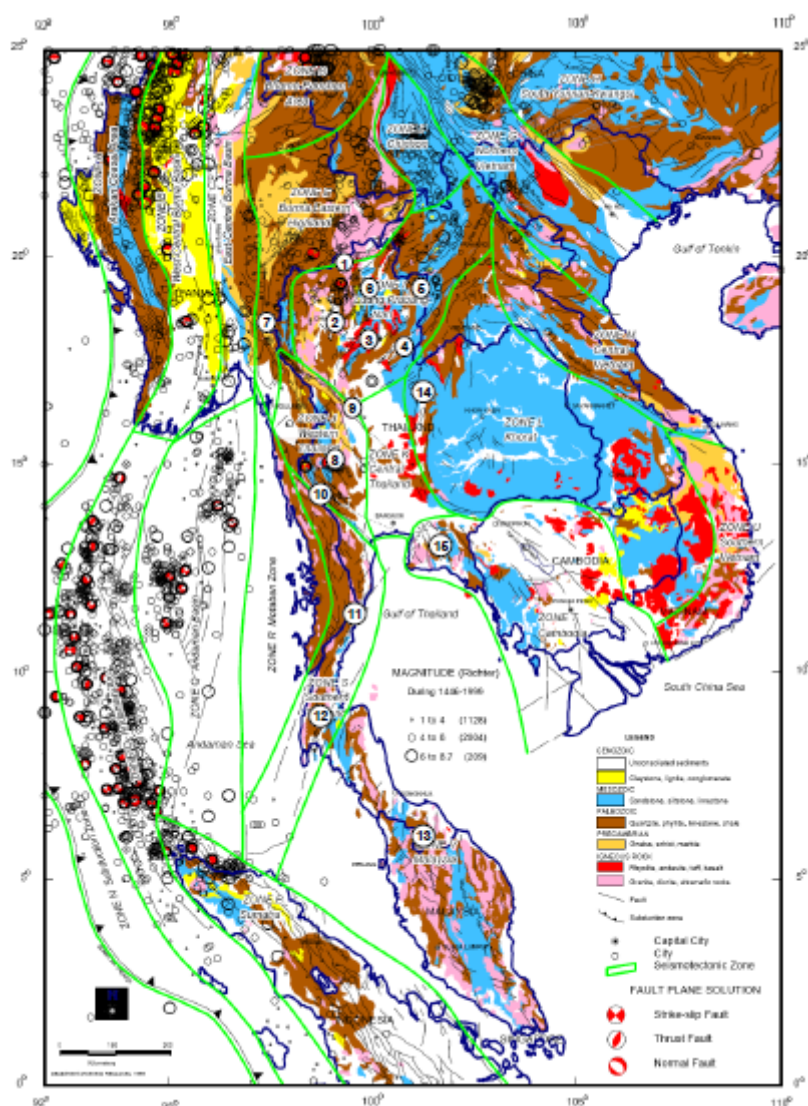


รูปที่ 1.6 แผนที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Nutalaya และคณะ, 1985)

Fenton และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษารอยเลื่อนครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันตก โดยพบแนวรอยเลื่อนสำคัญ 7 แนวภายในรัศมี 150 กิโลเมตรรอบเขื่อนแก่งเสือเต้น ได้แก่ รอยเลื่อนแองแปร์, รอยเลื่อนแพร์, รอยเลื่อนเถิน, รอยเลื่อนลอง, รอยเลื่อนบัว, รอยเลื่อนน้ำปาด และรอยเลื่อนพะเยา

ปัญญา จารุศิริ และคณะ (2543) ได้ทำการศึกษาแผ่นดินไหวในประเทศไทย และพื้นที่แผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าประเทศไทยและพื้นที่แผ่นดินไหวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เคยมีแผ่นดินไหวใหญ่บ่อยครั้งมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นมักมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับรอยเลื่อนมีพลังเท่านั้น ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลด้านธรณีฐานวิทยา ธรณีกาลเวลา ผวนกกับข้อมูลแผ่นดินไหวของรอยเลื่อนต่างๆ ในพื้นที่อื่นของประเทศ สามารถจำแนก

รอยเลื่อนมีพลังได้ 15 รอยเลื่อนคือ 1) รอยเลื่อนแม่จัน 2) รอยเลื่อนแม่ทา 3) รอยเลื่อนเถิน-ลอง-แพร่ 4) รอยเลื่อนน้ำปืด 5) รอยเลื่อนปัว 6) รอยเลื่อนพะเยา 7) รอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน 8) รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ 9) รอยเลื่อนแม่ปิง 10) รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ 11) รอยเลื่อนระนอง 12) รอยเลื่อนคลองมะรุย-คลองท่อม 13) รอยเลื่อนโคกโพธิ์-สะบ้าย้อย-ยะลา-เบตง 14) รอยเลื่อนเลย-เพชรบูรณ์ และ 15) รอยเลื่อนระยอง-แกลง ส่วนนอกประเทศมีกลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญ อีก 4 กลุ่มได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนอินโด-พม่า, กลุ่มรอยเลื่อนสะแกง-ตองยี-พานหลวง, กลุ่มรอยเลื่อนนานติง-เป่าซาน-เชียงราย และกลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง-แม่น้ำมา-แม่น้ำดา ดังแสดงในรูปที่ 1.7

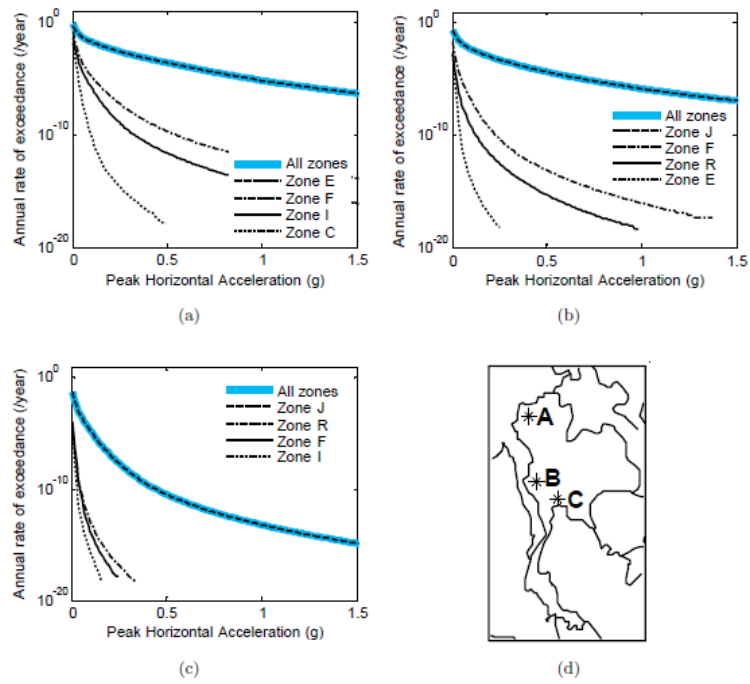


รูปที่ 1.7 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ปัญหา จารุศิริ และคณะ, 2543)

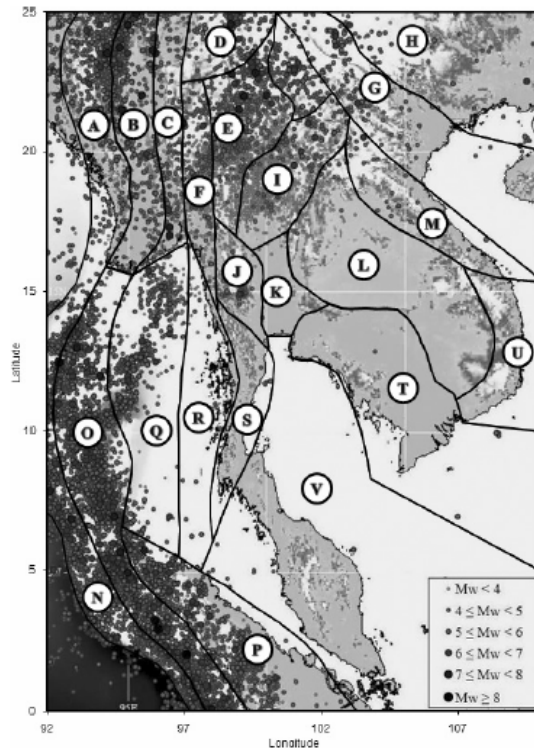
Palasri and Ruangrassamee (2010) ได้ทำการแยกแยะความน่าจะเป็นหรือความเสี่ยงที่เป็นผลเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ซึ่งมีผลต่อขนาดแผ่นดินไหว และระยะห่างต่างๆ เรียกว่า hazard deaggregation analysis ซึ่งสามารถสร้างเป็นกราฟความน่าจะเป็นที่จะเกิดความสั่นสะเทือนจาก ขนาดแผ่นดินไหว และระยะทางต่างๆ ซึ่งจะต้องอาศัยข้อมูลจากการศึกษาความเสี่ยงภัยแบบความน่าจะเป็น ที่ใช้ในการสร้างแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย

การแยกแยะความเสี่ยงดังกล่าว เพื่อให้ทราบเหตุการณ์ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ตั้งอาคารนั้นมากที่สุด ก่อนที่จะสามารถเลือกคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับแต่ละพื้นที่ที่ตั้งอาคาร ซึ่งต้องพิจารณาเลือกคลื่นแผ่นดินไหวที่บันทึกได้จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาด และระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงสถานีตรวจวัดสอดคล้องกับเหตุการณ์ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ตั้งอาคารนั้นมากที่สุด

Palasri and Ruangrassamee (2010) มีการสร้างเส้นกราฟความเสี่ยงภัย (hazard curve) สำหรับพื้นที่ตั้งอาคารแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ดังรูปที่ 1.8 กราฟนี้แสดงให้เห็นว่า ที่ตำแหน่งนั้นจะมีความน่าจะเป็นที่จะได้รับความสั่นสะเทือนจากแหล่งกำเนิดบริเวณต่างๆ (รูปที่ 1.9) มากแค่ไหนและความน่าจะเป็นรวมที่จะเกิดความสั่นสะเทือนเกินกว่าระดับหนึ่งๆ เนื่องจากแหล่งกำเนิดใดก็ตามเป็นเท่าใด กราฟผลรวมความน่าจะเป็นนี้จะป็นกราฟที่นำไปใช้สร้างแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว แต่ข้อมูลที่แสดงในกราฟนี้สามารถบอกได้ว่าความเสี่ยงหลัก (กราฟสำหรับแหล่งกำเนิดที่มีความน่าจะเป็นสูงสุด) มาจากแหล่งกำเนิดใด หากเราตรวจสอบระยะทางจากแหล่งกำเนิดนั้นถึงตำแหน่งที่ตั้งอาคารที่กำลังพิจารณา ก็จะทราบระยะห่างจากจุดกำเนิดของแผ่นดินไหว ที่มีโอกาสจะส่งผลกระทบต่อที่ตั้งอาคารนั้นมากที่สุด และหากพิจารณาขนาดแผ่นดินไหวที่มีความน่าจะเป็นสูงสุดที่อาจจะเกิดจากแหล่งกำเนิดนั้น ก็จะทำให้ทราบลักษณะเหตุการณ์ (ขนาดแผ่นดินไหวและระยะห่างจากแหล่งกำเนิด) ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ตั้งอาคารนั้นมากที่สุด จากตัวอย่างในรูปที่ 1.8c แหล่งกำเนิด Zone J จะส่งผลกระทบต่อกราฟความเสี่ยงภัย (hazard curve) มากที่สุด และความเสี่ยงจากแหล่งกำเนิดอื่นๆ มีผลน้อยมากจนทำให้ความน่าจะเป็นรวม (annual rate of exceedence) มีค่าแทบจะไม่แตกต่างจากความน่าจะเป็นเนื่องจากแหล่งกำเนิด Zone J แหล่งเดียว



รูปที่ 1.8 เส้นเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว (hazard curve) ของ (a) เชียงใหม่ (b) กาญจนบุรี (c) กรุงเทพมหานคร (Palasri and Ruangrassamee, 2010)



รูปที่ 1.9 แผนที่เขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source zone) ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวเกิดจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกอันเนื่องมาจากกลไกการเคลื่อนไหวของหินหลอมเหลวข้างใต้แผ่นหิน ทำให้เกิดแรงเฉือนข้างใต้แผ่นหินและเป็นแรงจุดตลาทำให้แต่ละแผ่นเคลื่อนตัวไปด้วยอัตราความเร็วที่แตกต่างกัน ก่อให้เกิดแรงอัดสะสมบริเวณรอยต่อของแต่ละแผ่นมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเนื้อหินในบริเวณรอยต่อนั้นทนหน่วยแรงอัดประลัยไม่ได้เกิดการแตกประลัยตามแนวรอยเลื่อน (fault) โดยปลดปล่อยพลังงานออกมา (strain energy) จากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว หลังจากนั้นแผ่นหินก็จะคืนตัวกลับสู่สภาพเดิม พลังงานที่ปลดปล่อยส่วนใหญ่จะถูกดูดซับด้วยการเคลื่อนตัวและเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อหินกลายเป็นพลังงานความร้อนในบริเวณตำแหน่งรอยเลื่อน พลังงานบางส่วนที่เหลืออยู่จะกระจายออกเป็นคลื่นแผ่นดินไหวโดยความรุนแรงของแผ่นดินไหวขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน

2.1.1 ลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน

ลักษณะการเคลื่อนตัวหรือกลไกการเลื่อน (faulting mechanism) ของรอยเลื่อนได้แบ่งออกเป็น 5 รูปแบบของการเลื่อนซึ่งประกอบด้วย การเลื่อนด้านข้าง (lateral fault หรือ strike-slip fault), การเลื่อนแบบปกติ (normal หรือ dip-slip fault), การเลื่อนแบบกลับทิศ (reverse fault หรือ thrust fault), การเลื่อนแบบเอียงปกติ (lateral normal fault หรือ oblique normal fault) และการเลื่อนแบบเอียงกลับทิศ (lateral reverse fault หรือ oblique reverse fault) ได้แสดงในรูปที่ 2.1

2.1.1.1 การเลื่อนด้านข้าง

การเลื่อนด้านข้าง (lateral fault หรือ strike-slip fault) เป็นลักษณะที่เปลือกแผ่นหินมีการเคลื่อนตัวไปทางด้านข้างอย่างเฉียว โดยอาจเลื่อนไปทางด้านซ้ายหรือขวาขึ้นอยู่กับมุมมองจากแผ่นหินด้านใดด้านหนึ่ง

2.1.1.2 การเลื่อนแบบปกติ

การเลื่อนแบบปกติ (normal fault หรือ dip-slip fault) เป็นลักษณะที่เปลือกแผ่นหินมีการเลื่อนตัวไปในแนวลาดชันของรอยแตก โดยที่แผ่นบนมีการเลื่อนตัวลงต่ำกว่าเมื่อเทียบกับแผ่นล่าง เป็นลักษณะการเลื่อนตัวตามแรงโน้มถ่วงโลกโดยธรรมชาติ

2.1.1.3 การเลื่อนแบบกลับทิศ

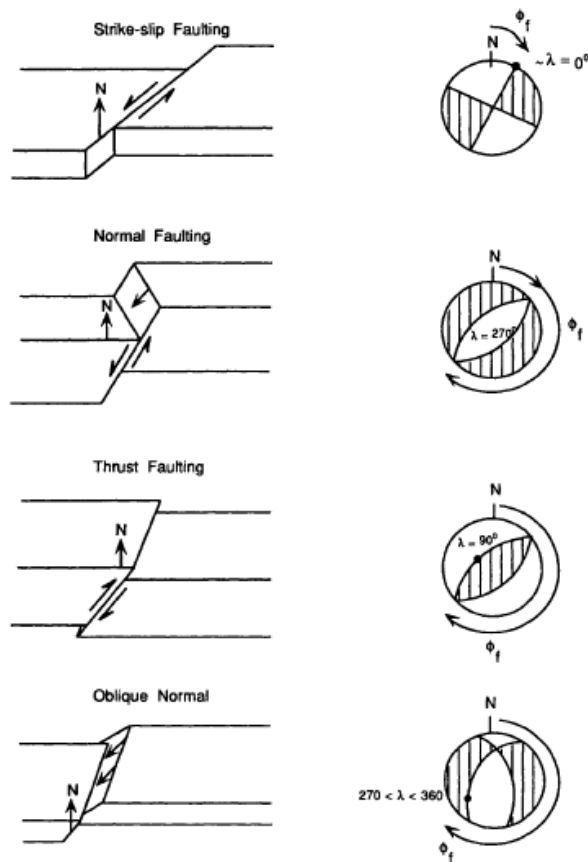
การเลื่อนแบบกลับทิศ (reverse fault หรือ thrust fault) เป็นลักษณะที่เปลือกแผ่นหินมีการเลื่อนตัวไปในแนวลาดชันของรอยแตก แต่เนื่องจากแผ่นล่างมีการมุดตัวลงทำให้เกิดแรงผลักแผ่นบนให้ดันเลื่อนตัวขึ้นสูงกว่าแผ่นบน

2.1.1.4 การเลื่อนแบบเอียงปกติ

การเลื่อนแบบเอียงปกติ (lateral normal fault หรือ oblique normal fault) เป็นการรวมลักษณะการเลื่อนตัวทั้งแบบปกติและการเลื่อนตัวด้านข้างเข้าด้วยกัน ทำให้แผ่นหินส่วนบนเกิดการเลื่อนตัวเอียงลงไปจากแนวเดิม

2.1.1.5 การเลื่อนแบบเอียงกลับทิศ

การเลื่อนแบบเอียงกลับทิศ (lateral reverse fault หรือ oblique reverse fault) เป็นการรวมลักษณะการเลื่อนตัวแบบด้านข้างและแบบกลับทิศเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดการผลักดันเปลือกส่วนบนให้เอียงขึ้นไปจากแนวเดิม



รูปที่ 2.1 ลักษณะการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก

2.1.2 คลื่นแผ่นดินไหว

การสั่นสะเทือนของพื้นดินสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว ได้แบ่งคลื่นแผ่นดินไหวออกเป็น 2 ประเภท คือ คลื่นตัวกลาง (body wave) และคลื่นพื้นผิว (surface wave) ได้แสดงในรูปที่ 2.2

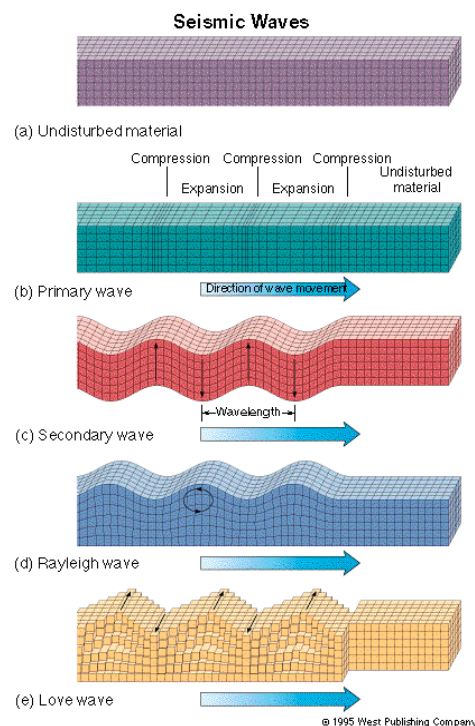
2.1.2.1 คลื่นตัวกลาง

คลื่นตัวกลาง (body wave) ได้แบ่งออกเป็น คลื่นปฐมภูมิ (primary wave, P-wave) และคลื่นทุติยภูมิหรือคลื่นเฉือน (secondary wave หรือ shear wave, S-wave) โดยคลื่นปฐมภูมิ (primary wave, P-wave) เป็นคลื่นที่เดินทางมาถึงก่อน ซึ่งกระทำในทิศทางเดียวกับเส้นทางการเดินทางของคลื่นในลักษณะกลับไปกลับมา ทำให้เกิดแรงอัดในตัวกลางที่คลื่นเดินทางผ่าน ส่วนคลื่นทุติยภูมิ

หรือคลื่นเฉือน (secondary wave หรือ shear wave, S-wave) เป็นคลื่นที่เดินทางมาช้ากว่าชนิดแรก ซึ่งกระทำในทิศทางตั้งฉากกับเส้นทางการเดินทางของคลื่น ทำให้เกิดแรงเฉือนในตัวกลางที่คลื่นเดินทางผ่าน

2.1.2.2 คลื่นพื้นผิว

คลื่นพื้นผิว (surface wave) ได้แบ่งออกเป็น คลื่นเรลีย์ (Rayleigh wave) และคลื่นเลิฟ (Love wave) เป็นคลื่นที่เดินทางมาช้าที่สุดมีลักษณะการเคลื่อนที่บนผิวของตัวกลางเท่านั้น



รูปที่ 2.2 คลื่นแผ่นดินไหวประเภทต่างๆ

2.1.3 ขนาดของแผ่นดินไหว

ขนาดของแผ่นดินไหวเป็นมาตราส่วนที่ใช้วัดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่จุดกำเนิด ซึ่งขนาดแผ่นดินไหวจะมีความสัมพันธ์กับพลังงานที่แผ่นเปลือกโลกปลดปล่อยออกมาในรูปแบบของการสั่นสะเทือน ซึ่งประเภทของขนาดที่ใช้วัดความรุนแรงของแผ่นดินไหวมีอยู่หลาย

ชนิดคือ ขนาดท้องถิ่น (local magnitude, M_L), ขนาดคลื่นพื้นผิว (surface wave magnitude, M_S), ขนาดคลื่นหลัก (body wave magnitude, m_b) และขนาดโมเมนต์ (moment magnitude, M_w)

2.1.3.1 ขนาดท้องถิ่น

ขนาดท้องถิ่น (local magnitude, M_L) เป็นมาตราวัดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มีแหล่งกำเนิดของแผ่นดินไหวตื้น (ความลึกน้อยกว่า 15 กิโลเมตร) และระยะศูนย์กลางแผ่นดินไหวน้อยกว่า 600 กิโลเมตร ซึ่งคำนวณได้จากค่าสูงสุดของความสูงคลื่นที่มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1 วินาที

2.1.3.2 ขนาดคลื่นพื้นผิว

ขนาดคลื่นพื้นผิว (surface wave magnitude, M_S) เป็นมาตราวัดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มีแหล่งกำเนิดของแผ่นดินไหวตื้น (ความลึกน้อยกว่า 70 กิโลเมตร) และระยะศูนย์กลางแผ่นดินไหวมากกว่า 600 กิโลเมตร ซึ่งคำนวณได้จากคลื่นที่มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 20 วินาที

2.1.3.3 ขนาดคลื่นหลัก

ขนาดคลื่นหลัก (body wave magnitude, m_b) เป็นมาตราวัดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว ซึ่งคำนวณได้จาก P-wave ที่มีช่วงความยาวคลื่น 1 วินาที ถึง 20 วินาที

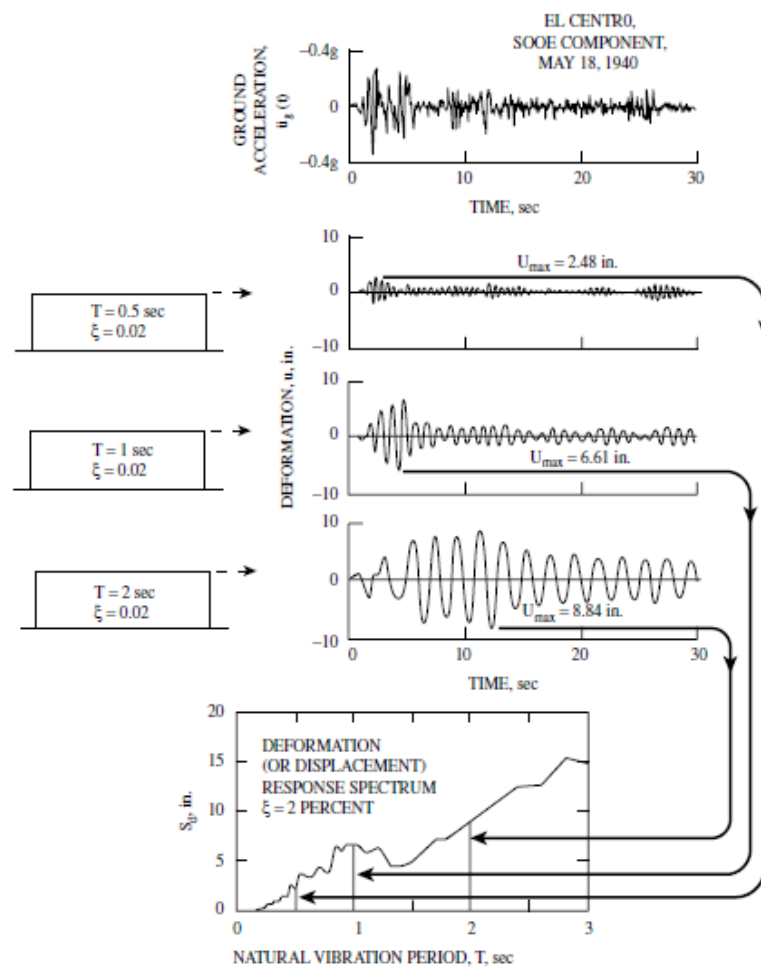
2.1.3.4 ขนาดโมเมนต์

ขนาดโมเมนต์ (moment magnitude, M_w) เป็นมาตราวัดระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่าชนิดอื่น

2.2 สเปกตรัมการตอบสนอง

2.2.1 แนวความคิดของสเปกตรัมการตอบสนอง

สเปกตรัมการตอบสนอง คือเส้นแสดงค่าการตอบสนองสูงสุดในระบบยึดหยุ่นระดับชั้นความเสรีเดียว (single-degree-of-freedom system, SDOF) ภายใต้แผ่นดินไหวที่พิจารณา ซึ่งเป็นฟังก์ชันของคาบการสั่นไหวธรรมชาติ (natural vibration period, T_n) หรือความถี่ธรรมชาติเชิงมุม (circular natural frequency, ω_n) โดยแสดงสำหรับค่าอัตราส่วนความหน่วง (damping ratio, ζ) คงที่ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการคำนวณสเปกตรัมการตอบสนองของการกระจัด (Chen and Scawthorn, 2003)

2.2.2 สเปกตรัมการตอบสนองแบบยึดหยุ่น

สเปกตรัมการตอบสนองแบบยึดหยุ่นของโครงสร้างสามารถคำนวณหาได้โดยวิธีพลศาสตร์โครงสร้างซึ่งการคำนวณเป็นการพิจารณาในระบบยึดหยุ่นระดับขั้นความเสรีเดียว (single-degree-of-freedom system, SDOF) โดยที่ฐานของโครงสร้างเกิดการสั่นเนื่องจากการเคลื่อนไหวของพื้นดิน ซึ่งจะทำให้มวลของโครงสร้างเกิดการกระจัดโดยมีความสัมพันธ์กับฐานของโครงสร้างตามวิธีการของ Chopra (2001)

2.2.3 การคำนวณสเปกตรัมการตอบสนองที่ใช้ในการศึกษา

สเปกตรัมการตอบสนองที่ใช้ในการศึกษาได้คำนวณโดยใช้โปรแกรม SPECEQ ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical method) หาผลเฉลยของสมการการเคลื่อนที่ซึ่งได้แก่ การกระจัด ความเร็วสัมพัทธ์ และความเร่งสัมบูรณ์ ซึ่งสมการที่ใช้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$\mathbf{u}_{i+1} = \mathbf{A}(\zeta, \omega_n, \Delta t_i) \mathbf{u}_i + \mathbf{B}(\zeta, \omega_n, \Delta t_i) \ddot{\mathbf{u}}_{g_i} \quad (2.1a)$$

เมื่อ

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i \quad (2.1b)$$

$$\Delta u_{g_i} = u_{g_{i+1}} - u_{g_i} \quad (2.1c)$$

$$\mathbf{u}_i = \begin{Bmatrix} u_i \\ \dot{u}_i \end{Bmatrix} \quad (2.1d)$$

$$\ddot{\mathbf{u}}_i = \begin{Bmatrix} \ddot{u}_{g_i} \\ \ddot{u}_{g_{i+1}} \end{Bmatrix} \quad (2.1e)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \quad (2.1f)$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \quad (2.1g)$$

องค์ประกอบของเมตริกซ์ A และเมตริกซ์ B ได้แสดงดังนี้

$$a_{11} = e^{-\zeta\omega_n\Delta t_i} \left(\frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i + \cos(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i \right) \quad (2.1h)$$

$$a_{12} = \frac{e^{-\zeta\omega_n\Delta t_i}}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}} \sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i \quad (2.1i)$$

$$a_{21} = -\frac{\omega_n}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n\Delta t_i} \sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i \quad (2.1j)$$

$$a_{22} = e^{-\zeta\omega_n\Delta t_i} \left(\cos(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i - \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i \right) \quad (2.1k)$$

$$b_{11} = e^{-\zeta\omega_n\Delta t_i} \left[\left(\frac{2\zeta^2-1}{\omega_n^2\Delta t_i} + \frac{\zeta}{\omega_n} \right) \frac{\sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}} + \left(\frac{2\zeta}{\omega_n^3\Delta t_i} + \frac{1}{\omega_n^2} \right) \right] - \frac{2\zeta}{\omega_n^3\Delta t_i} \cos(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i \quad (2.1l)$$

$$b_{12} = -e^{-\zeta\omega_n\Delta t_i} \left[\left(\frac{2\zeta^2-1}{\omega_n^2\Delta t_i} \right) \frac{\sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}} + \left(\frac{2\zeta}{\omega_n^3\Delta t_i} \right) \right] - \frac{1}{\omega_n^2} + \frac{2\zeta}{\omega_n^3\Delta t_i} \cos(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i \quad (2.1m)$$

$$b_{21} = e^{-\zeta\omega_n\Delta t_i} \left[\left(\frac{2\zeta^2-1}{\omega_n^2\Delta t_i} + \frac{\zeta}{\omega_n} \right) \left(\cos(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i - \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \right) \right. \\ \left. - \left(\frac{2\zeta}{\omega_n^3\Delta t_i} + \frac{1}{\omega_n^2} \right) \left(\sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i \right) \right] + \frac{1}{\omega_n^2\Delta t_i} \left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2} \sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i + \zeta\omega_n \cos(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2})\Delta t_i \right) \quad (2.1n)$$

$$b_{22} = -e^{-\zeta\omega_n\Delta t_i} \left[\begin{array}{l} \frac{2\zeta^2 - 1}{\omega_n^2\Delta t_i} \left(\cos(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\Delta t_i) - \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \right) \\ \sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\Delta t_i) \\ -\frac{2\zeta}{\omega_n^3\Delta t_i} \left(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2} \sin(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\Delta t_i) \right) \\ +\zeta\omega_n \cos(\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}\Delta t_i) \end{array} \right] - \frac{1}{\omega_n^2\Delta t_i} \quad (2.10)$$

ความเร่งรวมของมวล ณ เวลา t_i ได้แสดงดังสมการ

$$\ddot{u}_i^t = \ddot{u}_i + \ddot{u}_g = -(2\zeta\omega_n\dot{u}_i + \omega_n^2 u_i) \quad (2.2)$$

เมื่อ

\ddot{u}_g = ความเร่งของพื้นดิน

A = เมตริกซ์ขนาด 2 x 2

B = เมตริกซ์ขนาด 2 x 2

u = การกระจัดสัมพัทธ์

\ddot{u}^t = ความเร่งรวม (total acceleration)

ζ = อัตราส่วนความหน่วง

ω_n = ความถี่ธรรมชาติเชิงมุม

Δt_i = ช่วงการเปลี่ยนข้อมูลประวัติเวลาให้เป็นตัวเลข (time step)

Nigam and Jennings (1968) ได้ใช้สมการที่ 2.1 และ 2.2 หาค่าการกระจัด, ความเร็ว และความเร่งสัมบูรณ์ที่เวลาต่างๆ จากนั้นจึงหาค่าสูงสุดตามสมการที่ 2.3 ถึง 2.5

$$u_o(\omega_n, \zeta) = \max_{i=1, N} |u_i(\omega_n, \zeta)| \quad (2.3)$$

$$\dot{u}_o(\omega_n, \zeta) = \max_{i=1, N} |\dot{u}_i(\omega_n, \zeta)| \quad (2.4)$$

$$\ddot{u}_o^t(\omega_n, \zeta) = \max_{i=1, N} |\ddot{u}_i^t(\omega_n, \zeta)| \quad (2.5)$$

เมื่อ

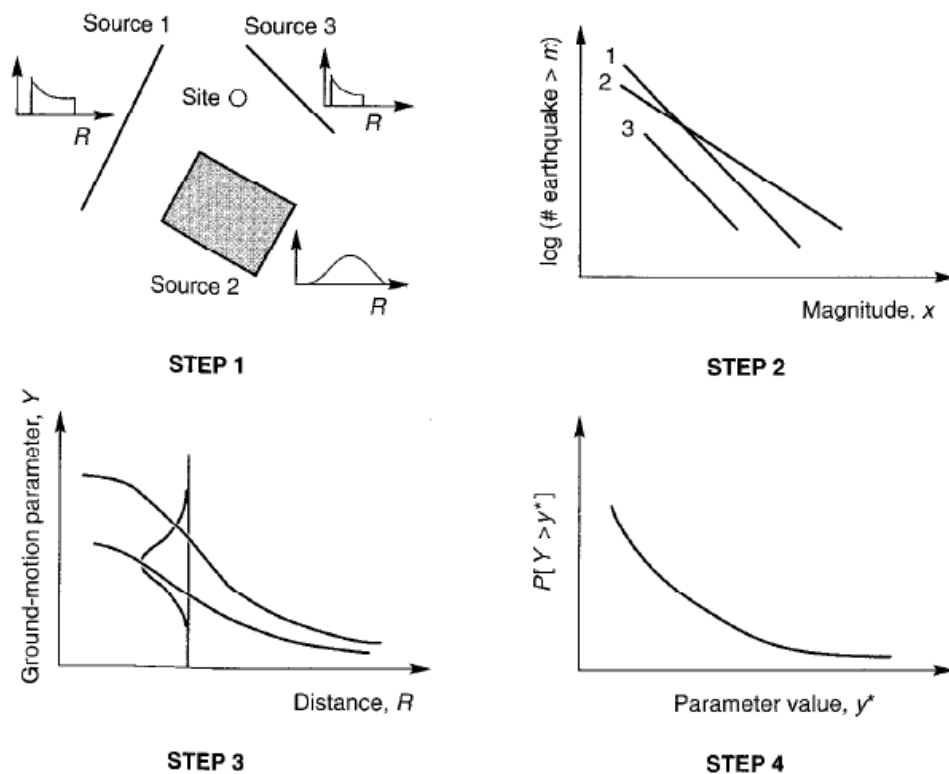
u_o = การกระจัดสัมพัทธ์สูงสุด (peak relative displacement)

\dot{u}_o = ความเร็วสัมพัทธ์สูงสุด (peak relative velocity)

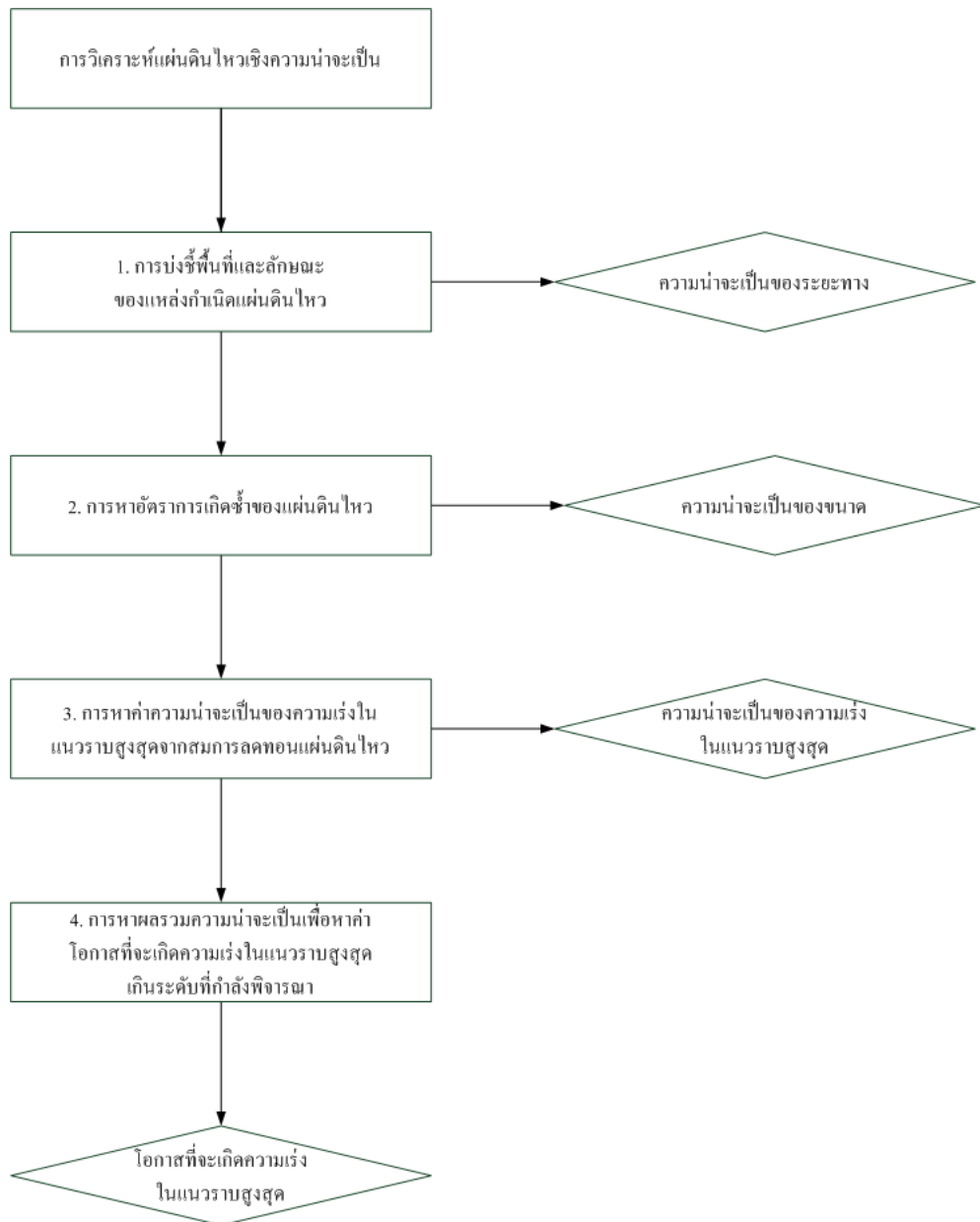
\ddot{u}_o^t = ความเร่งรวมสูงสุด (peak total acceleration)

2.3 การวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น

การวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็น (probabilistic seismic hazard analysis) เป็นวิธีที่ถูกพัฒนาโดย Cornell (1968) และ Algermissen และคณะ (1982) วิธีการวิเคราะห์สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน (Kramer, 1996) ได้แสดงในรูปที่ 2.4 และ 2.5 โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) การบ่งชี้พื้นที่และลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว, 2) การหาอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว, 3) การหาค่าความน่าจะเป็นของความเร่งในแนวราบสูงสุดจากสมการลดทอนแผ่นดินไหว และ 4) การรวมผลของความน่าจะเป็นเพื่อหาค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุด จากวิธีดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทยได้โดยหาระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี หรือรอบของการเกิดประมาณ 2475 ปี



รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็นทั้ง 4 ขั้นตอน (Kramer, 1996)

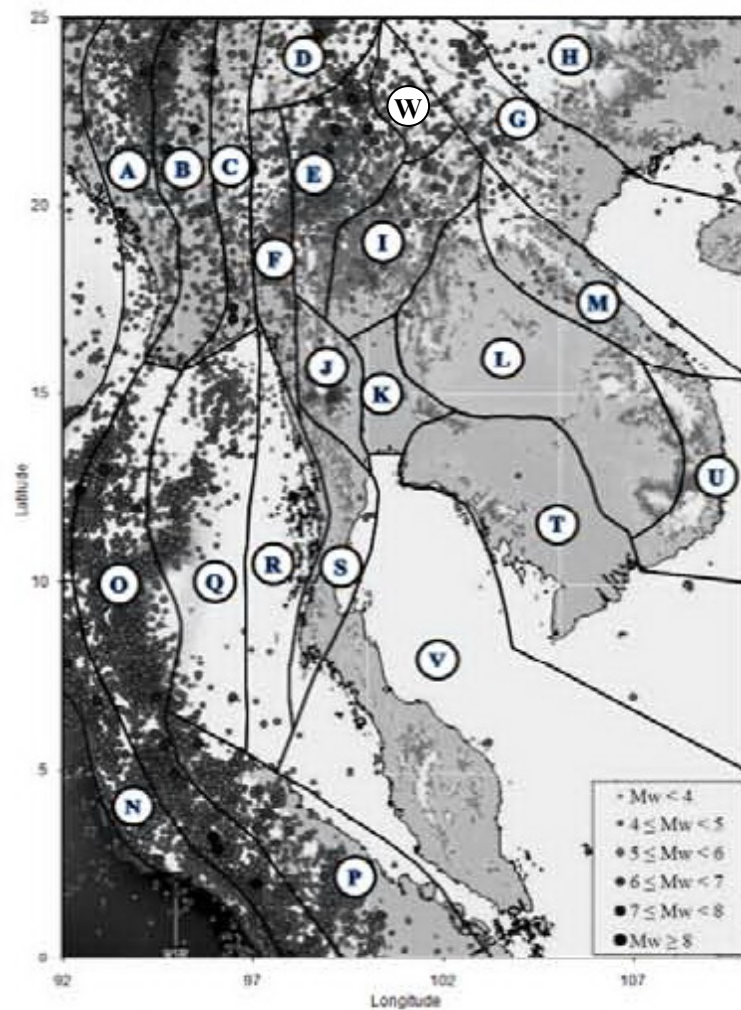


รูปที่ 2.5 การหาโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดตามขั้นตอนการวิเคราะห์แผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น

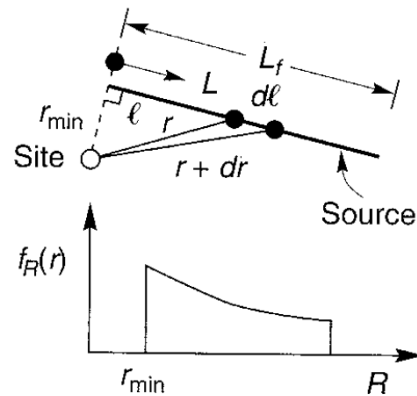
2.3.1 การบ่งชี้พื้นที่และลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

การบ่งชี้พื้นที่ลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (earthquake source characterization) จะต้องมีการเตรียมข้อมูลแผ่นดินไหวประกอบด้วย ขนาด, ความถี่ของการเกิด และพิสัย เมื่อได้รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวครบถ้วนให้ทำการแบ่งแยกข้อมูลแผ่นดินไหวออกในแต่ละโซนของ

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวและจำแนกข้อมูลแผ่นดินไหว เพื่อใช้ในการหาค่าความน่าจะเป็นของระยะทางจากที่ตั้งอาคารที่กำลังพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จากการพิจารณาระยะทางถึงตำแหน่งต่างๆ ในพื้นที่แหล่งกำเนิดได้ผลการวิเคราะห์อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, PDF) ของระยะทางในแต่ละโซนที่มีอิทธิพลต่อตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร จากรูปที่ 2.4 (STEP 1) ได้แสดงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวชนิดรอยเลื่อน (Source 1 และ Source 3) และแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวชนิดพื้นที่ (Source 2) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวชนิดพื้นที่เท่านั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวชนิดรอยเลื่อนซึ่งพิจารณาแหล่งกำเนิด 17 พื้นที่ ได้แก่ A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, M, N, O, P, Q, R และ W ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ตามการศึกษาของ Palasri และ Ruangrassamee (2010)



รูปที่ 2.6 แผนที่เขตกำเนิดแผ่นดินไหว (seismic source zones) ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Saithong และคณะ, 2004)



รูปที่ 2.7 การหาค่าความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว
(Kramer, 1996)

จากรูปที่ 2.7 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวในแหล่งกำเนิดช่วง l ถึง $l + dl$ จะมีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นที่ระยะ r ถึง $r + dr$

$$f_L(l)dl = f_R(r)dr \quad (2.6)$$

$$f_R(r) = f_L(l) \frac{dl}{dr} \quad (2.7)$$

$$l^2 = r^2 - r_{\min}^2 \quad (2.8)$$

$$f_R(r) = \frac{r}{L_f \sqrt{r^2 - r_{\min}^2}} \quad (2.9)$$

เมื่อ

$f_L(l)$ = ความน่าจะเป็นของระยะทางจากจุดที่เกิดแผ่นดินไหวถึงจุดบนแหล่งกำเนิดที่ไกลสถานีวัดที่สุด

$f_R(r)$ = ความน่าจะเป็นของระยะทางจากแหล่งกำเนิดที่จะเกิดแผ่นดินไหว

L_f = ความยาวของแหล่งกำเนิด

l = ระยะทางจากจุดที่เกิดแผ่นดินไหวถึงจุดบนแหล่งกำเนิดที่ไกลสถานีวัดที่สุด

r = ระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิด

2.3.2 การอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว

จากการจำแนกข้อมูลแผ่นดินไหวตามความรุนแรงและความถี่ในการเกิดแผ่นดินไหวแล้ว ทำการหาอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว (recurrence relationships) ที่นำเสนอโดย Gutenberg และ Richter (1944) ซึ่งได้แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดของแผ่นดินไหวดังสมการที่ 2.10 ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ a และ b ในแต่ละโซน จากข้อมูลที่ผ่านมาสังเกตได้ว่าแผ่นดินไหวขนาดใหญ่มีอัตราการเกิดต่ำหรือเป็นศูนย์ดังนั้น McGuire และ Arabasz (1990) จึงได้เสนอสมการที่ 2.11 แทน

การหาความสัมพันธ์ในการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวได้แบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้คือ วิธีแรกนำเสนอโดย Gutenberg และ Richter (1944) ส่วนอีกวิธีนำเสนอโดย McGuire และ Arabasz (1990)

2.3.2.1 Gutenberg -Richter (1944)

การหาความสัมพันธ์ในการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว (recurrence relationships) ในแต่ละเขตที่แบ่งไว้ โดย Gutenberg และ Richter (1944) ได้เสนอความสัมพันธ์คือ

$$\log \lambda_m = a - bm \quad (2.10)$$

เมื่อ

λ_m คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหว (mean of annual rates of exceedence) ที่มีขนาดเกินกว่า m ในโซนนั้นๆ

a และ b คือ ค่าคงที่ในสมการของ Gutenberg และ Richter (1944) ซึ่งมาจากข้อมูลทางสถิติของจำนวนครั้งที่เกิดแผ่นดินไหวในอดีต

m คือ ขนาดแผ่นดินไหว

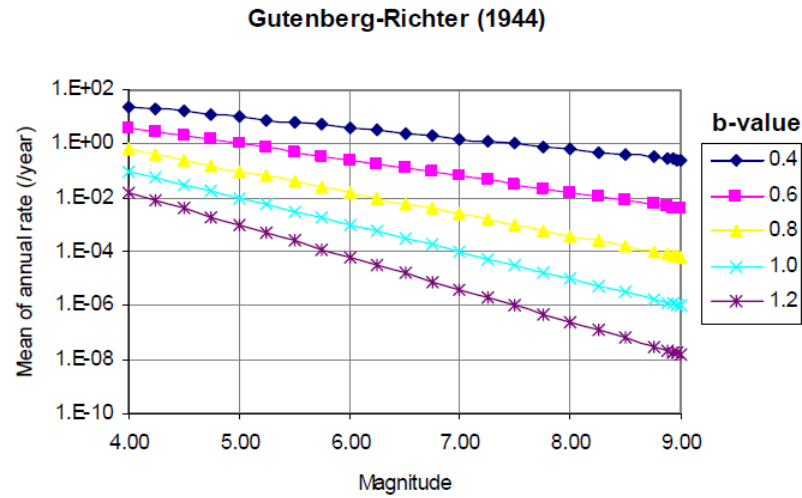
จากนั้นทำการหาค่าความน่าจะเป็นของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวดังนี้

$$\lambda_m = 10^{a-bm} = e^{\alpha-\beta m} \quad (2.11)$$

เมื่อ

$$\alpha = 2.303a \text{ และ } \beta = 2.303b \quad (2.12)$$

สามารถเขียนกราฟจากสมการที่ (2.11) ได้แสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดของแผ่นดินไหวตามสมการของ Gutenberg และ Richter (1944) โดยใช้ค่า a เท่ากับ 3 (จิตติ ปาลศรี, 2549)

ผลของความน่าจะเป็นตามกฎของ Gutenberg และ Richter (1944) สามารถจัดให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cumulative distribution function, CDF) เป็น

$$F_M(m) = P[M < m | M > m_0] = \frac{\lambda_{m_0} - \lambda_m}{\lambda_{m_0}} = 1 - e^{-\beta(m-m_0)} \quad (2.13)$$

ความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด m (probability density function, PDF) เป็น

$$f_M(m) = \frac{d}{dm} F_M(m) = \beta e^{-\beta(m-m_0)} \quad (2.14)$$

เมื่อ m_0 คือ ขนาดของแผ่นดินไหวมีค่าต่ำสุดที่พิจารณา

2.3.2.2 McGuire-Arabasz (1990)

หากกำหนดให้ขนาดแผ่นดินไหวมีค่าต่ำสุดเป็น m_0 อัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว (recurrence relationships) จะเป็นไปตามสมการของ McGuire และ Arabasz (1990) คือ

$$\lambda_m = \nu e^{-\beta(m-m_0)} \quad (2.15)$$

$$v = e^{(\alpha - \beta m_0)} \quad (2.16)$$

เมื่อ $m_0 < m$

λ_m คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหว (mean of annual rates of exceedence) ที่มีขนาดเกินกว่า m ในโซนนั้นๆ

v คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวทั้งหมด (ขนาดเกินกว่า ขนาดต่ำสุดที่พิจารณา) ในโซนนั้นๆ

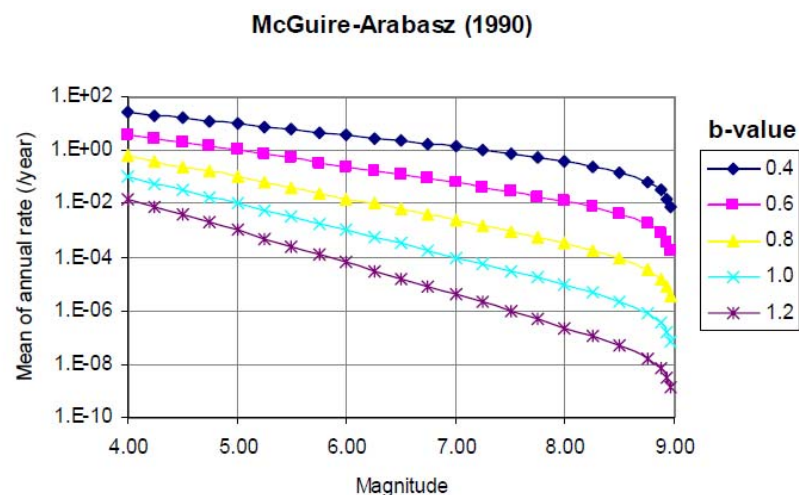
m_0 คือ ขนาดของแผ่นดินไหวมีค่าต่ำสุดที่พิจารณา

หรือหากกำหนดให้ขนาดแผ่นดินไหวมีค่าต่ำสุดเป็น m_0 และค่าสูงสุดเป็น m_{\max} อัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว (recurrence relationships) จะเป็นไปตามสมการของ McGuire และ Arabasz (1990) คือ

$$\lambda_m = v \frac{e^{-\beta(m-m_0)} - e^{-\beta(m_{\max}-m_0)}}{1 - e^{-\beta(m_{\max}-m_0)}} \quad (2.17)$$

เมื่อ $m_0 < m < m_{\max}$

สามารถเขียนกราฟจากสมการที่ (2.17) ได้แสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดของแผ่นดินไหวตามสมการของ McGuire และ Arabasz (1990) โดยใช้ค่า a เท่ากับ 3 (จิตติ पालศรี, 2549)

จากรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าจากสมการของ McGuire และ Arabasz (1990) จะมีการปรับโค้งให้ลู่ลงช่วงปลายที่มีขนาดของแผ่นดินไหวที่มีค่ามากให้ใกล้เคียงกับแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจริง

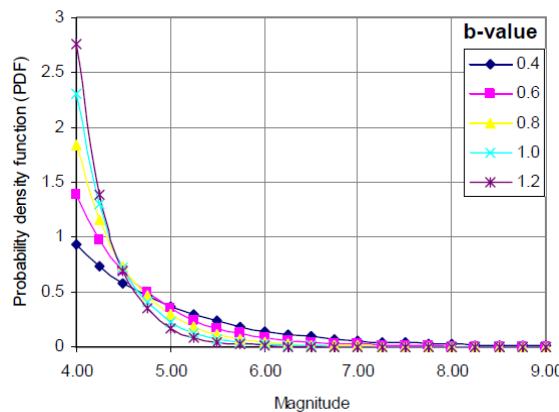
ผลของความน่าจะเป็นตามกฎของ McGuire และ Arabasz (1990) สามารถจัดให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (cumulative distribution function, CDF) เป็น

$$F_M(m) = P[M < m | m_0 \leq M \leq m_{\max}] = \frac{1 - e^{-\beta(m-m_0)}}{1 - e^{-\beta(m_{\max}-m_0)}} \quad (2.18)$$

ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด m (probability density function, PDF) เป็น

$$f_M(m) = \frac{\beta e^{-\beta(m-m_0)}}{1 - e^{-\beta(m_{\max}-m_0)}} \quad (2.19)$$

สามารถเขียนกราฟจากสมการที่ (2.19) ได้แสดงในรูปที่ 2.10

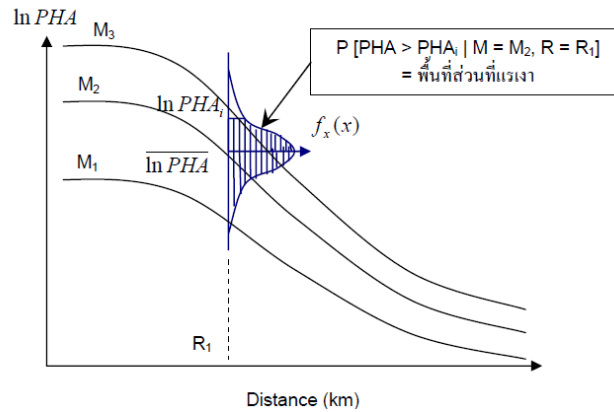


รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดของแผ่นดินไหวตามสมการของ McGuire และ Arabasz (1990) โดยพื้นที่ใต้กราฟมีค่าเท่ากับ 1 (จิตติ ปาลศรี, 2549)

2.3.3 การหาค่าความน่าจะเป็นของความเร่งในแนวราบสูงสุดจากแบบจำลองการลดทอน

การหาค่าความน่าจะเป็น (probability) ของความเร่งในแนวราบสูงสุด (peak horizontal acceleration, PHA) จากแบบจำลองการลดทอนของแผ่นดินไหว (attenuation model) ซึ่งในแต่ละแบบจำลองการลดทอนของแผ่นดินไหวจะแบ่งความคลาดเคลื่อนไว้ได้แสดงในรูปที่ 2.11 ดังนั้น

จึงต้องหาค่าความน่าจะเป็นตามวิธีการทางสถิติแบบการแจกแจงปกติ (normal distribution) เพื่อนำความน่าจะเป็นที่ได้ไปรวมกับกรณีต่างๆ



รูปที่ 2.11 การหาค่าความน่าจะเป็นเนื่องจากสมการลดทอนแผ่นดินไหวที่จะเกิดความเสี่ยงในแนวราบสูงสุดจากแผ่นดินไหวขนาด M₂ ที่ระยะทาง R₁ (จิตติ ปาลศรี, 2549)

ค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติ (normal distribution) ที่ตำแหน่ง $\ln x$ ของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\overline{\ln x}$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ σ_x หรือฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (probability density function, PDF) เป็นไปตามสมการ

$$f_x(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_x}\right)^2\right] \quad (2.20)$$

ความเสี่ยงในแนวราบสูงสุดของพื้นดินสามารถประมาณค่าได้จากแบบจำลองการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหว (Attenuation Model หรือ Ground Motion Prediction Equation, GMPE) ความเสี่ยงของพื้นดินมีความไม่แน่นอน โดยมักจะถูกสมมุติให้มีการแจกแจงแบบล็อกปกติ (Lognormal Distribution) ค่ามัธยฐานและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากสมการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหวจะถูกนำไปใช้หาความน่าจะเป็นที่ความเสี่ยงสูงสุดของพื้นดินจะมีค่าเกินระดับที่กำลังพิจารณาเมื่อกำหนดขนาดและระยะห่างของแผ่นดินไหว สำหรับแผ่นดินไหวในบริเวณเขตมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (Subduction Earthquakes) โชน A, N, O การศึกษานี้ได้ใช้สมการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหวของ Youngs และคณะ (1997) ส่วนแผ่นดินไหวตื้นในแผ่นเปลือกโลก (Shallow Crustal Earthquakes) โชน B, C, D, E, F, G, H, I, J, M, N, O, P, Q, R และ W ใช้สมการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหว 2 สมการประกอบด้วย 1) สมการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหวของ Idriss (1993) และ 2) สมการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997)

2.3.4 การหาผลรวมความน่าจะเป็นเพื่อหาโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินระดับที่กำลังพิจารณา

การหาค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินระดับที่กำลังพิจารณาโดยคำนึงถึงผลกระทบจากทุกๆ แหล่งกำเนิด จะต้องมีการหาผลรวมความน่าจะเป็นดังสมการที่ 2.21 ประกอบไปด้วยค่าความน่าจะเป็นของระยะทางจากที่ตั้งอาคารที่กำลังพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว $P[R = r_k]$, อัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว $v_i P[M = m_j]$ และค่าความน่าจะเป็นที่ความเร่งสูงสุดของพื้นดินจะมีค่าเกินระดับที่กำลังพิจารณาโดยใช้สมการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหว เมื่อกำหนดขนาดและระยะห่างของแผ่นดินไหว $P[Y > y^* | m_j, r_k]$

$$\lambda_{y^*} = \sum_{i=1}^{N_S} \sum_{j=1}^{N_M} \sum_{k=1}^{N_R} v_i P[Y > y^* | m_j, r_k] P[M = m_j] P[R = r_k] \quad (2.21)$$

เมื่อ

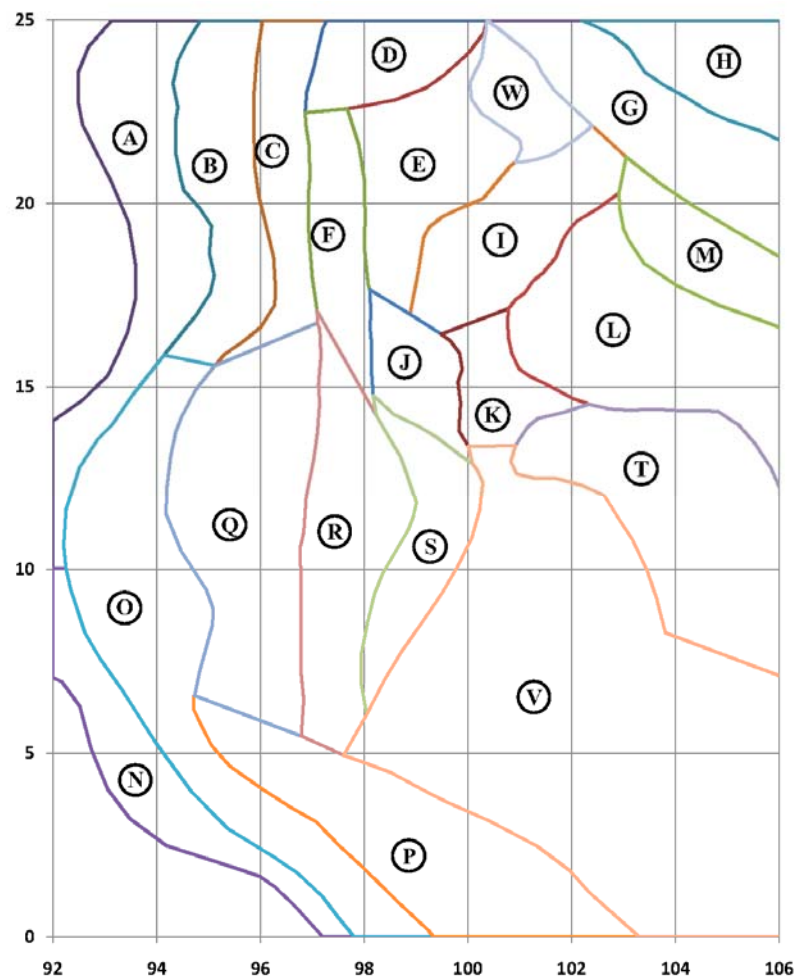
λ_{y^*} คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่ทำให้มีความรุนแรงเกินระดับที่กำลังพิจารณาโดยคำนึงถึงผลกระทบจากแหล่งกำเนิดบริเวณต่างๆ มีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อปี

2.3.5 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบริเวณผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

แผนที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบริเวณผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548) ได้จำแนกลักษณะของบริเวณแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (seismic source zones) ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดตั้งฐานไหวสะเทือน (seismotectonic) หรือข้อมูลการไหวสะเทือนของบริเวณการเกิดการไหวสะเทือน (seismogenic structure or zone) โดยปรับปรุงจากปัญญา จารุศิริ และคณะ (2543) และภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2548) สามารถแบ่งพื้นที่บริเวณแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูดตั้งแต่ 0 องศาเหนือ ถึง 25 องศาเหนือ ส่วนลองจิจูดตั้งแต่ 92 องศาตะวันออก ถึง 106 องศาตะวันออก ออกเป็น 24 บริเวณ จากสภาพทางธรณีวิทยาสามารถกำหนดชนิดของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ทำการวิเคราะห์ได้ 2 ชนิดคือ 1) บริเวณแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่เกิดจากรอยเลื่อนที่ยังมีการเคลื่อนตัวอยู่ (active tectonic regions) พบว่ามีค่าความลึกต่ำสุดของแผ่นดินไหวประมาณ 10 กิโลเมตร ได้แก่ โซน B, C, D, E, F, H, J, K,

L, N, O, P, U, V, W และ X 2) บริเวณแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่เกิดจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (subduction zones) พบว่ามีค่าความลึกต่ำสุดของแผ่นดินไหวประมาณ 33 กิโลเมตร ได้แก่ โซน A, M และ T

คุณลักษณะของเขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic Source Zones) ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลทางธรณีแปรสัณฐานไหวสะเทือน (Seismotectonic) หรือข้อมูลการไหวสะเทือนของบริเวณการเกิดการไหวสะเทือน (Seismogenic Structure or Zone) อ้างอิงตาม Saithong และคณะ (2004) โดยสามารถแบ่งพื้นที่บริเวณแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูดตั้งแต่ 0 องศาเหนือ ถึง 25 องศาเหนือ และลองจิจูดตั้งแต่ 92 องศาตะวันออก ถึง 106 องศาตะวันออก ออกเป็น 23 บริเวณ



รูปที่ 2.12 แผนที่เขตกำเนิดแผ่นดินไหวที่ใช้ในการศึกษาบริเวณพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

เนื่องจากข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มาจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้มีน้อยมากและไม่เพียงพอที่จะนำไปคำนวณหาอัตราการเกิดแผ่นดินไหว งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาตาม Palasri และ Ruangrassamee (2010) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็นโดยพิจารณาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเพียง 17 บริเวณ คือ โซน A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, M, N, O, P, Q, R, และ W ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยสมมุติว่าไม่มีเหตุการณ์แผ่นดินไหวในโซน K, L, S, T, U และ V เนื่องจากโซนดังกล่าวมีข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวน้อยหรือเป็นศูนย์

ตารางที่ 2.1 ผลการวิเคราะห์อัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวในแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Palasri และ Ruangrassamee, 2010)

แหล่งกำเนิด แผ่นดินไหว	ค่าคงที่ในสมการของ Gutenberg-Richter		ขนาดแผ่นดินไหว สูงสุดที่เคยเกิด
	a	b	
Zone A	6.111	1.148	7.2
Zone B	3.430	0.616	7.4
Zone C	3.177	0.700	7.7
Zone D	2.745	0.616	7.0
Zone E	2.927	0.582	7.5
Zone F	5.178	1.159	7.9
Zone G	3.629	0.805	6.6
Zone H	4.294	0.961	6.7
Zone I	4.032	0.923	7.5
Zone J	2.892	0.752	7.5
Zone M	3.387	0.883	6.7
Zone N	2.771	0.439	7.5
Zone O	4.953	0.784	9.0
Zone P	5.512	0.982	7.4
Zone Q	5.112	0.981	6.5
Zone R	3.548	0.906	5.6
Zone W	3.775	0.825	6.7

2.3.6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น

กรณีการวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็นสำหรับกรุงเทพมหานคร โซน J โดยวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสามารถแบ่งได้ 4 ขั้นตอนคือ 1) หาค่าความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิด 2) หาค่าความน่าจะเป็นของอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว 3) หาค่าความน่าจะเป็นที่จะได้ค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบจากสมการการลดทอนแผ่นดินไหว 4) รวมผลของความน่าจะเป็นเพื่อหาค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุด

2.3.6.1 หาค่าความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิด

จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย ได้ผลการวิเคราะห์หาฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (probability density function, PDF) ของระยะทางในแต่ละโซน

สำหรับโซน J จะได้ค่าความน่าจะเป็นของระยะทางที่มีระยะทางประมาณ 70.58 กิโลเมตร หรือ $P_j [70.58-5.39 < R < 70.58+5.39] = 0.010821$

2.3.6.2 หาค่าความน่าจะเป็นของอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว

เนื่องจากขนาดของแผ่นดินไหวขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ได้แก่ค่า a และ b ในสมการของ Gutenberg-Richter ดังนั้นในแผนที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเดียวกัน จะมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของขนาดแผ่นดินไหว ไม่ว่าจะวิเคราะห์จากจุดใดก็ตาม บนแผนที่เดียวกันจะมีค่าเท่ากันในโซนเดียวกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย ได้ผลการวิเคราะห์หาฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (probability density function, PDF) ของขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละโซน

สำหรับโซน J จะได้ค่าความน่าจะเป็นของขนาดแผ่นดินไหวที่มีขนาดประมาณ 4.175 หรือ $P_j [4.175-0.175 < M < 4.175+0.175] = 0.448661$

2.3.6.3 หาค่าความน่าจะเป็นที่จะได้ค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบจากสมการการลดทอนแผ่นดินไหว

ในส่วนนี้เป็นการหาความน่าจะเป็นเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของสมการการลดทอนแผ่นดินไหว ซึ่งมีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) โดยสามารถหาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบจากสมการการลดทอนแผ่นดินไหว สำหรับโซน J ที่เป็นแหล่งกำเนิดที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่แผ่นดินเปลือกโลกจะใช้สมการการลดทอนแผ่นดินไหวของ Idriss (1993) และ Sadigh และคณะ (1997) ในการคำนวณหาค่าความเร่งในแนวราบสูงสุด

ที่ระยะทาง 70.58 กิโลเมตร และแผ่นดินไหวขนาด 4.175 จะได้ ค่าความเร่งในแนวราบสูงสุด (peak horizontal acceleration, PHA) $\ln PHA = 1.1389$

เมื่อได้ค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดแล้วนำไปหาค่าความน่าจะเป็นที่จะได้ค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบ a มากกว่า 0.045g จากวิธีการแจกแจงปกติจะได้ $P_j [PHA > 0.045g | 4 < M < 4.35, 70.58-5.39 < R < 70.58+5.39] = 0.00001473$

$$z = \frac{\ln a - \ln PHA}{\sigma} = \frac{\ln(0.045 * 981) - (1.1389)}{0.8055} = 3.2881$$

$$\begin{aligned} P_j [PHA > 0.045g | 4 < M < 4.35, 65.19 < R < 75.97] &= P [z > 3.2881] \\ &= 1 - P [z < 3.2881] \\ &= 0.0005044 \end{aligned}$$

2.3.6.4 รวมผลของความน่าจะเป็นเพื่อหาค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุด

สำหรับโซน J โอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.045g โดยมีแผ่นดินไหวขนาด 4.175 ที่ระยะห่าง 70.58 กิโลเมตร $\lambda_{J0.045g} = 0.000001875$

$$\begin{aligned} \lambda_{J0.045g} &= \nu_j * P_j [PHA > 0.045g | 4 < M < 4.35, 65.19 < R < 75.97] * P_j [4 < M < 4.35] * \\ &P_j [65.19 < R < 75.97] \\ &= (0.76556) (0.0005044) (0.448661) (0.010821) = 0.000001875 \end{aligned}$$

2.4 การคูณปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวตาม มยผ.1302-52

การวิเคราะห์จะต้องใช้ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดิน (ground acceleration time histories) ที่เหมาะสมกระทำที่ฐานอาคารไม่น้อยกว่า 7 ชุด และวิเคราะห์หาการตอบสนองของอาคารต่อแผ่นดินไหวแต่ละชุด โดยการสั่นไหวของพื้นดินที่ใช้จะต้องสอดคล้องกับการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ

2.4.1 การวิเคราะห์แบบ 3 มิติ

ในการวิเคราะห์แบบ 3 มิติการสั่นไหวของพื้นดินที่ใช้ในการวิเคราะห์แต่ละชุดจะต้องประกอบด้วยคู่ของความเร่งของพื้นดินในแนวราบสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน ซึ่งบันทึกได้จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวเดียวกันที่สถานีเดียวกัน โดยจะต้องเลือกการสั่นไหวของพื้นดินจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาด กลไกของแหล่งกำเนิด ระยะห่างจากจุดกำเนิด และระดับความรุนแรงของการสั่นไหว สอดคล้องกับแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา

สำหรับแต่ละชุดข้อมูลการสั่นไหวของพื้นดินซึ่งประกอบด้วยความเร่งของพื้นดินในแนวราบสองทิศทาง ให้คำนวณสเปกตรัม SRSS ซึ่งเป็นค่ารากที่สองของผลรวมของค่ายกกำลังสอง (square root of sum of squares) ของสเปกตรัมการตอบสนองสำหรับสองทิศทางนั้น สำหรับอัตราส่วนความหน่วงเท่ากับ 5% ความเร่งของพื้นดินทั้งสองทิศทางในแต่ละชุดต้องถูกคูณปรับค่าด้วยค่าคงที่เดียวกัน โดยการคูณปรับค่าจะต้องทำให้ค่าเฉลี่ยของสเปกตรัม SRSS มีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมสำหรับออกแบบ ที่ทุกคาบการสั่นระหว่าง $0.2T$ ถึง $1.5T$ โดยที่ T คือ คาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้างในทิศทางที่ทำการวิเคราะห์

บทที่ 3

ข้อมูลแผ่นดินไหว

ข้อมูลการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการศึกษานี้ได้อ้างอิงเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากแฟ้มข้อมูลฮาร์วาร์ด (Harvard Central Moment Tensor Catalog) โดยการรวบรวมข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวนั้นจำเป็นต้องทราบวัน เวลา ตำแหน่งและขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหว เพื่อที่จะได้รวบรวมข้อมูลจากสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ตามเหตุการณ์ที่ได้อ้างอิงจากแฟ้มข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่ตรวจวัดได้โดยระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 และระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 2

3.1 ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา

กรมอุตุนิยมวิทยามีระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวในประเทศไทยได้แก่ ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 และระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 2 โดยมีการแสดงรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นตาม วิชาญ หัตถา (2551)

3.1.1 ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1

ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 มีทั้งหมด 15 สถานีหลัก โดยทำการติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วของพื้นดินแบบคาบสั้น (short period) 8 สถานี แบบช่วงความถี่กว้าง (boardband) 7 สถานี และติดตั้งเครื่องมือวัดความเร่งของพื้นดินคู่กับเครื่องมือวัดความเร็ว 15 สถานี นอกจากการติดตั้งสถานีหลักนี้ยังได้ทำการติดตั้งสถานีย่อยตรวจวัดเฉพาะความเร่งของพื้นดิน 6 สถานี

3.1.2 ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 2

ระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 2 มีทั้งหมด 25 สถานีหลัก โดยทำการติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วของพื้นดินแบบคาบสั้น (short period) 15 สถานี แบบช่วงความถี่กว้าง (boardband) 10 สถานี และติดตั้งเครื่องมือวัดความเร่งของพื้นดินคู่กับเครื่องมือวัด



ความเร็ว 15 สถานี นอกจากการติดตั้งสถานีหลักนี้ยังได้ทำการติดตั้งสถานีย่อยตรวจวัดเฉพาะความเร่งของพื้นดิน 16 สถานี, สถานีตรวจวัดการเคลื่อนที่ของเปลือกโลก (global positioning system, GPS) 4 สถานี, สถานีตรวจวัดระดับน้ำทะเล (tide gauge) 9 สถานี และสถานีหลุมเจาะ (borehole) 2 สถานี

3.2 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว

การรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวได้อ้างอิงเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากแฟ้มข้อมูลฮาร์วาร์ด (Harvard Central Moment Tensor Catalog) โดยการรวบรวมข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวนั้นจำเป็นต้องทราบวัน เวลา ตำแหน่งและขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหว เพื่อที่จะได้รวบรวมข้อมูลจากสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ตามเหตุการณ์ที่ได้อ้างอิงจากแฟ้มข้อมูล เริ่มต้นด้วยการค้นหารายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวโดยพิจารณาเวลาการเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวได้กำหนดช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Harvard CMT Catalog ตามขอบเขตของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณาแล้วนำข้อมูลที่ค้นหาได้ไปรวบรวมข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลและการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

3.2.1 รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหว

การสืบค้นจาก www.globalcmt.org ได้แสดงถึงรายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นตามขอบเขตของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณาซึ่งข้อมูลในรายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวประกอบด้วยเวลาและสถานที่เกิดแผ่นดินไหว, ขนาดของแผ่นดินไหว (moment magnitude, M_w), จุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicenter), ความลึกศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (focal depth), กลไกการเคลื่อน (faulting mechanism) ของแผ่นเปลือกโลก

Global CMT Catalog		
Search criteria:		
Start date: 2008/5/31 End date: 2011/8/26		
0 <=lat<= 25 90 <=lon<= 110		
0 <=depth<= 1000 -9999 <=time shift<= 9999		
0 <=mb<= 10 0<=Ms<= 10 4<=Mw<= 10		
0 <=tension plunge<= 90 0 <=null plunge<= 90		
Results		
200806031015A NORTHERN SUMATRA, INDONE		
Date: 2008/ 6/ 3 Centroid Time: 10:15:53.0 GMT		
Lat= 0.10 Lon= 97.53		
Depth= 31.0 Half duration= 1.1		
Centroid time minus hypocenter time: 2.1		
Moment Tensor: Expo=24 0.722 -0.450 -0.272 0.638 -0.467 0.525		
Mw = 5.3 mb = 5.1 Ms = 0.0 Scalar Moment = 1.13e+24		
Fault plane: strike=315 dip=23 slip=97		
Fault plane: strike=127 dip=67 slip=87		
200806131613A NORTHERN SUMATRA, INDONE		
Date: 2008/ 6/13 Centroid Time: 16:13:25.1 GMT		
Lat= 0.37 Lon= 97.28		
Depth= 38.8 Half duration= 0.9		
Centroid time minus hypocenter time: 0.5		
Moment Tensor: Expo=23 4.020 -3.100 -0.918 2.980 -2.780 3.520		
Mw = 5.1 mb = 5.0 Ms = 0.0 Scalar Moment = 6.35e+23		
Fault plane: strike=297 dip=26 slip=76		

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างรายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวในฐานข้อมูล Harvard CMT Catalog

3.2.2 ขอบเขตของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณา

รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวเป็นข้อมูลที่ได้มามีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการค้นหาเพื่อที่จะแสดงรายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลของ Harvard CMT Catalog โดยมีการกำหนดขอบเขตของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ต้องการพิจารณาเพื่อใช้ในการค้นหาข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวซึ่งประกอบด้วยเวลาการเกิดแผ่นดินไหวได้กำหนดตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 ที่มีการกำหนดขนาดของแผ่นดินไหว (moment magnitude, M_w) มากกว่า 4 ถึง 10 และกำหนดขอบเขตพิภคฉาก ละติจูดที่ 0 ถึง 25 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 90 ถึง 110 องศาตะวันออก ได้แสดงในรูปที่ 3.2

การเข้าฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตของเหตุการณ์แผ่นดินไหวได้มาจากการสืบค้นระบบออนไลน์จาก www.globalcmt.org/CMTsearch.html ก็คือหน้าที่แสดงเพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตของเหตุการณ์แผ่นดินไหวเป็นอันดับแรกก่อนที่จะได้พบกับหน้าที่แสดงรายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลของ Harvard CMT Catalog



 **Global CMT Catalog Search**

Search form

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

Date constraints: catalog starts in 1976 and goes through present
There are several methods to choose date ranges--use the radio buttons to select which method you want to use

Starting Date:			Ending Date:		
<input checked="" type="radio"/> Year: 2008	Month: 5	Day: 31	<input checked="" type="radio"/> Year: 2011	Month: 8	Day: 26
<input type="radio"/> Year: 1976	Julian Day: 1		<input type="radio"/> Year: 1976	Julian Day: 1	
			<input type="radio"/> Number of days: 1	Including starting day	

Magnitude constraints: catalog includes moderate to large earthquakes only
(see [note on calculation of magnitudes](#))

Moment magnitude: 4 <= Mw <= 10

Surface wave magnitude: 0 <= Ms <= 10

Body wave magnitude: 0 <= mb <= 10

Location constraints:

Latitude: (degrees) from 0 to 25 Must be between -90 and 90

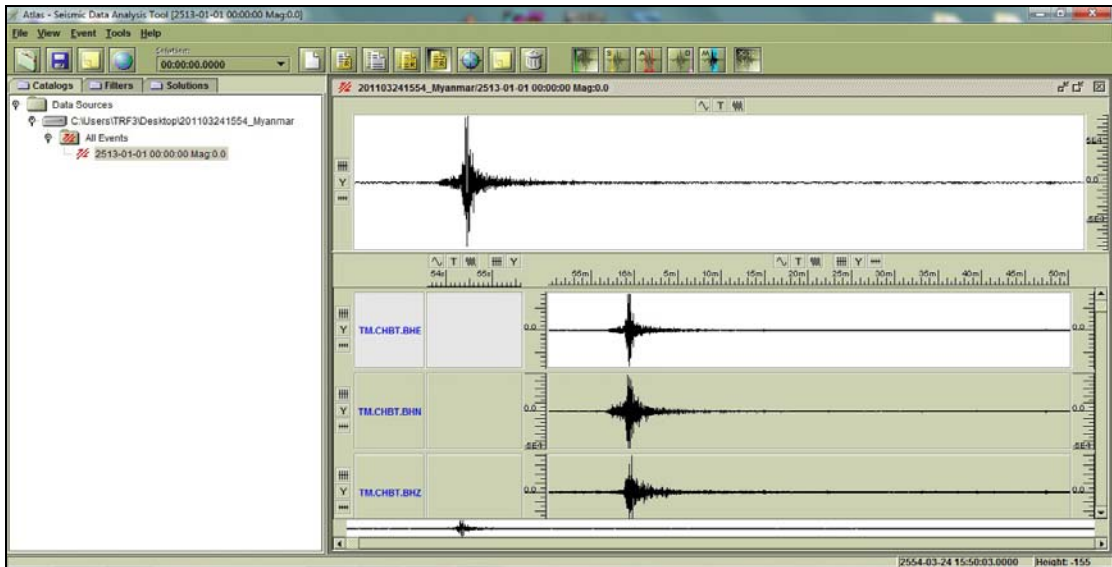
Longitude: (degrees) from 90 to 110 Must be between -180 and 180

Depth: (kilometers) from 0 to 1000

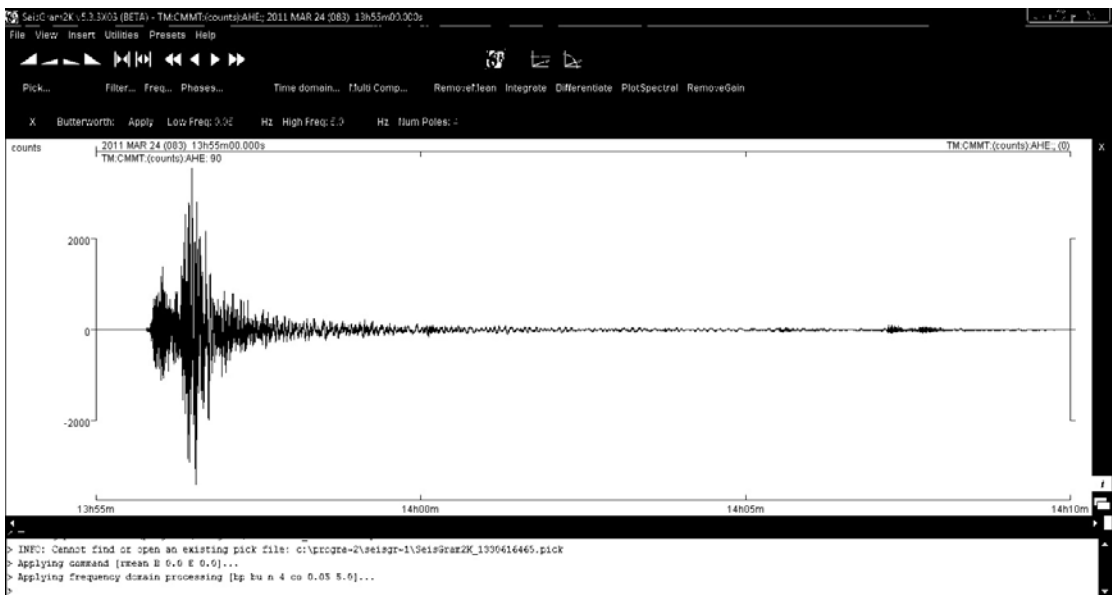
รูปที่ 3.2 การค้นหาข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวในฐานข้อมูล Harvard CMT Catalog

3.2.3 กระบวนการแปลงข้อมูล

ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่ตรวจวัดได้โดยสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวแบบดิจิทัลระบบใหม่ระยะที่ 1 และ ระบบใหม่ระยะที่ 2 วิธีการรวบรวมข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินสามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้โดยตรงผ่านทางสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ซึ่งข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดิน (ground motion time history data) ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว สำหรับข้อมูลที่รวบรวมได้จากระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 โดยชนิดของแฟ้มข้อมูลจะเป็น SEED format ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลได้โดยใช้โปรแกรม Atlas Seismic Data Analysis Tool Version 1.2.7 ได้แสดงในรูปที่ 3.3 แต่จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงชนิดของข้อมูลได้ จึงจำเป็นต้องทำการเปลี่ยนแปลงชนิดข้อมูลให้เป็น SAC format เพื่อความสะดวกในการแสดงข้อมูลและสามารถเปลี่ยนแปลงชนิดข้อมูลให้เป็น SG2K-ASCII format ได้โดยใช้โปรแกรม SeisGram2K ได้แสดงในรูปที่ 3.4 สำหรับข้อมูลที่รวบรวมได้จากระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 2 โดยเก็บข้อมูลแบบ Real time สามารถทำให้อยู่ในรูปชนิดของแฟ้มข้อมูล SUD format ได้โดยใช้โปรแกรม Smartextract และทำการเปลี่ยนแปลงชนิดข้อมูลให้เป็น SAC format และ ASCII format ได้ด้วยโปรแกรม Seisplus



รูปที่ 3.3 ข้อมูลในระบบเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 โดยโปรแกรม Atlas



รูปที่ 3.4 ข้อมูลในระบบเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 โดยโปรแกรม SeisGram2K

หลังจากทำการแปลงชนิดข้อมูลให้เป็น ASCII format ของระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 และระบบเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 2 แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดิน

3.2.4 การปรับแก้เส้นฐานและการกรองสัญญาณรบกวนของคลื่นแผ่นดินไหว

การปรับแก้เส้นฐานของข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินมีความจำเป็นในกระบวนการสร้างฐานข้อมูลเนื่องจากข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวมีทั้งค่าบวกและค่าลบซึ่งเส้นฐานของข้อมูลอาจจะไม่ได้อยู่ที่พิกัดศูนย์ โดยความเร็วของพื้นดินและการกระจัดของพื้นดินที่ได้จากการหาปริพันธ์ความเร่งของพื้นดินจะไม่แกว่งรอบแกนศูนย์ ซึ่งถ้าไม่มีการปรับแก้เส้นฐานข้อมูลที่นำมาใช้ในกระบวนการสร้างฐานข้อมูลอาจมีความไม่ถูกต้อง

การกรองสัญญาณรบกวนของคลื่นแผ่นดินไหวได้ใช้วิธี Butterworth filter ซึ่งอันดับของวิธี Butterworth filter ได้ใช้อันดับที่ 4 ตามกระบวนการของ United States Geological Survey (USGS) ซึ่งความถี่ที่เหมาะสมในการกรองสัญญาณรบกวนของแผ่นดินไหวได้อ้างอิงจากการศึกษาของ Charoenyuth (2007) ซึ่งการกรองสัญญาณรบกวนของคลื่นแผ่นดินไหวดังกล่าวได้ใช้ข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว 3 เหตุการณ์พิจารณาหาความถี่ที่เหมาะสมในการกรองสัญญาณรบกวน โดยการศึกษาชั้นได้สรุปไว้ว่า ถ้าระยะทางจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวถึงจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicenter) มากกว่า 1,000 กิโลเมตร และค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (peak ground acceleration, PGA) มีค่าน้อยกว่า 0.0003g ให้กรองสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำผ่าน (low pass) ที่ 10 เฮิรตซ์ (0.1 วินาที) และการกรองความถี่สูงผ่านให้กรองความถี่สูงผ่าน (high pass) ที่ 0.01 เฮิรตซ์ (100 วินาที) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ปรับค่าใช้ค่าการกรองความถี่สูงผ่านให้กรองความถี่สูงผ่าน (high pass) ที่ 0.02 เฮิรตซ์ (50 วินาที)

3.2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการสร้างฐานข้อมูล

ในการประมวลผลข้อมูลเพื่อสร้างฐานข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวจำเป็นต้องหาค่าพารามิเตอร์ดังนี้เช่น ค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (peak ground acceleration, PGA), ขนาดโมเมนต์ (moment magnitude), ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงสถานี (site-to-source distance) และประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานี (site category) ซึ่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้สามารถบ่งบอกถึงระดับความรุนแรงและระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงสถานีตรวจวัดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวรวมถึงประเภทชั้นดินของที่ตั้งสถานีตรวจวัด

3.2.5.1 ความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (peak ground acceleration, PGA)

การประมาณค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดินในแนวราบโดยใช้แบบจำลองการลดทอนค่าที่ได้ จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่บันทึกได้จริงซึ่งที่สถานีหนึ่งๆ จะบันทึกได้สองทิศทางในแนวราบ จึงพิจารณาค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต (geometric mean) ของสองทิศทาง ซึ่งเท่ากับรากที่สองของผลคูณของความเร่งสูงสุดของพื้นดินในสองทิศทางนั้น

3.2.5.2 ขนาดโมเมนต์ (moment magnitude, M_w)

ขนาดโมเมนต์เป็นมาตรวัดขนาดของแผ่นดินไหวชนิดหนึ่งสามารถวัดขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงมากๆ ได้ โดยไม่เกิดสภาวะอิ่มตัว (magnitude saturation) ซึ่งเป็นปัญหาของมาตรวัดขนาดของแผ่นดินไหวชนิดอื่นที่ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่มากๆ ได้ โดยขนาดโมเมนต์จะเป็นขนาดที่เกี่ยวข้องกับพลังงานศักย์ที่ปลดปล่อยออกมาเป็นพลังงานจลน์ซึ่งขึ้นอยู่กับพื้นที่การแตกร้าวของรอยเลื่อนและระยะการเลื่อนของแผ่นเปลือกโลกและค่าโมดูลัสการเฉือนของหินที่รอยเลื่อนไปถลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแต่ละครั้ง

3.2.5.3 ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงสถานี (site-to-source distance)

ระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงสถานีตรวจวัดเป็นระยะทางจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicentral distance) ซึ่งหมายถึงระยะทางที่สั้นที่สุดตามผิวโค้งของโลกที่ระดับน้ำทะเลระหว่างจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicenter) กับสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว ซึ่งในการคำนวณระยะทางจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวได้ใช้สูตรระยะทางของวงกลมใหญ่ (great circle distance formula)

3.2.5.4 ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานี (site category)

การแบ่งประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวควรใช้ข้อมูลเจาะสำรวจชั้นดิน ณ ที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลดังกล่าวจึงใช้ข้อมูลการขุดเจาะสำรวจชั้นดินในบริเวณใกล้เคียงแทนที่ โดยเป็นข้อมูลการขุดเจาะสำรวจชั้นดินของแต่ละสถานีซึ่งข้อมูลการขุดเจาะสำรวจชั้นดินได้จากเว็บไซต์ของกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย มีข้อมูลเจาะ

สำรวจชั้นดินทั่วประเทศไทย ได้แบ่งประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวออกเป็นสองประเภทคือ สถานีที่ตั้งอยู่บนหิน (rock site) และสถานีที่ตั้งอยู่บนดิน (soil site)

ตารางที่ 3.1 การแบ่งประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตามเกณฑ์ของ International Building Code (2003)

Site Class	Soil Type	Average Shear Wave Velocity (m/s)
A	หินแข็ง	$\bar{V}_{S,30} > 1,500$
B	หิน	$760 < \bar{V}_{S,30} \leq 1,500$
C	ดินแน่นมากและหินผุ	$360 < \bar{V}_{S,30} \leq 760$
D	ดินแข็ง	$180 < \bar{V}_{S,30} \leq 360$
E	ดินอ่อน	$\bar{V}_{S,30} < 180$

ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีและค่าความเร็วคลื่นเฉือนเฉลี่ย (average shear wave velocity, $\bar{V}_{S,30}$) ของสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวในระบบเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบใหม่ระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ได้อ้างอิงตาม วิทยุ หัตถา (2551) ซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.2, 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.2 ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลักระบบใหม่ระยะที่ 1

Code	Station	Soil Type	Site Class	Average Shear Wave Velocity (m/s)
Soil Site ($\bar{V}_{S,30} \leq 360$)				
KRDT	นครราชสีมา	ดินแข็ง	D	348
SKNT	สกลนคร	ดินแข็ง	D	254
PBKT	เพชรบูรณ์	ดินแข็ง	D	245
UBPT	อุบลราชธานี	ดินแข็ง	D	294
MHMT	แม่สะเรียง	ดินแข็ง	D	330
SURT	สุราษฎร์ธานี	ดินแข็ง	D	290
TRTT	ตรัง	ดินแข็ง	D	340
PKDT	ภูเก็ต	ดินแข็ง	D	215
SKLT	สงขลา	ดินแข็ง	D	340

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลักระบบใหม่ระยะที่ 1

Code	Station	Soil Type	Site Class	Average Shear Wave Velocity (m/s)
Rock Site ($\bar{V}_{s,30} > 360$)				
KHLT	เขื่อนเขาแหลม	หินผุ	C	387
SRDT	กาญจนบุรี	หินผุ	C	387
CHBT	จันทบุรี	หินผุ	C	487
CMMT	เชียงใหม่	หิน	-	-
MHIT	แม่ฮ่องสอน	หินผุ	C	379
RNTT	ระนอง	หินผุ	C	417

ตารางที่ 3.3 ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดเฉพาะความเร่งของพื้นดินระบบใหม่ระยะที่ 1

Code	Station	Soil Type	Site Class	Average Shear Wave Velocity (m/s)
Soil Site ($\bar{V}_{s,30} \leq 360$)				
BKKA	สถานีกรมอุตุฯ วิทยาลัยนาฏศิลป์ บางนา	ดินอ่อน	E	139
SPBA	สถานีอุตุฯ วิทยาลัยนาฏศิลป์ สุพรรณบุรี	ดินแข็ง	D	291
CHLA	สถานีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ดินอ่อน	E	160
PTNA	สถานีอุตุฯ วิทยาลัยนาฏศิลป์ ปทุมธานี	ดินอ่อน	E	161
Rock Site ($\bar{V}_{s,30} > 360$)				
KCBA	สถานีอุตุฯ วิทยาลัยนาฏศิลป์ กาญจนบุรี	หินผุ	C	368
CMCA	ศูนย์อุตุฯ วิทยาลัยนาฏศิลป์ ภาคเหนือ	หินผุ	C	392

ตารางที่ 3.4 ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลักระบบใหม่ระยะที่ 2

Code	Station	Soil Type	Site Class	Average Shear Wave Velocity (m/s)
Soil Site ($\bar{V}_{S,30} \leq 360$)				
PHIT	เขื่อนแควน้อย จ.พิษณุโลก	ดินแข็ง	D	254
SUKH	อ่างเก็บน้ำห้วยท่าแพร์ จ.สุโขทัย	ดินแข็ง	D	321
UTTA	เขื่อนสิริกิติ์ จ.อุตรดิตถ์	ดินแข็ง	D	278
LAMP	เขื่อนกั้วลม จ.ลำปาง	ดินแข็ง	D	321
PAYA	อ่างเก็บน้ำแม่ปืม จ.พะเยา	ดินแข็ง	D	327
UMPA	สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี	ดินแข็ง	D	307
UTHA	เขื่อนทับเสลา จ.อุทัยธานี	ดินแข็ง	D	249
PATY	สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จ.ธนบุรี	ดินแข็ง	D	300
CHAI	อ่างเก็บน้ำช่อระกา จ.ชัยภูมิ	ดินแข็ง	D	338
KHON	สถานีอากาศเกษตรท่าพระ	ดินแข็ง	D	281
SURI	อ่างเก็บน้ำอำป้อม จ.สุรินทร์	ดินแข็ง	D	312
CMAI	สถานีอุตุวิทยามหาวิทยาลัยขอนแก่น	ดินแข็ง	D	351
SRIT	อ่างเก็บน้ำคลองดินแดง	ดินแข็ง	D	270
SURA	ฝายเก็บน้ำท่าทอง	ดินแข็ง	D	254
NONG	อ่างเก็บน้ำห้วยเปลวเหนือ	ดินแข็ง	D	266
PANO	อ่างเก็บน้ำห้วยแคน จ.นครพนม	ดินแข็ง	D	296
NAYO	อ่างเก็บน้ำคลองท่าด่าน	ดินแข็ง	D	258
LOEI	อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำหนาม จ.เลย	ดินแข็ง	D	355
Rock Site ($\bar{V}_{S,30} > 360$)				
NAN	ฝายน้ำกอน จ.น่าน	หินผุ	C	454
PHET	อ่างเก็บน้ำแก่งกระจาน	หินผุ	C	382
SRAK	อ่างเก็บน้ำห้วยยาง จ.สระแก้ว	หินผุ	C	395
KRAB	อ่างเก็บน้ำบางก่าปรี๊ด จ.กระบี่	หินผุ	C	540
PHRA	อ่างเก็บน้ำสอง จ.แพร่	หินผุ	C	362
CRAI	อ่างเก็บน้ำห้วยช้าง จ.เชียงราย	หินผุ	C	387

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) ประเภทชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลักระบบใหม่ระยะที่ 2

Code	Station	Soil Type	Site Class	Average Shear Wave Velocity (m/s)
Rock Site ($\bar{V}_{s,30} > 360$)				
KRAB	อ่างเก็บน้ำบางก่าปรีด จ.กระบี่	หินผุ	C	540
PHRA	อ่างเก็บน้ำสอง จ.แพร่	หินผุ	C	362
CRAI	อ่างเก็บน้ำห้วยช้าง จ.เชียงราย	หินผุ	C	387
PRAC	เขื่อนปราณบุรี	หินผุ	C	527

3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินโดยใช้โปรแกรม Matlab

ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่รวบรวมมาได้จากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา สามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลการหาค่าประมาณค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดินและสร้างสเปกตรัมการตอบสนองในแต่ละเหตุการณ์แผ่นดินไหวตามสถานีตรวจวัดต่างๆ ได้โดยใช้โปรแกรม Matlab ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดิน ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินประกอบด้วย การปรับแก้เส้นฐานข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหว, การกรองสัญญาณรบกวนโดยใช้ bandpass, การหาค่าความเร่ง, การหาค่าความเร็ว, การหาค่าการกระจัดและการสร้างสเปกตรัมการตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหว ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินตามเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวคือการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินจากเครื่องมือวัดความเร่ง และการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินจากเครื่องมือวัดความเร็ว ซึ่งข้อมูลการเคลื่อนไหวที่บันทึกอัตราเร่งและอัตราเร็วของพื้นดินขณะเกิดแผ่นดินไหวจากเครื่องมือวัดความเร่งและเครื่องมือวัดความเร็วตามลำดับอยู่ในรูปแบบตัวเลขเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขต้องผ่านการแปลงชนิดข้อมูลให้เป็น ASCII format เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ในโปรแกรม Matlab ได้

3.2.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินจากเครื่องมือวัดความเร่ง

นำข้อมูลการเคลื่อนไหวที่บันทึกอัตราเร่งของพื้นดินขณะเกิดแผ่นดินไหวจากเครื่องมือวัดความเร่งที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดิน โดยใช้โปรแกรม Matlab ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทำการกรองสัญญาณรบกวนออกด้วยตัวกรองสัญญาณรบกวนของ

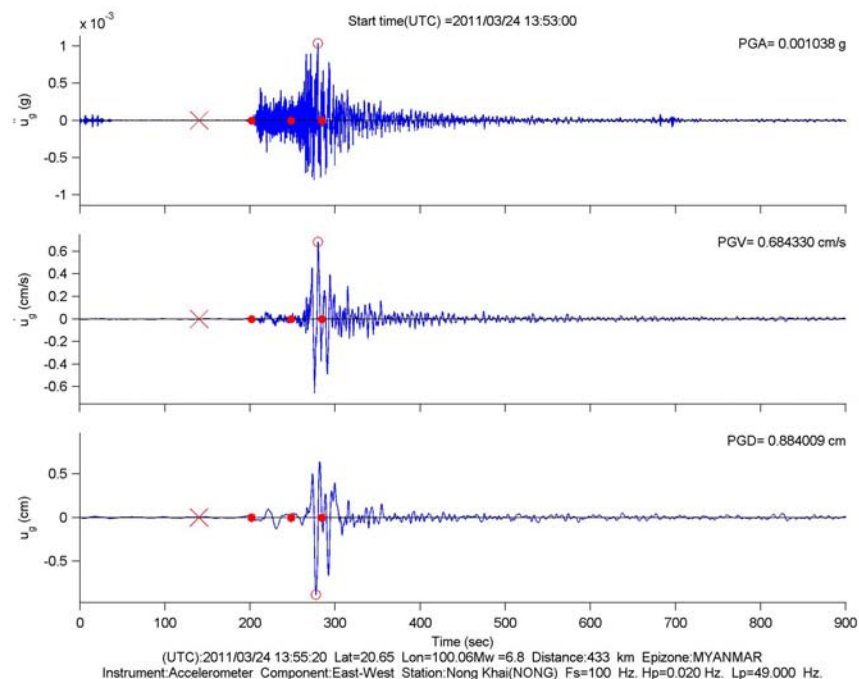
คลื่นแผ่นดินไหวได้ใช้วิธี Butterworth filter ซึ่งอันดับของวิธี Butterworth filter ได้ใช้อันดับที่ 4 ในกรณีที่อยู่ระยะทางจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวถึงจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicenter) มากกว่า 1,000 กิโลเมตร และค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (peak ground acceleration, PGA) มีค่าน้อยกว่า $0.0003g$ ให้กรองสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำผ่าน (low pass) ที่ 10 เฮิรตซ์ (0.1 วินาที) และการกรองความถี่สูงผ่านให้กรองความถี่สูงผ่าน (high pass) ที่ 0.02 เฮิรตซ์ (50 วินาที) ถ้าไม่อยู่ในกรณีนี้ให้กรองสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำผ่าน (low pass) ที่ $F_s/2$ โดยที่ F_s มีค่าเท่ากับค่าความถี่ในการบันทึกข้อมูลมีหน่วยเป็นจำนวนข้อมูลต่อวินาที (sampling frequency) และกรองสัญญาณรบกวนความถี่สูงผ่าน (high pass) ที่ 0.02 เฮิรตซ์ (50 วินาที), ปรับแก้เส้นฐานของข้อมูลประวัติความเร่งของพื้นดินโดยหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลประวัติความเร่งของพื้นดิน, หาปริพันธ์ของข้อมูลประวัติความเร่งของพื้นดินได้ข้อมูลประวัติความเร็วของพื้นดิน, ปรับแก้เส้นฐานของข้อมูลประวัติความเร็วของพื้นดินโดยหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลประวัติความเร็วของพื้นดิน, หาปริพันธ์ของข้อมูลประวัติความเร็วของพื้นดินได้ข้อมูลประวัติการกระจัดของพื้นดิน, กรองสัญญาณรบกวนออกอีกครั้งด้วยตัวกรองสัญญาณรบกวนของคลื่นแผ่นดินไหวด้วยวิธี Butterworth filter ได้ใช้อันดับที่ 4 และปรับแก้เส้นฐานของข้อมูลประวัติการกระจัดของพื้นดิน โดยหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลประวัติการกระจัดของพื้นดิน

3.2.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินจากเครื่องมือวัดความเร็ว

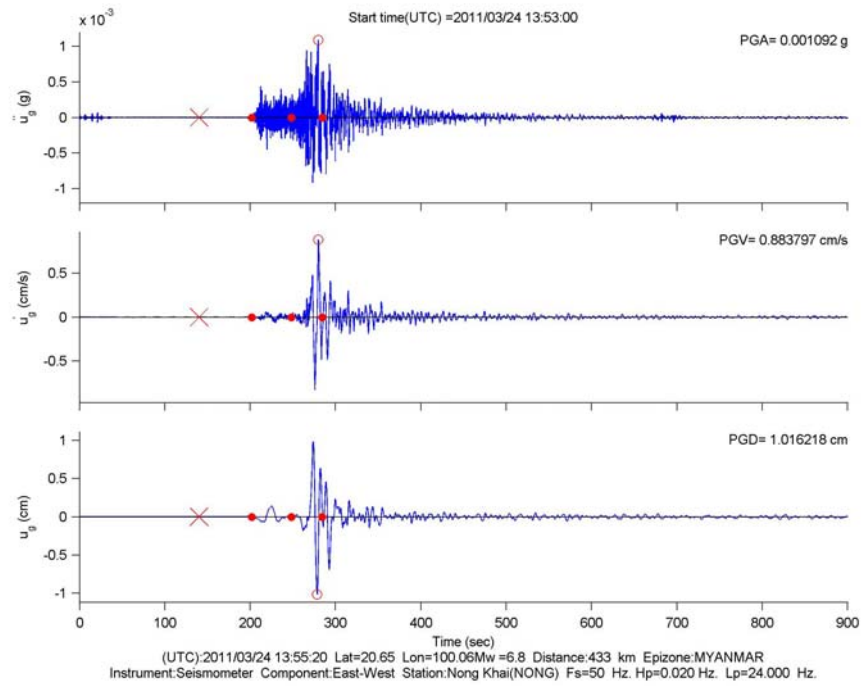
นำข้อมูลการเคลื่อนไหวที่บันทึกอัตราเร็วของพื้นดินขณะเกิดแผ่นดินไหวจากเครื่องมือวัดความเร็วที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินโดยใช้โปรแกรม Matlab ซึ่งกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทำการกรองสัญญาณรบกวนออกด้วยตัวกรองสัญญาณรบกวนของคลื่นแผ่นดินไหวได้ใช้วิธี Butterworth filter ซึ่งอันดับของวิธี Butterworth filter ได้ใช้อันดับที่ 4 ในกรณีที่อยู่ระยะทางจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวถึงจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicenter) มากกว่า 1,000 กิโลเมตร และค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (peak ground acceleration, PGA) มีค่าน้อยกว่า $0.0003g$ ให้กรองสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำผ่าน (low pass) ที่ 10 เฮิรตซ์ (0.1 วินาที) และการกรองความถี่สูงผ่านให้กรองความถี่สูงผ่าน (high pass) ที่ 0.02 เฮิรตซ์ (50 วินาที) ถ้าไม่อยู่ในกรณีนี้ให้กรองสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำผ่าน (low pass) ที่ $F_s/2$ โดยที่ F_s มีค่าเท่ากับค่าความถี่ในการบันทึกข้อมูลมีหน่วยเป็นจำนวนข้อมูลต่อวินาที (sampling frequency) และกรองสัญญาณรบกวนความถี่สูงผ่าน (high pass) ที่ 0.02 เฮิรตซ์ (50 วินาที), ปรับแก้เส้นฐานของข้อมูลประวัติความเร็วของพื้นดินโดยหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลประวัติความเร็วของพื้นดิน, หาอนุพันธ์ของข้อมูล

ประวัติความเร็วของพื้นดิน ได้ข้อมูลประวัติความเร่งของพื้นดิน, ปรับแก้เส้นฐานของข้อมูลประวัติความเร่งของพื้นดินโดยห้กลับค่าเฉลี่ยของข้อมูลประวัติความเร่งของพื้นดิน, หาปริพันธ์ของข้อมูลประวัติความเร่งของพื้นดินได้ข้อมูลประวัติการกระจัดของพื้นดิน และปรับแก้เส้นฐานของข้อมูลประวัติการกระจัดของพื้นดิน โดยห้กลับค่าเฉลี่ยของข้อมูลประวัติการกระจัดของพื้นดิน

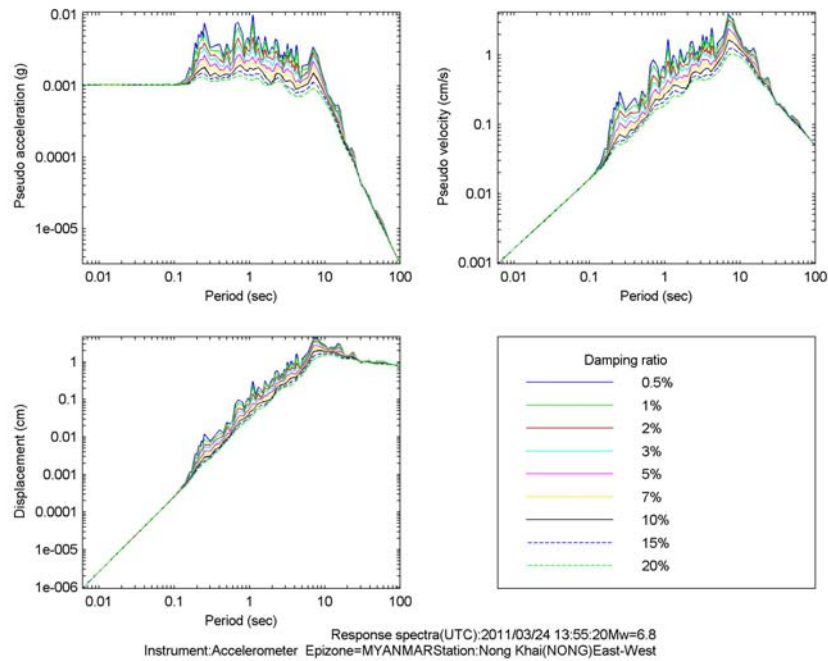
ในการวิเคราะห์ข้อมูลประวัติเวลาของพื้นดินได้ทำการหาค่าความเร่งสูงสุด, ความเร็วสูงสุด, การกระจัดสูงสุด, สร้างสเปกตรัมผลตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวโดยใช้โปรแกรม Speceq ช่วยในการคำนวณโดยกำหนดค่าอัตราความหน่วงมีค่าเท่ากับ 0.5%, 1%, 2%, 3%, 5%, 7%, 10%, 15% และ 20% เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินจะถูกบันทึกข้อมูลในรูปแบบของภาพและเพิ่มข้อมูลชนิด Text Format ซึ่งข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดิน (ความเร่ง, ความเร็ว, การกระจัด) ที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดความเร่ง, ข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดิน (ความเร่ง, ความเร็ว, การกระจัด) ที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดความเร็ว และสเปกตรัมการตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวได้แสดงในรูปที่ 3.5, 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดความเร่ง



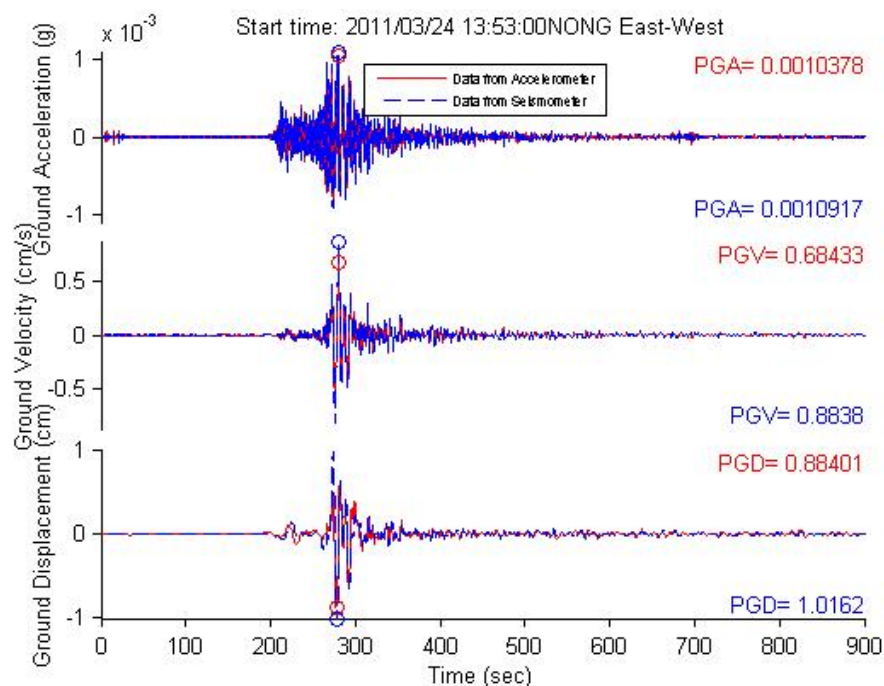
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดความเร็ว



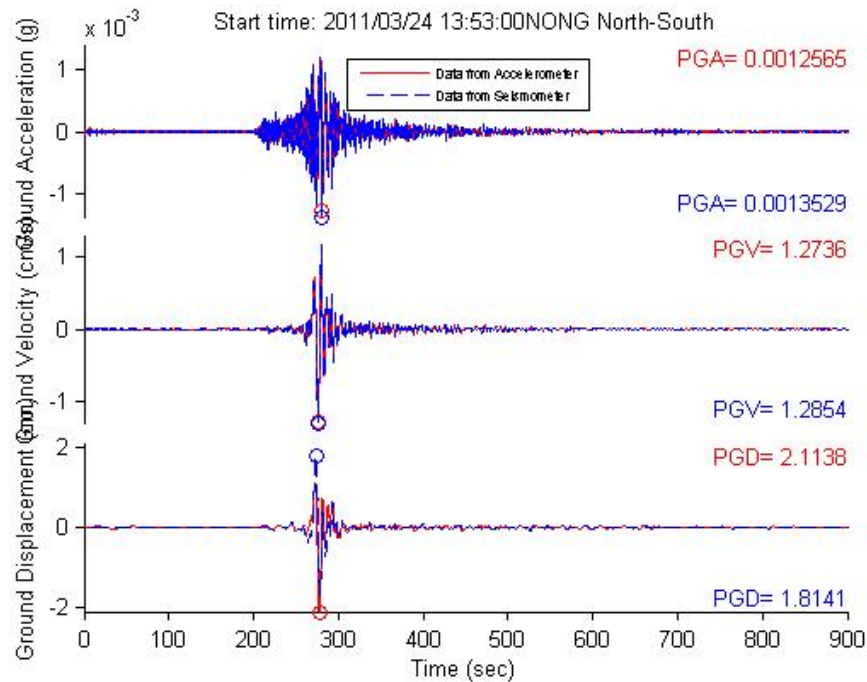
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างสเปกตรัมการตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหว

3.2.7 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินจนกระทั่งได้เป็นข้อมูลประวัติเวลา การเคลื่อนไหวของพื้นดิน (ความเร่ง, ความเร็ว, การกระจัด) จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวสามารถทำได้โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวสองชนิดคือเครื่องมือตรวจวัดความเร่งของพื้นดิน (accelerometer) และเครื่องมือตรวจวัดความเร็วของพื้นดิน (seismometer) จากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งค่าที่ใช้เปรียบเทียบก็คือค่าความเร่งสูงสุด (peak ground acceleration, PGA) ค่าความเร็วสูงสุด (peak ground velocity, PGV) และค่าการกระจัดสูงสุด (peak ground displacement, PGD) ของข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดิน ตัวอย่างข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินในแนวราบทิศทางแนวตะวันออก-ตะวันตก (east-west, EW) ได้แสดงในรูปที่ 3.8 และตัวอย่างข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินในแนวราบทิศทางเหนือ-ใต้ (north-south, NS) ได้แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินในแนวราบ EW



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินในแนวราบ NS

ดังที่แสดงตัวอย่างข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินเป็นเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่จุดกำเนิดเกิดขึ้นที่ประเทศพม่าเมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2554 มีขนาดแผ่นดินไหว $M_w = 6.8$ ซึ่งจุดกำเนิดแผ่นดินไหวมีระยะห่างจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวที่จังหวัดหนองคาย 433 กิโลเมตร มีการกำหนดให้สัญลักษณ์บ่งบอกถึงจุดที่มีตำแหน่งเวลาของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น, ตำแหน่งเวลาของคลื่นแผ่นดินไหว P-Wave, S-Wave และ Surface-Wave เมื่อได้พิจารณาตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินในแนวราบที่มีค่าความเร่งสูงสุด (peak ground acceleration, PGA) ค่าความเร็วสูงสุด (peak ground velocity, PGV) และค่าการกระจัดสูงสุด (peak ground displacement, PGD) พบว่ามีค่าที่ได้มีความสอดคล้องใกล้เคียงกันของเครื่องมือทั้งสองชนิด ในทิศทาง East-West ค่าที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดความเร่งของพื้นดิน (accelerometer) มีค่า $PGA = 0.0010378$, $PGV = 0.68433$ และ $PGD = 0.88401$ และเครื่องมือตรวจวัดความเร็วของพื้นดิน (seismometer) มีค่า $PGA = 0.0010917$, $PGV = 0.8838$ และ $PGD = 1.0162$ และในทิศทาง North-South ค่าที่ได้จากเครื่องมือตรวจวัดความเร่งของพื้นดิน (accelerometer) มีค่า $PGA = 0.0012565$, $PGV = 1.2736$ และ $PGD = 2.1138$ และเครื่องมือตรวจวัดความเร็วของพื้นดิน (seismometer) มีค่า $PGA = 0.0013529$, $PGV = 1.2854$ และ $PGD = 1.8141$

3.3 ข้อมูลที่รวบรวมได้

การรวบรวมข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินเนื่องจากแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ในประเทศไทยได้รวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2551 ถึงวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ. 2554 ซึ่งข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่บันทึกได้โดยสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวแบบดิจิทัลระบบใหม่ระยะที่ 1 และระยะที่ 2 ของกรมอุตุนิยมวิทยา และแบบจำลองการลดทอนที่เลือกใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 13 ชุด โดยแบ่งเป็นแบบจำลองสำหรับ บริเวณการแปรสัณฐานที่มีพลัง (active tectonic regions) 7 ชุด, บริเวณภาคพื้นทวีปที่มีเสถียรภาพ (stable continental region) 3 ชุด และบริเวณเขตมุดตัวของเปลือกโลก (subduction zones) 3 ชุด ซึ่งในการศึกษาได้พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน และความเร่งเทียบเป็นพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้จากแบบจำลอง ซึ่งในการประมาณค่าความเร่งเทียบได้พิจารณาคาบธรรมชาติตั้งแต่ 0.05 ถึง 10 วินาที โดยมีอัตราส่วนความหน่วง 5 เปอร์เซนต์

3.3.1 ข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหว

การศึกษาค้างนี้รวบรวมข้อมูลรายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ได้ค้นหาในฐานข้อมูล Harvard CMT Catalog ตั้งแต่วันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 ถึงวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2554 โดยพิจารณาแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดอยู่ในขอบเขตพิภคจาก ละติจูดที่ 0 ถึง 25 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 90 ถึง 110 องศาตะวันออก ซึ่งมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยทั้งหมด 78 เหตุการณ์ โดยมีขนาดโมเมนต์ตั้งแต่ 4.9 ถึง 7.8 และตะวันออกข้อมูลรายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินได้แสดงตารางในภาคผนวก ก

การจัดกลุ่มข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวตามบริเวณการแปรสัณฐานได้แบ่งออกเป็นสองบริเวณคือ บริเวณไม่ใช่เขตมุดตัวของเปลือกโลก (non-subduction zone) และบริเวณเขตมุดตัวของเปลือกโลก (subduction zone) ซึ่งเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณไม่ใช่เขตมุดตัวของเปลือกโลก (non-subduction zone) ได้มีเหตุการณ์แผ่นดินไหว 10 เหตุการณ์ และเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณเขตมุดตัวของเปลือกโลก (subduction zone) ได้มีเหตุการณ์แผ่นดินไหว 68 เหตุการณ์ โดยเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณไม่ใช่เขตมุดตัวของเปลือกโลก (non-subduction zone) ได้กำหนดให้เป็นเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มี

แหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณการแปรสัณฐานที่มีพลัง (active tectonic regions) และบริเวณภาคพื้นทวีปที่มีเสถียรภาพ (stable continental regions)

3.3.2 ข้อมูลการเคลื่อนไหวของแผ่นดิน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการเคลื่อนไหวของแผ่นดินทั้งหมด 703 บันทึก ซึ่งเกิดจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว 78 เหตุการณ์ โดยแบ่งเป็นข้อมูลการเคลื่อนไหวของแผ่นดินที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณไม่ใช่เขตมุดตัวของเปลือกโลก (non-subduction zone) 132 บันทึก และบริเวณเขตมุดตัวของเปลือกโลก (subduction zone) 571 บันทึก ซึ่งในแต่ละบริเวณได้จัดกลุ่มข้อมูลการเคลื่อนไหวของแผ่นดินตามลักษณะชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว โดยแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ ข้อมูลการเคลื่อนไหวของแผ่นดินที่บันทึกได้โดยสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวที่ตั้งอยู่บนหิน (rock site) และที่ตั้งอยู่บนดิน (soil site) ซึ่งรายละเอียดได้แสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 จำนวนข้อมูลการเคลื่อนไหวของแผ่นดินที่ได้แบ่งตามบริเวณการแปรสัณฐานและลักษณะชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว

Seismic source zone	Site category		Total
	Rock site	Soil site	
Non-subduction zone	8	124	132
Subduction zone	29	542	571

สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลักแบบดิจิตอลระบบใหม่ระยะที่ 1 และสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวหลักแบบดิจิตอลระบบใหม่ระยะที่ 2 ของกรมอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวสองประเภทคือ เครื่องมือตรวจวัดความเร็วของพื้นดิน และเครื่องมือตรวจวัดความเร่งของพื้นดิน ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขึ้นเครื่องมือทั้งสองประเภทนี้จะบันทึกข้อมูลการเคลื่อนไหวของแผ่นดินที่สถานีเดียวกันและมีตำแหน่งของเครื่องมือใกล้เคียงกันเมื่อนำข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินของเครื่องมือทั้งสองประเภทผ่านกระบวนการปรับแก้เส้นฐาน และกระบวนการกรองสัญญาณรบกวน จะได้ข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกข้อมูลประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของแผ่นดินที่บันทึกได้โดยเครื่องมือตรวจวัดความเร่งของพื้นดินเป็นข้อมูลในการศึกษา และถ้าหากเครื่องมือตรวจวัดความเร่งของพื้นดินไม่สามารถบันทึกการเคลื่อนไหวของพื้นดินได้ ก็จะเลือกใช้ข้อมูลที่บันทึกได้

โดยเครื่องมือตรวจวัดความเร็ว ซึ่งประวัติเวลาการเคลื่อนไหวของพื้นดินของเครื่องมือทั้งสองประเภทได้แสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีนำคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้โดยเครื่องมือตรวจวัดความเร่งของพื้นดิน (TSA 100S) และเครื่องมือตรวจวัดความเร็วของพื้นดิน (Trillium 120) มาทำการเปรียบเทียบค่าความเร่งของพื้นดิน (ground acceleration) ที่ได้จากเครื่องมือทั้งสองประเภท ซึ่งคลื่นแผ่นดินไหวที่นำมาเปรียบเทียบเป็นคลื่นที่บันทึกได้โดยสถานีจังหวัดหนองคาย (NONG) ซึ่งเป็นเหตุการณ์เมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2554 เวลา 13:53 น. โดยมีจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ที่ประเทศพม่า ซึ่งจากการเปรียบเทียบพบว่าค่าความเร่งของพื้นดินที่บันทึกได้จากเครื่องมือทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน และมีรูปแบบการแกว่งของคลื่นรอบแกนศูนย์คล้ายคลึงกัน ดังที่แสดงในรูปที่ 3.8 และ 3.9 จากนั้นได้นำข้อมูลประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินของเครื่องมือทั้งสองประเภทคำนวณหาสเปกตรัมความเร่งเทียม (pseudo acceleration) ซึ่งพบว่าสเปกตรัมความเร่งเทียมของเครื่องมือทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน

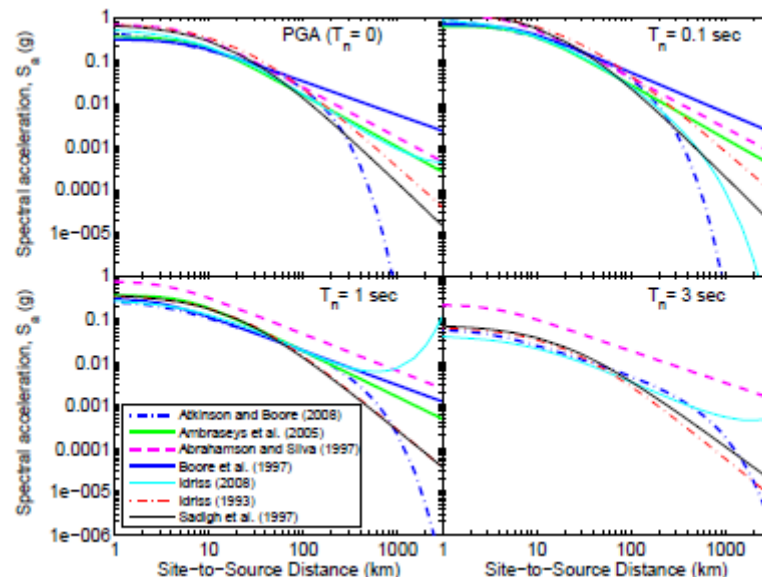
3.3.3 การจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวตามกลไกการเคลื่อนที่จุดกำเนิด

ข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่รวบรวมได้มีการจำแนกตามประเภทกลไกการเคลื่อน (faulting mechanism) ของแผ่นเปลือกโลกโดยแบ่งประเภทตามรูปแบบการเคลื่อนคือ การเคลื่อนในแนวระดับ (strike slip), การเคลื่อนย้อน (reverse slip) และการเคลื่อนปกติ (normal slip) ซึ่งได้มีการจำแนกเหตุการณ์ตามรูปแบบกลไกการเคลื่อนของแผ่นเปลือกโลกแบ่งเป็น การเคลื่อนในแนวระดับ (strike slip) มีข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดิน 287 บันทึก จากแผ่นดินไหว 30 เหตุการณ์, การเคลื่อนย้อน (reverse slip) มีข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดิน 256 บันทึก จากแผ่นดินไหว 28 เหตุการณ์, การเคลื่อนปกติ (normal slip) มีข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดิน 160 บันทึก จากแผ่นดินไหว 20 เหตุการณ์

3.3.4 การเปรียบเทียบแบบจำลองการลดทอน

ข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่บันทึกได้ในประเทศไทยส่วนมากแล้วจะมีระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงสถานีค่อนข้างไกลจึงทำให้ข้อมูลของระยะทางที่ใช้ในการศึกษามีระยะทางเกินกว่าขอบเขตที่กำหนดในแต่ละแบบจำลอง และหากใช้แบบจำลองเหล่านี้ประมาณค่าความเร่งสูงสุด

ของพื้นดิน หรือความเร่งเทียบภายใต้ขอบเขตของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองจะได้ค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 3.10 แบบจำลองต่างๆ ให้ค่าใกล้เคียงกันเมื่อระยะทางน้อยกว่า 200 กิโลเมตร และค่าจากแบบจำลองต่างๆ จะมีความแตกต่างกันมากขึ้นเมื่อระยะทางไกลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการประมาณความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่กรุงเทพมหานครเนื่องจากแผ่นดินไหวที่มีแหล่งกำเนิดในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี จะมีระยะทางจากแหล่งกำเนิดประมาณ 200 กิโลเมตร จึงจำเป็นต้องเลือกใช้สมการลดทอนที่เหมาะสม ได้พิจารณาแบบจำลองการลดทอนรุ่นใหม่ (next generation attenuation model, NGA) สำหรับบริเวณการแปรสัณฐานที่มีพลังด้วย จากรูปที่ 3.10 พบว่าสมการของ Idriss (2008) ให้ค่าความเร่งเทียบที่ไม่ลดทอนตามที่ควรจะเป็นเมื่อระยะทางมากกว่า 300 กิโลเมตร เพราะให้ค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น



รูปที่ 3.10 แบบจำลองการลดทอนสำหรับบริเวณการแปรสัณฐานที่มีพลังซึ่งที่ตั้งอยู่บนหิน

$$M_w = 6.3 \text{ (วิษณุ หัตถา, 2551)}$$

3.3.5 ความเร่งสูงสุดของพื้นดิน และสมการการลดทอนที่เหมาะสม

ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ในประเทศไทย โดยมีการกระจายตามขนาดของแผ่นดินไหว และระยะทางจากจุดกำเนิดแผ่นดินไหวถึงสถานีตรวจวัด ซึ่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้ มีระยะทางตั้งแต่ 31 ถึง 2,153 กิโลเมตร และมีขนาดระหว่าง 4.9 ถึง 7.8 ซึ่งแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงส่วนมากจะมีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมีระยะทาง

ค่อนข้างไกลจากสถานีตรวจวัด ส่วนน้อยเป็นข้อมูลที่มีระยะใกล้เป็นข้อมูลที่มีแหล่งกำเนิดในประเทศและประเทศเพื่อนบ้านทางภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลการเคลื่อนไหวของพื้นดินที่บันทึกได้ยังไม่มีเพียงพอ ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาเลือกคลื่นที่บันทึกได้ในต่างประเทศนำมาเสริมให้เพียงพอ ได้แสดงการกระจายของข้อมูล ความเร่งสูงสุดของพื้นดินที่บันทึกได้กับระยะทาง ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตของ 2 ทิศทางในแนวราบที่ตั้งฉากกัน

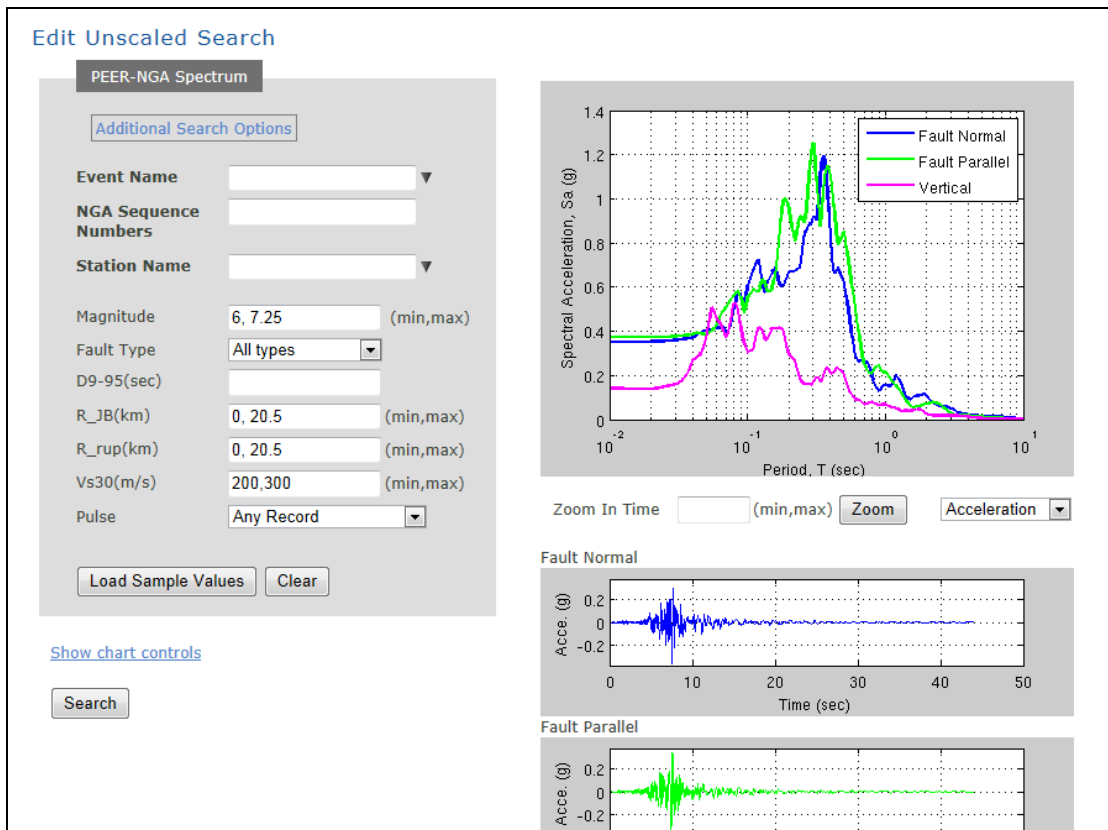
การหาความเหมาะสมของแบบจำลองการลดทอนเพื่อใช้ประมาณค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดินในประเทศไทย ได้นำข้อมูลความเร่งสูงสุดของพื้นดินที่บันทึกได้เปรียบเทียบกับค่าที่ประมาณจากแบบจำลอง โดยได้แบ่งตามบริเวณการแปรสัณฐานและลักษณะชั้นดินที่ตั้งสถานีตรวจวัด โดย วิษณุ หัตถา (2551) พบว่าแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับใช้ประมาณค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดินและความเร่งเทียบในประเทศไทยบนที่ตั้งหินสำหรับบริเวณการแปรสัณฐานที่มีพลังได้แก่แบบจำลองที่เสนอโดย Sadigh และคณะ (1997) ส่วนบริเวณภาคพื้นทวีปที่มีเสถียรภาพได้แก่แบบจำลองที่เสนอโดย Toro (2002) และบริเวณเขตมุดตัวของเปลือกโลกได้แก่แบบจำลองที่เสนอโดย Youngs และคณะ (1997)

3.4 ฐานข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวของต่างประเทศ

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถดาวน์โหลดได้และเป็นที่ยอมรับได้แก่ฐานข้อมูลการเคลื่อนไหวบนพื้นดิน (ground motion database) ของศูนย์วิจัยด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวแห่งแปซิฟิก (pacific earthquake engineering research center) หรือ PEER

การบันทึกฐานข้อมูลการเคลื่อนไหวบนพื้นดิน (ground motion database) ที่เลือกพิจารณาของศูนย์วิจัยด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวแห่งแปซิฟิก (pacific earthquake engineering research center) หรือ PEER จะต้องมีการกำหนดค่าต่ำสุด (minimum) และค่าสูงสุด (maximum) ของคุณลักษณะแผ่นดินไหวที่เลือกพิจารณา ซึ่งประกอบด้วย ขนาดของแผ่นดินไหว (magnitude), ระยะทาง (distance) และความเร็วคลื่นเฉือน (shear wave velocity) ดังแสดงรูปที่ 3.11 เมื่อทำการกำหนดคุณลักษณะแผ่นดินไหวที่เลือกพิจารณา จากนั้นทำการค้นหาเหตุการณ์แผ่นดินไหว ดังแสดงรูปที่ 3.12 จากนั้นทำการเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เลือกพิจารณาจะแสดงผลสเปกตรัม

ของเหตุการณ์ที่พิจารณา (รูปที่ 3.11) ซึ่งได้เลือกจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ Parkfield เหตุการณ์แรกในรายการ (รูปที่ 3.12)



รูปที่ 3.11 การกำหนดคุณลักษณะและแสดงผลสเปกตรัมของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เลือกพิจารณา

*Click on the record below to display Spectra and Time series Plot Selected

<input type="checkbox"/>	Result#	Comp.	NGA#	Pulse	Tp(s)	D5-95(s)	Event	Year	Stat
<input checked="" type="checkbox"/>	1	GM	30	0 0	-- --	7.4 6.8	Parkfield	1966	Cholame - Shandc
<input type="checkbox"/>	2	GM	31	0 0	-- --	13.1 10.6	Parkfield	1966	Cholame - Shandc
<input type="checkbox"/>	3	GM	95	0 0	-- --	9.0 8.4	Managua, Nicaragua-01	1972	Managua, ESSO
<input type="checkbox"/>	4	GM	158	1 0	2.4 --	7.1 6.9	Imperial Valley-06	1979	Aeropuerto Mexica
<input type="checkbox"/>	5	GM	159	1 0	2.3 --	11.5 13.7	Imperial Valley-06	1979	Agrarias
<input type="checkbox"/>	6	GM	160	0 0	-- --	9.7 9.7	Imperial Valley-06	1979	Bonds Corner
<input type="checkbox"/>	7	GM	161	1 0	4 --	15.2 13.8	Imperial Valley-06	1979	Brawley Airport
<input type="checkbox"/>	8	GM	162	0 0	-- --	11.2 14.5	Imperial Valley-06	1979	Calexico Fire Stati
<input type="checkbox"/>	9	GM	165	0 0	-- --	20.0 20.8	Imperial Valley-06	1979	Chihuahua
<input type="checkbox"/>	10	GM	167	0 0	-- --	22.7 21.7	Imperial Valley-06	1979	Compuertas

รูปที่ 3.12 ผลการค้นหาเหตุการณ์แผ่นดินไหวจาก PEER

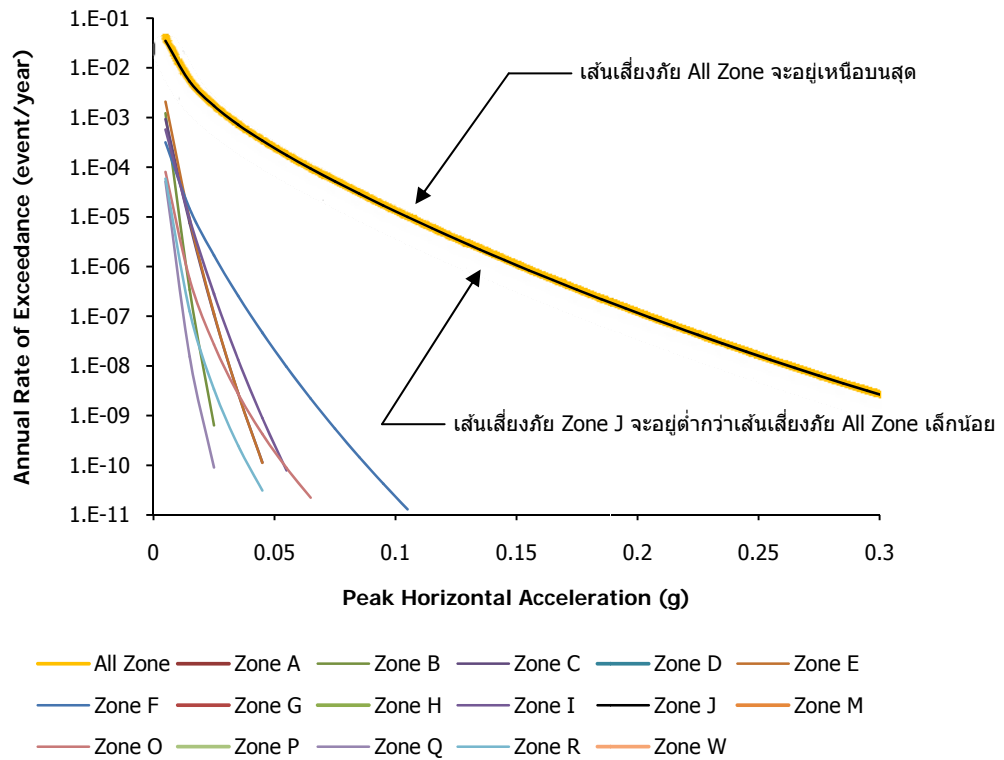
บทที่ 4

การแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

4.1 การแยกแยะความเสี่ยงภัยจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวลักษณะต่างๆ

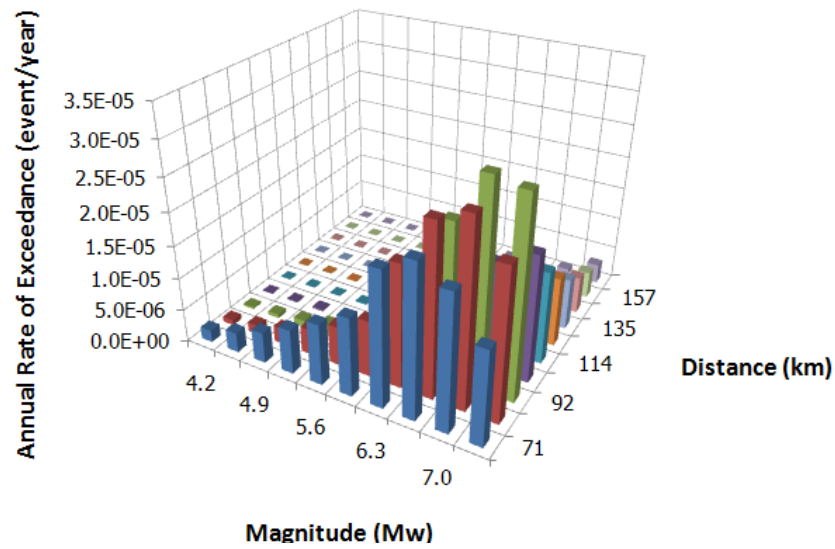
ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างด้วยวิธีแบบประวัติเวลา ตาม มยพ.1302-52 โครงสร้างจะต้องสามารถต้านทานแผ่นดินไหวได้โดยมีการตอบสนองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อโครงสร้างได้รับการสั่นสะเทือนจากคลื่นแผ่นดินไหวที่สอดคล้องกับลักษณะเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นที่ตำแหน่งที่อาคารตั้งอยู่ยกตัวอย่างเช่น ขนาดแผ่นดินไหวและระยะห่างระหว่างจุดกำเนิดและที่ตั้งอาคารอยู่ในกรณีที่มีความน่าจะเป็นที่มากที่สุด (Most Probable Scenario) จากการวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น

จากการศึกษาของ Palasri และ Ruangrassamee (2010) ได้มีการสร้างเส้นกราฟความเสี่ยงภัย (Hazard Curve) ตัวอย่างสำหรับพื้นที่ตั้งอาคารแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ดังรูปที่ 4.1 กราฟนี้แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ตั้งอาคารนั้นจะมีความน่าจะเป็นที่จะได้รับความสั่นสะเทือนจากแหล่งกำเนิดบริเวณต่างๆ มากแค่ไหนและความน่าจะเป็น (อัตราการเกิด) รวมทั้งจะเกิดความสั่นสะเทือนเกินกว่าระดับหนึ่งๆ เนื่องจากแหล่งกำเนิดใดก็ตามเป็นเท่าใด กราฟผลรวมความน่าจะเป็น (เส้นบนสุด) นี้จะเป็นกราฟที่นำไปใช้สร้างแผนความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว ยกตัวอย่างเช่นระดับความรุนแรง (PGA) ที่มีโอกาสเกิดขึ้นรุนแรงกว่านั้น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี (รอบการเกิดซ้ำ 2475 ปี) จะสอดคล้องกับ $\lambda = 0.000404$ ซึ่ง $PGA = 0.043g$ ค่า $PGA = 0.043g$ จะเป็นค่าที่แสดงบนแผนความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่มีความน่าจะเป็น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี (Maximum Credible Earthquake, MCE) ในมาตรฐานการออกแบบ มยพ.1302-52 อย่างไรก็ตาม กราฟผลรวม (เส้นบนสุด) ไม่สามารถบอกได้ว่าแหล่งกำเนิดใดที่ส่งอิทธิพลต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวที่ระดับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี มากที่สุดจึงจำเป็นต้องพิจารณาค่าของ Hazard Curve ที่แยกตามแหล่งกำเนิดต่างๆ ทั้งหมด จะเห็นได้ว่าที่โซน J (เส้นสีดำทับกับเส้นกราฟผลรวม) เป็นแหล่งกำเนิดที่ส่งผลกระทบมากที่สุดจึงควรตรวจสอบในรายละเอียดความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเนื่องจากโซน J โดยพิจารณาอัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่ทำให้ PGA มีค่าเกินกว่า 0.043g เนื่องจากขนาดแผ่นดินไหวและระยะทางต่างๆ กันดังรูปที่ 4.2 และสังเกตได้ว่าอัตราการเกิดมีค่ามากที่สุดในกรณีของแผ่นดินไหวที่มีขนาดประมาณ 6.7 ถึง 7.0 และเกิดที่ระยะห่างจากอาคารประมาณ 81 ถึง 92 กิโลเมตร

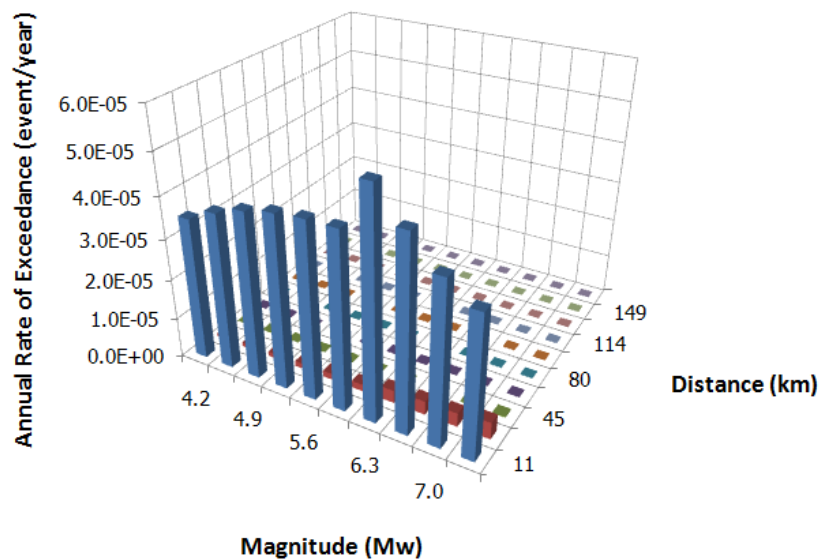


รูปที่ 4.1 เส้นเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว (Hazard Curve) ของกรุงเทพมหานคร

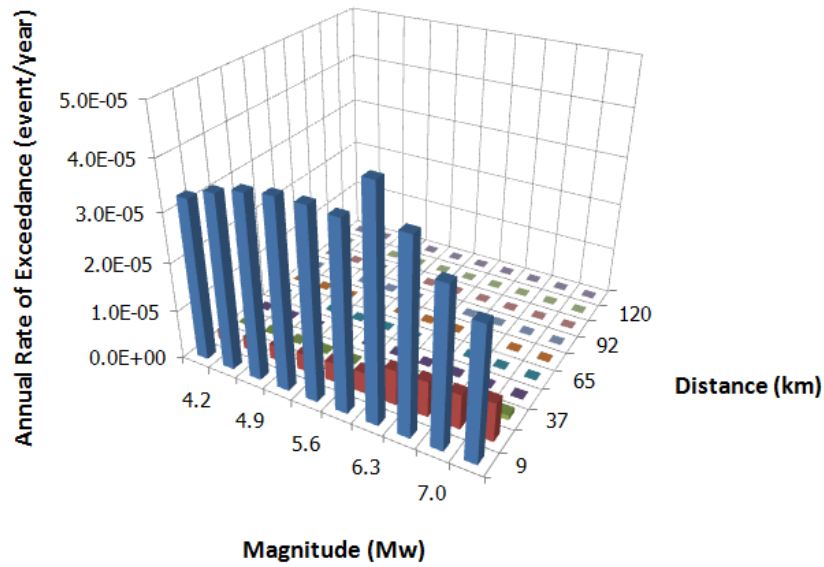
รูปที่ 4.1 ถึง 4.46 เป็นการแยกแยะความเสี่ยงภัยที่เป็นผลเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ซึ่งเกิดจากขนาดแผ่นดินไหวและระยะห่างต่างๆ เรียกว่า Hazard Deaggregation Analysis โดยทำให้ทราบลักษณะเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีโอกาสมากที่สุดที่จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ตั้งอาคาร ก่อนที่วิศวกรจะสามารถเลือกคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับการวิเคราะห์และออกแบบอาคาร การพิจารณาระดับความรุนแรงของคลื่นแผ่นดินไหวอาจพิจารณาให้ความเร่งเชิงสเปกตรัมเป็นตัวบ่งชี้ระดับความรุนแรงแทนที่จะใช้ค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน รูปที่ 4.2 ถึง 4.15 แสดงผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานคร จังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี โดยพิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.16 ถึง 4.29 แสดงผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานคร จังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี โดยพิจารณาความเร่งเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.30 ถึง 4.46 แสดงผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยของกรุงเทพมหานคร จังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี โดยพิจารณาความเร่งเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที ตามลำดับ ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่ได้พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินและความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที และ 1 วินาที โดยพิจารณาความรุนแรงที่มีโอกาสเกิดขึ้น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี สรุปดังตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3



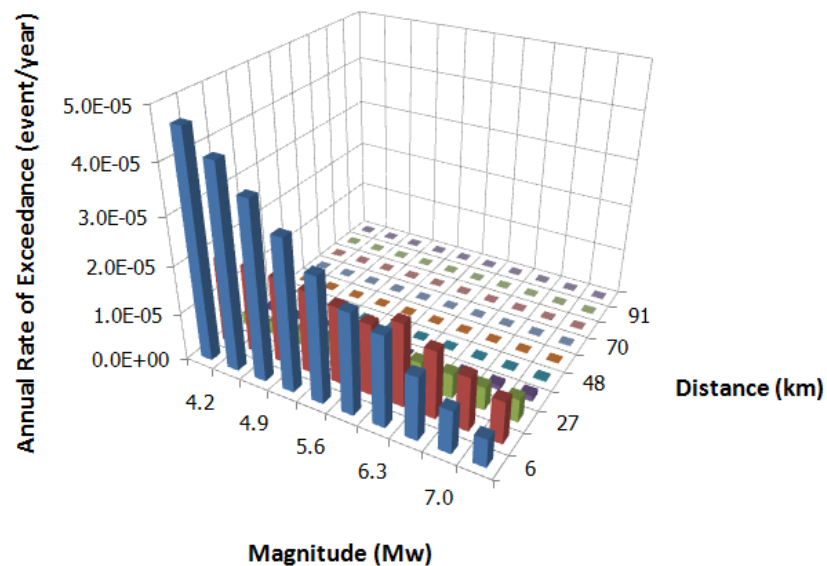
รูปที่ 4.2 ผลการแยกแยะความเสียหายแผ่นดินไหวของกรุงเทพมหานคร พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.043g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J



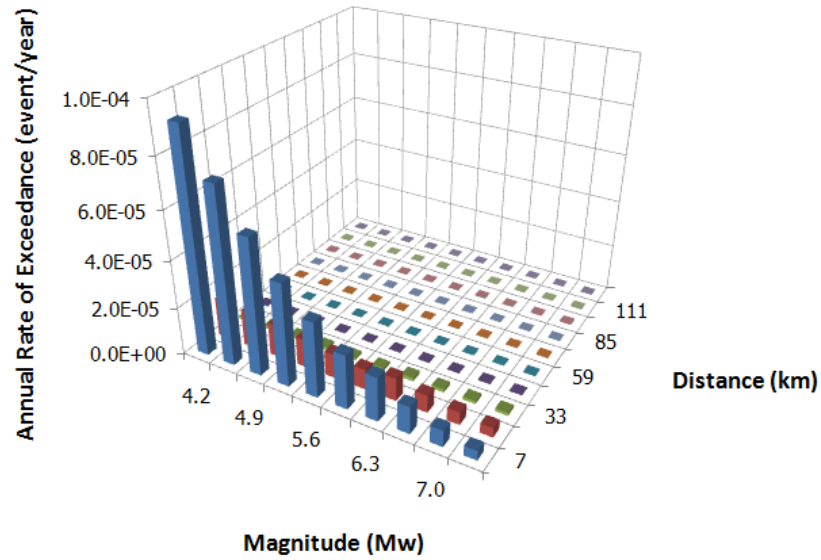
รูปที่ 4.3 ผลการแยกแยะความเสียหายแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.417g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



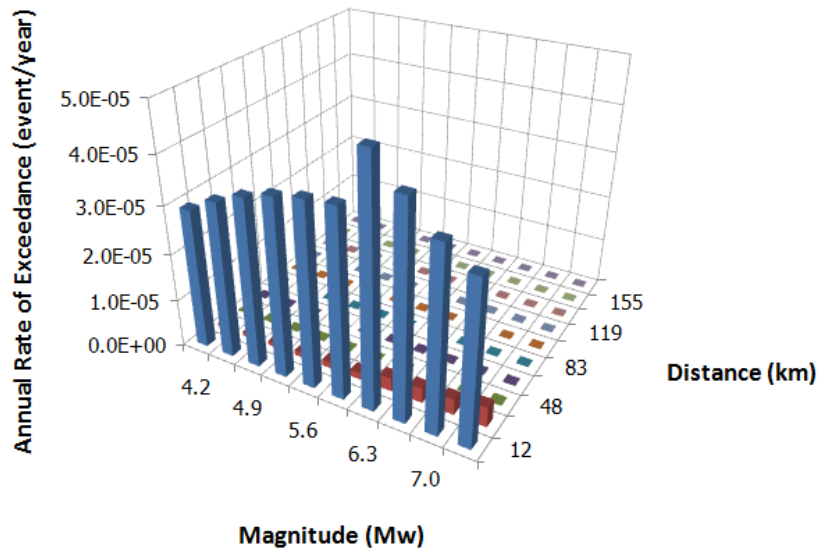
รูปที่ 4.4 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงราย พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.399g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



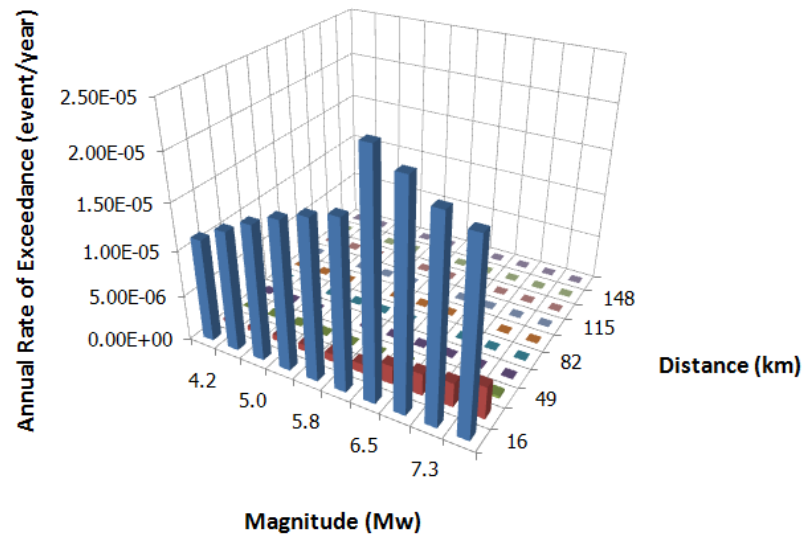
รูปที่ 4.5 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.293g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J



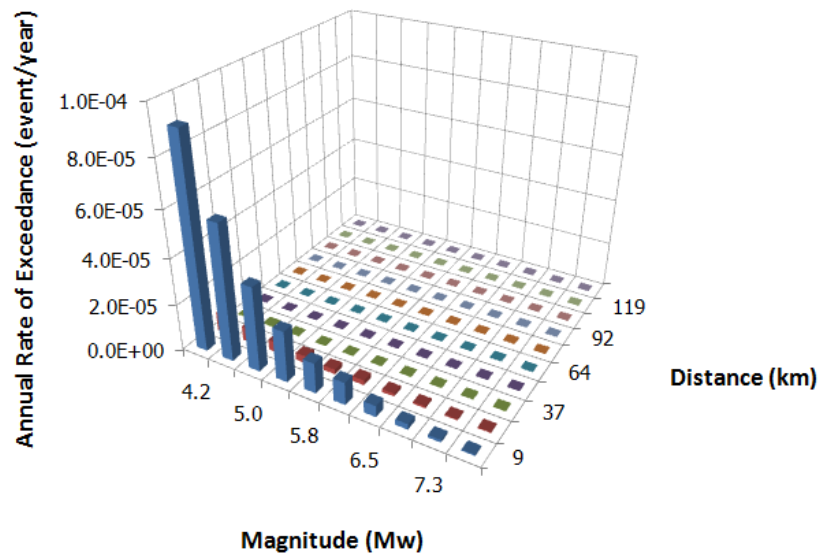
รูปที่ 4.6 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำปาง พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.299g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



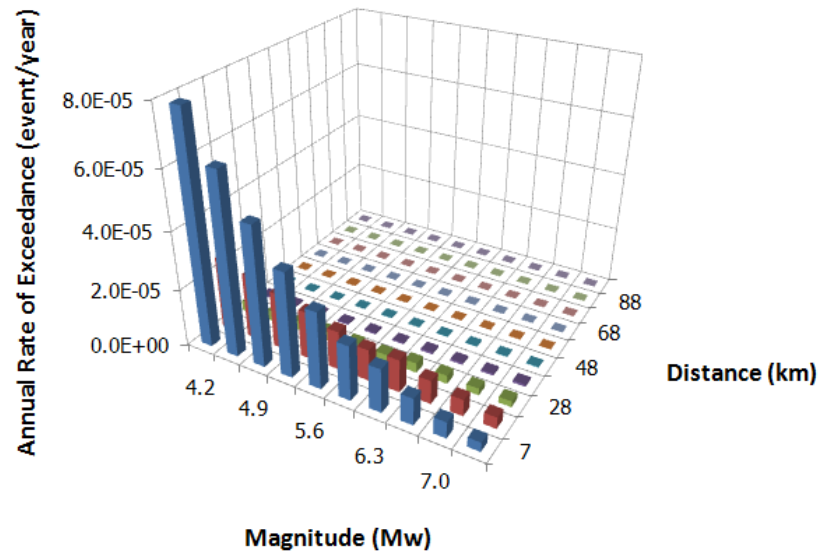
รูปที่ 4.7 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำพูน พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.391g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



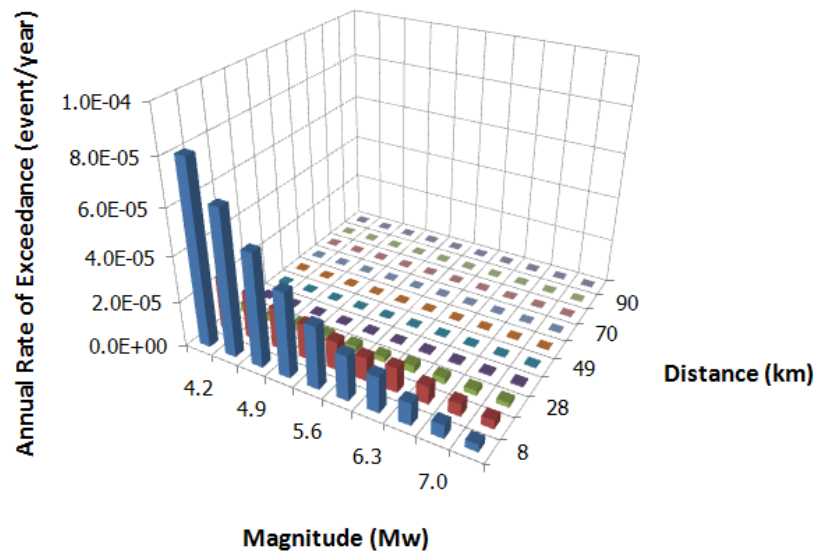
รูปที่ 4.8 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.365g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



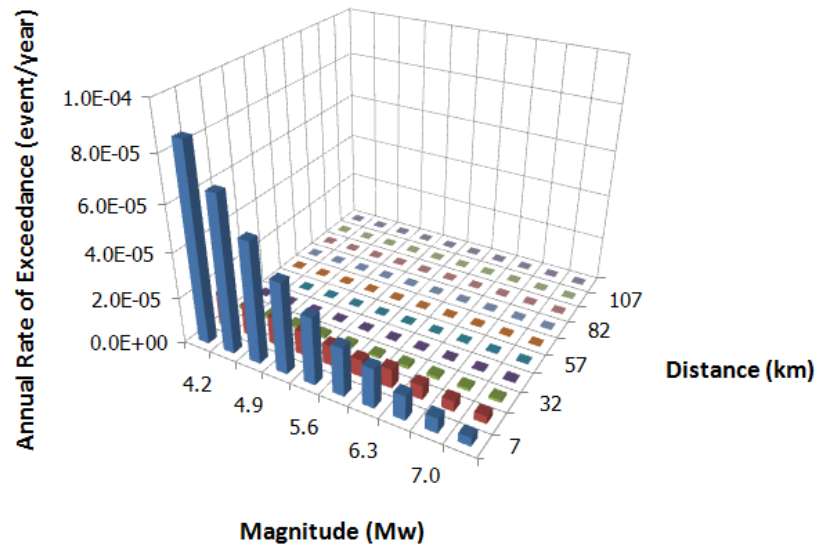
รูปที่ 4.9 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.365g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน F



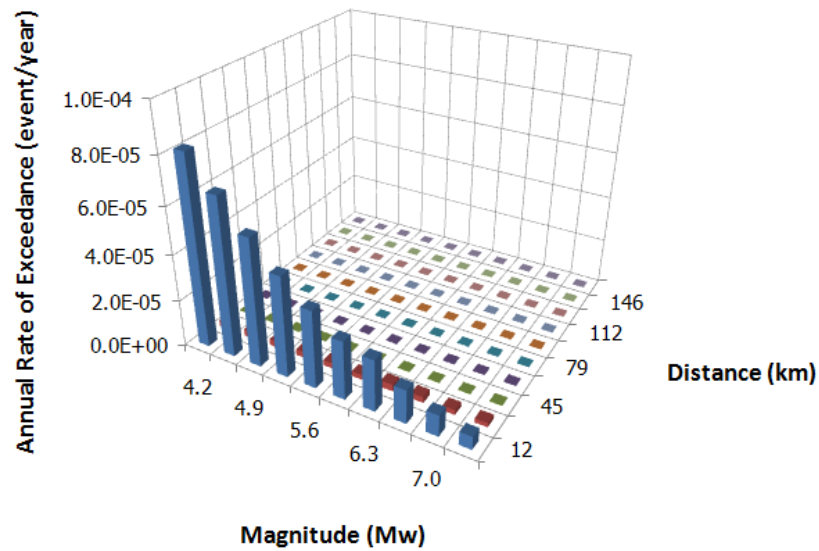
รูปที่ 4.10 ผลการแยกแยะความเสียหายแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.น่าน พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.288g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



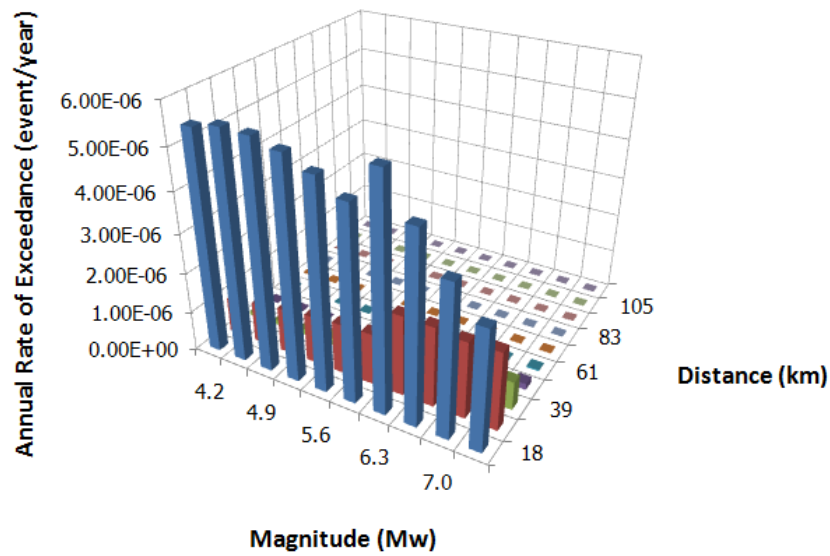
รูปที่ 4.11 ผลการแยกแยะความเสียหายแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.พะเยา พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินโดยมีโอกาที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.288g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



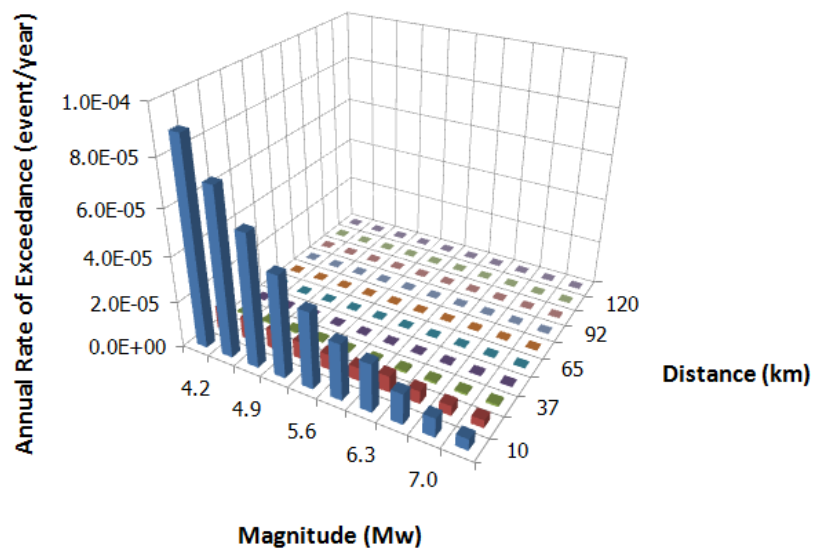
รูปที่ 4.12 ผลการแยกแยะความเสียหายแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แพร่ พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.301g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



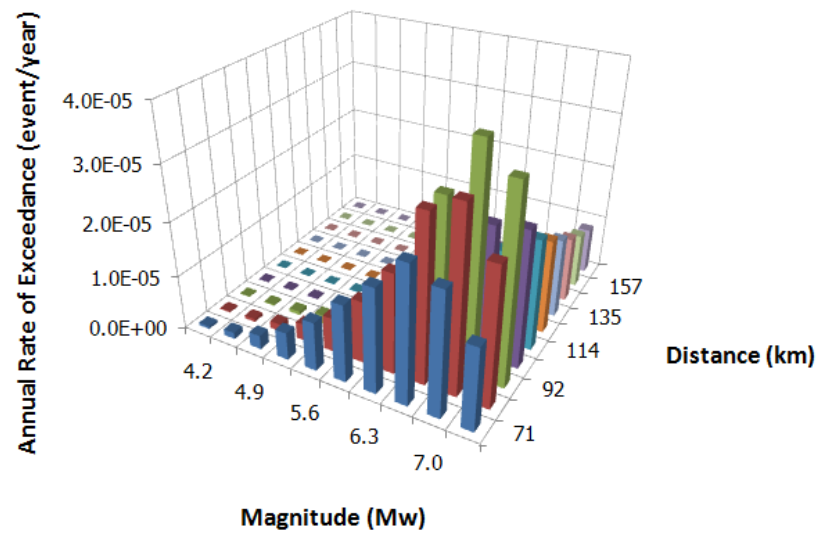
รูปที่ 4.13 ผลการแยกแยะความเสียหายแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.283g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



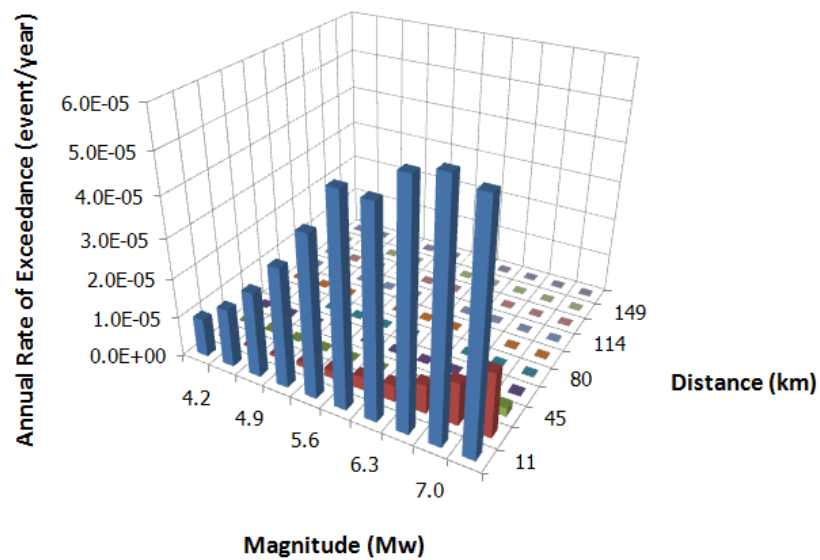
รูปที่ 4.14 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.283g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J



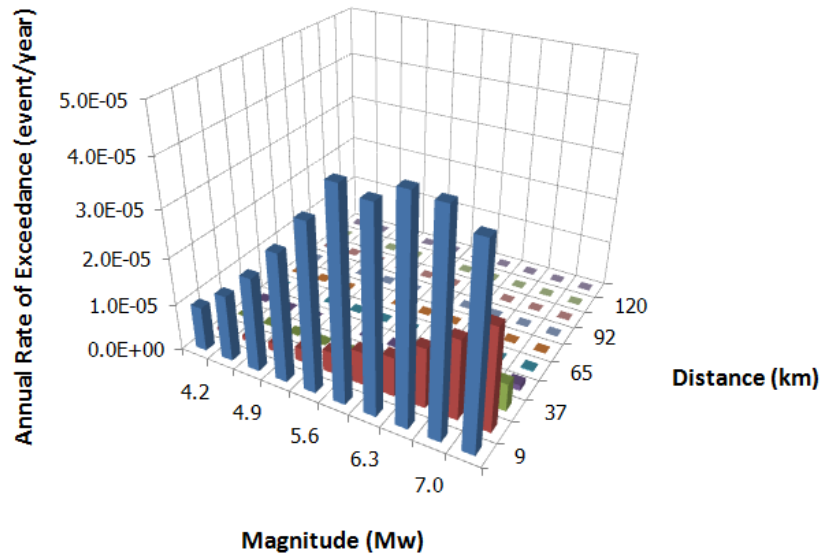
รูปที่ 4.15 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.292g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



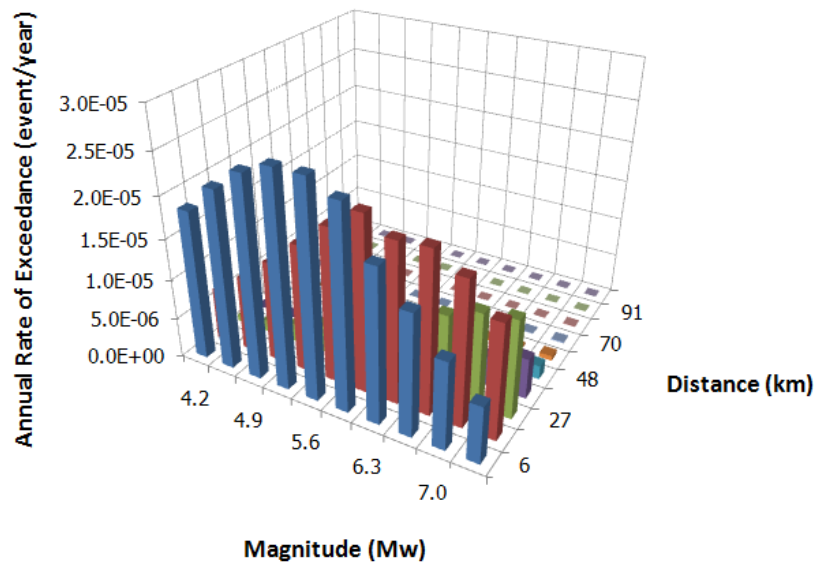
รูปที่ 4.16 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของกรุงเทพมหานคร พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.116g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J



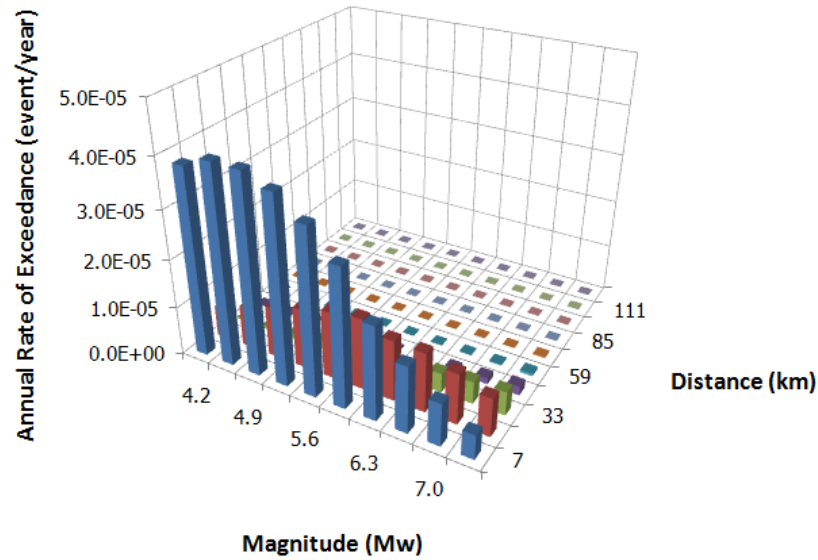
รูปที่ 4.17 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.999g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



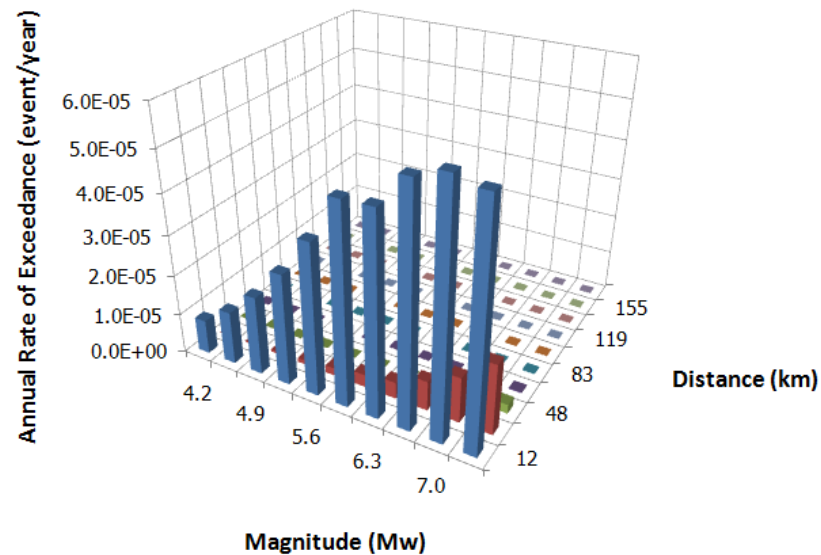
รูปที่ 4.18 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงราย พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.946g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



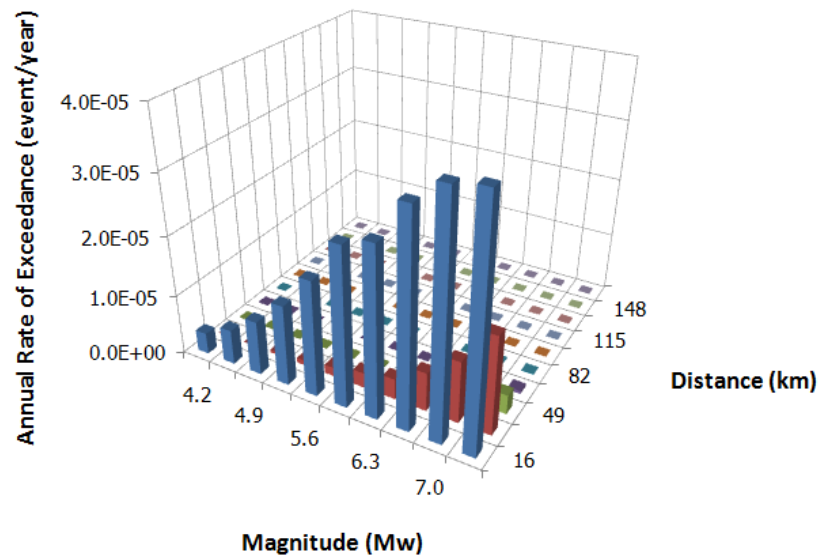
รูปที่ 4.19 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.665g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J



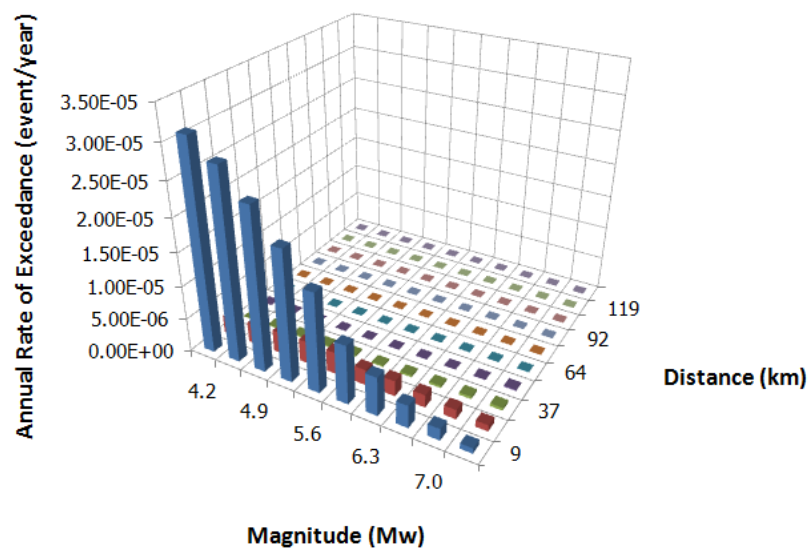
รูปที่ 4.20 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำปาง พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.656g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



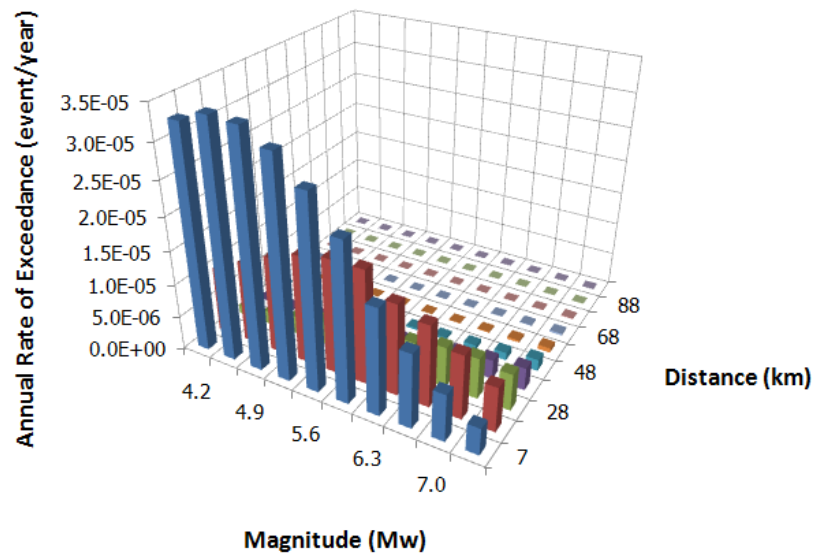
รูปที่ 4.21 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำพูน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.937g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



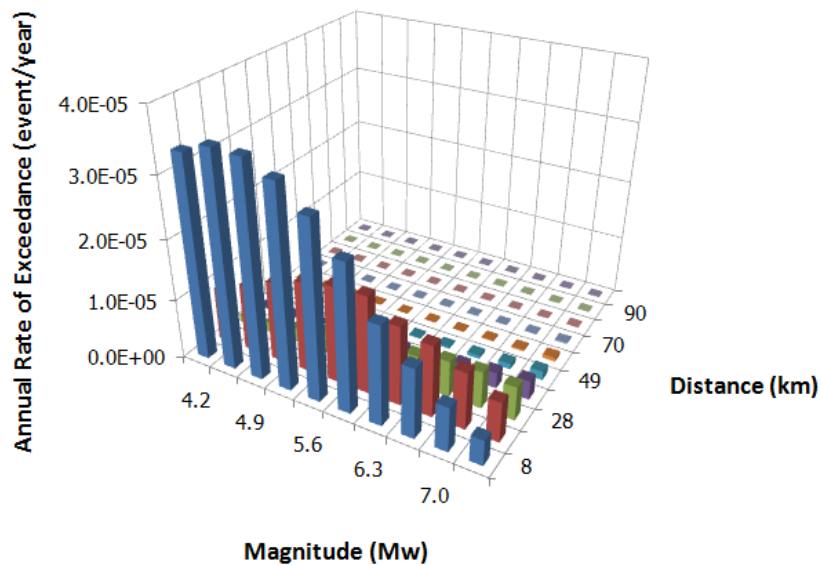
รูปที่ 4.22 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.842g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



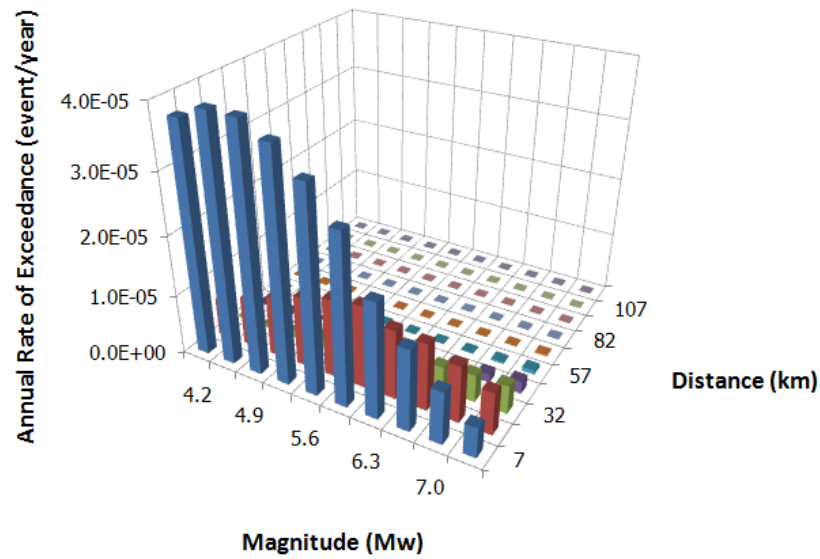
รูปที่ 4.23 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.842g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน F



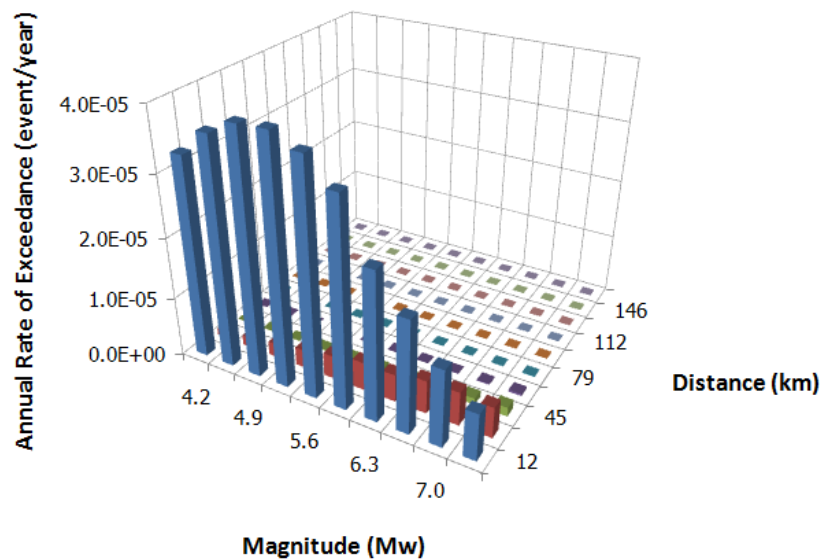
รูปที่ 4.24 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.น่าน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.635g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



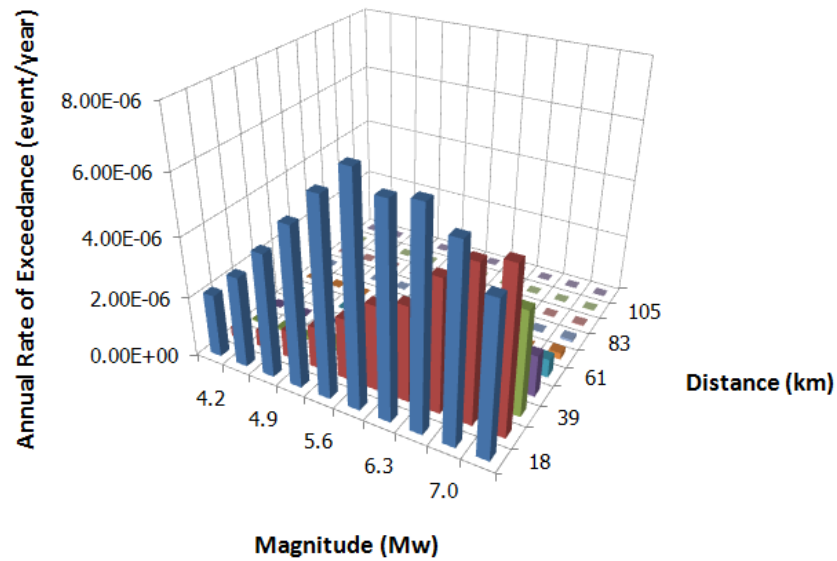
รูปที่ 4.25 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.พะเยา พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า $0.634g$ เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



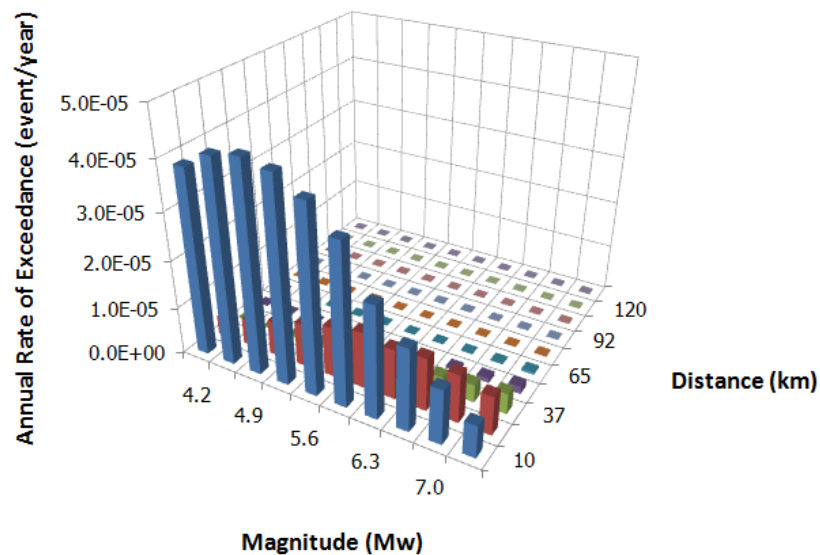
รูปที่ 4.26 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แพร่ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.660g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



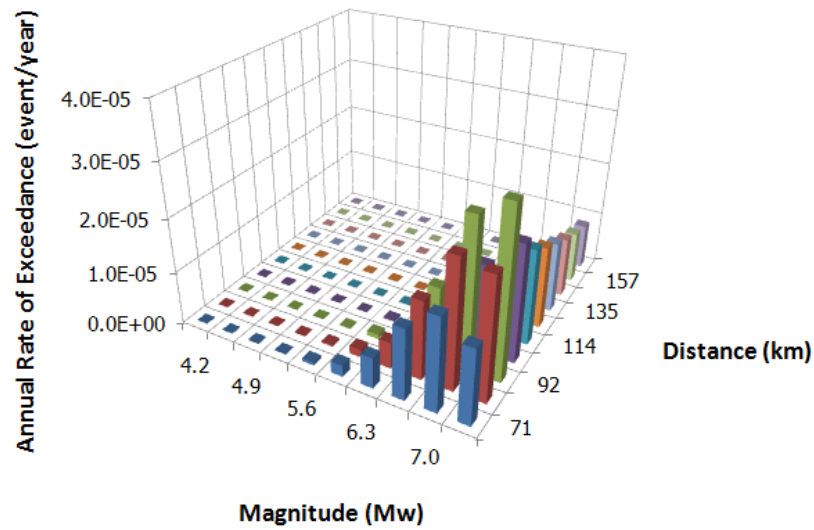
รูปที่ 4.27 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.636g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



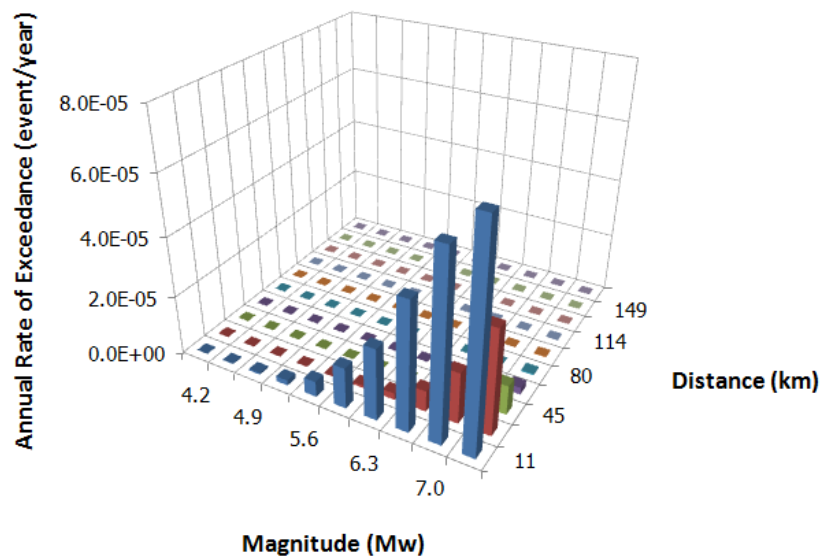
รูปที่ 4.28 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.636g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J



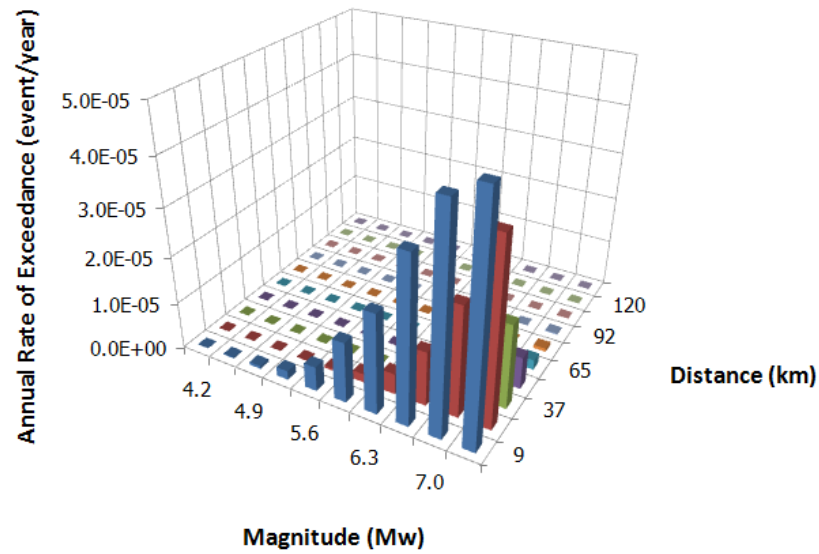
รูปที่ 4.29 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.643g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



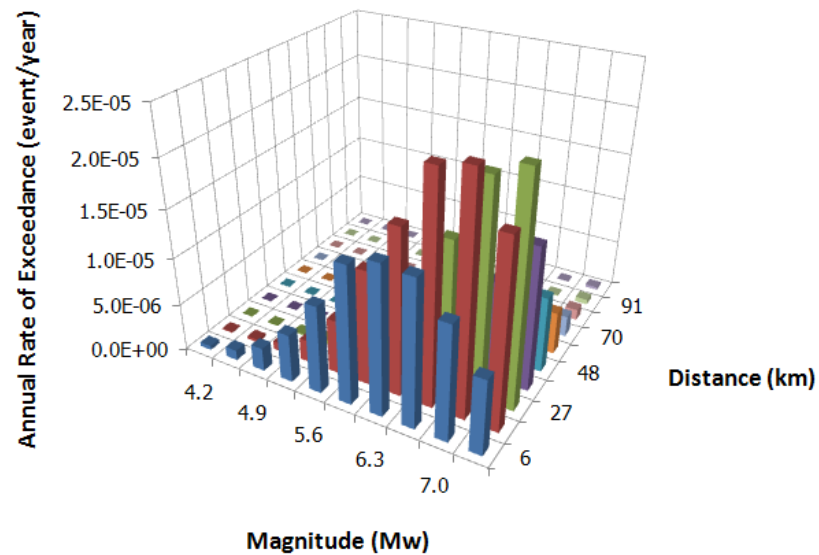
รูปที่ 4.30 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของกรุงเทพมหานคร พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.044g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J



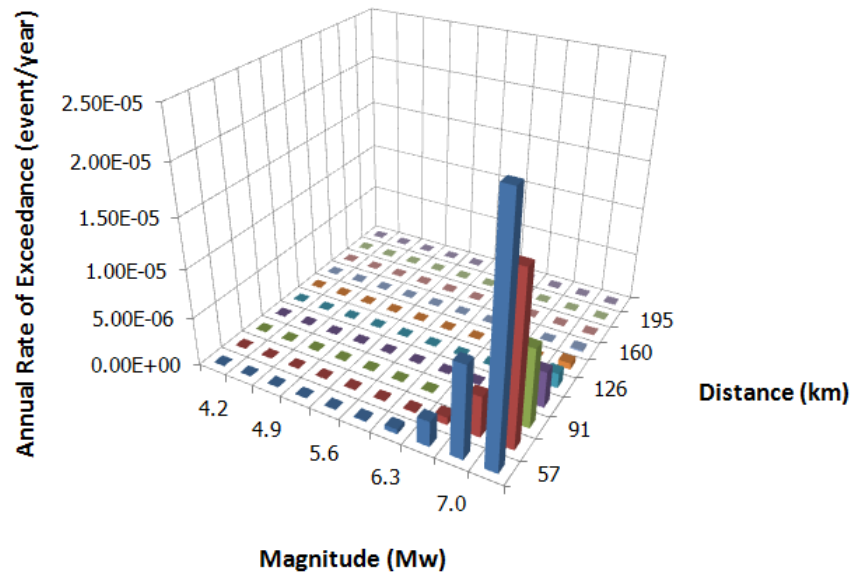
รูปที่ 4.31 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.314g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



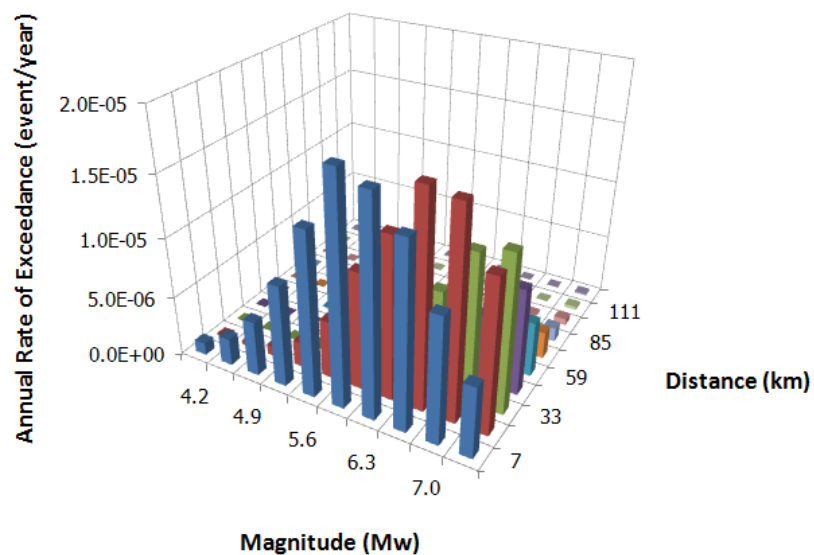
รูปที่ 4.32 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.เชียงราย พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.292g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โชน E



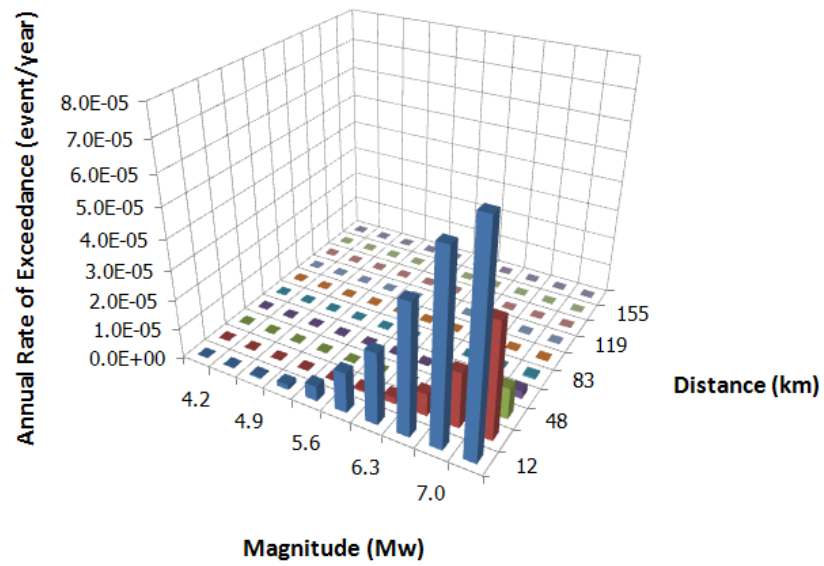
รูปที่ 4.33 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.กาญจนบุรี พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.171g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โชน J



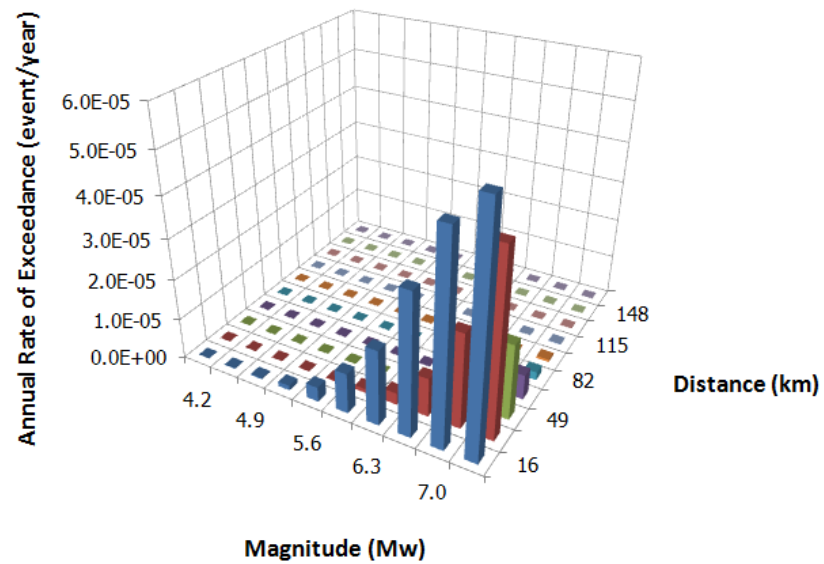
รูปที่ 4.34 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำปาง พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.161g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



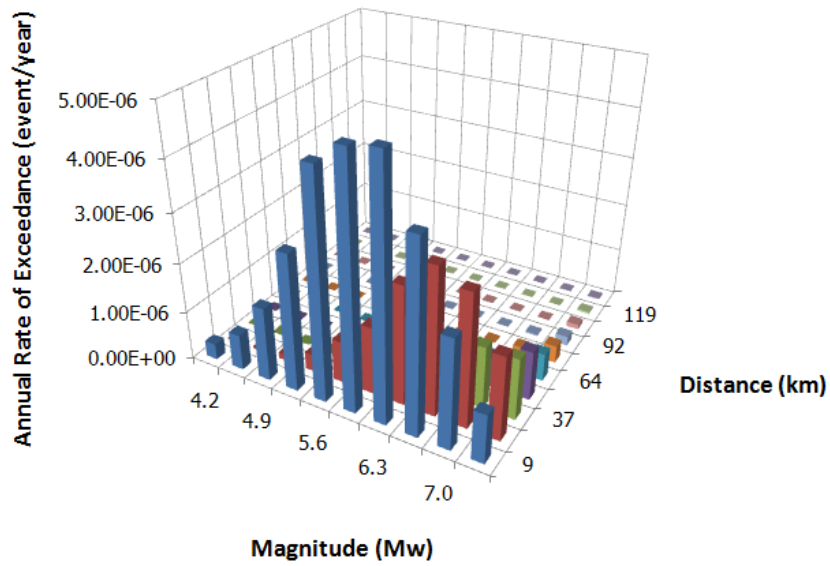
รูปที่ 4.35 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำปาง พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.161g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



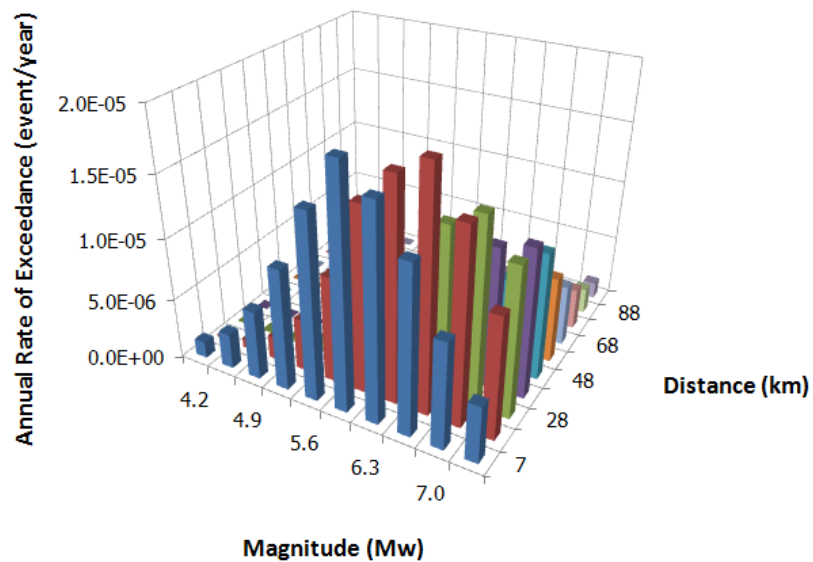
รูปที่ 4.36 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ลำพูน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.296g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



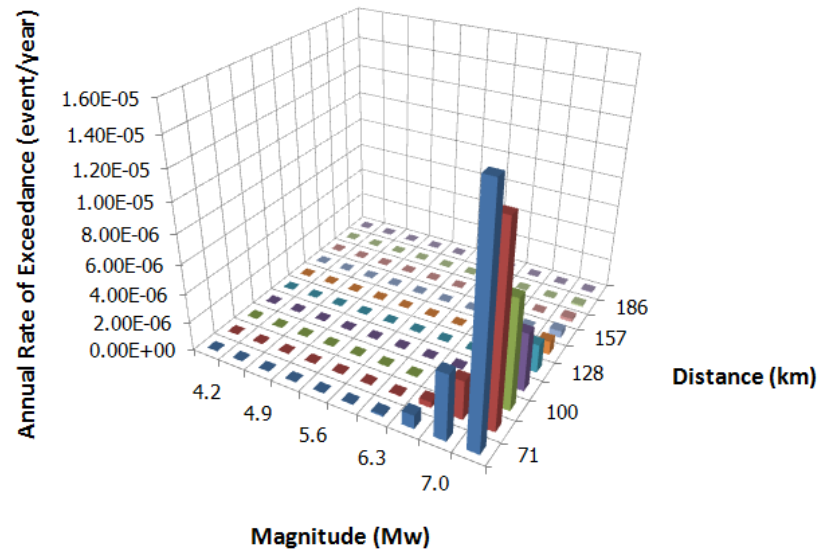
รูปที่ 4.37 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.249g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



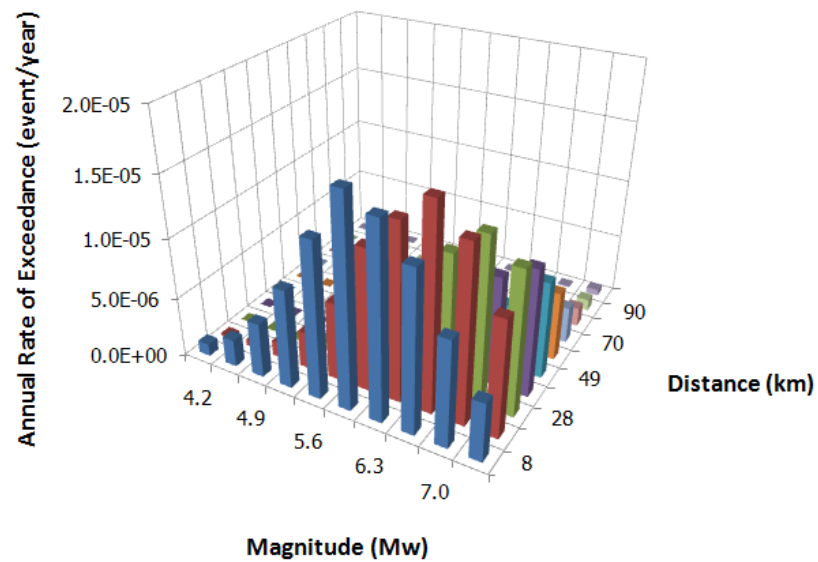
รูปที่ 4.38 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.249g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โชน F



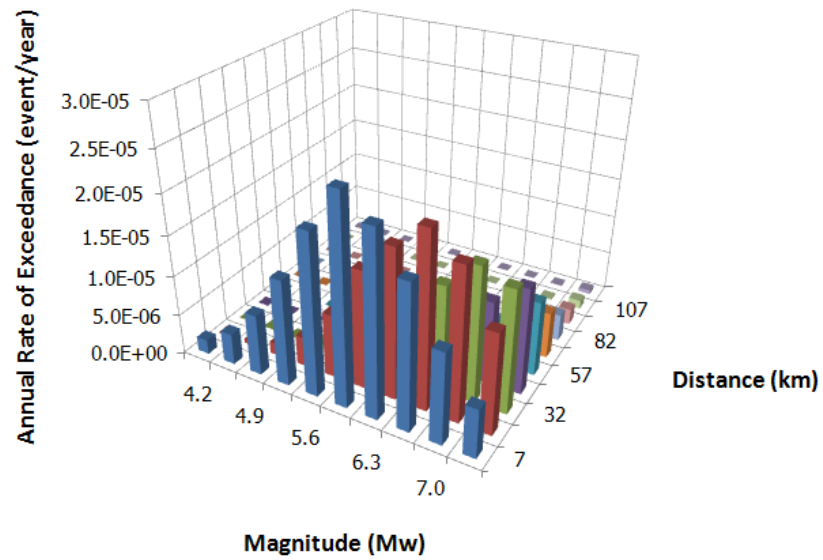
รูปที่ 4.39 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.น่าน พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.144g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โชน I



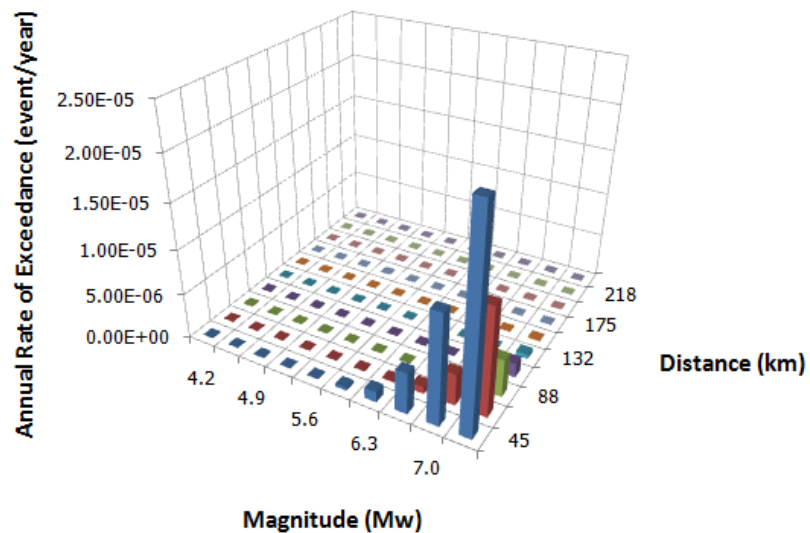
รูปที่ 4.40 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.พะเยา พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.152g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



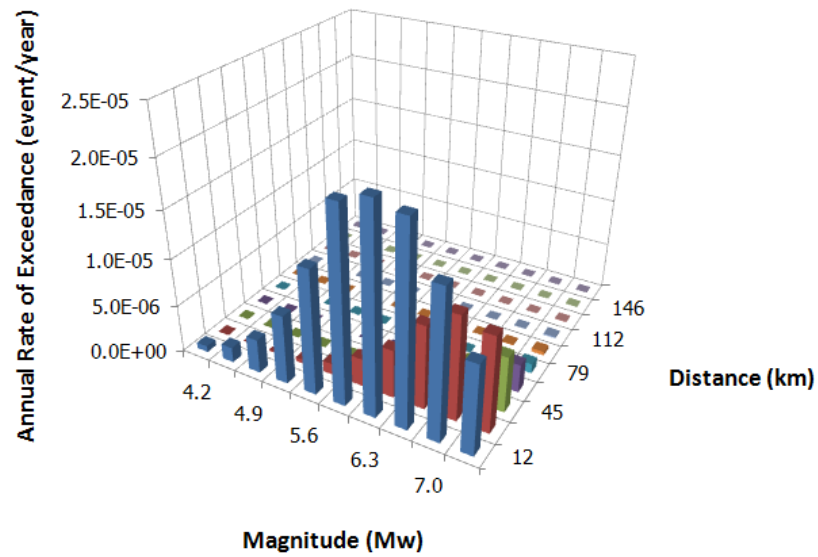
รูปที่ 4.41 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.พะเยา พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.152g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



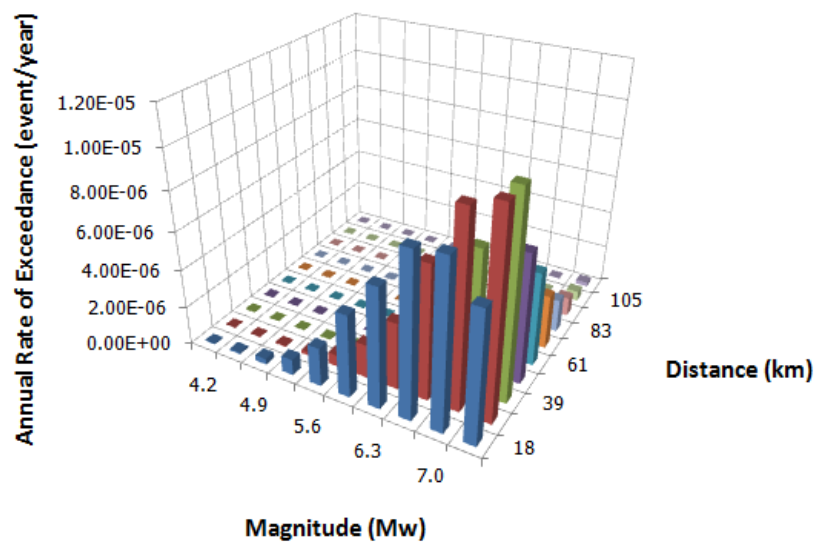
รูปที่ 4.42 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.แพร่ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.147g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



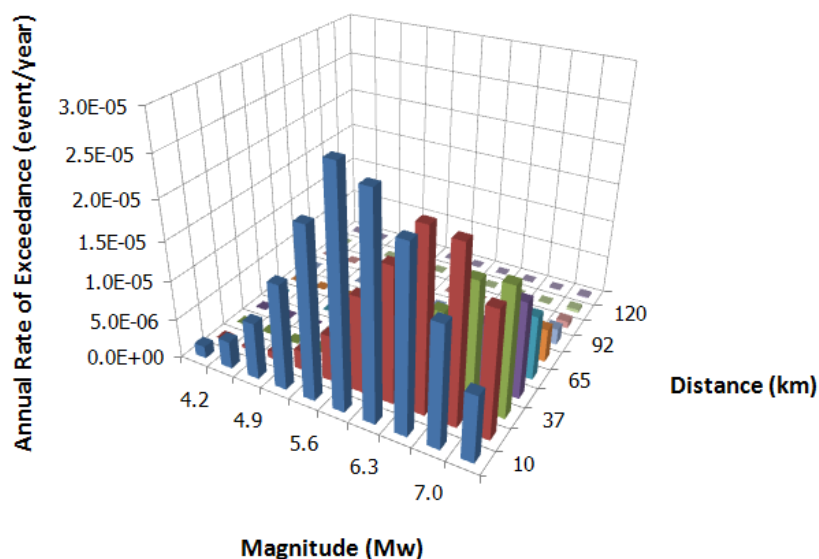
รูปที่ 4.43 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.167g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน E



รูปที่ 4.44 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.167g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I



รูปที่ 4.45 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.ตาก พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.167g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน J



รูปที่ 4.46 ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที โดยมีโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่า 0.145g เท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี โซน I

จังหวัดในภาคเหนือบางจังหวัดอาจจะได้รับผลกระทบเนื่องจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวอย่างรุนแรงมากกว่า 1 โซน ได้แก่ จังหวัดลำปาง พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที พบว่าได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโซน E (79%) และโซน I (21%) ส่วนจังหวัดแม่ฮ่องสอน พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน พบว่าได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโซน E (43%) และโซน F (57%), พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที พบว่าได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโซน E (56%) และโซน F (44%) และ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที พบว่าได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโซน E (86%) และโซน F (14%) ส่วนจังหวัดพะเยา พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที พบว่าได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโซน E (14%) และโซน I (86%) ส่วนจังหวัดตาก พิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดิน พบว่าได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโซน I (85%) และโซน J (15%), พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที พบว่าได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโซน I (79%) และโซน J (19%) และ พิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที พบว่าได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโซน E (17%), I (49%) และโซน J (34%) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความเร่งในแนวราบสูงสุดบนชั้นหินโดยความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเร่งเกินค่าในตารางเท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี และโซนของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อ กทม. และ อ. เมือง จังหวัดต่างๆ

จังหวัด	PGA		0.2 วินาที		1 วินาที	
	PHA (g)	โซน	PHA (g)	โซน	PHA (g)	โซน
กรุงเทพมหานคร	0.043	J	0.116	J	0.044	J
เชียงใหม่	0.417	E	0.999	E	0.314	E
เชียงราย	0.399	E	0.946	E	0.292	E
กาญจนบุรี	0.293	J	0.665	J	0.171	J
ลำปาง	0.299	I	0.656	I	0.161	E (21%) I (79%)
ลำพูน	0.391	E	0.937	E	0.296	E
แม่ฮ่องสอน	0.365	E (43%) F (57%)	0.842	E (56%) F (44%)	0.249	E (86%) F (14%)
น่าน	0.288	I	0.635	I	0.144	I
พะเยา	0.288	I	0.634	I	0.152	E (14%) I (86%)
แพร่	0.301	I	0.660	I	0.147	I
ตาก	0.283	I (85%) J (15%)	0.636	I (79%) J (19%)	0.167	E (17%) I (49%) J (34%)
อุตรดิตถ์	0.292	I	0.643	I	0.145	I

สำหรับจังหวัดกรุงเทพมหานคร กาญจนบุรี และจังหวัดในภาคเหนือที่ได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวอย่างรุนแรงเพียงโซนเดียว หมายความว่าในโซนนั้นเพียงโซนเดียวมีโอกาสที่จะส่งผลกระทบต่อจังหวัดต่างๆ มากกว่า 90% ของโอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินระดับที่พิจารณาเท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี

ตารางที่ 4.2 ขนาดของแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบให้การสั่นไหวของพื้นดินมีความรุนแรงตามแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี ที่ กทม. และ อ. เมือง จังหวัดต่างๆ

จังหวัด	Magnitude (Mw)		
	PGA	0.2 วินาที	1 วินาที
กรุงเทพมหานคร	6.3 – 7.3	6.3 – 7.3	6.6 – 7.3
เชียงใหม่	4.9 – 7.0	5.6 – 7.3	6.6 – 7.3
เชียงราย	4.5 – 7.0	4.9 – 7.3	6.3 – 7.3
กาญจนบุรี	4.2 – 6.3	4.5 – 7.0	6.3 – 7.3
ลำปาง	4.2 – 6.3	4.2 – 5.9	5.9 – 7.3
ลำพูน	4.9 – 7.0	5.6 – 7.3	6.6 – 7.3
แม่ฮ่องสอน	4.2 – 7.3	4.2 – 7.3	5.4 – 7.3
น่าน	4.2 – 5.6	4.2 – 6.3	5.6 – 7.3
พะเยา	4.2 – 5.6	4.2 – 6.3	5.6 – 7.3
แพร่	4.2 – 6.3	4.2 – 5.9	5.6 – 7.3
ตาก	4.2 – 7.3	4.2 – 7.3	5.9 – 7.3
อุตรดิตถ์	4.2 – 5.9	4.2 – 7.0	5.6 – 7.3

ช่วงของขนาดแผ่นดินไหวและระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ที่แสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 จะครอบคลุมผลกระทบของลักษณะเหตุการณ์นั้น โดยมีค่าความน่าจะเป็นรวมอย่างน้อย 70%

ตารางที่ 4.3 ระยะทางของแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อให้การสั่นไหวของพื้นดินมีความรุนแรงตามแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวซึ่งมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี ที่ กทม. และ อ. เมือง จังหวัดต่างๆ

จังหวัด	Distance (km)		
	PGA	0.2 วินาที	1 วินาที
กรุงเทพมหานคร	71 – 114	71 – 124	71 – 114
เชียงใหม่	0 – 11	0 – 11	0 – 28
เชียงราย	0 – 9	0 – 9	0 – 23
กาญจนบุรี	0 – 16	0 – 16	0 – 38
ลำปาง	0 – 7	0 – 20	0 – 74
ลำพูน	0 – 12	0 – 12	0 – 30
แม่ฮ่องสอน	0 – 16	0 – 16	0 – 32
น่าน	0 – 18	0 – 18	0 – 38
พะเยา	0 – 18	0 – 18	0 – 100
แพร่	0 – 7	0 – 20	0 – 32
ตาก	0 – 16	0 – 28	0 – 67
อุตรดิตถ์	0 – 10	0 – 10	0 – 37

สังเกตได้ว่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (PGA) จังหวัดในภาคเหนือได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่มีขนาด 4.2 ถึง 7.3 ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 0 ถึง 18 เมื่อพิจารณาค่าความเร่งเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหวที่ยาวขึ้นเป็น 0.2 และ 1 วินาที จะได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ไกลขึ้น ส่วนกรุงเทพมหานครได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่มีขนาด 6.3 ถึง 7.3 ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 71 ถึง 114

ตารางที่ 4.4 ละติจูดและลองจิจูดของกรุงเทพมหานคร จังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี

No.	จังหวัด	Latitude	Longitude
1	กรุงเทพมหานคร	13.753	100.494
2	เชียงใหม่	18.787	98.987
3	เชียงราย	19.909	99.833
4	กาญจนบุรี	14.004	99.550
5	ลำปาง	18.292	99.504
6	ลำพูน	18.578	99.018
7	แม่ฮ่องสอน	19.304	97.977
8	น่าน	18.793	100.729
9	พะเยา	19.192	99.878
10	แพร่	18.146	100.141
11	ตาก	16.882	99.124
12	อุตรดิตถ์	17.626	100.097

บทที่ 5

คลื่นแผ่นดินไหวสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี

5.1 การคัดเลือกคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี

หลังจากการหาลักษณะเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ส่งผลต่อความเสียหายมากที่สุดที่ตำแหน่งที่ตั้งอาคารที่กำลังพิจารณา จึงทำการคัดเลือกข้อมูลจากฐานข้อมูลอัตราเร่งของคลื่นแผ่นดินไหวที่สอดคล้องกับสถานการณ์แผ่นดินไหวนั้น โดยกำหนดขนาดแผ่นดินไหวและระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่ได้มาจะเป็นประวัติเวลาของอัตราเร่งของพื้นดิน การศึกษานี้ได้คัดเลือกข้อมูลจากฐานข้อมูลอัตราเร่งของคลื่นแผ่นดินไหวของศูนย์วิจัยด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวแห่งแปซิฟิก (Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER)

The screenshot displays the PEER Ground Motion Database interface. At the top, there is a blue header with the logo and text: "PEER Ground Motion Database Pacific Earthquake Engineering Research Center BETA". Below the header is a navigation menu with links: HOME, DOCUMENTATION, TUTORIALS, HELP, FEEDBACK, and PEER. A green message box states "Search was successfully created." Below this is the "Edit Unscaled Search" section, which includes a "PEER-NGA Spectrum" tab and "Additional Search Options". The search filters are as follows:

Event Name	<input type="text"/>
NGA Sequence Numbers	<input type="text"/>
Station Name	<input type="text"/>
Magnitude	<input type="text" value="5.6,7.3"/> (min,max)
Fault Type	<input type="text" value="All types"/>
D9-95(sec)	<input type="text"/>
R_JB(km)	<input type="text"/> (min,max)
R_rup(km)	<input type="text" value="0.16"/> (min,max)
Vs30(m/s)	<input type="text" value="180,360"/> (min,max)
Pulse	<input type="text" value="Any Record"/>

To the right of the search filters is a spectral acceleration plot. The y-axis is labeled "Spectral Acceleration, Sa (g)" and ranges from 10^{-6} to 10^2 . The x-axis is labeled "Period, T (sec)" and ranges from 10^{-2} to 10^1 . The plot shows multiple cyan lines representing different ground motion records. Below the plot are controls for "Zoom In Time" (with a range input and a "Zoom" button) and a dropdown menu for "Acceleration".

รูปที่ 5.1 การกำหนดคุณลักษณะแผ่นดินไหวและแสดงผลสเปกตรัมของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ต้องการพิจารณาของ PEER สำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี

รูปที่ 5.1 แสดงการกำหนดคุณลักษณะของแผ่นดินไหวที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูล หลังจากทำการค้นหาข้อมูลที่สอดคล้องกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พบข้อมูลที่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดหลายข้อมูลแสดงได้เป็นกราฟสเปกตรัมของความเร่งสี่ฟ้าในรูปที่ 5.1 วิศวกรจะต้องนำคลื่นแผ่นดินไหวที่ได้คัดเลือกจากฐานข้อมูลไปคูณปรับค่าทางวิธีการที่กำหนดใน มยผ.1302-52 ก่อนที่จะนำไปกระทำต่อโครงสร้างต่อไป การคัดเลือกคลื่นนั้นจะพยายามเลือกคลื่นโดยคำนึงถึงรูปร่างสเปกตรัมให้สอดคล้องกับสเปกตรัมตาม มยผ.1302-52 ด้วย

สำหรับจังหวัดในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่, เชียงราย, ลำปาง, ลำพูน, แม่ฮ่องสอน, น่าน, พะเยา, แพร่, ตาก และอุตรดิตถ์ รวมทั้งกาญจนบุรี สมมุติให้เป็นชั้นดินแข็งปานกลาง (Site Class D) มีค่าความเร็วคลื่นเฉือนเฉลี่ยในช่วง 30 เมตร จากผิวดิน (Shear Wave Velocity, V_{s30}) ประมาณ 180 ถึง 360 เมตรต่อวินาที และได้กำหนดคุณลักษณะแผ่นดินไหวเพื่อใช้ในการคัดเลือกคลื่นแผ่นดินไหวโดยมีขนาดแผ่นดินไหวประมาณ 5.6 ถึง 7.3 และระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวประมาณ 0 ถึง 16 กิโลเมตร ซึ่งข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่ถูกคัดเลือกนั้นได้แสดงในตารางที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 จากข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่คัดเลือกมีกลไกการเลื่อนด้านข้าง (strike slip) เมื่อ R คือ Rupture distance (km)

ตารางที่ 5.1 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลา สำหรับเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน และแม่ฮ่องสอน

NGA No.	Event	Year	Station	Mw	R (km)	Vs30 (m/s)
30	Parkfield	1966	Cholame-Shandon Array #5	6.19	9.6	290
95	Managua-Nicaragua-01	1972	Managua-ESSO	6.24	4.1	289
147	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #2	5.74	9.0	271
148	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #3	5.74	7.4	350
149	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #4	5.74	5.7	222
159	Imperial Valley-06	1979	Agrarias	6.53	0.7	275
161	Imperial Valley-06	1979	Brawley Airport	6.53	10.4	209
162	Imperial Valley-06	1979	Calexico Fire Station	6.53	10.4	231
179	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #4	6.53	7.0	209
185	Imperial Valley-06	1979	Holtville Post Office	6.53	7.7	203

ตารางที่ 5.2 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลา
สำหรับกาญจนบุรี ลำปาง และแพร่

NGA No.	Event	Year	Station	Mw	R (km)	Vs30 (m/s)
30	Parkfield	1966	Cholame-Shandon Array #5	6.19	9.6	290
31	Parkfield	1966	Cholame-Shandon Array #8	6.19	12.9	257
147	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #2	5.74	9.0	271
148	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #3	5.74	7.4	350
149	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #4	5.74	5.7	222
161	Imperial Valley-06	1979	Brawley Airport	6.53	10.4	209
162	Imperial Valley-06	1979	Calexico Fire Station	6.53	10.4	231
167	Imperial Valley-06	1979	Compuertas	6.53	15.3	275
179	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #4	6.53	7.0	209
185	Imperial Valley-06	1979	Holtville Post Office	6.53	7.7	203

ตารางที่ 5.3 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลา
สำหรับน่าน พะเยา ตาก และอุตรดิตถ์

NGA No.	Event	Year	Station	Mw	R (km)	Vs30 (m/s)
30	Parkfield	1966	Cholame-Shandon Array #5	6.19	9.6	290
31	Parkfield	1966	Cholame-Shandon Array #8	6.19	12.9	257
147	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #2	5.74	9.0	271
148	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #3	5.74	7.4	350
149	Coyote Lake	1979	Gilroy Array #4	5.74	5.7	222
161	Imperial Valley-06	1979	Brawley Airport	6.53	10.4	209
162	Imperial Valley-06	1979	Calexico Fire Station	6.53	10.4	231
167	Imperial Valley-06	1979	Compuertas	6.53	15.3	275
185	Imperial Valley-06	1979	Holtville Post Office	6.53	7.7	203
187	Imperial Valley-06	1979	Parachute Test Site	6.53	12.7	349

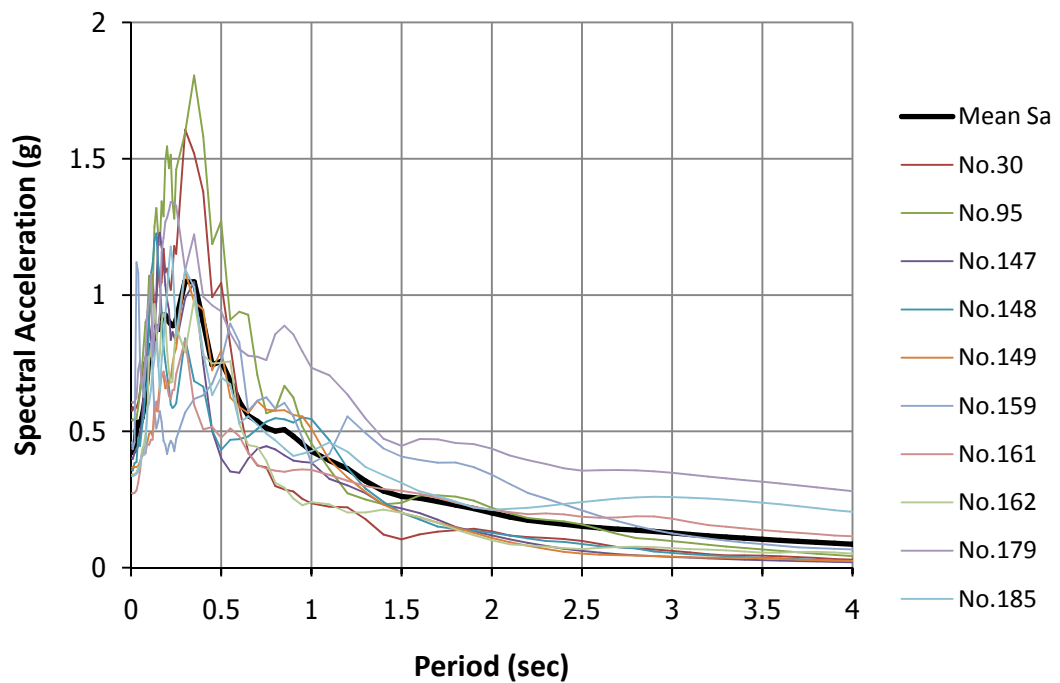
5.2 การควบคุมปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี

หลังจากคัดเลือกคลื่นแผ่นดินไหวจากเหตุการณ์ที่เหมาะสมแล้วจะต้องทำการควบคุมปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวตามวิธีการที่กำหนดในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยพ.1302-52) ให้มีความรุนแรงตามระดับความเสี่ยงที่กำหนดในมาตรฐาน โดยมีข้อมูลอัตราเร่งของพื้นดินทั้งสองทิศทางในแนวราบสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี การศึกษานี้จะทำการจัดเตรียมคลื่นแผ่นดินไหวทั้งสองทิศทางในแนวราบสำหรับคลื่นแผ่นดินไหวในแต่ละคู่ และจะจัดเตรียมไว้อย่างน้อย 10 คู่ สำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี

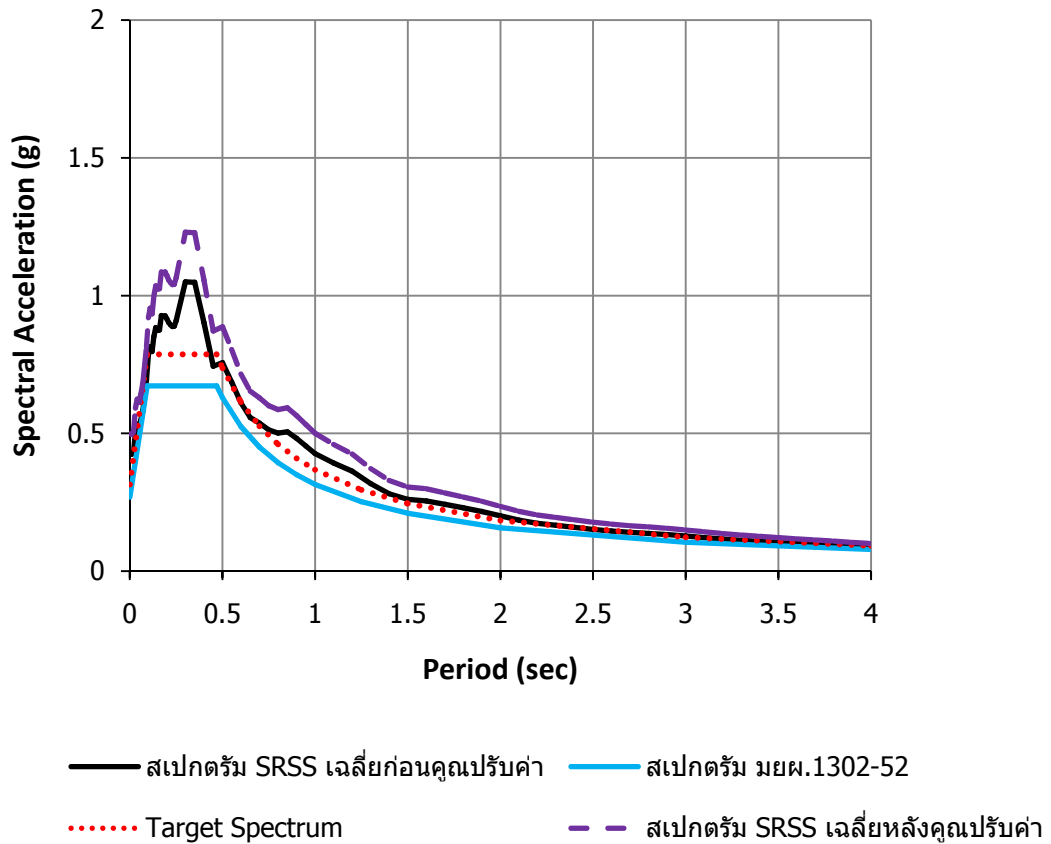
ตาม มยพ.1302-52 วิธีการควบคุมปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหว 2 ทิศทางในแนวราบ สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างแบบ 3 มิติ สรุปลงโดยสังเขปได้ดังนี้ ขั้นตอนแรกจะต้องคำนวณสเปกตรัมผลตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวแต่ละทิศทางของข้อมูลคู่หนึ่งๆ จากนั้นคำนวณค่าสเปกตรัม SRSS (square root of sum of square) จากสองทิศทาง ซึ่งเป็นการหารากที่สองของผลรวมของค่ากำลังสองของสเปกตรัมผลตอบสนองในแต่ละทิศทาง โดยทำการคำนวณที่แต่ละคาบการสั่นในช่วงตั้งแต่ $0.2T$ ถึง $1.5T$ โดยที่ T คือ คาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้าง ดังนั้นจะได้หนึ่งสเปกตรัม SRSS สำหรับข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวแต่ละคู่ ซึ่งจากชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่เลือกมา 10 คู่ จะได้ 10 สเปกตรัม SRSS ซึ่งสามารถนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยของสเปกตรัม SRSS ทั้ง 10 ได้ ทั้งนี้ มยพ.1302-52 ระบุว่าจะต้องควบคุมปรับค่าจนทำให้ค่าเฉลี่ยของสเปกตรัม SRSS มีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับออกแบบ โดยพิจารณาที่ทุกคาบการสั่นในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 4 วินาที ซึ่งคลื่นที่คัดเลือกในจังหวัดเดียวกันในแต่ละคู่คลื่นจะถูกปรับค่าด้วยตัวคูณค่าเดียวกันแต่ค่าตัวคูณปรับค่าของคลื่นในจังหวัดที่แตกต่างกันไม่จำเป็นต้องเท่ากัน ผลการคำนวณความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด เป็นคลื่นก่อนที่ไม่มีการทำควบคุมปรับค่า (รูปที่ 5.2) จากรูปที่ 5.2 ได้แสดงความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่กระทำพร้อมกัน 2 ทิศทาง สำหรับเชียงใหม่ สังเกตได้ว่าสเปกตรัมเส้นสีดำเป็นสเปกตรัมที่ได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยสเปกตรัม SRSS ทั้ง 10 คู่คลื่นแผ่นดินไหว และจากรูปที่ 5.3 แสดงค่าเฉลี่ยเชิงสเปกตรัม SRSS ที่ถูกควบคุมปรับค่ามีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับออกแบบ โดยนำสเปกตรัมเฉลี่ย SRSS ก่อนควบคุมปรับค่า (เส้นสีดำ) เปรียบเทียบกับสเปกตรัมตาม มยพ.1302-52 เส้นสีน้ำเงินและทำการควบคุมปรับค่า 1.17 เท่า เป็นสเปกตรัมเส้นสีแดง จะได้ผลสเปกตรัม SRSS หลังควบคุมปรับค่า (เส้นสีม่วง) และได้สรุปผลตัวคูณปรับค่าสเปกตรัมของจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรีในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ค่าของตัวคูณปรับค่าสเปกตรัมสำหรับจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี

จังหวัด	ค่าของตัวคูณปรับค่า
เชียงใหม่	1.17145
เชียงราย	1.03544
กาญจนบุรี	1.10122
ลำปาง	1.19649
ลำพูน	1.13076
แม่ฮ่องสอน	1.15462
น่าน	1.08490
พะเยา	1.14166
แพร่	1.24392
ตาก	1.01782
อุตรดิตถ์	1.10271



รูปที่ 5.2 ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่กระทำพร้อมกัน 2 ทิศทาง สำหรับเชียงใหม่



รูปที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยเชิงสเปกตรัม SRSS ที่ถูกคุณปรับค่ามีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับออกแบบ สำหรับเชียงใหม่

เมื่อมีการคุณปรับค่าเพิ่มขึ้น 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบสนองของการออกแบบตาม มยพ.1302-52 (เส้นสีน้ำเงิน) กลายเป็นสเปกตรัมเส้นสีแดงจะเรียกว่า Target Spectrum ดังแสดงในรูปที่ 5.3

ผลการวิเคราะห์จากรูปที่ 5.3 พบว่าสเปกตรัม SRSS เฉลี่ยก่อนคุณปรับค่า (เส้นสีดำ) มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.25 - 0.35 วินาที มีค่าประมาณ 1.05g จากนั้นเมื่อมีการคุณปรับค่า สเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังคุณปรับค่า (เส้นสีม่วง) ค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.25 - 0.35 วินาที มีค่าประมาณ 1.23g ทำให้มีค่าที่สูงขึ้น ซึ่งสามารถนำสเปกตรัม SRSS หลังคุณปรับค่าไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างต่อไป

บทที่ 6

คลื่นแผ่นดินไหวสำหรับกรุงเทพมหานคร

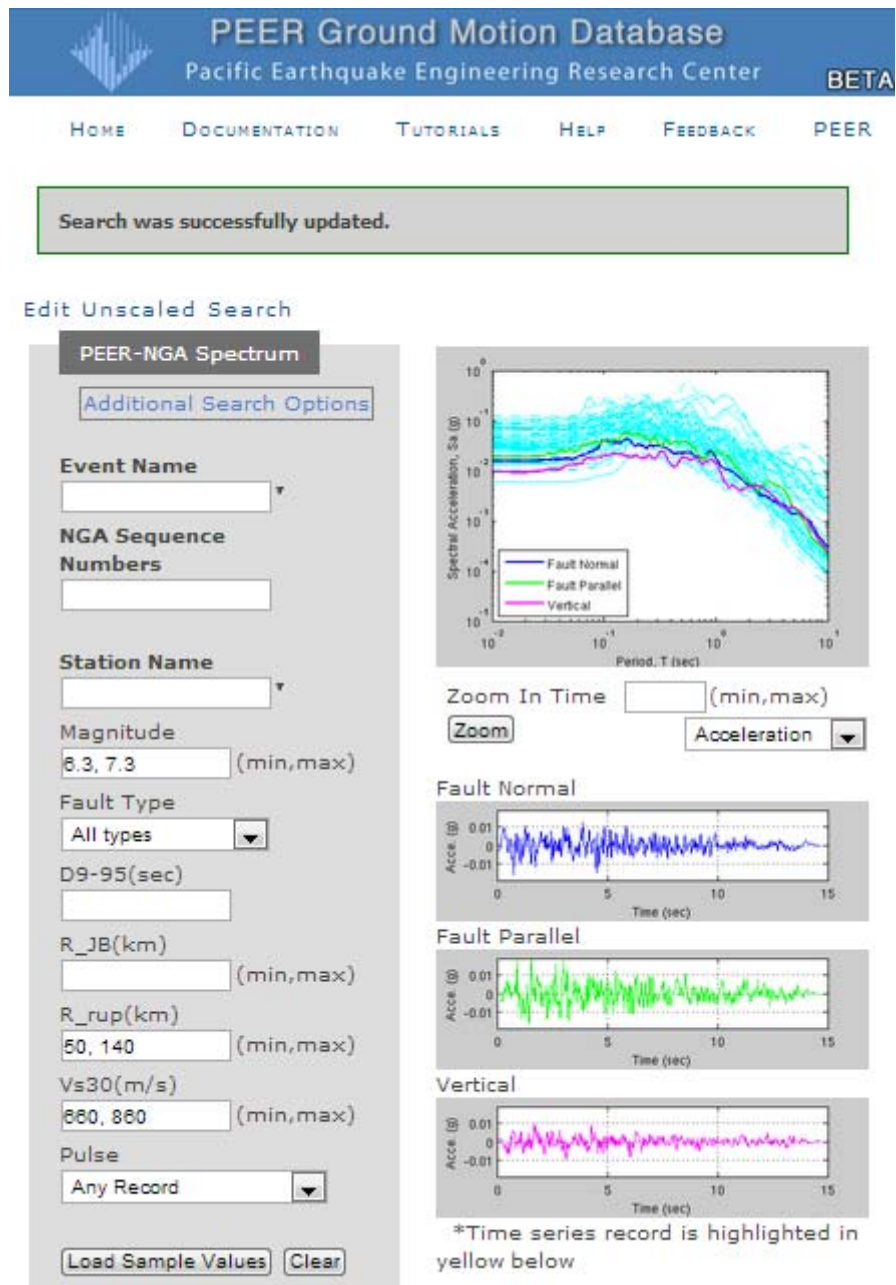
6.1 การคัดเลือกคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับกรุงเทพมหานคร

หลังจากการหาลักษณะเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ส่งผลต่อความเสียหายมากที่สุดที่ตำแหน่งที่ตั้งอาคารที่กำลังพิจารณา จึงทำการคัดเลือกข้อมูลจากฐานข้อมูลอัตราเร่งของคลื่นแผ่นดินไหวที่สอดคล้องกับสถานการณ์แผ่นดินไหวนั้น โดยกำหนดขนาดแผ่นดินไหวและระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่ได้มาจะเป็นประวัติเวลาของอัตราเร่งของพื้นดิน การศึกษานี้ได้คัดเลือกข้อมูลจากฐานข้อมูลอัตราเร่งของคลื่นแผ่นดินไหวของศูนย์วิจัยด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวแห่งแปซิฟิก (Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER)

รูปที่ 6.1 แสดงการกำหนดคุณลักษณะของแผ่นดินไหวที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูลสำหรับกรุงเทพมหานคร หลังจากทำการค้นหาข้อมูลที่สอดคล้องกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวนั้นพบข้อมูลที่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดหลายข้อมูลแสดงได้เป็นกราฟสเปกตรัมของความเร่งสี่ฟาในรูปแบบที่ 6.1 นอกจากนี้ยังแสดงประวัติเวลาของความเร่งของพื้นดินทั้งสามแกน (ในทิศทางตั้งฉากกับรอยเลื่อน ขนานกับรอยเลื่อน และแนวตั้ง) ที่สถานีเดียวกัน วิศวกรจะต้องนำคลื่นแผ่นดินไหวที่ได้คัดเลือกจากฐานข้อมูลไปคูณปรับค่าทางวิธีการที่กำหนดใน มยพ.1302-52 ก่อนที่จะนำไปกระทำต่อโครงสร้างต่อไป ซึ่งข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่คัดเลือกใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างได้แสดงในตารางที่ 6.1

สำหรับกรุงเทพมหานครจะต้องทำการวิเคราะห์การตอบสนองของชั้นดินอ่อนด้วย โดยใช้ข้อมูลจากชั้นหิน (V_{s30} ประมาณ 760 เมตรต่อวินาที) เป็นข้อมูลดิบแล้วจำลองการแพร่ของคลื่นผ่านชั้นดินอ่อนที่มีค่าความเร็วคลื่นเฉือนค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 100 เมตรต่อวินาทีในช่วงความลึก 30 เมตรจากผิวดิน) และได้กำหนดคุณลักษณะแผ่นดินไหวเพื่อใช้ในการคัดเลือกคลื่นแผ่นดินไหว โดยมีขนาดแผ่นดินไหวประมาณ 6.3 ถึง 7.3 และระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวประมาณ 40 ถึง 140 กิโลเมตร เนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหวที่ต้องการคัดเลือกจาก PEER มีไม่เพียงพอจึงจำเป็นต้องมีการขยายช่วงระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวให้มีช่วงที่กว้างขึ้นเป็น 40 ถึง 140 กิโลเมตร ซึ่งข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่คัดเลือกใช้สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างได้แสดงในตาราง

ที่ 6.1 จากข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่คัดเลือกมีกลไกการเลื่อนด้านข้าง (strike slip) และการเลื่อนแบบกลับทิศ (reverse fault)



รูปที่ 6.1 การกำหนดคุณลักษณะแผ่นดินไหวและแสดงผลสเปกตรัมของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ต้องการพิจารณาของ PEER สำหรับกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 6.1 คลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีพลศาสตร์แบบประวัติเวลา
สำหรับกรุงเทพมหานคร

NGA No.	Event	Year	Station	Mw	R (km)	Vs30 (m/s)
782	Loma Prieta	1989	Monterey City Hall	6.93	44.4	685
1033	Northridge-01	1994	Littlelock-Brainard Can	6.69	46.6	822
1074	Northridge-01	1994	Sandberg-Bald Mtn	6.69	41.6	822
1096	Northridge-01	1994	Wrightwood-Jackson Flat	6.69	64.7	822
1767	Hector Mine	1999	Banning-Twin Pines Road	7.13	83.4	685
1786	Hector Mine	1999	Heart Bar State Park	7.13	61.2	685
1795	Hector Mine	1999	Joshua Tree N.M.-KeysView	7.13	50.4	685
1836	Hector Mine	1999	Twentynine Palms	7.13	42.1	685
3453	Chi-Chi-Taiwan-06	1999	TCU044	6.3	48.5	668
3542	Chi-Chi-Taiwan-06	1999	TTN042	6.3	86.4	845

เมื่อ R คือ Rupture distance (km)

6.2 การคูณปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับกรุงเทพมหานคร

หลังจากเลือกคลื่นแผ่นดินไหวจากเหตุการณ์ที่เหมาะสมแล้วจะต้องทำการคูณปรับค่า คลื่นแผ่นดินไหวตามวิธีการที่กำหนดในมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยพ.1302-52) ให้มีความรุนแรงตามระดับความเสี่ยงที่กำหนดในมาตรฐาน โดยมีข้อมูลอัตราเร่งของพื้นดินทั้งสองทิศทางในแนวราบสำหรับกรุงเทพมหานคร การศึกษานี้จะทำการจัดเตรียมคลื่นแผ่นดินไหวทั้งสองทิศทางในแนวราบสำหรับคลื่นแผ่นดินไหวในแต่ละคู่ และจะจัดเตรียมไว้อย่างน้อย 10 คู่ สำหรับกรุงเทพมหานคร วิธีการคูณปรับค่าคลื่นแผ่นดินไหว 2 ทิศทางในแนวราบสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างแบบ 3 มิติ สรุปได้ดังนี้ ขั้นตอนแรกจะต้องคำนวณสเปกตรัมผลตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวแต่ละทิศทางของข้อมูลคู่หนึ่งๆ จากนั้นคำนวณค่าสเปกตรัม SRSS (square root of sum of square) จากสองทิศทาง ซึ่งเป็นการหารากที่สองของผลรวมของค่ากำลังสองของสเปกตรัมผลตอบสนองในแต่ละทิศทาง โดยทำการคำนวณที่แต่ละคาบการสั่นในช่วงตั้งแต่ $0.2T$ ถึง $1.5T$ โดยที่ T คือ คาบการสั่นพื้นฐานของโครงสร้าง ดังนั้นจะได้

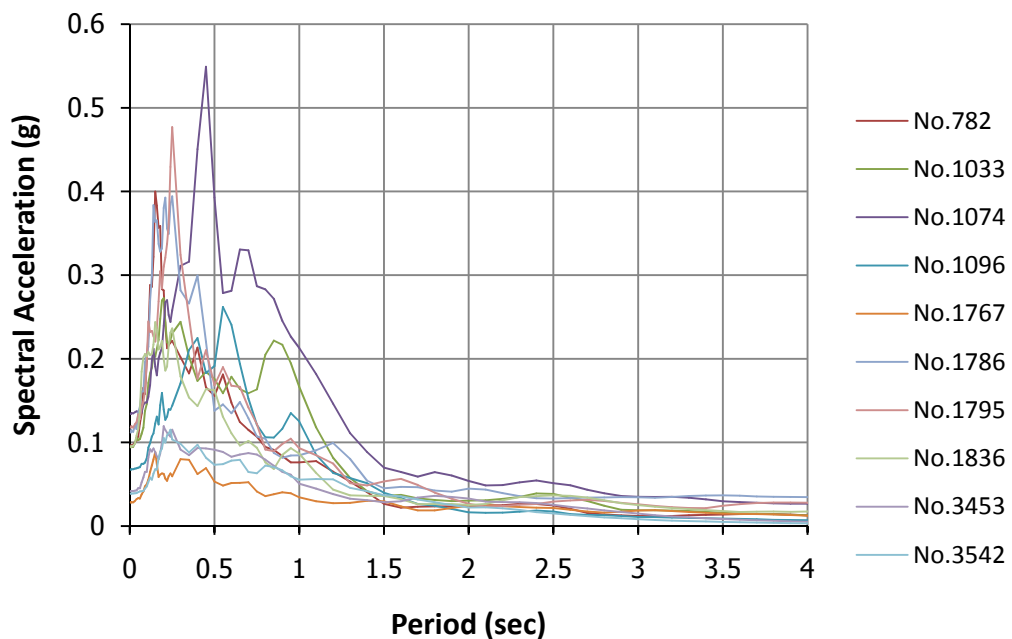
หนึ่งสเปกตรัม SRSS สำหรับข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวแต่ละคู่ ซึ่งจากชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่เลือกมา 10 คู่ จะได้ 10 สเปกตรัม SRSS จะต้องมีการคูณปรับค่าสเปกตรัมรอบแรกโดยนำทั้ง 10 สเปกตรัม SRSS ทำการคูณปรับค่าเพื่อให้ทั้ง 10 สเปกตรัม SRSS มีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบแทนสำหรับออกแบบ จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยสเปกตรัม SRSS และนำค่าเฉลี่ยสเปกตรัม SRSS ทำการคูณปรับค่าสเปกตรัมรอบที่สองให้มีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบแทนสำหรับออกแบบ การหาค่าตัวคูณปรับค่ารอบแรก (SF1) จะพิจารณาทุกคาบการสั่นในช่วงตั้งแต่ 0 วินาที ครอบคลุมถึง 4 วินาที แต่ค่าตัวคูณปรับค่ารอบที่สอง (SF2) นั้นจะพิจารณาคาบการสั่นในช่วง 0.13 วินาที ครอบคลุมถึง 3 วินาที จากคลื่นที่คัดเลือกในกรุงเทพมหานคร ค่าของตัวคูณปรับค่ารอบแรกจะมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละชุดคลื่นแผ่นดินไหวแต่ค่าของตัวคูณปรับค่ารอบที่สองจะใช้ค่าเดียวกัน แล้วหาผลคูณของ SF1 และ SF2 จะได้ตัวคูณปรับค่าค่าเดียว (SF) นำไปคูณในแต่ละชุดคลื่นแผ่นดินไหวเพื่อนำใช้ในการขยายคลื่นแผ่นดินไหวผ่านชั้นดินอ่อนต่อไป

จากผลการแยกแยะความเสียหายแผ่นดินไหวของกรุงเทพมหานคร โอกาสที่จะเกิดความเร่งเกินค่าความเร่งที่พิจารณาเท่ากับ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี สำหรับการพิจารณาความเร่งสูงสุดของพื้นดินพบว่าความเร่งที่พิจารณามีค่าเท่ากับ 0.043g ส่วนการพิจารณาสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที พบว่าความเร่งที่พิจารณามีค่าเท่ากับ 0.116g ส่วนการพิจารณาสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที พบว่าความเร่งที่พิจารณามีค่าเท่ากับ 0.044g ส่วนการพิจารณาสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1.5 วินาที พบว่าความเร่งที่พิจารณามีค่าเท่ากับ 0.029g ส่วนการพิจารณาสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 2 วินาที พบว่าความเร่งที่พิจารณามีค่า 0.022g ส่วนการพิจารณาสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 3 วินาที พบว่าความเร่งที่พิจารณามีค่า 0.014g มีความสอดคล้องกับการสร้างสเปกตรัมผลตอบแทนสำหรับออกแบบตาม มยพ.1302-52 โดยมีการกำหนดค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมที่คาบสั่น 0.2 วินาที (S_0) และที่คาบ 1 วินาที (S_1) ตามความเร่งที่พิจารณามีค่าเท่ากับ 0.116g และ 0.044g ตามลำดับ การศึกษานี้จึงได้ใช้สเปกตรัมที่สร้างขึ้นที่มีการคูณปรับค่าเพิ่มขึ้น 1.17 เท่า เป็น Target Spectrum

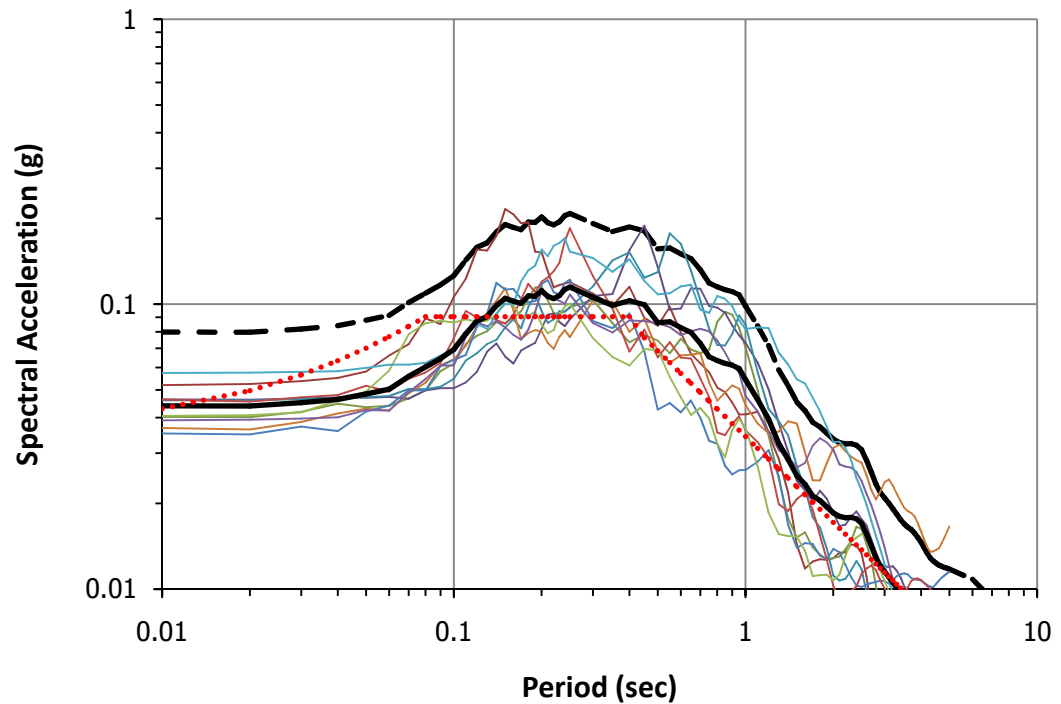
ผลการคำนวณความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวทั้ง 10 ชุด เป็นคลื่นที่ไม่มีการคูณปรับค่าสเปกตรัม (รูปที่ 6.2) จากรูปที่ 6.2 ได้แสดงความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่กระทำพร้อมกัน 2 ทิศทาง สำหรับกรุงเทพมหานคร และจากรูปที่ 6.3 แสดงผลความเร่งตอบสนองทั้ง 10 สเปกตรัม SRSS ที่ได้มีการคูณปรับค่าจาก SF1 และ SF2 ซึ่งได้สรุปค่าของตัวคูณปรับค่าสเปกตรัมของกรุงเทพมหานครในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ค่าของตัวคูณปรับค่าสเปกตรัมสำหรับกรุงเทพมหานคร

NGA No.	Event	Year	Station	SF1	SF2	SF
782	Loma Prieta	1989	Monterey City Hall	0.97960	0.55099	0.53975
1033	Northridge-01	1994	Little Rock-Brainard Can	0.76960	0.55099	0.42404
1074	Northridge-01	1994	Sandberg-Bald Mtn	0.62379	0.55099	0.34370
1096	Northridge-01	1994	Wrightwood-Jackson Flat	1.22877	0.55099	0.67704
1767	Hector Mine	1999	Banning-Twin Pines Road	2.33700	0.55099	1.28766
1786	Hector Mine	1999	Heart Bar State Park	0.58541	0.55099	0.32256
1795	Hector Mine	1999	Joshua Tree N.M.- KeysView	0.70317	0.55099	0.38744
1836	Hector Mine	1999	Twentynine Palms	0.77174	0.55099	0.42522
3453	Chi-Chi-Taiwan-06	1999	TCU044	1.70530	0.55099	0.93960
3542	Chi-Chi-Taiwan-06	1999	TTN042	2.68251	0.55099	1.47804



รูปที่ 6.2 ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่กระทำพร้อมกัน 2 ทิศทาง สำหรับกรุงเทพมหานคร บนชั้นหิน



- - - สเปกตรัม SRSS หลังคุณปรับค่า SF1
- No.1033 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- No.1096 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- No.1786 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- No.1836 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- No.3542 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- Target Spectrum
- No.782 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- No.1074 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- No.1767 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- No.1795 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- No.3453 หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2
- สเปกตรัม SRSS หลังคุณปรับค่า SF1 และ SF2

รูปที่ 6.3 สเปกตรัม SRSS ที่ถูกคุณปรับค่ามีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัม
ผลตอบสนองสำหรับออกแบบ สำหรับกรุงเทพมหานคร

เมื่อมีการคุณปรับค่าเพิ่มขึ้น 1.17 เท่าของสเปกตรัมผลตอบสนองของการออกแบบตาม มยพ.1302-52 กลายเป็นสเปกตรัมเส้นสีแดงจะเรียกว่า Target Spectrum ดังแสดงในรูปที่ 6.3

6.3 การขยายคลื่นแผ่นดินไหวผ่านชั้นดินอ่อนโดยใช้โปรแกรม ProShake

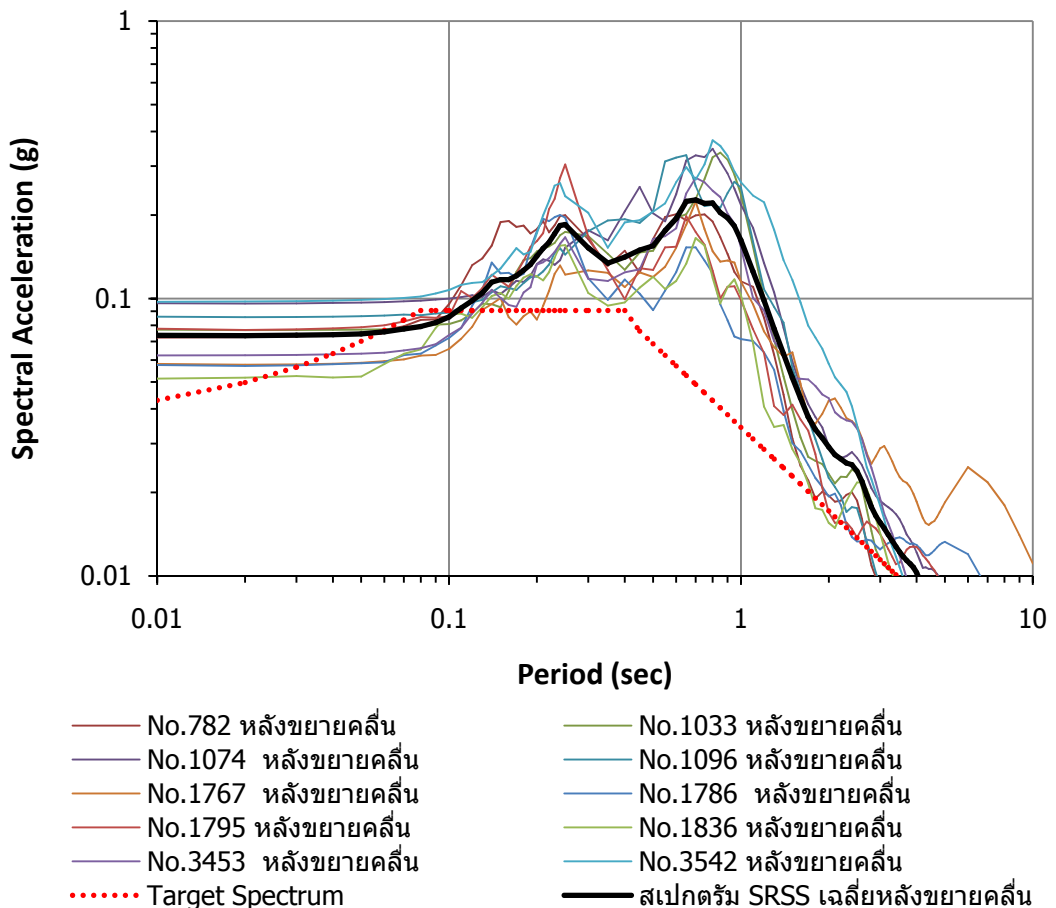
เนื่องจากกรุงเทพมหานครตั้งอยู่บริเวณบนชั้นดินอ่อนมาก เมื่อคลื่นแผ่นดินไหวเคลื่อนที่จากชั้นหินดาน (bedrock) ผ่านชั้นดินอ่อนจะเกิดการขยายความรุนแรงมากขึ้น จึงจำลองการตอบสนองของชั้นดินโดยใช้โปรแกรม ProShake เพื่อศึกษาระดับความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นใน กทม. โดยใช้คุณสมบัติของดินชั้นต่างๆ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ บางเขน ได้แสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 คุณสมบัติของดินชั้นต่างๆ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ บางเขน

Layer No.	Depth, m	Thickness, m	Classification	Wet Unit Weight (t/m ³)	Vs (m/s) Downhole
1	3.3	4.05	CH	1.93	74
2	4.8	1.50	CH	1.58	79
3	6.3	1.50	CH	1.78	78
4	7.8	1.50	CH	1.62	80
5	9.3	2.25	CH	1.60	79
6	12.3	2.25	CH	1.67	107
7	13.8	1.50	CH	1.62	191
8	15.3	1.00	CH	1.95	301
9	15.8	0.75	CL	2.17	271
10	16.8	1.25	SC/CL	2.14	198
11	18.3	2.25	SM	2.17	307
12	21.3	2.25	SM	2.10	326
13	22.8	1.5	SM	2.17	423
14	24.3	1.5	SM	2.10	234
15	25.8	1.5	SM	2.09	261
16	27.3	1.5	SM	2.12	369
17	28.8	1.5	SM	2.10	280
18	30.3	0.75	CL	2.13	280

การวิเคราะห์การตอบสนองของชั้นดินอ่อนโดยใช้ข้อมูลจากชั้นหิน (Vs30 ประมาณ 760 เมตรต่อวินาที) เป็นข้อมูลดิบแล้วจำลองการแพร่ของคลื่นผ่านชั้นดินอ่อนที่มีค่าความเร็วคลื่นเฉือนค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 100 เมตรต่อวินาทีในช่วงความลึก 30 เมตรจากผิวดิน) ดังแสดงในตารางที่ 6.3 และคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการศึกษาสำหรับกรุงเทพมหานคร มีขนาดแผ่นดินไหวอยู่ในช่วง 6.3 ถึง 7.13 และมีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวประมาณ 41.6 ถึง 86.4 กิโลเมตร การศึกษานี้สมมุติให้ชั้นดินที่อยู่ในช่วงความลึก 30.3 ถึง 90.3 เมตร มีความเร็วคลื่นเฉือนประมาณ 400 เมตรต่อวินาที ส่วนชั้นดินที่อยู่ในช่วงความลึก 90.3 ถึง 150.3 เมตร มีความเร็วคลื่นเฉือนประมาณ 450 เมตรต่อวินาที ส่วนชั้นดินที่อยู่ในช่วงความลึก 150.3 ถึง 450.3 เมตร มีความเร็วคลื่น

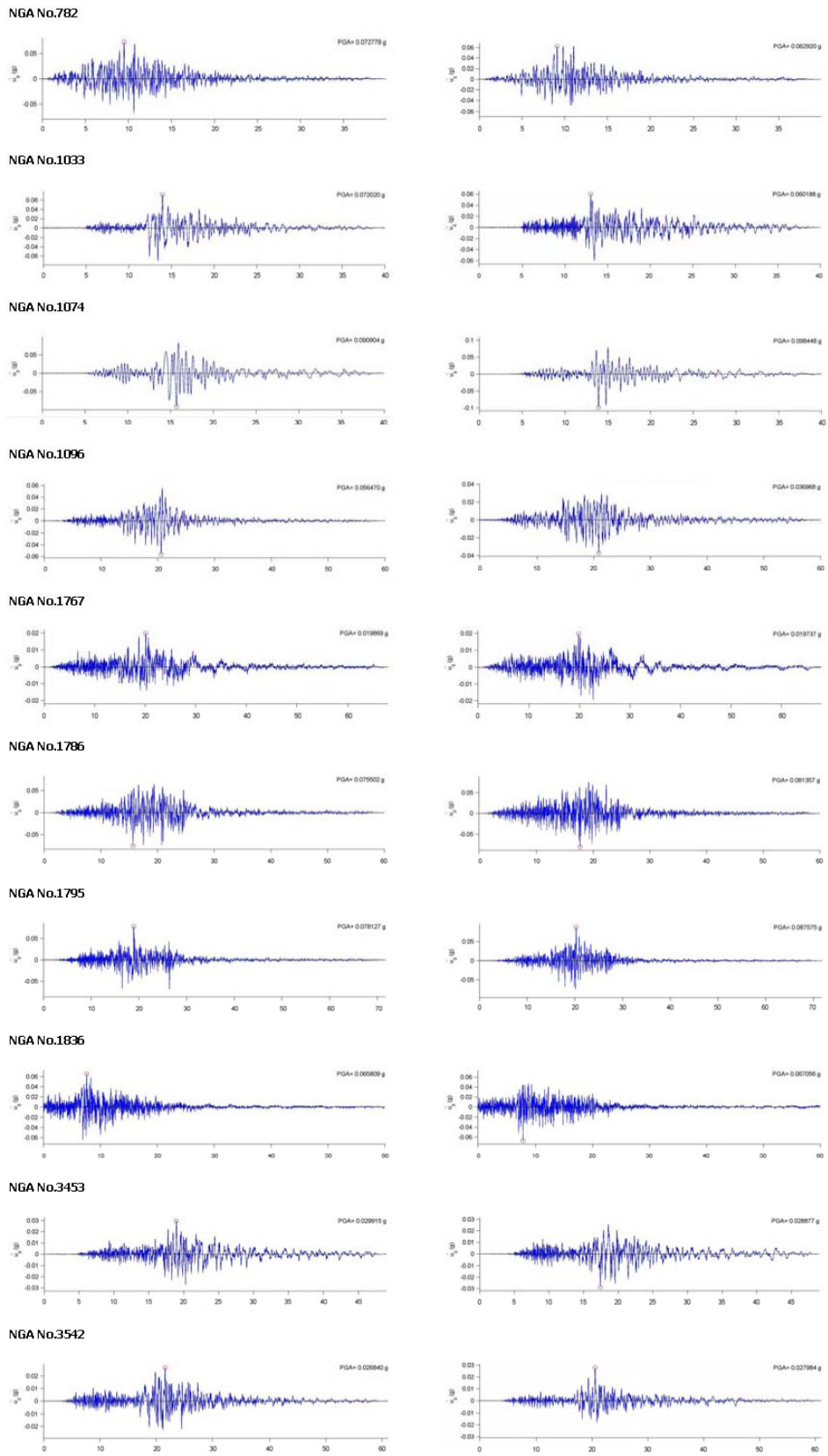
เดือนประมาณ 550 เมตรต่อวินาที ส่วนชั้นดินที่อยู่ต่ำกว่าความลึก 450.3 เมตร มีความเร็วคลื่นเดือนประมาณ 600 เมตรต่อวินาที และได้ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างการลดค่าของโมดูลัสความหน่วงที่ขึ้นอยู่กับความเครียดของดินเหนียวที่เสนอโดย Vucetic และ Dobry (1991) สำหรับทรายใช้ความสัมพันธ์ที่เสนอโดย Seed และ Idriss (1970) ในการคำนวณของโปรแกรม ProShake คลื่นบนชั้นหินที่ถูกคัดเลือกละจะถูกแปลงให้เป็นคลื่นที่ชั้นหินดานก่อนที่จะถูกจำลองการแพร่กระจายของคลื่นผ่านชั้นดินอ่อน จากรูปที่ 6.3 และ 6.4 พบว่าก่อนการขยายคลื่นผ่านชั้นดินอ่อน สเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังคูณปรับค่าทั้ง 10 คู่ ที่คาบ 1 วินาที มีค่าเท่ากับ 0.054g หลังจากมีการขยายคลื่นผ่านชั้นดินอ่อน สเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังขยายคลื่นทั้ง 10 คู่ มีค่าเพิ่มขึ้น 3 เท่า เป็น 0.162g และค่าสเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังขยายคลื่นสูงสุดอยู่ในช่วง 0.65 - 0.75 วินาที มีค่าสูงสุดเพิ่มขึ้น 1.97 เท่า เป็น 0.227g ซึ่งสามารถนำสเปกตรัม SRSS หลังขยายคลื่นไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างต่อไป



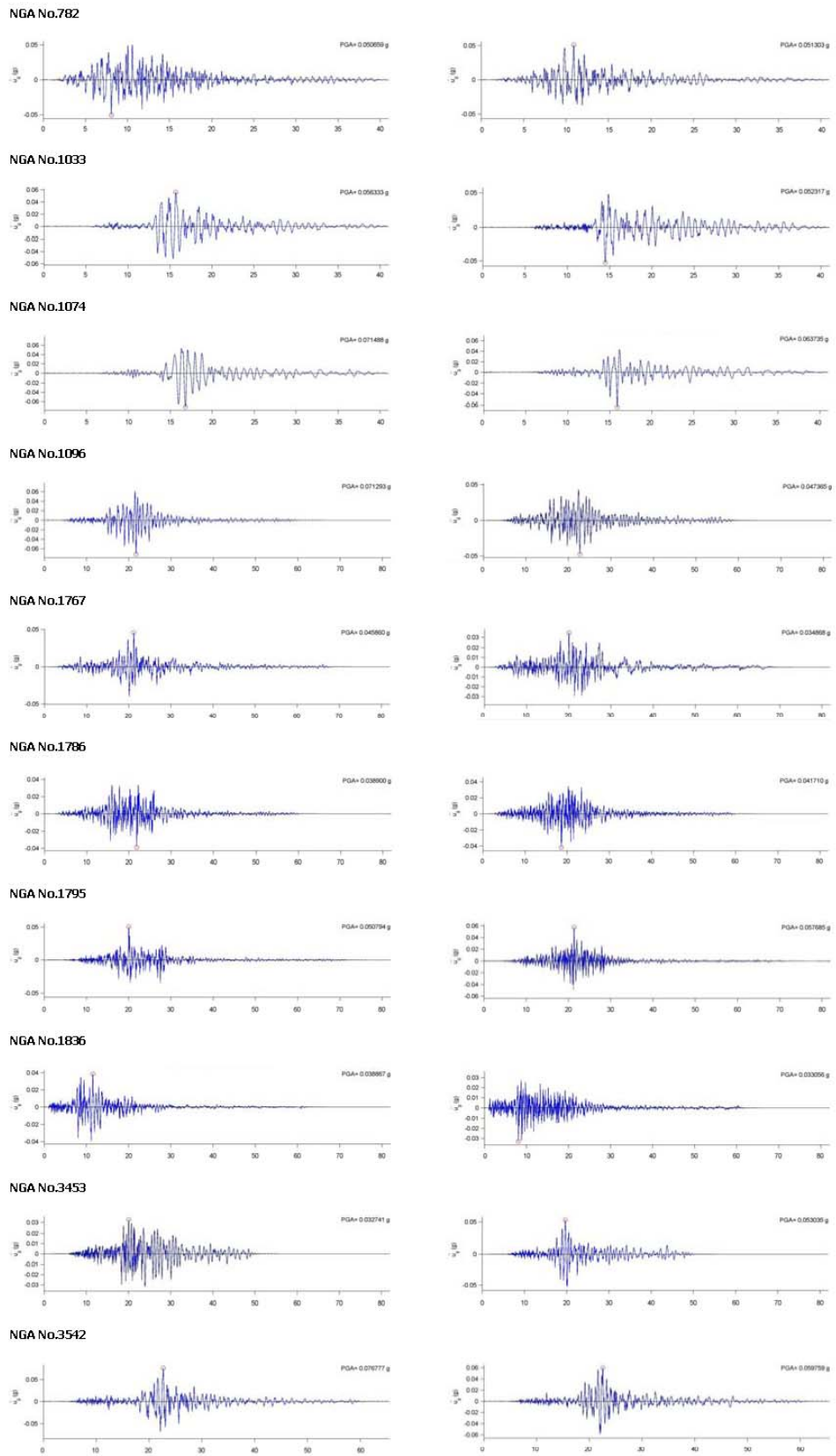
รูปที่ 6.4 สเปกตรัม SRSS ที่ถูกคูณปรับค่ามีค่าไม่น้อยกว่า 1.17 เท่าของสเปกตรัม

ผลตอบสนองสำหรับออกแบบ และมีการขยายคลื่นผ่านชั้นดินอ่อน

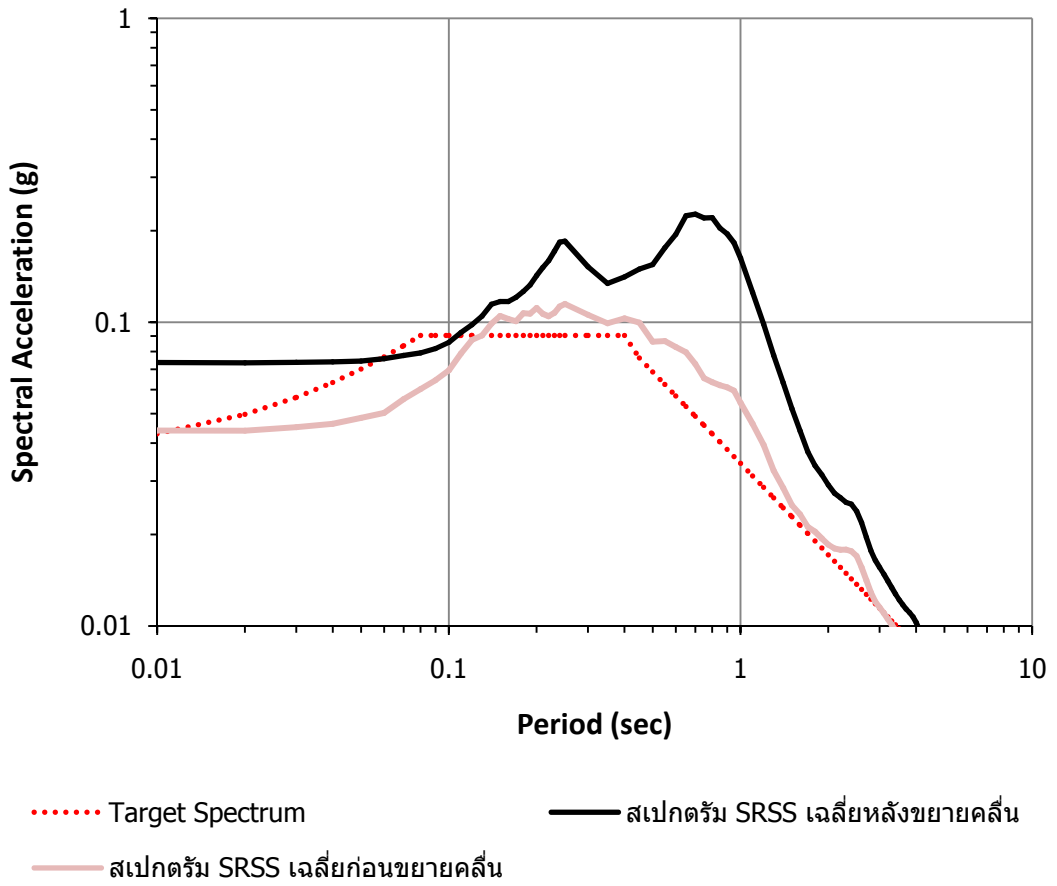
สำหรับกรุงเทพมหานคร



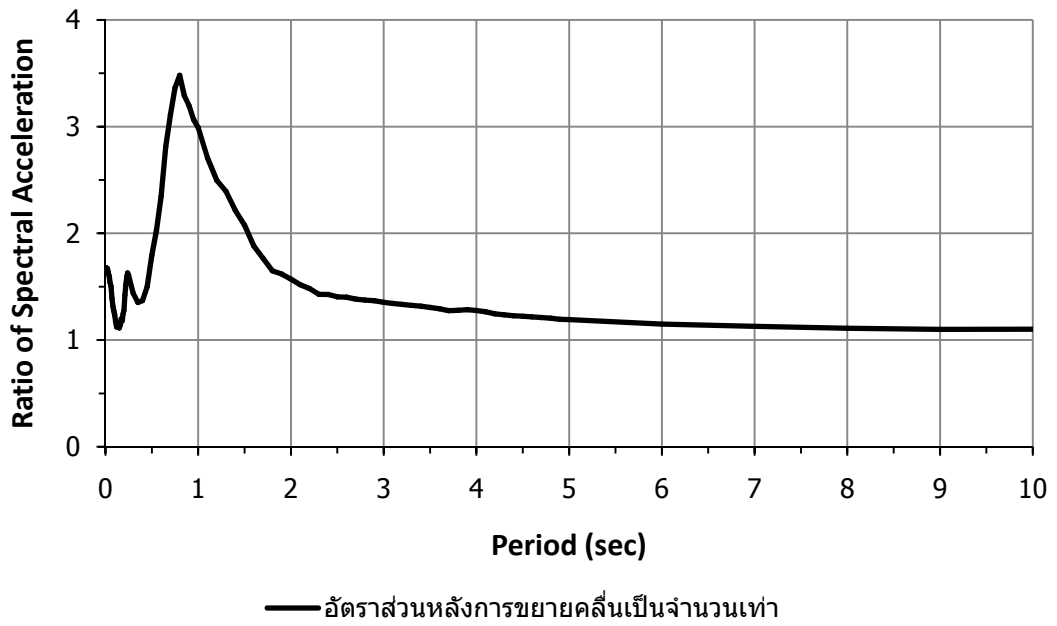
รูปที่ 6.5 ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินทั้ง 2 ทิศทางในแนวราบก่อนคูณปรับแก้และขยายคลื่น



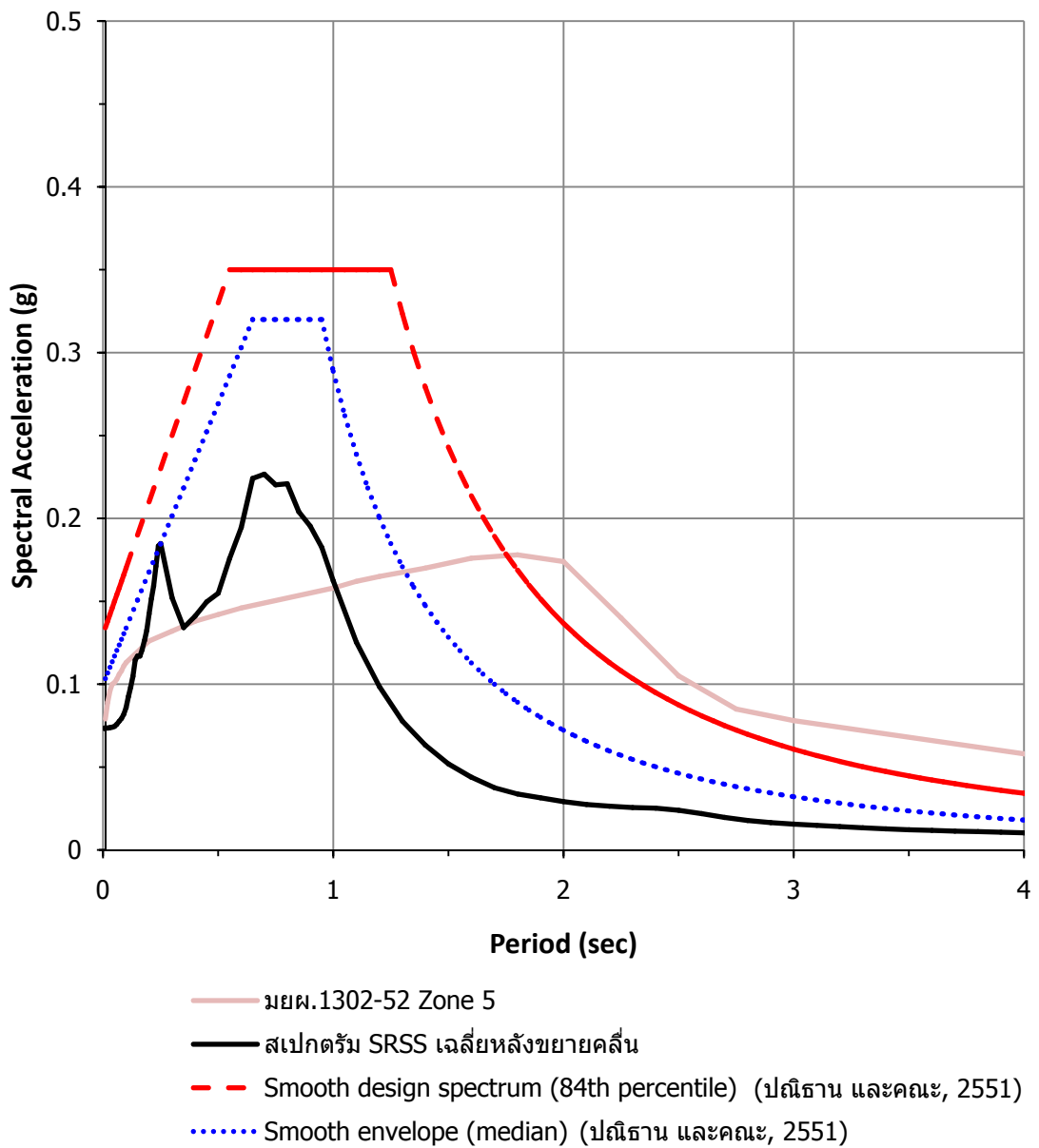
รูปที่ 6.6 ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินทั้ง 2 ทิศทางในแนวราบหลังการขยายคลื่นผ่านชั้นดินอ่อน



รูปที่ 6.7 เปรียบเทียบสเปกตรัม SRSS เฉลี่ยก่อนขยายคลื่นและหลังขยายคลื่น



รูปที่ 6.8 อัตราส่วนของสเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังขยายคลื่นหารด้วยก่อนขยายคลื่น



รูปที่ 6.9 เปรียบเทียบสเปกตรัมกรุงเทพมหานคร

บทที่ 7

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษามีข้อสรุปผลดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่ใช้ในการศึกษานี้เพื่อจัดเตรียมเป็นฐานข้อมูลแผ่นดินไหวสำหรับใช้ในการออกแบบอาคาร สำหรับกรุงเทพมหานคร จังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี ซึ่งได้ใช้ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่ได้มาจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของศูนย์วิจัยด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหวแห่งแปซิฟิก (Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER) เนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ในประเทศไทยนั้นยังไม่ครอบคลุมและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ต้องการใช้ในการศึกษาการแยกแยะความเสี่ยงภัยของแผ่นดินไหว
2. ผลการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวโดยพิจารณาค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน ลักษณะแผ่นดินไหวที่ส่งผลต่อกรุงเทพมหานครมีขนาดประมาณ 6.3 ถึง 7.3 ระยะห่างประมาณ 71 ถึง 114 กิโลเมตร ส่วนจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน มีขนาดประมาณ 4.5 ถึง 7.0 ระยะห่างประมาณ 0 ถึง 12 กิโลเมตร ส่วนจังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดอื่นในภาคเหนือมีขนาดประมาณ 4.2 ถึง 6.3 ระยะห่างประมาณ 0 ถึง 18 กิโลเมตร และเมื่อพิจารณาค่าความเร่งเชิงสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหวที่ยาวขึ้นเป็น 0.2 และ 1 วินาที จะได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและระยะทางที่ไกลขึ้น
3. จากการแยกแยะความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวโดยพิจารณาค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน และความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 และ 1 วินาที พบว่าแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อกรุงเทพมหานคร และกาญจนบุรี คือ โซน J ส่วนแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน คือ โซน E ส่วนแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อแม่ฮ่องสอน คือ โซน E และ F ส่วนแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อลำปาง และพะเยา คือ โซน E และ I ส่วนแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อตาก คือ โซน E, I และ J และพบว่าความเร่งในแนวราบสูงสุดบนชั้นหินที่ใช้พิจารณา

ความเสี่ยงภัยโดยมีโอกาที่จะเกิดขึ้น 2% ในช่วงเวลา 50 ปี ที่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นๆ จากการพิจารณาค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน สำหรับกรุงเทพมหานคร มีค่า PGA = 0.043g ส่วนจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี มีค่า PGA = 0.25g - 0.4g และจากการพิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 0.2 วินาที สำหรับกรุงเทพมหานคร มีค่า PGA = 0.116g ส่วนจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี มีค่า PGA = 0.6g - 1g และจากการพิจารณาความเร่งสเปกตรัมที่คาบการสั่นไหว 1 วินาที สำหรับกรุงเทพมหานคร มีค่า PGA = 0.044g ส่วนจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี มีค่า PGA = 0.14g - 0.32g

4. เมื่อเลือกคลื่นแผ่นดินไหวให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อจังหวัดในภาคเหนือและกาญจนบุรี พบว่ามีตัวคูณปรับค่าอยู่ในช่วง 1.03 ถึง 1.25 ก็จะทำให้ไม่ต้องมีการปรับแก้มาก คลื่นที่คัดเลือกก็มีความรุนแรงใกล้เคียงกับสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับออกแบบ (target spectrum) โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มหรือลด ส่วนกรุงเทพมหานคร พบว่ามีตัวคูณปรับค่าสเปกตรัมรอบแรก (scaling factor, SF1) มีค่าอยู่ในช่วง 0.58 ถึง 2.68 และตัวคูณปรับค่าสเปกตรัมรอบสอง (scaling factor, SF2) มีค่าเท่ากับ 0.55099 เมื่อหาผลคูณของ SF1 และ SF2 จะได้สเปกตรัมค่าเดียว (scaling factor, SF) มีค่าอยู่ในช่วง 0.32 ถึง 1.48 จึงจำเป็นต้องมีการปรับแก้คลื่นที่คัดเลือกเพื่อให้มีความรุนแรงใกล้เคียงกับสเปกตรัมผลตอบสนองสำหรับออกแบบ (target spectrum)
5. ผลการวิเคราะห์ของจังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี พบว่าสเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังคูณปรับค่ามีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงคาบสั้น ได้แก่ สเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังคูณปรับค่ามีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.25 - 0.35 วินาที โดยมีค่าสูงสุด 1.23g สำหรับเชียงใหม่ ส่วนผลการวิเคราะห์ของกรุงเทพมหานคร พบว่าสเปกตรัม SRSS เฉลี่ยหลังคูณปรับค่าและขยายคลื่นผ่านชั้นดินอ่อนมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.65 - 0.75 วินาที โดยมีค่าสูงสุด 0.227g ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น 1.97 เท่า เมื่อเทียบจากเดิมก่อนการขยายคลื่นมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.20 - 0.30 วินาที โดยมีค่าสูงสุด 0.115g ซึ่งสามารถนำค่าสเปกตรัม SRSS หลังคูณปรับค่าของจังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี รวมทั้งสเปกตรัม SRSS หลังคูณปรับค่าและขยายคลื่นของกรุงเทพมหานคร เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

โยธาธิการและผังเมือง, กรม. 2552. มาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนของ
แผ่นดินไหว (มยผ. 1302). กรุงเทพมหานคร: กระทรวงมหาดไทย.

จิตติ ปาลศรี, 2549. แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหาร
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปัญญา จารุศิริ, สุวิทย์ โควสุวรรณ, วิโรจน์ดาวฤกษ์, บุรินทร์ เวชบันเทิง, และ สุทธิพัทธ์ จุทรานนท์,
2543. รายงานวิจัย (ฉบับสมบูรณ์) แผ่นดินไหวในประเทศไทย และ พื้นแผ่นดินเอเชีย
ตะวันออกเฉียงใต้. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(สกว): 171 หน้า.

ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์, ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี, อาณัติ เรืองรัมย์, จิตติ ปาลศรี, มาณพ เจริญยุทธ,
ธวัช อนันต์ธนวิณิช, 2551. ความเสียหายของอาคารจากแผ่นดินไหวและข้อพิจารณา
สำหรับออกแบบอาคารในกรุงเทพมหานคร. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ
ครั้งที่ 13, พัทยา, ประเทศไทย, STR-063.

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548. การประเมินผลกระทบทาง
ธรณีวิทยา และ กายภาพในพื้นที่ประสบพิบัติภัยเพื่อการฟื้นฟูและการเฝ้าระวังเตือนภัย.
รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและกรม
ทรัพยากรธรณี: 477 หน้า.

วิญญู หัตถา, 2551. แบบจำลองการลดทอนเพื่อประมาณค่าสเปกตรัมการตอบสนองสำหรับประเทศ
ไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหาร
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Ambraseys, N., Douglas, J., Sarma, S. and Smit, P. (2005). Equations for the Estimation of Strong Ground Motions from Shallow Crustal Earthquakes Using Data from Europe and the Middle East: Horizontal Peak Ground Acceleration and Spectral Acceleration. Bulletin of Earthquake Engineering. 3, 1: 1-53.

Chen, W. and Scawthorn, C. (2003). Handbook of Earthquake Engineering. CRC Press Boca Raton, Florida.

Chiou, B. and Youngs, R. (2008). An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra. Earthquake Spectra. 24, 1: 173–215.

Chopra, A.K. (2001). Dynamics of Structures : Theory and Applications to Earthquake Engineering. 2nd edition. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey.

Cornell, C.A. (1968). Engineering Seismic Risk Analysis. Bulletin of the Seismological Society of America. 58: 1583-1606.

Douglas, J. (2004). Ground Motion Estimation Equations 1964-2003, Reissue of ESEE Report No. 01-1: A Comprehensive Worldwide Summary of Strong-Motion Attenuation Relationships for Peak Ground Acceleration and Spectral Ordinates (1969 to 2000) with Corrections and Additions. Research Report Number 04-001-SM. Department of Civil and Environmental Engineering. Imperial College.

Fenton, C. H., Charusiri, P., Hinthong, C., Lumjuan, A. and Mangkonkarn, B. (1997). Late Quaternary faulting in northern Thailand. In Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific. Bangkok Department of Mineral Resources (August): 436-452.

- Fenton, C. H., Charusiri, P. and Wood, S.H. (2003). Recent paleoseismic investigations in Northern and Western Thailand. Annals of Geophysics. 46, 5: 957-981.
- Frankel, A.D., Mueller, C.S., Barnhard, T., Perkins, D., Leyendecker, E.V., Dickman, N., Hanson, S. and Hopper, M. (1996). National Seismic Hazard Map. U.S. Geological Survey. Open-File Report 1996-532.
- Frankel, A.D., Petersen, M.D., Mueller, C.S., Haller, K.M., Wheeler, R.L., Leyendecker, E.V., Wesson, R.L., Harmsen, S.C., Cramer, C.H., Perkins, D.M., and Rukstales, K.S. (2002). Update of the National Seismic Hazard Maps. U.S. Geological Survey. Open-File Report 2002-420.
- Gutenberg, B. and Richter, C.F. (1954). Seismicity of the Earth and Associated Phenomena. Princeton University Press. Princeton
- Gutenberg, B. and Richter, C.F. (1956). Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. Bulletin of the Seismological Society of America. 46: 105-145.
- Idriss, I.M. (1993). Procedures for Selecting Earthquake Ground Motions at Rock Sites, Report No. NIST GCR 93-625, Report to National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland. Center for Geotechnical Modeling, Department of Civil and Environmental Engineering. University of California at Davis.
- Kramer, S.L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics.
- McGuire, R.K. and Arabasz, W.J. (1990). An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis. In S. H. Ward ed. Geotechnical and Environmental Geophysics. Review and Tutorial, SEG, I: 333-352.

- Megawati, K., Pan, T. and Koketsu, K. (2005). Response Spectral Attenuation Relationships for Sumatran-Subduction Earthquakes and the Seismic Hazard Implications to Singapore and Kuala Lumpur. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 25, 1: 11-25.
- Nigam, N.C., and Jennings, P.C. (1968). Digital Calculation of Response Spectra from Strong Motion Earthquake Records. Earthquake Engineering Research Laboratory. California Institute of Technology. Pasadena. California. USA.
- Nutalaya, P., Sodsri, S. and Arnold, E.P. 1985. Series on Seismology-Volume II-Thailand. In E.P Arnold (ed.). Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering: 1-402.
- Palasri, J. and Ruangrassamee, A. (2010). Probabilistic seismic hazard maps of Thailand. Journal of Earthquake and Tsunami, 4, 4: 369-386.
- Petersen, M.D., Dewey, J., Hartzell, S., Mueller, C., Harmsen, S., Frankel, A.D. and Rukstales, K. (2004). Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Sumatra, Indonesia and Across the Southern Malaysian Peninsula. Tectonophysics. 390:141-158.
- Sadigh, K., Chang, C., Egan, J., Makdisi, F. and Youngs, R. (1997). Attenuation relationships for Shallow Crustal Earthquakes based on California Strong Motion Data. Seismological Research Letters. 68: 180-189.
- Saithong, P., Kosuwan, S., Choowong, M., Won-in, K., Takashima, I., Charusiri, P. (2004). Preliminary study on morphotectonic evidences along Moei-Mae Ping fault zone, Tak province, Northwestern Thailand, Asia Conference on Earthquake Engineering, Manila, Philippines.
- Warnitchai, P., and Lisantono, A. (1996). Probabilistic Seismic Risk Mapping for Thailand. Proceedings, 11th World Conference on Earthquake Engineering. Acapulco Mexico.

Youngs, R.R., Chiou, S.J., Silva, W.J., Humphrey, J.R. (1997). Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone. Seismological Research Letters. 68, 1: 74-85.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลความเร่งสูงสุดของพื้นดินที่บันทึกได้ในประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 25 มิถุนายน พ.ศ. 2551 ถึง 14 มิถุนายน พ.ศ. 2554

ตารางที่ ก.1 รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร่งสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
1	1	2008/06/25	1:52:40	1.00	96.97	322	19	110	121	72	83	KRAB	8.22	99.20	PA-23	540	840	5.5	20.0	0.0001092
2	2	2008/06/27	11:40:19	10.92	91.82	42	52	-40	159	60	-130	KRAB	8.22	99.20	PA-23	540	863	6.6	17.1	0.0000846
3		2008/06/27	11:40:19	10.92	91.82	42	52	-40	159	60	-130	LAMP	18.52	99.63	PA-23	321	1192	6.6	17.1	0.0000101
4		2008/06/27	11:40:19	10.92	91.82	42	52	-40	159	60	-130	PANO	17.15	104.61	PA-23	296	1544	6.6	17.1	0.0000091
5		2008/06/27	11:40:19	10.92	91.82	42	52	-40	159	60	-130	SUKH	17.48	99.63	PA-23	321	1114	6.6	17.1	0.0000117
6		2008/06/27	11:40:19	10.92	91.82	42	52	-40	159	60	-130	TMDA	13.67	100.61	PA-23	139	1003	6.6	17.1	0.0001720
7	3	2008/06/27	13:07:15	11.09	91.95	216	28	-41	344	72	-112	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	868	5.9	12.1	0.0000063
8	4	2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1000	6.2	15.8	0.0002059
9		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1160	6.2	15.8	0.0000222
10		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1161	6.2	15.8	0.0000026
11		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	0848	6.2	15.8	0.0000340
12		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1159	6.2	15.8	0.0000049

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
13	4	2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1139	6.2	15.8	0.0000258
14		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1168	6.2	15.8	0.0000041
15		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	791	6.2	15.8	0.0001216
16		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	RNTT	9.39	98.48	T40	417	748	6.2	15.8	0.0000263
17		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	1053	6.2	15.8	0.0000045
18		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1472	6.2	15.8	0.0000062
19		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	878	6.2	15.8	0.0000066
20		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	795	6.2	15.8	0.0000245
21		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	930	6.2	15.8	0.0000135
22		2008/08/10	8:20:37	10.96	91.83	48	76	-7	140	83	-166	KRAB	8.22	99.20	S13	540	863	6.2	15.8	0.0000452
23	5	2008/08/10	9:27:58	11.05	91.80	348	49	-127	217	53	-56	CRAI	20.23	100.37	KS-2000M	387	1372	5.3	13.5	0.0000168
24		2008/08/10	9:27:58	11.05	91.80	348	49	-127	217	53	-56	SURA	9.17	99.63	KS-2000M	254	882	5.3	13.5	0.0000094
25		2008/08/10	9:27:58	11.05	91.80	348	49	-127	217	53	-56	UTHA	15.56	99.45	S13	249	967	5.3	13.5	0.0000002
26	6	2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	994	5.7	12.0	0.0002688
27		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1156	5.7	12.0	0.0000064
28		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1146	5.7	12.0	0.0000011

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
29	6	2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	838	5.7	12.0	0.0000523
30		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1151	5.7	12.0	0.0000040
31		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1123	5.7	12.0	0.0000085
32		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1157	5.7	12.0	0.0000022
33		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	798	5.7	12.0	0.0000123
34		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	1059	5.7	12.0	0.0000012
35		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1462	5.7	12.0	0.0000029
36		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	870	5.7	12.0	0.0000045
37		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	SURT	8.96	98.80	T40	290	799	5.7	12.0	0.0000040
38		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	TRTT	7.84	99.69	T40	340	935	5.7	12.0	0.0000023
39		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	KRAB	8.22	99.20	PA-23	540	869	5.7	12.0	0.0001027
40		2008/08/10	12:21:19	11.12	91.84	218	44	-40	339	64	-126	UTHA	15.56	99.45	S13	249	960	5.7	12.0	0.0000002
41	7	2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1282	6.0	18.2	0.0003801
42		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1428	6.0	18.2	0.0000266
43		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	686	6.0	18.2	0.0001628
44		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	1128	6.0	18.2	0.0001382

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
45	7	2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1217	6.0	18.2	0.0000538
46		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	MHIT	19.31	97.96	T120	379	623	6.0	18.2	0.0015752
47		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	PBKT	16.57	100.97	T120	245	979	6.0	18.2	0.0000615
48		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	1894	6.0	18.2	0.0000268
49		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	RNTT	9.39	98.48	TSA100S	417	1728	6.0	18.2	0.0000466
50		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	1994	6.0	18.2	0.0000160
51		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1081	6.0	18.2	0.0000364
52		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	1177	6.0	18.2	0.0000959
53		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	1778	6.0	18.2	0.0000461
54		2008/08/21	12:24:36	24.92	97.99	7	80	178	97	88	10	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	1909	6.0	18.2	0.0000314
55	8	2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1272	5.0	18.4	0.0003154
56		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1419	5.0	18.4	0.0000065
57		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	677	5.0	18.4	0.0000207
58		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	1119	5.0	18.4	0.0000096
59		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1208	5.0	18.4	0.0000065
60		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	MHIT	19.31	97.96	T120	379	615	5.0	18.4	0.0002286

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
61	8	2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	PBKT	16.57	100.97	T120	245	969	5.0	18.4	0.0000100
62		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	RNTT	9.39	98.48	TSA100S	417	1719	5.0	18.4	0.0000024
63		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1072	5.0	18.4	0.0000033
64		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	1168	5.0	18.4	0.0000075
65		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	1768	5.0	18.4	0.0000028
66		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	1900	5.0	18.4	0.0000022
67		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	CRAI	20.23	100.37	PA-23	387	567	5.0	18.4	0.0000348
68		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	LAMP	18.52	99.63	PA-23	321	722	5.0	18.4	0.0000385
69		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	SUKH	17.48	99.63	PA-23	321	835	5.0	18.4	0.0000112
70		2008/09/03	6:27:27	24.84	98.02	276	84	0	186	90	174	SURA	9.17	99.63	KS-2000M	254	1752	5.0	18.4	0.0000181
71	9	2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	520	5.2	12.0	0.0003937
72		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	731	5.2	12.0	0.0000347
73		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	272	5.2	12.0	0.0001220
74		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	619	5.2	12.0	0.0000481
75		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	MHIT	19.31	97.96	T120	379	470	5.2	12.0	0.0000594
76		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	PBKT	16.57	100.97	T120	245	530	5.2	12.0	0.0000235

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
77	9	2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	RNTT	9.39	98.48	TSA100S	417	721	5.2	12.0	0.0000101
78		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	1042	5.2	12.0	0.0000028
79		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	853	5.2	12.0	0.0000241
80		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	341	5.2	12.0	0.0000675
81		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	778	5.2	12.0	0.0000123
82		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	TRTT	7.84	99.69	T40	340	931	5.2	12.0	0.0000046
83		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	KHON	16.34	102.82	PA-23	281	720	5.2	12.0	0.0000242
84		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	LOEI	17.51	101.26	KS-2000M	355	591	5.2	12.0	0.0000092
85		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	PANO	17.15	104.61	PA-23	296	923	5.2	12.0	0.0000108
86		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	PAYA	19.36	99.87	PA-23	327	586	5.2	12.0	0.0000244
87		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	PHET	12.91	99.63	PA-23	382	470	5.2	12.0	0.0000086
88		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	PRAC	12.47	99.79	PA-23	527	515	5.2	12.0	0.0000407
89		2008/09/22	13:30:38	15.46	96.15	33	39	-121	251	57	-67	SUKH	17.48	99.63	PA-23	321	434	5.2	12.0	0.0000175
90	10	2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1004	5.5	12.0	0.0001972
91		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1168	5.5	12.0	0.0000008
92		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	853	5.5	12.0	0.0000145

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
93	10	2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1163	5.5	12.0	0.0000010
94		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1147	5.5	12.0	0.0000186
95		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	788	5.5	12.0	0.0000260
96		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	1051	5.5	12.0	0.0000009
97		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1477	5.5	12.0	0.0000031
98		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	883	5.5	12.0	0.0000077
99		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	794	5.5	12.0	0.0000042
100		2008/11/16	12:20:39	10.88	91.82	216	49	-55	350	52	-123	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	928	5.5	12.0	0.0000049
101	11	2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	896	5.2	22.0	0.0003642
102		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	833	5.2	22.0	0.0000186
103		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1065	5.2	22.0	0.0000028
104		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1250	5.2	22.0	0.0000034
105		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	MHMT	18.18	97.93	TSA100S	330	1130	5.2	22.0	0.0000046
106		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1147	5.2	22.0	0.0000035
107		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	472	5.2	22.0	0.0001608
108		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	735	5.2	22.0	0.0000072

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
109	11	2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1409	5.2	22.0	0.0000101
110		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	834	5.2	22.0	0.0000056
111		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	513	5.2	22.0	0.0000213
112		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	620	5.2	22.0	0.0000067
113		2008/12/05	23:24:39	8.71	94.13	161	55	-160	60	74	-37	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1433	5.2	22.0	0.0000074
114	12	2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	897	5.3	24.6	0.0002486
115		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	832	5.3	24.6	0.0000451
116		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1065	5.3	24.6	0.0000036
117		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1248	5.3	24.6	0.0000071
118		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	MHMT	18.18	97.93	TSA100S	330	1129	5.3	24.6	0.0000051
119		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1146	5.3	24.6	0.0000032
120		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	474	5.3	24.6	0.0001028
121		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	738	5.3	24.6	0.0000060
122		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1409	5.3	24.6	0.0000030
123		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	834	5.3	24.6	0.0000066
124	2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	516	5.3	24.6	0.0000202	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
125	12	2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	622	5.3	24.6	0.0000073
126		2008/12/06	0:43:09	8.73	94.11	156	59	-167	60	79	-31	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1434	5.3	24.6	0.0000073
127	13	2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1108	5.3	14.8	0.0001953
128		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	520	5.3	14.8	0.0000444
129		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	912	5.3	14.8	0.0000618
130		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1082	5.3	14.8	0.0000148
131		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	MHIT	19.31	97.96	T120	379	419	5.3	14.8	0.0007479
132		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	MHMT	18.18	97.93	TSA100S	330	533	5.3	14.8	0.0003330
133		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	PBKT	16.57	100.97	T120	245	847	5.3	14.8	0.0000206
134		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	1788	5.3	14.8	0.0000027
135		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1039	5.3	14.8	0.0000055
136		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	972	5.3	14.8	0.0000383
137		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	1550	5.3	14.8	0.0000076
138		2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	1692	5.3	14.8	0.0000059
139	2008/12/20	23:22:51	22.65	96.09	359	79	172	90	82	11	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1282	5.3	14.8	0.0000045	
140	14	2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1196	5.0	47.6	0.0003675

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\bar{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)	
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip										
141	14	2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1225	5.0	47.6	0.0000075	
142		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1655	5.0	47.6	0.0000008	
143		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	1217	5.0	47.6	0.0000038	
144		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1354	5.0	47.6	0.0000053	
145		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1686	5.0	47.6	0.0000068	
146		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	MHMT	18.18	97.93	TSA100S	330	1561	5.0	47.6	0.0000073	
147		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	531	5.0	47.6	0.0001434	
148		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	RNTT	9.39	98.48	TSA100S	417	670	5.0	47.6	0.0000229	
149		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1703	5.0	47.6	0.0000051	
150		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	653	5.0	47.6	0.0000144	
151		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	640	5.0	47.6	0.0000228	
152		2009/03/12	10:05:11	4.43	95.03	297	26	85	123	64	93	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1661	5.0	47.6	0.0000018	
153		15	2009/04/11	1:59:49	0.79	96.74	316	27	90	136	63	90	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	2019	4.9	37.3	0.0000008
154			2009/04/11	1:59:49	0.79	96.74	316	27	90	136	63	90	RNTT	9.39	98.48	T40	417	976	4.9	37.3	0.0000012
155	2009/04/11		1:59:49	0.79	96.74	316	27	90	136	63	90	TRTT	7.84	99.69	T40	340	849	4.9	37.3	0.0000015	
156	16	2009/07/28	5:15:00	10.64	94.23	55	40	-93	239	50	-87	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1041	5.2	12.0	0.0000018	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
157	16	2009/07/28	5:15:00	10.64	94.23	55	40	-93	239	50	-87	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1045	5.2	12.0	0.0000073
158		2009/07/28	5:15:00	10.64	94.23	55	40	-93	239	50	-87	PBKT	16.57	100.97	T120	245	983	5.2	12.0	0.0000118
159		2009/07/28	5:15:00	10.64	94.23	55	40	-93	239	50	-87	PKDT	7.89	98.34	T40	215	544	5.2	12.0	0.0000635
160		2009/07/28	5:15:00	10.64	94.23	55	40	-93	239	50	-87	SKLT	7.17	100.62	T120	340	801	5.2	12.0	0.0000014
161	17	2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	830	7.5	22.0	0.0008478
162		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	823	7.5	22.0	0.0001575
163		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	961	7.5	22.0	0.0001442
164		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	MHIT	19.31	97.96	T120	379	784	7.5	22.0	0.0016923
165		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	PBKT	16.57	100.97	T120	245	902	7.5	22.0	0.0003086
166		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	912	7.5	22.0	0.0001329
167		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1353	7.5	22.0	0.0000814
168		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	CHAI	15.90	101.99	PA-23	338	991	7.5	22.0	0.0001182
169		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	CMAI	19.93	99.05	KS-2000M	351	913	7.5	22.0	0.0011274
170		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	CRAI	20.23	100.37	PA-23	387	1039	7.5	22.0	0.0001151
171		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	LOEI	17.51	101.26	PA-23	355	965	7.5	22.0	0.0000989
172		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	PANO	17.15	104.61	PA-23	296	1293	7.5	22.0	0.0000900

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
173	17	2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	PAYA	19.36	99.87	PA-23	327	937	7.5	22.0	0.0002445
174		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	PHET	12.91	99.63	PA-23	382	736	7.5	22.0	0.0000417
175		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	PRAC	12.47	99.79	PA-23	527	765	7.5	22.0	0.0001565
176		2009/08/10	19:56:05	14.16	92.94	39	36	-92	220	54	-89	TMDA	13.67	100.61	PA-23	139	830	7.5	22.0	0.0010002
177	18	2009/08/12	4:33:24	9.03	93.78	183	39	-96	10	51	-85	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	906	5.1	19.7	0.0003917
178		2009/08/12	4:33:24	9.03	93.78	183	39	-96	10	51	-85	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1222	5.1	19.7	0.0000007
179		2009/08/12	4:33:24	9.03	93.78	183	39	-96	10	51	-85	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1074	5.1	19.7	0.0000019
180		2009/08/12	4:33:24	9.03	93.78	183	39	-96	10	51	-85	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1229	5.1	19.7	0.0000098
181		2009/08/12	4:33:24	9.03	93.78	183	39	-96	10	51	-85	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1145	5.1	19.7	0.0000108
182		2009/08/12	4:33:24	9.03	93.78	183	39	-96	10	51	-85	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	517	5.1	19.7	0.0000737
183		2009/08/12	4:33:24	9.03	93.78	183	39	-96	10	51	-85	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	781	5.1	19.7	0.0000155
184	19	2009/08/13	9:21:37	14.04	92.76	256	81	-8	348	82	-171	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	849	5.8	33.0	0.0008943
185		2009/08/13	9:21:37	14.04	92.76	256	81	-8	348	82	-171	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	847	5.8	33.0	0.0000189
186		2009/08/13	9:21:37	14.04	92.76	256	81	-8	348	82	-171	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	981	5.8	33.0	0.0001670
187		2009/08/13	9:21:37	14.04	92.76	256	81	-8	348	82	-171	MHIT	19.31	97.96	T120	379	807	5.8	33.0	0.0001604
188		2009/08/13	9:21:37	14.04	92.76	256	81	-8	348	82	-171	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	925	5.8	33.0	0.0000219

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
189	19	2009/08/13	9:21:37	14.04	92.76	256	81	-8	348	82	-171	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	915	5.8	33.0	0.0002120
190		2009/08/13	9:21:37	14.04	92.76	256	81	-8	348	82	-171	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	1149	5.8	33.0	0.0000012
191		2009/08/13	9:21:37	14.04	92.76	256	81	-8	348	82	-171	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1374	5.8	33.0	0.0000016
192	20	2009/08/14	19:39:53	14.08	93.02	9	33	-124	227	63	-70	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	821	5.0	19.7	0.0001909
193		2009/08/14	19:39:53	14.08	93.02	9	33	-124	227	63	-70	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	823	5.0	19.7	0.0000020
194		2009/08/14	19:39:53	14.08	93.02	9	33	-124	227	63	-70	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	953	5.0	19.7	0.0000068
195		2009/08/14	19:39:53	14.08	93.02	9	33	-124	227	63	-70	MHIT	19.31	97.96	T120	379	785	5.0	19.7	0.0000275
196		2009/08/14	19:39:53	14.08	93.02	9	33	-124	227	63	-70	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	897	5.0	19.7	0.0000040
197	21	2009/08/23	7:20:16	0.21	96.92	164	43	-46	291	61	-123	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1517	5.4	16.5	0.0000091
198		2009/08/23	7:20:16	0.21	96.92	164	43	-46	291	61	-123	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	2081	5.4	16.5	0.0000015
199		2009/08/23	7:20:16	0.21	96.92	164	43	-46	291	61	-123	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1689	5.4	16.5	0.0000037
200		2009/08/23	7:20:16	0.21	96.92	164	43	-46	291	61	-123	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	1873	5.4	16.5	0.0000063
201		2009/08/23	7:20:16	0.21	96.92	164	43	-46	291	61	-123	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	869	5.4	16.5	0.0000065
202		2009/08/23	7:20:16	0.21	96.92	164	43	-46	291	61	-123	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	877	5.4	16.5	0.0000099
203	22	2009/09/19	10:50:42	0.49	99.90	355	86	-177	264	87	-4	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1583	5.1	21.6	0.0000030
204		2009/09/19	10:50:42	0.49	99.90	355	86	-177	264	87	-4	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	841	5.1	21.6	0.0000888

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
205	22	2009/09/19	10:50:42	0.49	99.90	355	86	-177	264	87	-4	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	748	5.1	21.6	0.0000075
206		2009/09/19	10:50:42	0.49	99.90	355	86	-177	264	87	-4	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1887	5.1	21.6	0.0000059
207		2009/09/19	10:50:42	0.49	99.90	355	86	-177	264	87	-4	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1755	5.1	21.6	0.0000009
208	23	2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	944	5.7	74.2	0.0002434
209		2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1143	5.7	74.2	0.0000114
210		2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	452	5.7	74.2	0.0000488
211		2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	964	5.7	74.2	0.0000168
212		2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	MHIT	19.31	97.96	T120	379	337	5.7	74.2	0.0011782
213		2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	756	5.7	74.2	0.0001567
214		2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	1413	5.7	74.2	0.0000052
215		2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1023	5.7	74.2	0.0000075
216		2009/09/21	19:38:44	20.14	94.87	227	33	2	136	89	123	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1246	5.7	74.2	0.0000043
217		24	2009/11/02	21:35:48	13.97	93.13	238	18	-71	39	73	-96	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	809	5.4	16.7
218	2009/11/02		21:35:48	13.97	93.13	238	18	-71	39	73	-96	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	822	5.4	16.7	0.0000027
219	2009/11/02		21:35:48	13.97	93.13	238	18	-71	39	73	-96	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	942	5.4	16.7	0.0000080
220	2009/11/02		21:35:48	13.97	93.13	238	18	-71	39	73	-96	MHIT	19.31	97.96	T120	379	786	5.4	16.7	0.0000439

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
221	24	2009/11/02	21:35:48	13.97	93.13	238	18	-71	39	73	-96	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	889	5.4	16.7	0.0000051
222		2009/11/02	21:35:48	13.97	93.13	238	18	-71	39	73	-96	PKDT	7.89	98.34	T40	215	883	5.4	16.7	0.0000081
223		2009/11/02	21:35:48	13.97	93.13	238	18	-71	39	73	-96	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	1114	5.4	16.7	0.0000008
224		2009/11/02	21:35:48	13.97	93.13	238	18	-71	39	73	-96	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1210	5.4	16.7	0.0000044
225	25	2009/11/10	2:48:48	8.05	91.86	124	76	170	216	80	14	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1141	6.0	19.9	0.0010529
226		2009/11/10	2:48:48	8.05	91.86	124	76	170	216	80	14	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1421	6.0	19.9	0.0000241
227		2009/11/10	2:48:48	8.05	91.86	124	76	170	216	80	14	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1370	6.0	19.9	0.0000072
228		2009/11/10	2:48:48	8.05	91.86	124	76	170	216	80	14	PKDT	7.89	98.34	T40	215	713	6.0	19.9	0.0001032
229		2009/11/10	2:48:48	8.05	91.86	124	76	170	216	80	14	SKLT	7.17	100.62	T120	340	971	6.0	19.9	0.0000085
230		2009/11/10	2:48:48	8.05	91.86	124	76	170	216	80	14	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1647	6.0	19.9	0.0000125
231		2009/11/10	2:48:48	8.05	91.86	124	76	170	216	80	14	SURT	8.96	98.80	T40	290	770	6.0	19.9	0.0000102
232	26	2009/12/01	11:40:48	13.62	92.81	252	73	-17	347	74	-162	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	873	5.3	27.4	0.0000028
233		2009/12/01	11:40:48	13.62	92.81	252	73	-17	347	74	-162	KHLT	14.80	98.59	T40	387	637	5.3	27.4	0.0000070
234		2009/12/01	11:40:48	13.62	92.81	252	73	-17	347	74	-162	KRDT	14.59	101.84	T40	348	980	5.3	27.4	0.0000043
235		2009/12/01	11:40:48	13.62	92.81	252	73	-17	347	74	-162	MHIT	19.31	97.96	T120	379	838	5.3	27.4	0.0000327
236		2009/12/01	11:40:48	13.62	92.81	252	73	-17	347	74	-162	MHMT	18.18	97.93	T40	330	746	5.3	27.4	0.0000051

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
237	26	2009/12/01	11:40:48	13.62	92.81	252	73	-17	347	74	-162	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	936	5.3	27.4	0.0000366
238		2009/12/01	11:40:48	13.62	92.81	252	73	-17	347	74	-162	PKDT	7.89	98.34	T40	215	878	5.3	27.4	0.0000440
239		2009/12/01	11:40:48	13.62	92.81	252	73	-17	347	74	-162	SURT	8.96	98.80	T40	290	834	5.3	27.4	0.0000008
240	27	2009/12/07	22:06:16	0.05	96.97	157	43	-61	300	53	-115	CHBT	12.75	102.33	T120	487	1532	4.9	12.0	0.0000033
241		2009/12/07	22:06:16	0.05	96.97	157	43	-61	300	53	-115	MHIT	19.31	97.96	T120	379	2146	4.9	12.0	0.0000026
242		2009/12/07	22:06:16	0.05	96.97	157	43	-61	300	53	-115	MHMT	18.18	97.93	T40	330	2019	4.9	12.0	0.0000008
243		2009/12/07	22:06:16	0.05	96.97	157	43	-61	300	53	-115	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	885	4.9	12.0	0.0000313
244		2009/12/07	22:06:16	0.05	96.97	157	43	-61	300	53	-115	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	1613	4.9	12.0	0.0000059
245	28	2009/12/29	9:01:55	24.31	94.84	124	41	143	244	66	55	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1330	5.6	125.1	0.0001598
246		2009/12/29	9:01:55	24.31	94.84	124	41	143	244	66	55	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	1129	5.6	125.1	0.0000068
247		2009/12/29	9:01:55	24.31	94.84	124	41	143	244	66	55	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1306	5.6	125.1	0.0000047
248		2009/12/29	9:01:55	24.31	94.84	124	41	143	244	66	55	MHIT	19.31	97.96	T120	379	642	5.6	125.1	0.0002054
249		2009/12/29	9:01:55	24.31	94.84	124	41	143	244	66	55	MHMT	18.18	97.93	T40	330	754	5.6	125.1	0.0000207
250		2009/12/29	9:01:55	24.31	94.84	124	41	143	244	66	55	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	1071	5.6	125.1	0.0000115
251		2009/12/29	9:01:55	24.31	94.84	124	41	143	244	66	55	PKDT	7.89	98.34	T40	215	1864	5.6	125.1	0.0000727
252	29	2010/01/22	6:46:16	2.95	93.75	102	55	-168	5	80	-36	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1968	5.0	13.1	0.0000155

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
253	30	2010/02/14	22:09:10	2.71	94.10	120	33	80	312	58	97	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1413	4.9	12.0	0.0002853
254		2010/02/14	22:09:10	2.71	94.10	120	33	80	312	58	97	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1894	4.9	12.0	0.0000047
255		2010/02/14	22:09:10	2.71	94.10	120	33	80	312	58	97	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	743	4.9	12.0	0.0000103
256		2010/02/14	22:09:10	2.71	94.10	120	33	80	312	58	97	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	1412	4.9	12.0	0.0000008
257		2010/02/14	22:09:10	2.71	94.10	120	33	80	312	58	97	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	868	4.9	12.0	0.0000069
258		2010/02/14	22:09:10	2.71	94.10	120	33	80	312	58	97	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1873	4.9	12.0	0.0000011
259		2010/02/14	22:09:10	2.71	94.10	120	33	80	312	58	97	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1972	4.9	12.0	0.0000166
260		31	2010/03/13	14:59:06	1.16	96.81	331	20	108	132	71	83	LOEI	17.51	101.26	KS-2000M	355	1883	5.8	23.6
261	2010/03/13		14:59:06	1.16	96.81	331	20	108	132	71	83	NAYO	14.32	101.32	KS-2000M	258	1545	5.8	23.6	0.0000022
262	2010/03/13		14:59:06	1.16	96.81	331	20	108	132	71	83	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	1301	5.8	23.6	0.0000078
263	2010/03/13		14:59:06	1.16	96.81	331	20	108	132	71	83	SRIT	8.59	99.60	KS-2000M	270	882	5.8	23.6	0.0000088
264	32	2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	315	4.9	15.2	0.0000690
265		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	KHLT	14.80	98.59	T40	387	757	4.9	15.2	0.0000031
266		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	KRDT	14.59	101.84	T40	348	790	4.9	15.2	0.0000021
267		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	MHIT	19.31	97.96	T120	379	320	4.9	15.2	0.0006718
268		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	MHMT	18.18	97.93	TSA100S	330	425	4.9	15.2	0.0001437

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
269	32	2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	PKDT	7.89	98.34	T40	215	1521	4.9	15.2	0.0000026
270		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	UBPT	15.28	105.47	T120	294	899	4.9	15.2	0.0000032
271		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	197	4.9	15.2	0.0025148
272		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	CRAI	20.23	100.37	PA-23	387	144	4.9	15.2	0.0022526
273		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	KHON	16.34	102.82	PA-23	281	644	4.9	15.2	0.0000186
274		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	LAMP	18.52	99.63	PA-23	321	330	4.9	15.2	0.0000775
275		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	LOEI	17.51	101.26	PA-23	355	460	4.9	15.2	0.0000470
276		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	503	4.9	15.2	0.0000220
277		2010/03/19	19:53:38	21.47	99.99	234	63	-19	332	74	-152	PHRA	18.50	100.23	PA-23	362	331	4.9	15.2	0.0000583
278		33	2010/03/30	16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	CHBT	12.75	102.33	T120	487	1040	6.6	30.5
279	2010/03/30		16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	KHLT	14.80	98.59	T40	387	643	6.6	30.5	0.0000551
280	2010/03/30		16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	MHMT	18.18	97.93	T40	330	753	6.6	30.5	0.0000908
281	2010/03/30		16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	CHAI	15.90	101.99	PA-23	338	1025	6.6	30.5	0.0000154
282	2010/03/30		16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	973	6.6	30.5	0.0002040
283	2010/03/30		16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	CRAI	20.23	100.37	PA-23	387	1097	6.6	30.5	0.0000181
284	2010/03/30		16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	KHON	16.34	102.82	PA-23	281	1124	6.6	30.5	0.0000172

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
285	33	2010/03/30	16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	LAMP	18.52	99.63	PA-23	321	917	6.6	30.5	0.0000424
286		2010/03/30	16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1218	6.6	30.5	0.0000198
287		2010/03/30	16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	PHRA	18.50	100.23	PA-23	362	968	6.6	30.5	0.0000230
288		2010/03/30	16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	PRAC	12.47	99.79	PA-23	527	772	6.6	30.5	0.0000365
289		2010/03/30	16:54:54	13.58	92.76	255	60	-20	355	73	-148	UTHA	15.56	99.45	PA-23	249	753	6.6	30.5	0.0000781
290	34	2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1338	7.8	17.6	0.0001192
291		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1878	7.8	17.6	0.0000804
292		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1501	7.8	17.6	0.0000195
293		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1923	7.8	17.6	0.0002037
294		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1796	7.8	17.6	0.0000377
295		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	671	7.8	17.6	0.0006157
296		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1396	7.8	17.6	0.0002694
297		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	799	7.8	17.6	0.0002868
298		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1754	7.8	17.6	0.0000983
299		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	CHAI	15.90	101.99	PA-23	338	1642	7.8	17.6	0.0000906
300	2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	2003	7.8	17.6	0.0000788	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
301	34	2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	KHON	16.34	102.82	PA-23	281	1721	7.8	17.6	0.0000855
302		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	LAMP	18.52	99.63	PA-23	321	1857	7.8	17.6	0.0000937
303		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	LOEI	17.51	101.26	PA-23	355	1787	7.8	17.6	0.0000633
304		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	PHRA	18.50	100.23	PA-23	362	1867	7.8	17.6	0.0000685
305		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	1205	7.8	17.6	0.0001693
306		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	852	7.8	17.6	0.0002817
307		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	SURI	14.77	103.55	PA-23	312	1598	7.8	17.6	0.0000834
308		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	UTHA	15.56	99.45	PA-23	249	1529	7.8	17.6	0.0001252
309		2010/04/06	22:15:19	2.07	96.74	307	7	88	129	83	90	UTTA	17.74	100.55	PA-23	278	1792	7.8	17.6	0.0000608
310	35	2010/04/13	20:15:00	7.83	91.94	133	61	-170	38	81	-30	SRIT	8.59	99.60	KS-2000M	270	848	5.2	28.5	0.0000194
311		2010/04/13	20:15:00	7.83	91.94	133	61	-170	38	81	-30	SURA	9.17	99.63	KS-2000M	254	859	5.2	28.5	0.0000136
312	36	2010/04/28	18:01:23	19.18	93.01	313	32	-131	179	66	-67	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	638	5.2	31.2	0.0000409
313	37	2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1269	7.2	37.2	0.0001681
314		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1753	7.2	37.2	0.0000264
315		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1309	7.2	37.2	0.0000162
316		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1575	7.2	37.2	0.0001806

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
317	37	2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	PKDT	7.89	98.34	T40	215	578	7.2	37.2	0.0021056
318		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	683	7.2	37.2	0.0001547
319		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1759	7.2	37.2	0.0000304
320		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1281	7.2	37.2	0.0001069
321		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	SURT	8.96	98.80	T40	290	706	7.2	37.2	0.0013540
322		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	660	7.2	37.2	0.0003134
323		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	1877	7.2	37.2	0.0000327
324		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	CRAI	20.23	100.37	PA-23	387	1941	7.2	37.2	0.0000292
325		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	KHON	16.34	102.82	PA-23	281	1636	7.2	37.2	0.0000373
326		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	KRAB	8.22	99.20	PA-23	540	660	7.2	37.2	0.0006831
327		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	LAMP	18.52	99.63	PA-23	321	1738	7.2	37.2	0.0000406
328		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1822	7.2	37.2	0.0000702
329		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	PHRA	18.50	100.23	PA-23	362	1752	7.2	37.2	0.0000332
330		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	1106	7.2	37.2	0.0000606
331		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	SUKH	17.48	99.63	PA-23	321	1626	7.2	37.2	0.0000296
332		2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	773	7.2	37.2	0.0006554

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
333	37	2010/05/09	5:59:51	3.36	95.78	308	15	88	130	75	91	UTHA	15.56	99.45	PA-23	249	1415	7.2	37.2	0.0000380
334	38	2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1279	5.4	42.3	0.0001541
335		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1768	5.4	42.3	0.0000010
336		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1324	5.4	42.3	0.0000008
337		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1591	5.4	42.3	0.0000055
338		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	PKDT	7.89	98.34	TSA100S	215	595	5.4	42.3	0.0002515
339		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	700	5.4	42.3	0.0000129
340		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1776	5.4	42.3	0.0000038
341		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1297	5.4	42.3	0.0000081
342		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	723	5.4	42.3	0.0000146
343		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	676	5.4	42.3	0.0000228
344		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	1122	5.4	42.3	0.0000032
345		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	SRIT	8.59	99.60	KS-2000M	270	736	5.4	42.3	0.0000488
346		2010/05/11	12:17:49	3.24	95.69	311	24	93	128	66	89	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	790	5.4	42.3	0.0000546
347	39	2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	784	5.1	30.0	0.0000047
348		2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	KHLT	14.80	98.59	T40	387	573	5.1	30.0	0.0000069

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
349	39	2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	MHMT	18.18	97.93	T40	330	656	5.1	30.0	0.0000066
350		2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	PBKT	16.57	100.97	T120	245	861	5.1	30.0	0.0000111
351		2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	RNTT	9.39	98.48	T40	417	786	5.1	30.0	0.0000018
352		2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	SRDT	14.39	99.12	T120	387	628	5.1	30.0	0.0000221
353		2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	875	5.1	30.0	0.0000373
354		2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	LOEI	17.51	101.26	KS-2000M	355	924	5.1	30.0	0.0000018
355		2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	PAYA	19.36	99.87	PA-23	327	898	5.1	30.0	0.0000444
356		2010/05/16	8:55:48	14.31	93.29	198	28	-123	54	67	-74	UTHA	15.56	99.45	PA-23	249	676	5.1	30.0	0.0000391
357		40	2010/05/31	19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	956	6.5	127.9
358	2010/05/31		19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1021	6.5	127.9	0.0000218
359	2010/05/31		19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	667	6.5	127.9	0.0000320
360	2010/05/31		19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	KRDT	14.59	101.84	T40	348	962	6.5	127.9	0.0000266
361	2010/05/31		19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1016	6.5	127.9	0.0000596
362	2010/05/31		19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	MHMT	18.18	97.93	T40	330	903	6.5	127.9	0.0000171
363	2010/05/31		19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	PBKT	16.57	100.97	T120	245	989	6.5	127.9	0.0000135
364	2010/05/31		19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	PKDT	7.89	98.34	T40	215	625	6.5	127.9	0.0000531

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
365	40	2010/05/31	19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	RNTT	9.39	98.48	T40	417	559	6.5	127.9	0.0000137
366		2010/05/31	19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1283	6.5	127.9	0.0000097
367		2010/05/31	19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	SRDT	14.39	99.12	T120	387	689	6.5	127.9	0.0000558
368		2010/05/31	19:51:50	11.16	93.70	148	39	158	256	76	54	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	754	6.5	127.9	0.0000172
369	41	2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	CHBT	12.75	102.33	T120	487	1383	4.9	17.6	0.0000015
370		2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	671	4.9	17.6	0.0000058
371		2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1119	4.9	17.6	0.0000012
372		2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1172	4.9	17.6	0.0000025
373		2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	MHIT	19.31	97.96	T120	379	628	4.9	17.6	0.0000239
374		2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	MHMT	18.18	97.93	T40	330	753	4.9	17.6	0.0000047
375		2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	PBKT	16.57	100.97	T120	245	937	4.9	17.6	0.0000023
376		2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1004	4.9	17.6	0.0000027
377		2010/06/01	15:58:12	24.84	99.24	342	60	-154	238	67	-33	TRTT	7.84	99.69	T40	340	1892	4.9	17.6	0.0000006
378	42	2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1606	5.4	88.3	0.0000027
379		2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1164	5.4	88.3	0.0000014
380		2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1642	5.4	88.3	0.0000101

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
381	42	2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1516	5.4	88.3	0.0000041
382		2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	RNTT	9.39	98.48	T40	417	600	5.4	88.3	0.0000180
383		2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	SKLT	7.17	100.62	T120	340	602	5.4	88.3	0.0000172
384		2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1632	5.4	88.3	0.0000031
385		2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	SURT	8.96	98.80	T40	290	579	5.4	88.3	0.0000132
386		2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	CMAI	19.93	99.05	KS-2000M	351	1730	5.4	88.3	0.0000237
387		2010/06/03	9:24:18	4.71	95.77	65	63	156	167	69	29	KRAB	8.22	99.20	S13	540	544	5.4	88.3	0.0000459
388		43	2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1173	7.5	33.1
389	2010/06/12		19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	CHBT	12.75	102.33	TSA100S	487	1289	7.5	33.1	0.0001104
390	2010/06/12		19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	1452	7.5	33.1	0.0000295
391	2010/06/12		19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	1081	7.5	33.1	0.0000545
392	2010/06/12		19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	KRDT	14.59	101.84	TSA100S	348	1341	7.5	33.1	0.0000584
393	2010/06/12		19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1446	7.5	33.1	0.0003483
394	2010/06/12		19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1335	7.5	33.1	0.0000480
395	2010/06/12		19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	1402	7.5	33.1	0.0000519
396	2010/06/12		19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	PKDT	7.89	98.34	T40	215	737	7.5	33.1	0.0006723

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
397	43	2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	RNTT	9.39	98.48	T40	417	770	7.5	33.1	0.0001165
398		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	992	7.5	33.1	0.0000978
399		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1679	7.5	33.1	0.0000520
400		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1093	7.5	33.1	0.0001367
401		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	796	7.5	33.1	0.0001465
402		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	886	7.5	33.1	0.0000990
403		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1716	7.5	33.1	0.0000801
404		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	CHAI	15.90	101.99	PA-23	338	1437	7.5	33.1	0.0000393
405		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	LOEI	17.51	101.26	PA-23	355	1497	7.5	33.1	0.0000344
406		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	NAYO	14.32	101.32	PA-23	258	1277	7.5	33.1	0.0000515
407		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	PANO	17.15	104.61	PA-23	296	1745	7.5	33.1	0.0000511
408		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	PATY	12.92	100.87	PA-23	300	1155	7.5	33.1	0.0000823
409		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	PHRA	18.50	100.23	PA-23	362	1504	7.5	33.1	0.0000385
410		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	PRAC	12.47	99.79	PA-23	527	1029	7.5	33.1	0.0000866
411	2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	SRIT	8.59	99.60	PA-23	270	879	7.5	33.1	0.0004110	
412	2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	SUKH	17.48	99.63	PA-23	321	1377	7.5	33.1	0.0000405	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
413	43	2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	890	7.5	33.1	0.0003816
414		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	TMDA	13.67	100.61	PA-23	139	1173	7.5	33.1	0.0005062
415		2010/06/12	19:27:00	7.85	91.65	220	63	31	115	63	149	UTHA	15.56	99.45	PA-23	249	1206	7.5	33.1	0.0000389
416	44	2010/06/13	6:26:04	7.71	91.82	113	63	-172	20	83	-28	KRAB	8.22	99.20	S13	540	815	5.2	12.0	0.0000226
417	45	2010/06/15	23:24:26	7.41	91.67	125	62	-179	34	89	-28	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1717	5.0	12.0	0.0001339
418	46	2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	881	5.9	20.1	0.0000073
419		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	616	5.9	20.1	0.0000551
420		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	KRDT	14.59	101.84	T40	348	954	5.9	20.1	0.0000090
421		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	MHIT	19.31	97.96	T120	379	853	5.9	20.1	0.0000838
422		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	MHMT	18.18	97.93	T40	330	755	5.9	20.1	0.0000177
423		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	923	5.9	20.1	0.0000142
424		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	PKDT	7.89	98.34	T40	215	821	5.9	20.1	0.0000210
425		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	RNTT	9.39	98.48	T40	417	722	5.9	20.1	0.0000061
426		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	SKLT	7.17	100.62	T120	340	1060	5.9	20.1	0.0000018
427		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1239	5.9	20.1	0.0000051
428	2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	661	5.9	20.1	0.0000203	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
429	46	2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	SURT	8.96	98.80	T40	290	779	5.9	20.1	0.0000025
430		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	TRTT	7.84	99.69	T40	340	934	5.9	20.1	0.0000027
431		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1351	5.9	20.1	0.0000023
432		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	KRAB	8.22	99.20	PA-23	540	865	5.9	20.1	0.0000628
433		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1202	5.9	20.1	0.0000240
434		2010/06/18	23:09:34	13.21	93.12	116	38	59	333	58	112	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	728	5.9	20.1	0.0000157
435	47	2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1165	5.5	14.8	0.0004644
436		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	1079	5.5	14.8	0.0000018
437		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1333	5.5	14.8	0.0000010
438		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1452	5.5	14.8	0.0000061
439		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1339	5.5	14.8	0.0000100
440		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	1399	5.5	14.8	0.0000078
441		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	PKDT	7.89	98.34	T40	215	715	5.5	14.8	0.0000865
442		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	RNTT	9.39	98.48	T40	417	753	5.5	14.8	0.0000058
443		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	969	5.5	14.8	0.0000094
444		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1673	5.5	14.8	0.0000060

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
445	47	2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	1089	5.5	14.8	0.0000025
446		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	SURT	8.96	98.80	T40	290	777	5.5	14.8	0.0000030
447		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	864	5.5	14.8	0.0000090
448		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1706	5.5	14.8	0.0000051
449		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	PANO	17.15	104.61	KS-2000M	296	1739	5.5	14.8	0.0000029
450		2010/06/24	4:08:37	7.69	91.85	113	80	-178	23	88	-10	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	1019	5.5	14.8	0.0000018
451	48	2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	683	5.0	12.0	0.0000013
452		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	KHLT	14.80	98.59	T40	387	329	5.0	12.0	0.0000043
453		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	KRDT	14.59	101.84	T40	348	656	5.0	12.0	0.0000029
454		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	MHIT	19.31	97.96	T120	379	691	5.0	12.0	0.0000071
455		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	MHMT	18.18	97.93	T40	330	572	5.0	12.0	0.0000054
456		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	PBKT	16.57	100.97	T120	245	649	5.0	12.0	0.0000059
457		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	RNTT	9.39	98.48	T40	417	531	5.0	12.0	0.0000040
458		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	SKLT	7.17	100.62	T120	340	868	5.0	12.0	0.0000014
459		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	SKNT	16.97	103.98	T40	254	955	5.0	12.0	0.0000044
460		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	SRDT	14.39	99.12	T120	387	366	5.0	12.0	0.0000221

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
461	48	2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	SURT	8.96	98.80	T40	290	590	5.0	12.0	0.0000017
462		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1053	5.0	12.0	0.0000021
463		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	PANO	17.15	104.61	KS-2000M	296	1024	5.0	12.0	0.0000015
464		2010/06/27	9:43:52	13.43	95.88	67	31	-67	221	62	-103	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	626	5.0	12.0	0.0000944
465	49	2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	670	5.0	12.0	0.0000008
466		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	KHLT	14.80	98.59	T40	387	314	5.0	12.0	0.0000022
467		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	KRDT	14.59	101.84	T40	348	642	5.0	12.0	0.0000054
468		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	MHIT	19.31	97.96	T120	379	680	5.0	12.0	0.0000042
469		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	MHMT	18.18	97.93	T40	330	560	5.0	12.0	0.0000017
470		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	PBKT	16.57	100.97	T120	245	634	5.0	12.0	0.0000490
471		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	RNTT	9.39	98.48	T40	417	531	5.0	12.0	0.0000043
472		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	SKLT	7.17	100.62	T120	340	866	5.0	12.0	0.0000008
473		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	SRDT	14.39	99.12	T120	387	351	5.0	12.0	0.0000133
474		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	SURT	8.96	98.80	T40	290	590	5.0	12.0	0.0000007
475		2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1039	5.0	12.0	0.0000007
476	2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	PHRA	18.50	100.23	PA-23	362	717	5.0	12.0	0.0000183	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
477	49	2010/06/27	10:51:46	13.50	96.00	40	33	-131	266	66	-67	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	427	5.0	12.0	0.0000044
478	50	2010/07/01	15:21:52	1.09	96.68	338	30	103	142	61	83	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1605	5.1	35.8	0.0000019
479		2010/07/01	15:21:52	1.09	96.68	338	30	103	142	61	83	MHIT	19.31	97.96	T120	379	2032	5.1	35.8	0.0000035
480		2010/07/01	15:21:52	1.09	96.68	338	30	103	142	61	83	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1785	5.1	35.8	0.0000018
481		2010/07/01	15:21:52	1.09	96.68	338	30	103	142	61	83	SKLT	7.17	100.62	T120	340	805	5.1	35.8	0.0000018
482		2010/07/01	15:21:52	1.09	96.68	338	30	103	142	61	83	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1939	5.1	35.8	0.0000038
483		2010/07/01	15:21:52	1.09	96.68	338	30	103	142	61	83	SURT	8.96	98.80	T40	290	906	5.1	35.8	0.0000007
484		2010/07/01	15:21:52	1.09	96.68	338	30	103	142	61	83	TRTT	7.84	99.69	T40	340	821	5.1	35.8	0.0000013
485		51	2010/07/02	18:23:12	10.22	92.02	343	10	86	168	80	91	KHLT	14.80	98.59	T40	387	876	5.4	12.0
486	2010/07/02		18:23:12	10.22	92.02	343	10	86	168	80	91	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1198	5.4	12.0	0.0000009
487	2010/07/02		18:23:12	10.22	92.02	343	10	86	168	80	91	PKDT	7.89	98.34	T40	215	740	5.4	12.0	0.0000149
488	2010/07/02		18:23:12	10.22	92.02	343	10	86	168	80	91	SKLT	7.17	100.62	T120	340	1004	5.4	12.0	0.0000006
489	2010/07/02		18:23:12	10.22	92.02	343	10	86	168	80	91	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1495	5.4	12.0	0.0000005
490	2010/07/02		18:23:12	10.22	92.02	343	10	86	168	80	91	SURT	8.96	98.80	T40	290	756	5.4	12.0	0.0000015
491	2010/07/02		18:23:12	10.22	92.02	343	10	86	168	80	91	TRTT	7.84	99.69	T40	340	883	5.4	12.0	0.0000012
492	52	2010/07/08	13:47:01	14.37	93.20	11	77	-170	279	80	-13	LOEI	17.51	101.26	KS-2000M	355	930	5.0	28.3	0.0000013

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
493	53	2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1975	5.1	23.2	0.0000008
494		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1527	5.1	23.2	0.0000010
495		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	MHIT	19.31	97.96	T120	379	2021	5.1	23.2	0.0000094
496		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1894	5.1	23.2	0.0000038
497		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1771	5.1	23.2	0.0000101
498		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1922	5.1	23.2	0.0000097
499		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	TRTT	7.84	99.69	T40	340	805	5.1	23.2	0.0000026
500		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	CRAI	20.23	100.37	PA-23	387	2153	5.1	23.2	0.0000209
501		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	KRAB	8.22	99.20	PA-23	540	825	5.1	23.2	0.0000651
502		2010/07/13	4:26:27	1.18	96.85	326	21	97	139	69	87	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	940	5.1	23.2	0.0009676
503	54	2010/08/09	22:21:47	13.64	92.76	250	45	-28	0	71	-132	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	968	5.2	22.4	0.0000272
504		2010/08/09	22:21:47	13.64	92.76	250	45	-28	0	71	-132	KRAB	8.22	99.20	PA-23	540	926	5.2	22.4	0.0000581
505		2010/08/09	22:21:47	13.64	92.76	250	45	-28	0	71	-132	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1215	5.2	22.4	0.0000362
506		2010/08/09	22:21:47	13.64	92.76	250	45	-28	0	71	-132	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	773	5.2	22.4	0.0000061
507	55	2010/08/17	1:39:31	11.54	95.13	353	78	-177	263	87	-12	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1126	5.4	12.4	0.0000270
508		2010/08/17	1:39:31	11.54	95.13	353	78	-177	263	87	-12	PRAC	12.47	99.79	PA-23	527	518	5.4	12.4	0.0000815

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
509	55	2010/08/17	1:39:31	11.54	95.13	353	78	-177	263	87	-12	SRIT	8.59	99.60	KS-2000M	270	589	5.4	12.4	0.0000287
510	56	2010/08/21	5:42:57	2.01	96.45	320	18	100	130	73	87	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1889	5.9	24.0	0.0000011
511		2010/08/21	5:42:57	2.01	96.45	320	18	100	130	73	87	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1520	5.9	24.0	0.0000055
512		2010/08/21	5:42:57	2.01	96.45	320	18	100	130	73	87	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1857	5.9	24.0	0.0000116
513		2010/08/21	5:42:57	2.01	96.45	320	18	100	130	73	87	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1408	5.9	24.0	0.0001823
514		2010/08/21	5:42:57	2.01	96.45	320	18	100	130	73	87	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	2013	5.9	24.0	0.0000263
515		57	2010/09/11	11:43:13	7.73	94.24	154	84	-179	64	89	-6	CRAI	20.23	100.37	PA-23	387	1539	5.8	19.9
516	2010/09/11		11:43:13	7.73	94.24	154	84	-179	64	89	-6	KRAB	8.22	99.20	S13	540	549	5.8	19.9	0.0001151
517	2010/09/11		11:43:13	7.73	94.24	154	84	-179	64	89	-6	SRIT	8.59	99.60	PA-23	270	598	5.8	19.9	0.0003029
518	2010/09/11		11:43:13	7.73	94.24	154	84	-179	64	89	-6	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	614	5.8	19.9	0.0001847
519	58	2010/12/01	0:50:23	2.70	98.86	232	6	-12	334	89	-96	CMAI	19.93	99.05	PA-23	351	1917	5.6	164.4	0.0000509
520	59	2010/12/14	20:01:02	3.81	95.91	307	33	68	152	60	103	NONG	18.06	103.15	PA-23	266	1770	4.9	44.5	0.0000296
521		2010/12/14	20:01:02	3.81	95.91	307	33	68	152	60	103	PATY	12.92	100.87	PA-23	300	1151	4.9	44.5	0.0000160
522		2010/12/14	20:01:02	3.81	95.91	307	33	68	152	60	103	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	724	4.9	44.5	0.0000510
523	60	2010/12/18	22:56:45	5.27	94.55	324	32	104	127	59	81	SURA	9.17	99.63	PA-23	254	708	5.0	53.1	0.0001002
524	61	2010/12/21	14:07:52	2.44	95.59	312	16	89	133	74	90	KHON	16.34	102.82	PA-23	281	1737	5.8	23.2	0.0000244

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
525	61	2010/12/21	14:07:52	2.44	95.59	312	16	89	133	74	90	NAYO	14.32	101.32	KS-2000M	258	1463	5.8	23.2	0.0000016
526		2010/12/21	14:07:52	2.44	95.59	312	16	89	133	74	90	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	1208	5.8	23.2	0.0000038
527		2010/12/21	14:07:52	2.44	95.59	312	16	89	133	74	90	UMPA	16.21	98.86	PA-23	307	1572	5.8	23.2	0.0000334
528	62	2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	1540	5.5	13.6	0.0000705
529		2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1872	5.5	13.6	0.0000029
530		2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	1798	5.5	13.6	0.0000068
531		2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	PKDT	7.89	98.34	T40	215	972	5.5	13.6	0.0000508
532		2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	RNTT	9.39	98.48	T40	417	1065	5.5	13.6	0.0000022
533		2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	SKLT	7.17	100.62	T120	340	1181	5.5	13.6	0.0000102
534		2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	2055	5.5	13.6	0.0000052
535		2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1485	5.5	13.6	0.0000192
536		2011/01/07	3:10:00	4.20	90.37	109	63	-175	17	85	-27	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	1107	5.5	13.6	0.0000105
537		63	2011/01/15	11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1420	5.8	17.0
538	2011/01/15		11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1508	5.8	17.0	0.0000009
539	2011/01/15		11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1781	5.8	17.0	0.0000022
540	2011/01/15		11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1678	5.8	17.0	0.0000053

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
541	63	2011/01/15	11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	PKDT	7.89	98.34	T40	215	672	5.8	17.0	0.0000519
542		2011/01/15	11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	SKLT	7.17	100.62	T120	340	739	5.8	17.0	0.0000266
543		2011/01/15	11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1848	5.8	17.0	0.0000174
544		2011/01/15	11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1389	5.8	17.0	0.0000101
545		2011/01/15	11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	TRTT	7.84	99.69	T40	340	735	5.8	17.0	0.0000150
546		2011/01/15	11:23:55	2.26	96.13	306	14	81	135	76	92	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1774	5.8	17.0	0.0000010
547	64	2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1406	5.9	15.0	0.0000014
548		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1494	5.9	15.0	0.0000051
549		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1767	5.9	15.0	0.0000040
550		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1664	5.9	15.0	0.0000045
551		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	PKDT	7.89	98.34	T40	215	658	5.9	15.0	0.0001466
552		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	RNTT	9.39	98.48	T40	417	820	5.9	15.0	0.0000105
553		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	SKLT	7.17	100.62	T120	340	726	5.9	15.0	0.0000379
554		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1834	5.9	15.0	0.0000057
555		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1375	5.9	15.0	0.0000109
556		2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	SURT	8.96	98.80	T40	290	787	5.9	15.0	0.0000089

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
557	64	2011/01/18	11:33:47	2.38	96.17	306	9	83	133	81	91	TRTT	7.84	99.69	T40	340	721	5.9	15.0	0.0000128
558	65	2011/01/22	7:34:16	2.48	95.34	309	26	91	128	64	90	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1416	5.2	35.7	0.0000015
559		2011/01/22	7:34:16	2.48	95.34	309	26	91	128	64	90	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1525	5.2	35.7	0.0000032
560		2011/01/22	7:34:16	2.48	95.34	309	26	91	128	64	90	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1769	5.2	35.7	0.0000051
561		2011/01/22	7:34:16	2.48	95.34	309	26	91	128	64	90	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1684	5.2	35.7	0.0000183
562		2011/01/22	7:34:16	2.48	95.34	309	26	91	128	64	90	SKLT	7.17	100.62	T120	340	784	5.2	35.7	0.0000152
563		2011/01/22	7:34:16	2.48	95.34	309	26	91	128	64	90	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1389	5.2	35.7	0.0000026
564		2011/01/22	7:34:16	2.48	95.34	309	26	91	128	64	90	TRTT	7.84	99.69	T40	340	766	5.2	35.7	0.0000046
565		66	2011/01/22	7:38:58	2.74	95.32	298	8	68	140	82	93	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1388	5.7	15.0
566	2011/01/22		7:38:58	2.74	95.32	298	8	68	140	82	93	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1500	5.7	15.0	0.0000032
567	2011/01/22		7:38:58	2.74	95.32	298	8	68	140	82	93	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1740	5.7	15.0	0.0000051
568	2011/01/22		7:38:58	2.74	95.32	298	8	68	140	82	93	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1658	5.7	15.0	0.0000183
569	2011/01/22		7:38:58	2.74	95.32	298	8	68	140	82	93	RNTT	9.39	98.48	T40	417	818	5.7	15.0	0.0000055
570	2011/01/22		7:38:58	2.74	95.32	298	8	68	140	82	93	SKLT	7.17	100.62	T120	340	767	5.7	15.0	0.0000152
571	2011/01/22		7:38:58	2.74	95.32	298	8	68	140	82	93	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1362	5.7	15.0	0.0000026
572	2011/01/22		7:38:58	2.74	95.32	298	8	68	140	82	93	TRTT	7.84	99.69	T40	340	745	5.7	15.0	0.0000046

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
573	67	2011/01/26	7:24:29	9.96	108.20	108	69	-174	16	85	-21	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1176	5.0	12.0	0.0000025
574		2011/01/26	7:24:29	9.96	108.20	108	69	-174	16	85	-21	KRDT	14.59	101.84	T40	348	863	5.0	12.0	0.0000056
575		2011/01/26	7:24:29	9.96	108.20	108	69	-174	16	85	-21	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1516	5.0	12.0	0.0000033
576		2011/01/26	7:24:29	9.96	108.20	108	69	-174	16	85	-21	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1437	5.0	12.0	0.0000024
577		2011/01/26	7:24:29	9.96	108.20	108	69	-174	16	85	-21	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1075	5.0	12.0	0.0000060
578		2011/01/26	7:24:29	9.96	108.20	108	69	-174	16	85	-21	SKNT	16.97	103.98	T40	254	905	5.0	12.0	0.0000251
579		2011/01/26	7:24:29	9.96	108.20	108	69	-174	16	85	-21	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	662	5.0	12.0	0.0000449
580		68	2011/01/26	15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1531	6.0	22.7
581	2011/01/26		15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1947	6.0	22.7	0.0000027
582	2011/01/26		15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1820	6.0	22.7	0.0000020
583	2011/01/26		15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1706	6.0	22.7	0.0000045
584	2011/01/26		15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	PKDT	7.89	98.34	T40	215	699	6.0	22.7	0.0000594
585	2011/01/26		15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	SKLT	7.17	100.62	T120	340	745	6.0	22.7	0.0001936
586	2011/01/26		15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	1422	6.0	22.7	0.0000022
587	2011/01/26		15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	SURT	8.96	98.80	T40	290	828	6.0	22.7	0.0000091
588	2011/01/26		15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	TRTT	7.84	99.69	T40	340	751	6.0	22.7	0.0000156

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
589	68	2011/01/26	15:42:35	1.87	96.52	304	19	76	138	72	95	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1786	6.0	22.7	0.0000154
590	69	2011/01/26	15:45:44	1.49	96.55	293	31	65	141	62	104	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1989	4.9	40.5	0.0000018
591		2011/01/26	15:45:44	1.49	96.55	293	31	65	141	62	104	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1862	4.9	40.5	0.0000038
592		2011/01/26	15:45:44	1.49	96.55	293	31	65	141	62	104	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1746	4.9	40.5	0.0000036
593		2011/01/26	15:45:44	1.49	96.55	293	31	65	141	62	104	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	1463	4.9	40.5	0.0000026
594		2011/01/26	15:45:44	1.49	96.55	293	31	65	141	62	104	TRTT	7.84	99.69	T40	340	787	4.9	40.5	0.0000156
595		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	KHLT	14.80	98.59	T40	387	660	5.5	12.0	0.0000029
596	70	2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	KRDT	14.59	101.84	T40	348	933	5.5	12.0	0.0000011
597		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1045	5.5	12.0	0.0000013
598		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	MHMT	18.18	97.93	T40	330	928	5.5	12.0	0.0000017
599		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	981	5.5	12.0	0.0000081
600		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	RNTT	9.39	98.48	T40	417	481	5.5	12.0	0.0000205
601		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	SRDT	14.39	99.12	T120	387	674	5.5	12.0	0.0000104
602		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	529	5.5	12.0	0.0000165
603		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	TRTT	7.84	99.69	T40	340	671	5.5	12.0	0.0000046
604		2011/02/01	13:39:46	10.62	94.27	5	45	-158	259	75	-47	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1319	5.5	12.0	0.0000026

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)	
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip										
605	71	2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	767	6.3	103.5	0.0000685	
606		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	KHLT	14.80	98.59	TSA100S	387	1150	6.3	103.5	0.0000337	
607		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1329	6.3	103.5	0.0000218	
608		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	MHIT	19.31	97.96	T120	379	665	6.3	103.5	0.0002407	
609		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	MHMT	18.18	97.93	T40	330	776	6.3	103.5	0.0001270	
610		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	1094	6.3	103.5	0.0000365	
611		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	PKDT	7.89	98.34	T40	215	1883	6.3	103.5	0.0000662	
612		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	RNTT	9.39	98.48	T40	417	1724	6.3	103.5	0.0000041	
613		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	SRDT	14.39	99.12	TSA100S	387	1212	6.3	103.5	0.0000365	
614		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	1779	6.3	103.5	0.0000097	
615		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	1924	6.3	103.5	0.0000057	
616		2011/02/04	13:53:49	24.46	94.68	256	52	36	142	62	136	UBPT	15.28	105.47	TSA100S	294	1521	6.3	103.5	0.0000179	
617		72	2011/03/10	4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1187	5.5	14.6	0.0000136
618			2011/03/10	4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	MHIT	19.31	97.96	T120	379	591	5.5	14.6	0.0001033
619	2011/03/10		4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	MHMT	18.18	97.93	T40	330	718	5.5	14.6	0.0000383	
620	2011/03/10		4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	PBKT	16.57	100.97	T120	245	947	5.5	14.6	0.0000181	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
621	72	2011/03/10	4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	RNTT	9.39	98.48	T40	417	1696	5.5	14.6	0.0000251
622		2011/03/10	4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1144	5.5	14.6	0.0000435
623		2011/03/10	4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	SURT	8.96	98.80	T40	290	1745	5.5	14.6	0.0000019
624		2011/03/10	4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	TRTT	7.84	99.69	T40	340	1877	5.5	14.6	0.0000055
625		2011/03/10	4:58:16	24.63	98.01	245	87	1	155	89	177	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1299	5.5	14.6	0.0000095
626	73	2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	BKKA	13.66	100.61	TSA100S	139	779	6.8	12.6	0.0010679
627		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	CHBT	12.75	102.33	T120	487	911	6.8	12.6	0.0004229
628		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	CMMT	18.81	98.95	TSA100S	Rock	235	6.8	12.6	0.0019352
629		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	KRDT	14.59	101.84	T40	348	700	6.8	12.6	0.0001482
630		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	MHIT	19.31	97.96	T120	379	265	6.8	12.6	0.0071578
631		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	MHMT	18.18	97.93	T40	330	354	6.8	12.6	0.0039065
632		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	PKDT	7.89	98.34	T40	215	1431	6.8	12.6	0.0001233
633		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	RNTT	9.39	98.48	T40	417	1264	6.8	12.6	0.0000416
634		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	SURT	8.96	98.80	T40	290	1308	6.8	12.6	0.0000671
635		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	1426	6.8	12.6	0.0000540
636	2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	CHAI	15.90	101.99	PA-23	338	566	6.8	12.6	0.0006390	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
637	73	2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	CRAI	20.23	100.37	KS-2000M	387	57	6.8	12.6	0.0890766
638		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	KHON	16.34	102.82	PA-23	281	561	6.8	12.6	0.0011330
639		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	KRAB	8.22	99.20	PA-23	540	1385	6.8	12.6	0.0001151
640		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	LAMP	18.52	99.63	PA-23	321	241	6.8	12.6	0.0032200
641		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	LOEI	17.51	101.26	KS-2000M	355	372	6.8	12.6	0.0014070
642		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	MSAA	20.43	99.89	TSA100S	-	31	6.8	12.6	0.2021038
643		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	NONG	18.06	103.15	KS-2000M	266	433	6.8	12.6	0.0012153
644		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	PANO	17.15	104.61	KS-2000M	296	617	6.8	12.6	0.0005384
645		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	PAYA	19.36	99.87	PA-23	327	145	6.8	12.6	0.0156643
646		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	PHIT	17.19	100.42	PA-23	254	387	6.8	12.6	0.0012024
647		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	PHRA	18.50	100.23	KS-2000M	362	240	6.8	12.6	0.0829294
648		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	PRAC	12.47	99.79	KS-2000M	527	910	6.8	12.6	0.0001721
649		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	SRAK	14.01	102.04	S13	395	768	6.8	12.6	0.0004576
650		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	SUKH	17.48	99.63	PA-23	321	355	6.8	12.6	0.0009606
651		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	SURI	14.77	103.55	PA-23	312	751	6.8	12.6	0.0003934
652	2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	UMPA	16.21	98.86	PA-23	307	510	6.8	12.6	0.0006406	

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\bar{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
653	73	2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	UTHA	15.56	99.45	S13	249	570	6.8	12.6	0.0000066
654		2011/03/24	13:55:20	20.65	100.06	340	80	176	70	86	10	UTTA	17.74	100.55	PA-23	278	327	6.8	12.6	0.0008900
655	74	2011/04/06	14:01:48	1.45	96.82	338	11	118	129	80	85	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1864	6.0	18.0	0.0000022
656		2011/04/06	14:01:48	1.45	96.82	338	11	118	129	80	85	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1742	6.0	18.0	0.0000023
657	75	2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	CHBT	12.75	102.33	T120	487	1201	5.4	67.2	0.0000358
658		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1682	5.4	67.2	0.0000011
659		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1237	5.4	67.2	0.0000013
660		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1719	5.4	67.2	0.0000046
661		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	PBKT	16.57	100.97	TSA100S	245	1504	5.4	67.2	0.0000078
662		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	PKDT	7.89	98.34	T40	215	508	5.4	67.2	0.0006560
663		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	RNTT	9.39	98.48	T40	417	663	5.4	67.2	0.0000456
664		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	626	5.4	67.2	0.0000372
665		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	SKNT	16.97	103.98	TSA100S	254	1690	5.4	67.2	0.0000059
666		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1209	5.4	67.2	0.0000102
667		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	636	5.4	67.2	0.0000337
668		2011/04/29	8:56:51	3.98	95.96	165	63	-5	257	86	-153	TRTT	7.84	99.69	TSA100S	340	595	5.4	67.2	0.0000681

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
669	76	2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	CHBT	12.75	102.33	T120	487	1115	5.5	45.1	0.0000131
670		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1220	5.5	45.1	0.0000006
671		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	KHLT	14.80	98.59	T40	387	862	5.5	45.1	0.0000012
672		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1212	5.5	45.1	0.0000032
673		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	MHMT	18.18	97.93	T40	330	1102	5.5	45.1	0.0000026
674		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1184	5.5	45.1	0.0000034
675		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	PKDT	7.89	98.34	T40	215	665	5.5	45.1	0.0000591
676		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	RNTT	9.39	98.48	T40	417	648	5.5	45.1	0.0000235
677		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	SKLT	7.17	100.62	T120	340	929	5.5	45.1	0.0000022
678		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	SRDT	14.39	99.12	T120	387	880	5.5	45.1	0.0000076
679		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	688	5.5	45.1	0.0000331
680		2011/06/03	7:27:14	9.74	92.58	152	23	-131	15	73	-74	TRTT	7.84	99.69	T40	340	810	5.5	45.1	0.0000063
681		77	2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	CHBT	12.75	102.33	T120	487	1265	5.5	19.0
682	2011/06/14		0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	CMMT	18.81	98.95	T120	Rock	1887	5.5	19.0	0.0000009
683	2011/06/14		0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1441	5.5	19.0	0.0000011
684	2011/06/14		0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1450	5.5	19.0	0.0000011

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

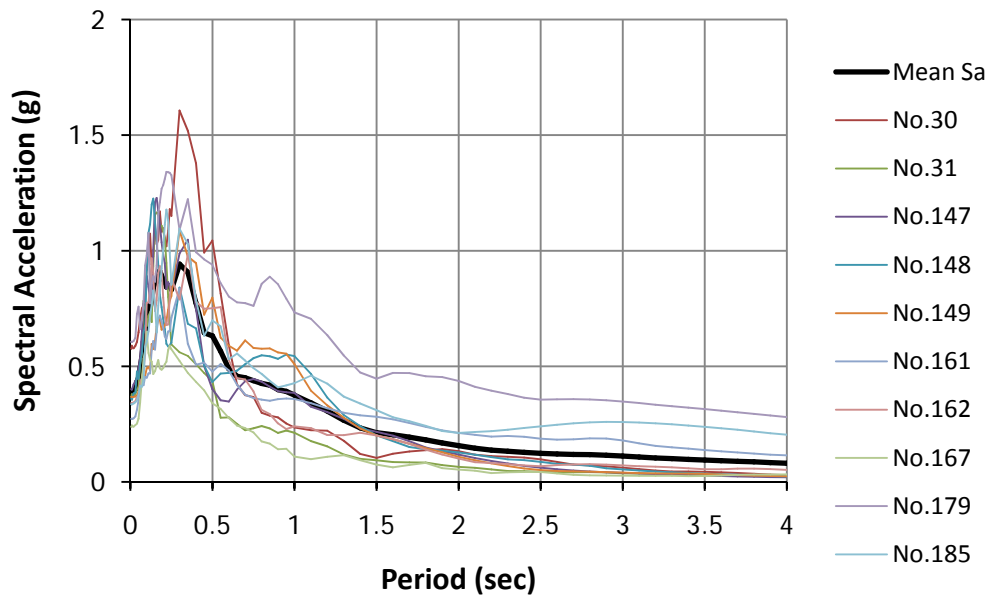
No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
685	77	2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1946	5.5	19.0	0.0000028
686		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1651	5.5	19.0	0.0000037
687		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	PKDT	7.89	98.34	T40	215	677	5.5	19.0	0.0000335
688		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	RNTT	9.39	98.48	T40	417	841	5.5	19.0	0.0000025
689		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	617	5.5	19.0	0.0000195
690		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	SKNT	16.97	103.98	T40	254	1767	5.5	19.0	0.0000088
691		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1395	5.5	19.0	0.0000053
692		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	SURT	8.96	98.80	T40	290	791	5.5	19.0	0.0000026
693		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	TRTT	7.84	99.69	T40	340	670	5.5	19.0	0.0000119
694		2011/06/14	0:08:35	1.85	99.05	146	79	171	238	81	11	UBPT	15.28	105.47	T120	294	1651	5.5	19.0	0.0000265
695	78	2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	KHLT	14.80	98.59	T40	387	1441	5.7	20.2	0.0000016
696		2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	KRDT	14.59	101.84	T40	348	1450	5.7	20.2	0.0000012
697		2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	MHIT	19.31	97.96	T120	379	1946	5.7	20.2	0.0000060
698		2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	PBKT	16.57	100.97	T120	245	1651	5.7	20.2	0.0000052
699		2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	RNTT	9.39	98.48	T40	417	841	5.7	20.2	0.0000028
700		2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	SKLT	7.17	100.62	TSA100S	340	617	5.7	20.2	0.0000207

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) รายการเหตุการณ์แผ่นดินไหวและข้อมูลความเร็วสูงสุดของพื้นดินที่รวบรวมได้

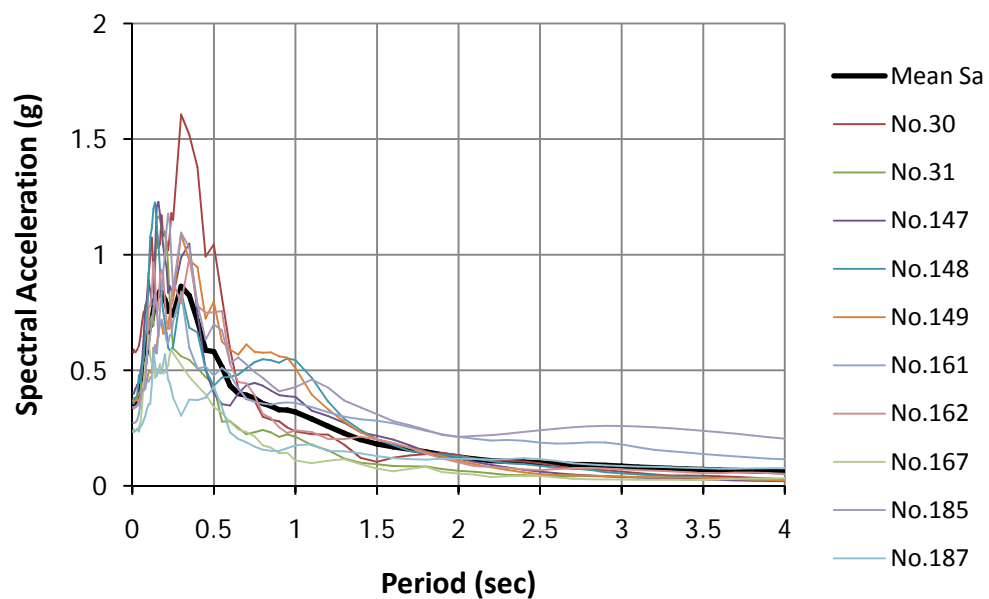
No.	Even No.	Date	Time	Lat _{EP}	Lon _{EP}	Fault plane			Fault plane			Sta. ID	Lat _{Sta}	Lon _{Sta}	Instrument	$\overline{V}_{S,30}$ (m/s)	Dis.	Mw	Focal Depth	PGA (g)
						Strike	Dip	Slip	Strike	Dip	Slip									
701	78	2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	SRDT	14.39	99.12	T120	387	1395	5.7	20.2	0.0000104
702		2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	SURT	8.96	98.80	TSA100S	290	791	5.7	20.2	0.0000102
703		2011/06/14	3:01:31	1.85	99.07	146	75	-177	55	88	-15	TRTT	7.84	99.69	T40	340	669	5.7	20.2	0.0000131

ภาคผนวก ข

ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของชุดคลื่นแผ่นดินไหวที่กระทำพร้อมกัน 2 ทิศทาง
สำหรับบางจังหวัดในภาคเหนือ และกาญจนบุรี



ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับกาญจนบุรี ลำปาง และแพร่

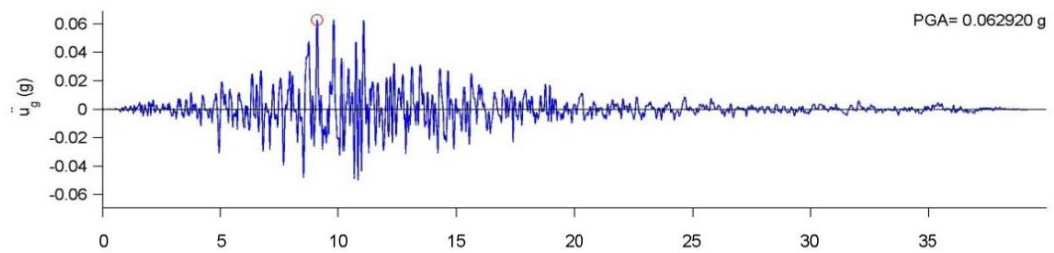
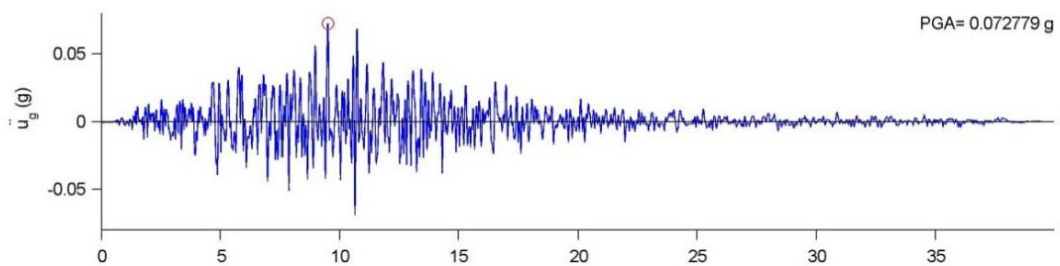


ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับน่าน พะเยา ตาก และอุตรดิตถ์

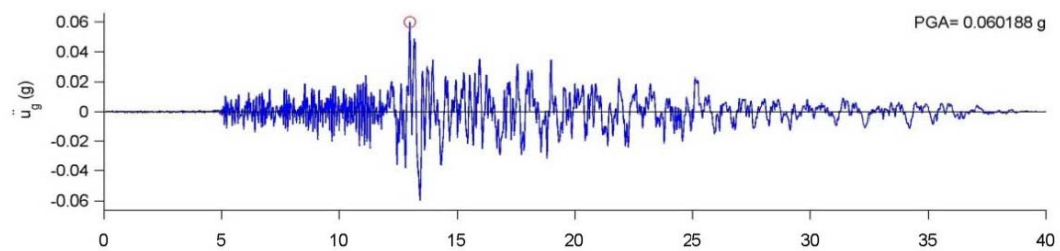
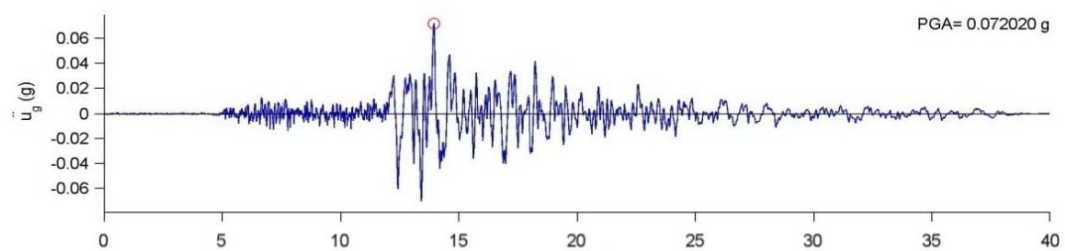
ภาคผนวก ค

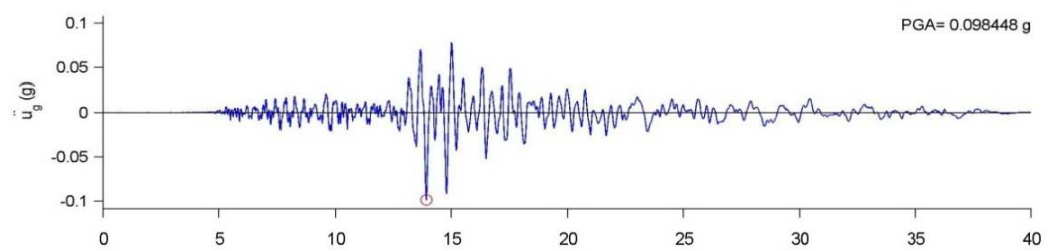
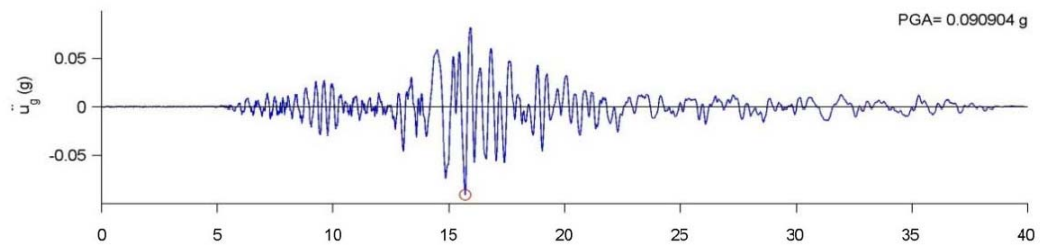
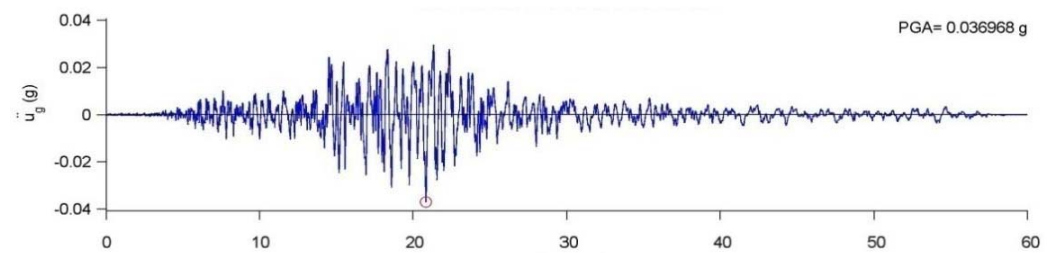
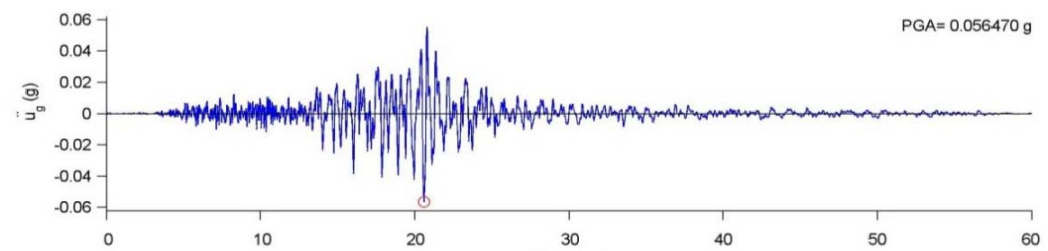
ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินทั้ง 2 ทิศทางในแนวราบก่อนถูกปรับแก้และขยายคลื่น
สำหรับกรุงเทพมหานคร

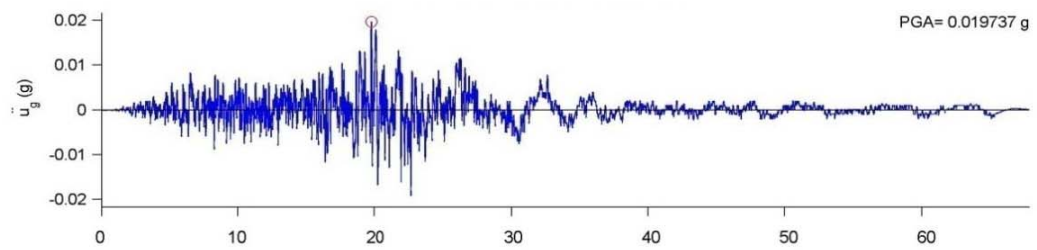
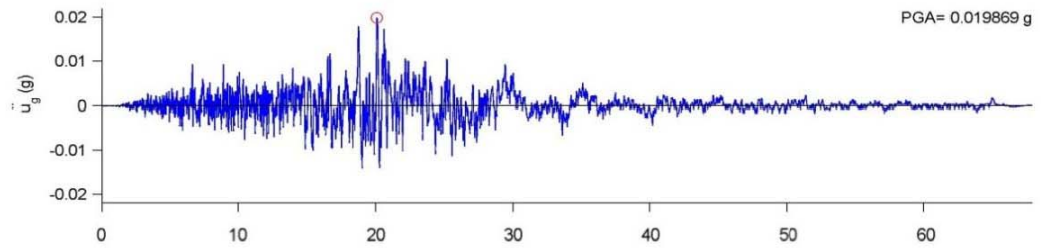
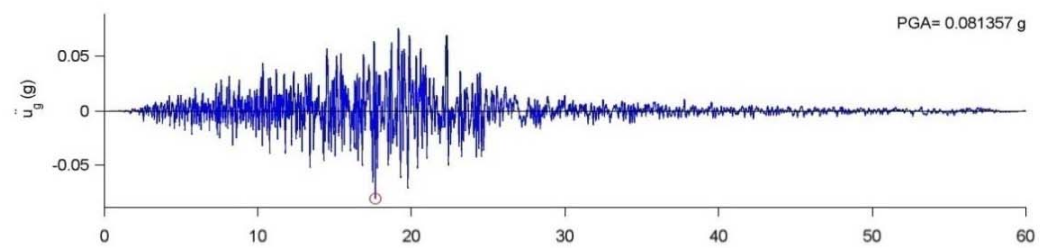
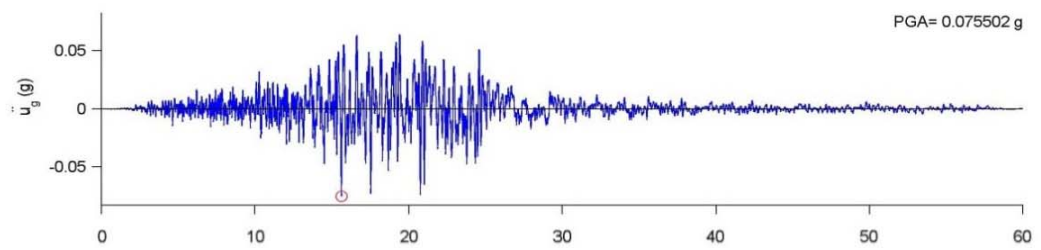
NGA No.782

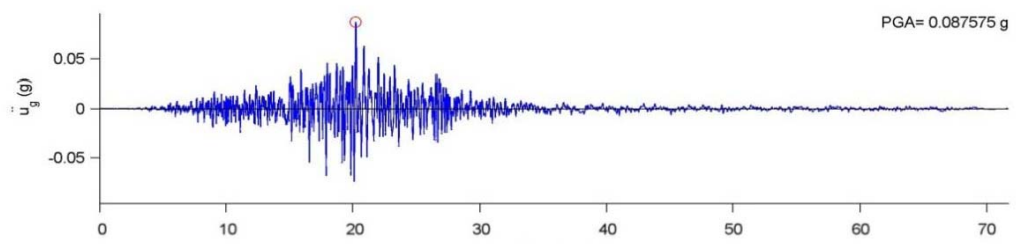
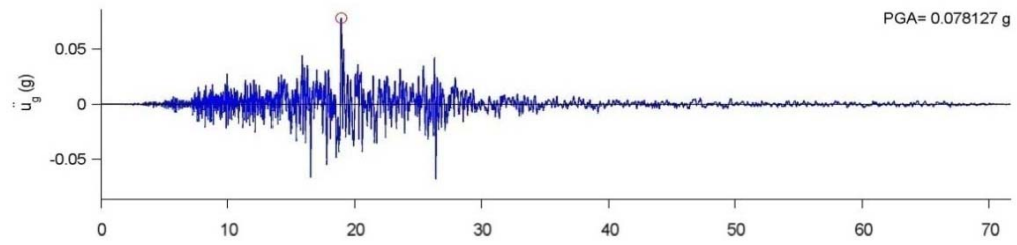
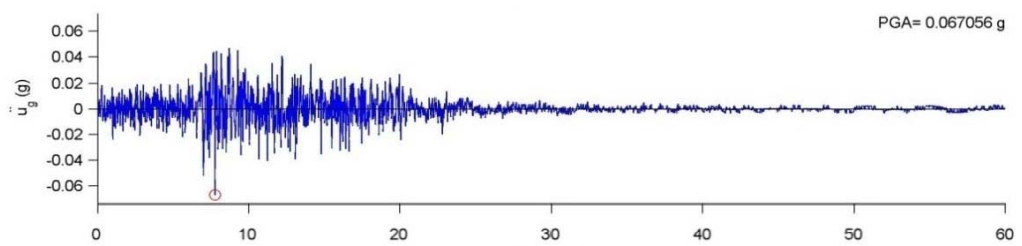
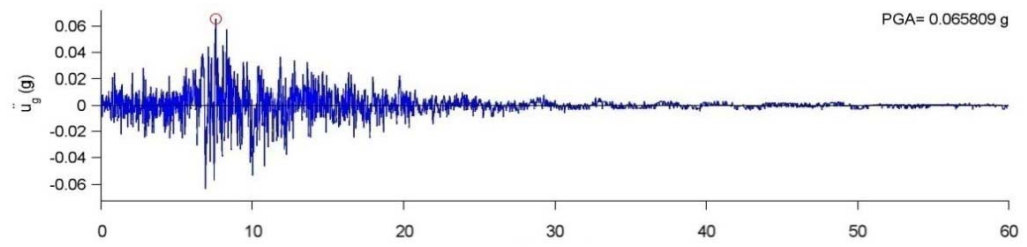


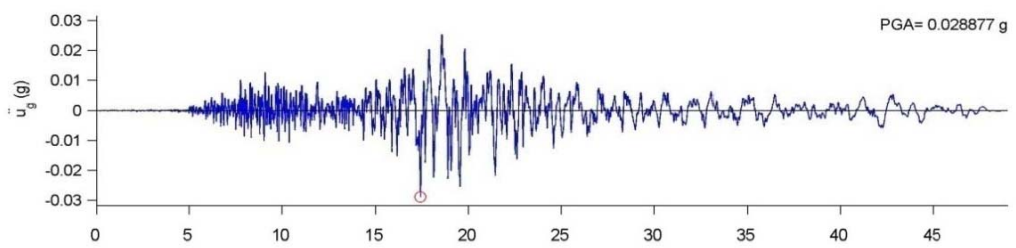
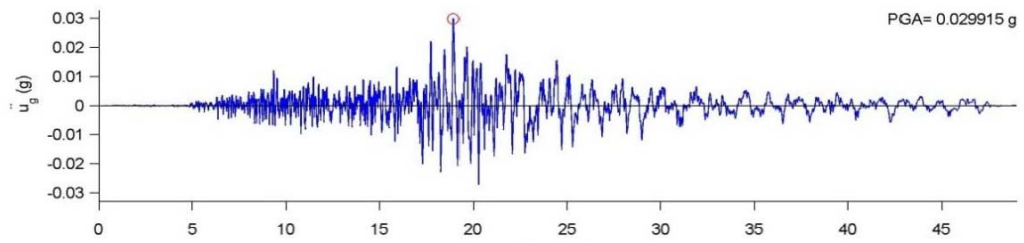
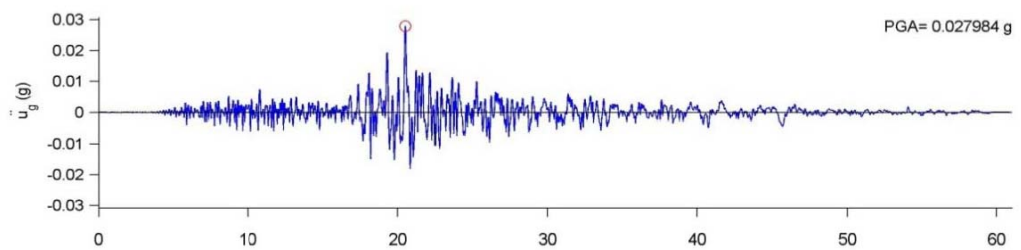
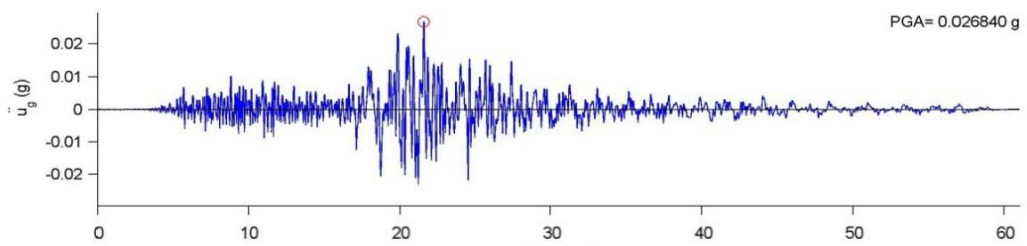
NGA No.1033



NGA No.1074**NGA No.1096**

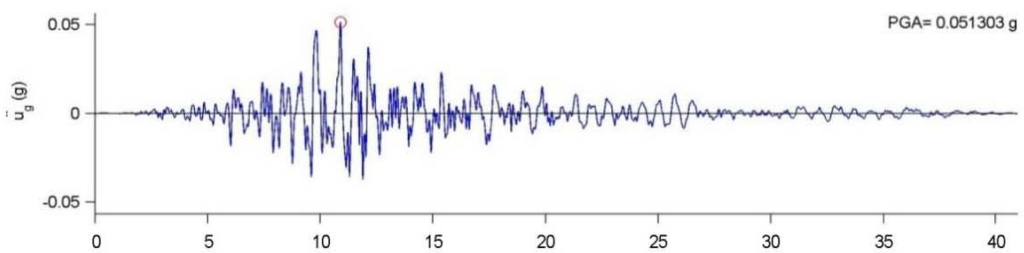
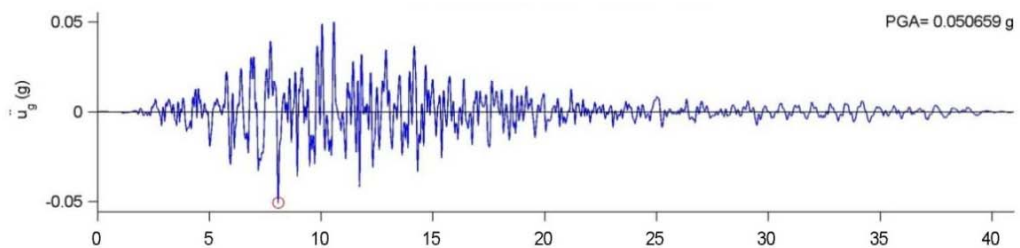
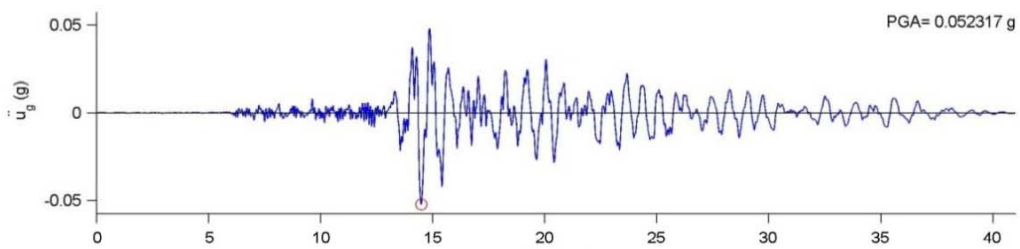
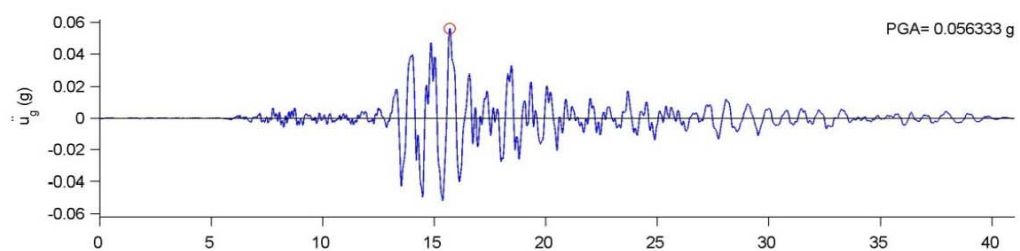
NGA No.1767**NGA No.1786**

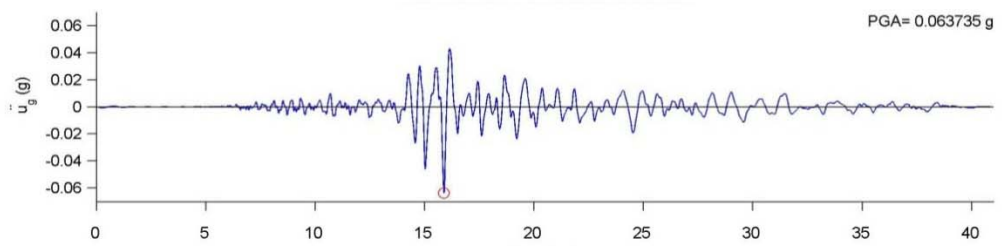
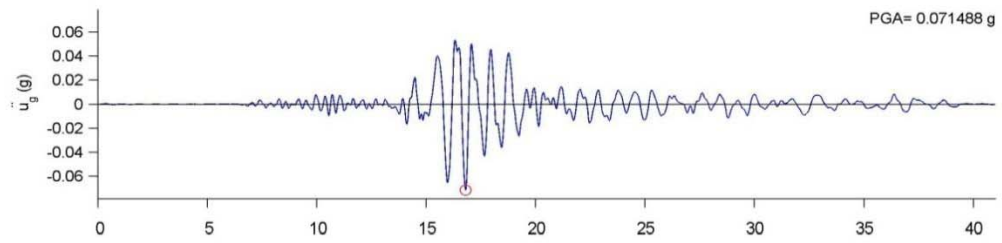
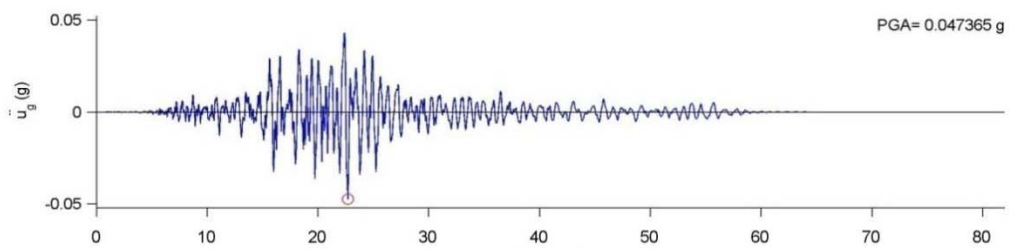
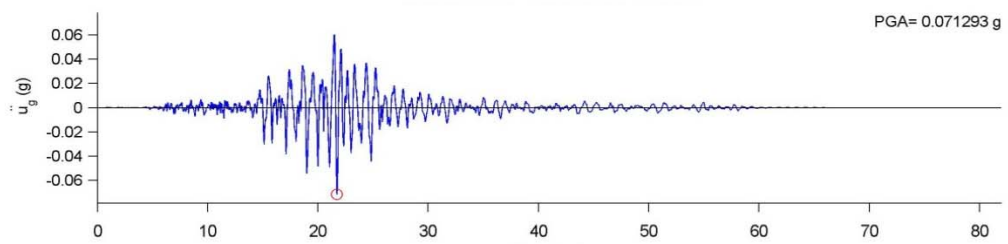
NGA No.1795**NGA No.1836**

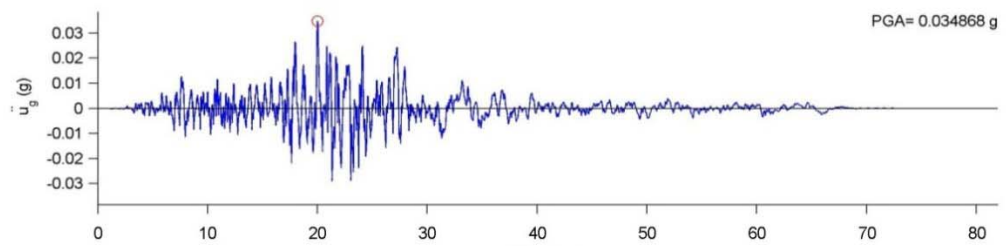
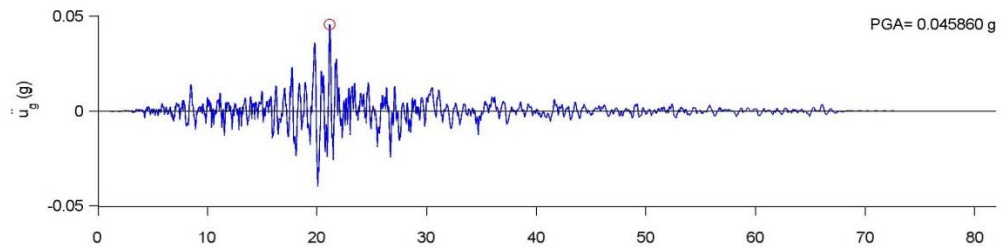
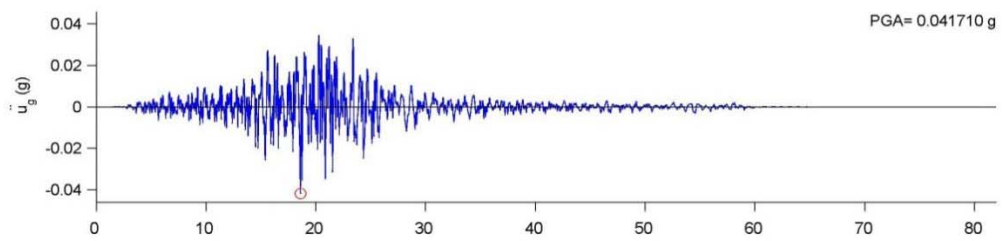
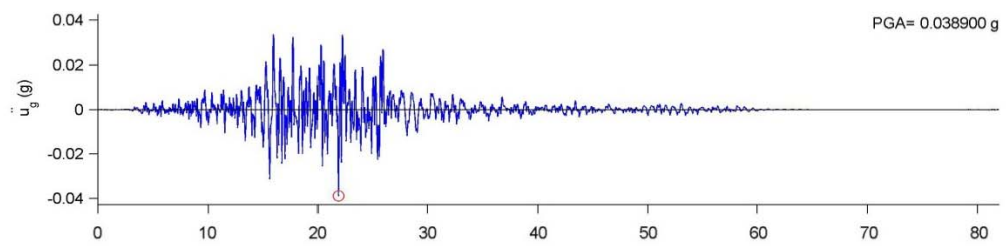
NGA No.3453**NGA No.3542**

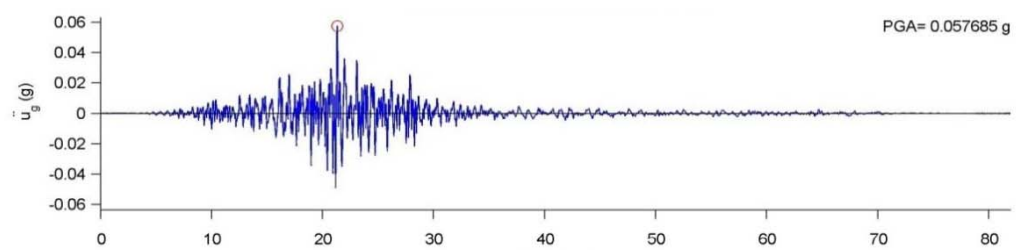
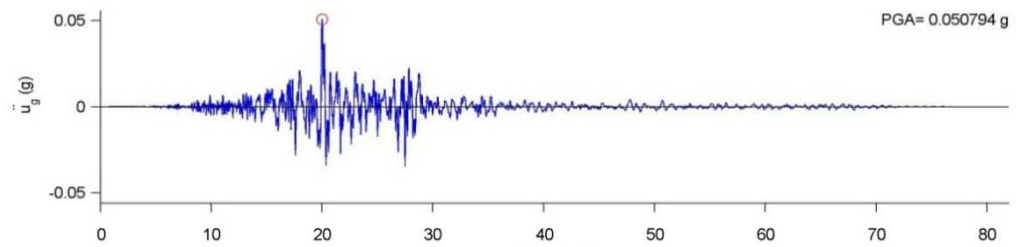
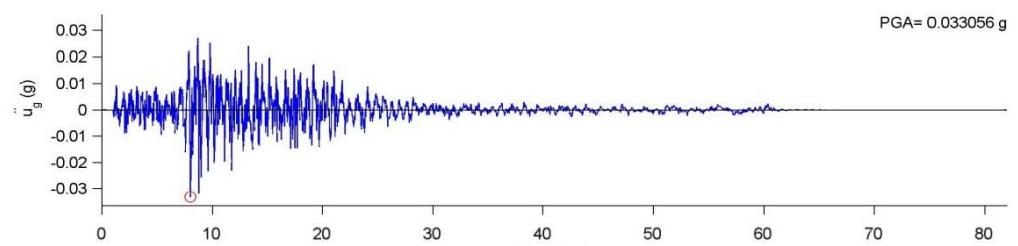
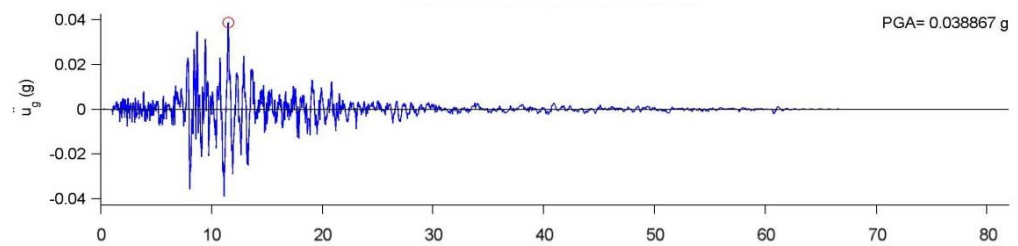
ภาคผนวก ง

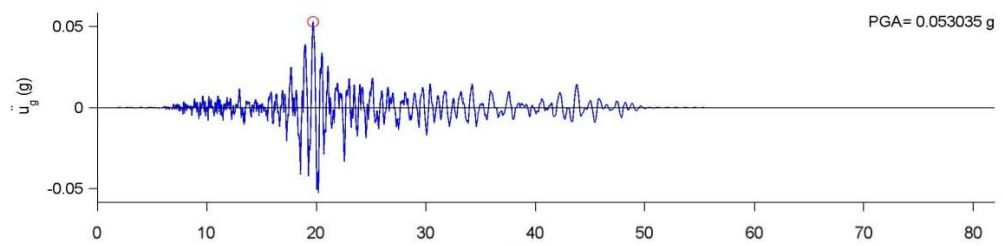
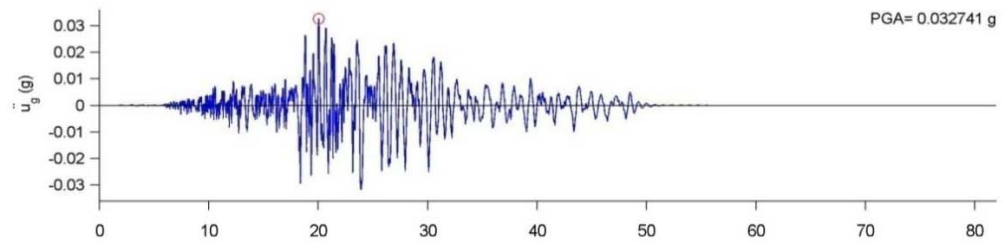
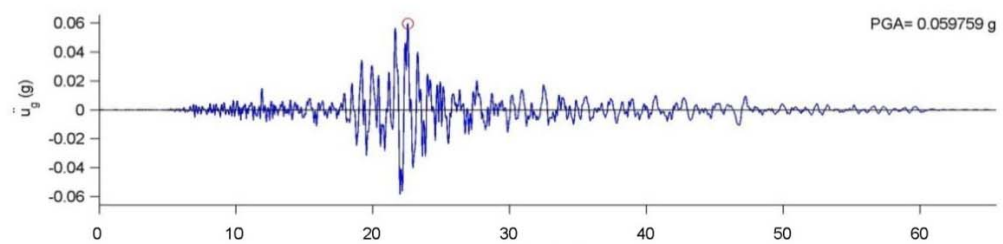
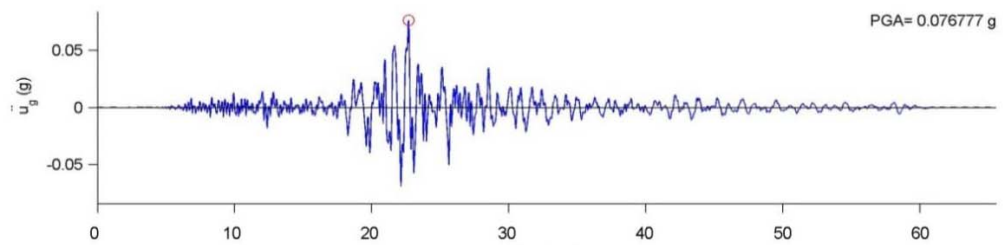
ประวัติเวลาความเร่งของพื้นดินทั้ง 2 ทิศทางในแนวราบหลังขยายคลื่นผ่านชั้นดินอ่อน
สำหรับกรุงเทพมหานคร

NGA No.782**NGA No.1033**

NGA No.1074**NGA No.1096**

NGA No.1767**NGA No.1786**

NGA No.1795**NGA No.1836**

NGA No.3453**NGA No.3542**

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายภควัสน์ มีนชัยนันท์ เกิดเมื่อวันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินทรเดชา ต่อมาได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร จังหวัด กรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2547 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2553