

รายงานวิจัย (ฉบับสมบูรณ์)

แผ่นดินไหวในประเทศไทย และพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

โดย

ปัญญา จารุศิริ

สุวิทย์ โคสุวรรณ

วิโรจน์ ดาวฤกษ์

บุรินทร์ เวชบัณฑิต

สุทธิพันธ์ ขุทรานนท์

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.)

กุมภาพันธ์ 2543

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) หมายเลข RSA 398006 และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ โดยเฉพาะกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ภาพจากดาวเทียมทั้งที่เป็น LANDSAT และ SPOT

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. Isao Takashima จากมหาวิทยาลัย Akita ประเทศญี่ปุ่นที่ให้ความอนุเคราะห์และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือ Thermoluminescence และภาพจากดาวเทียม JERS ขอขอบพระคุณ คุณกฤษณ์ วันอินทร์ ที่ได้เป็นกำลังสำคัญที่ช่วยเหลือในการออกสนาม คัดเลือกแผนที่ แปลภาพจากดาวเทียม ตลอดจนช่วยวัดและคำนวณอายุรอยเลื่อน ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทิพา ศุภจรรยา เป็นอย่างสูงในการให้คำปรึกษาด้านภาพถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียม ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ Xu Xiaosong (ซู เซี่ยว ซอง) จากสถาบันธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีของมณฑลยูนนาน ประเทศจีน ท้าวมโนมัย วิไลหงษ์ อธิบดีกรมบ่อแร่ ประเทศลาว Dr. Tran Van Tri รองอธิบดีกรมทรัพยากรธรณี ประเทศเวียดนาม Sr. Phan Trong Trinh สถาบันธรณีศาสตร์ National Centre for Sciences and Technology ประเทศเวียดนาม U Soe Yunt นักธรณีวิทยา Ministry of Ceramic Industry ประเทศพม่า และ Dr. R.H. Findley หัวหน้าโครงการ IGCP 383 Geological Survey of Papua New Gueni บุคคลเหล่านี้เป็นผู้ให้ข้อมูลเรื่องแผ่นดินไหว

ขอบพระคุณอภิชาติ ลำจวน และ คุณชัยยันต์ หินทอง กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณีที่ให้ความกระจ่างเกี่ยวกับรอยเลื่อนมีพลัง ขอบพระคุณภาควิชาธรณีวิทยาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องสถานที่และเครื่องมือ ตลอดจนคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ขอบพระคุณ คุณอารีพร จารุศิริ, คุณวิดา ละมุล และคุณวัฒนา ตูดีจีน ที่ช่วยในเรื่องการเตรียมเอกสารและวาดรูป ขอบพระคุณ คุณบุญศิริ จารุศิริ ที่อ่านและวิจารณ์ต้นฉบับงานวิจัย ช่วยจัดรูปแบบและรูปเล่มของรายงานฉบับสมบูรณ์

สุดท้ายขอขอบคุณผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ร่วมทุกข์ร่วมสุขในชีวิตครอบครัวของคณะผู้วิจัย ที่อุทิศทั้งกำลังกายและกำลังใจ ตลอดจนมีส่วนช่วยผลักดันให้คณะผู้วิจัยประสบผลสำเร็จด้วยดีเสมอมา

## บทคัดย่อ

หลักฐานทางประวัติศาสตร์ และเครื่องบันทึกแผ่นดินไหว ทำให้ทราบว่า ประเทศไทย และพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เคยประสบแผ่นดินไหวใหญ่น้อยหลายครั้งมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จึงทำให้เกิดความจำเป็นในการศึกษาวิจัย เกี่ยวกับแผ่นดินไหวขึ้น

การศึกษานี้มุ่งเน้นถึงสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหวโดยอาศัยข้อมูลด้านโทรสัมผัส ข้อมูลจากภาคสนาม และข้อมูลจากการหาอายุหิน และตะกอนที่ได้จากรอยเลื่อน โดยวิธีเรียงแสงความร้อน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย และข้างเคียง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นดินไหวกับธรณีโครงสร้าง และเพื่อตรวจสอบว่าโครงสร้างลักษณะใดมีความโน้มเอียงที่จะเกิดแผ่นดินไหว

จากการศึกษาพบว่าสำหรับประเทศไทยและข้างเคียง แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นมักมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับรอยเลื่อน “มีพลัง” เท่านั้น ความจริงรอยเลื่อนในประเทศไทยและข้างเคียงมีอยู่มากมาย ทั้งที่มีพลังและที่หมดพลัง แต่ข้อมูลทางธรณีวิทยาบ่งชี้ว่ารอยเลื่อนบางแนวเท่านั้นที่เป็นรอยเลื่อนที่ “มีพลัง” และยังทราบด้วยว่ามีลักษณะการวางตัวแบบใด ผ่านลักษณะภูมิประเทศใดบ้าง มีประวัติการเลื่อนตัวมาแล้วกี่ครั้ง มีการเลื่อนตัวลักษณะใด ทำให้เกิดแผ่นดินไหวในอดีตขนาดใหญ่หรือเล็กเพียงใด และมีบางรอยเลื่อนที่ยังไม่มีประวัติการเลื่อนตัวในอดีตในช่วงประวัติศาสตร์จนถึงปัจจุบัน แต่ได้เคยเกิดมาในสมัยก่อนประวัติศาสตร์ ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้โดยการหาอายุการเลื่อนตัวครั้งสุดท้ายของรอยเลื่อนนั้น

ในการศึกษานี้ใช้รอยเลื่อนที่แม่จัน (จ.เชียงราย) และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (จ.กาญจนบุรี) เป็นกรณีศึกษา จนทำให้จัดแบ่งรอยเลื่อนทั้งสองดังกล่าวออกเป็น 5 สาขาทั้งสองรอยเลื่อน และทราบประวัติและวิวัฒนาการการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนทั้งสอง โดยเฉพาะจากการศึกษาธรณีวิทยาและธรณีกาลวิธานอย่างละเอียด พบว่ารอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ได้เคยเกิดการเลื่อนตัวทั้งหมด 5 ครั้งในช่วง เวลาประมาณ 1 ล้านปีจนถึง 2 หมื่นปี และรอยเลื่อนสาขาแม่จัน (สาขาหนึ่งของรอยเลื่อนแม่จัน) พบว่าได้เคยมีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอดีตจำนวน 5 ครั้ง นับตั้งแต่ประมาณ 940,000 ปี จนถึง 1,600 ปี ซึ่งการเลื่อนตัวดังกล่าวทั้งหมดก่อให้เกิดแผ่นดินไหวใหญ่ในอดีตเทียบได้มากกว่า 7 ริกเตอร์

จากการศึกษาข้อมูลด้านธรณีฐานวิทยา ธรณีกาลเวลา ผสมกับข้อมูลแผ่นดินไหวของรอยเลื่อนต่างๆ ในพื้นที่แถบนี้ของประเทศ สามารถจำแนกประเภทรอยเลื่อนมีพลัง (จริงๆ) รอยเลื่อนสำคัญมีพลังและรอยเลื่อนที่นํามีพลัง ซึ่งจากการตรวจโดยรอบอย่างละเอียดพบว่า มีรอยเลื่อนมีพลังทั้งหมด 15 รอย ได้แก่ 1) รอยเลื่อนแม่จัน 2) รอยเลื่อนแม่ทาน 3) รอยเลื่อนเงิน-ลอง-แพรว 4) รอยเลื่อนน้ำปัด 5) รอยเลื่อนปัว 6) รอยเลื่อนพะเยา 7) รอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน 8) รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ 9) รอยเลื่อนปึง 10) รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ 11) รอยเลื่อนระนอง 12) รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย-คลองท่อม 13) รอยเลื่อนโคกโพธิ์-สะบ้าย้อย-ชะลา-เบตง 14) รอยเลื่อนเลย-เพชรบูรณ์ 15) รอยเลื่อน

ระยอง-แกลง แม้ว่ารอยเลื่อนที่ใกล้กับภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากที่สุด (14 และ 15) จัดว่ามีลำดับขั้นต่ำสุด (เป็นรอยเลื่อนชนิดนามีพลัง) สำหรับนอกประเทศไทยในแถบผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีกลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญอีก 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มรอยเลื่อนอินโด-พม่า 2) กลุ่มรอยเลื่อน สะเทิง-พานหลวง-ตองจี 3) กลุ่มรอยเลื่อนน่านติง-เปาซาน-เซียงราย และ 4) กลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง-มา-ดา

จากการศึกษากลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าว สามารถแบ่งโซนก่อเกิดแผ่นดินไหวได้และจัดทำเป็นแผนที่การแปรสัณฐานไหวสะเทือนซึ่งไม่เหมือนกับที่เคยทำไว้ สำหรับประเทศไทยผลการวิจัยครั้งนี้ยังสามารถลำดับพื้นที่ที่เป็นบริเวณเสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวโดยอาศัยข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดได้ 4 บริเวณได้แก่ 1) โซน-0 เป็นบริเวณที่แทบไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวเลย ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2) โซน-1 เป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวต่ำ ได้แก่ ภาคใต้ 3) โซน-2 เป็นบริเวณที่มีระดับความเสี่ยงต่ำถึงปานกลาง และ 4) โซน-3 เป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงปานกลางถึงค่อนข้างสูง

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ในประเทศไทยนับว่าเป็นการศึกษาเบื้องต้น จำเป็นต้องมีการศึกษาในรายละเอียดอีกมากในอนาคต เพื่อให้ทราบถึงประวัติการเลื่อนตัว และโอกาสการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนมีพลังที่สำคัญอื่นๆ ทั้งในประเทศไทยและประเทศรอบข้าง

## Abstract

Instrumental and historical records strongly advocate that Thailand and mainland Southeast Asia have been subject to great number of earthquakes with various magnitude since the past till present.

This research is aimed at classifying the causes of earthquakes using information on remote-sensing, field investigation, and dating data on fault-related sediments by TL-method. The main objectives are to comprehend geotectonics of Thailand and nearby, to delineate relationship between earthquakes and earth structures, and to determine which structures are most related to the earth tremors.

Based upon our recent and updated data, it is evidenced that earthquakes in Thailand and adjoining countries have been triggered as a result of active faults. At present, there are several faults that are well-recognized as actively and inactively in Thailand. Current available geological data indicate that some of them are classified as "capable" faults. It is figured out in this study the faults' orientation, through which landscape that it passed, and number of times in the past that they activated, in which way, and how large of their magnitudes were. It is also discovered that some faults, though geologically determined as active, have never activated in the past historical and been detected instrumentally. However, they have been proved to be active as confirmed by geochronological (or dating ) data.

In this study, emphasis is placed upon the Mae Chan Fault (Chiang Rai) and Three-Pagoda Fault (Kanchanaburi) as our two case studies. Five fault segments were defined along each of these faults, and history and evolution of fault movements are clearly defined. Especially, geological and geochronological evidences support that the Three Pagoda Fault activated 5 times during 35,000 to 15,600 yr. And the Mae Chan Segment (of Mae Chan Fault) activated 5 times during 1 million to 20,000 yr. All the fault displacement gave rise to the fact that past-earthquakes with magnitude of larger than 7 Richter occurred in Thailand.

Data on geomorphology, geochronology, and remote-sensing in conjunction with earthquake data within areas dominated by major fault systems lead to classifying ranks of active faults. Three major ranks are defined herein - active faults (*sensu stricto*), potentially active faults, and tentatively active faults. Our detailed investigation point to 15 active faults recognized in Thailand, viz. 1) Mae Chan, 2) Mae Tha, 3) Thoen-Long-Phrae, 4) Nam Pat, 5) Mae Ping, 6) Pua, 7) Payao, 8) Mae Hong Son, 9) Sri Sawt, 10) Three-Pagoda, 11) Ranong, 12) Klong Marui, 13) Kok Poe-Saba, Yoi-Yala-Betong, 14) Loei-Petchabun, and 15) Rayong-Klaeng Faults. It is

well documented that the active faults near northern Thailand (14 and 15) are ranked as “tentatively” active. Outside Thailand and within mainland SE Asia, four major active faults zones are recognized based upon our available data including 1) Indo-Burma 2) Sagaing-Pan Luang-Taunggui 3) Nanting-Paosan-Chiang Rai, and 4) Red-Ma-Da Rivers Faults.

Based upon result on this active fault, seismotectonic zone of mainland SE Asian Region are classified from those proposed by earlier workers. In Thailand, our research result lead to grouping seismic-risk areas into 4 zones i.e., 1) Zone-0 or areas without earthquake damage (NE Thailand), 2) Zone-1 or areas with low minimum earthquakes (S Thailand), 3) Zone-2 or areas with low to moderate earthquake damage, and 4) Zone-3 or areas with moderate to fairly high earthquake damage.

However, our research in Thailand is in the preliminary stage, more detailed studies are required to gain more knowledges on history of earthquakes and possibilities of movement along the active faults both in Thailand and nearby in the near future.

## สารบัญ

|                                                                        | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ                                                        | ก    |
| บทคัดย่อ (ไทย – อังกฤษ )                                               | ข    |
| สารบัญ                                                                 | ช    |
| สารบัญรูป                                                              | ณ    |
| สารบัญตาราง                                                            | จ    |
| บทที่ 1 คำนำ                                                           | 1    |
| คำจำกัดความ                                                            | 5    |
| ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว                                            | 5    |
| เครื่องมือวัดตรวจจับ และการหาจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว                    | 11   |
| หน่วยงานที่รับผิดชอบ                                                   | 14   |
| ข้อปฏิบัติเมื่อเกิดแผ่นดินไหว                                          | 16   |
| บทที่ 2 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว                                        | 18   |
| โครงร่างและส่วนประกอบแผ่นเปลือกโลกของประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง       | 23   |
| บทที่ 3 ข้อมูลแผ่นดินไหว                                               | 32   |
| ข้อมูลเบื้องต้นทางประวัติศาสตร์                                        | 32   |
| ข้อมูลจากเครื่องตรวจวัด                                                | 33   |
| ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย                                 | 39   |
| บทที่ 4 ข้อมูลจากภาพดาวเทียม                                           | 59   |
| แนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้างแปรสัณฐาน                             | 59   |
| ลักษณะโครงสร้างของพม่า                                                 | 62   |
| ลักษณะโครงสร้างของประเทศไทยตอนเหนือและตะวันตก                          | 73   |
| ลักษณะโครงสร้างและรอยเลื่อนบริเวณอื่นๆ                                 | 79   |
| บทที่ 5 วิธีการทดลอง                                                   | 84   |
| การวัดอายุรอยเลื่อนโดยวิธีเรืองแสงความร้อน                             | 85   |
| บทที่ 6 ผลการทดลอง                                                     | 106  |
| โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหวของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ | 106  |
| รอยเลื่อนที่มีพลังในประเทศไทย                                          | 108  |
| บทที่ 7 กรณีศึกษา                                                      | 123  |
| แผ่นดินไหวและธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนแม่จัน จ.เชียงราย         | 123  |
| แผ่นดินไหวและธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ จ.กาญจนบุรี | 140  |

|                                                             | หน้า |
|-------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 8 บทวิจารณ์และสรุป                                    | 154  |
| แนวทางและโอกาสเกิดแผ่นดินไหว                                | 154  |
| เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวและเขตพื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหว | 156  |
| โอกาสเกิดแผ่นดินไหวซ้ำ                                      | 156  |
| หนังสืออ้างอิง                                              | 160  |
| Research Output                                             | 167  |
| ภาคผนวก                                                     | 172  |
| บันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในประวัติศาสตร์ไทย                    | 173  |
| เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีอิทธิพลกระทบต่อประเทศไทย            | 184  |

## สารบัญรูป

|                                                                                                                                                                                                                                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูป 1.1 การกำเนิดแผ่นดินไหว และพลังงานในรูปคลื่นความสั่นสะเทือนหรือคลื่นแผ่นดินไหวที่ปลดปล่อยออกมา                                                                                                                                                           | 6    |
| รูป 1.2 การคำนวณหาขนาดของแผ่นดินไหวมาตราริกเตอร์ ณ จุดที่วัด                                                                                                                                                                                                 | 7    |
| รูป 1.3 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวและปีที่ตั้ง (คัดแปลงจาก Bott และคณะ, 1977 และ Nutalaya และคณะ 1983)                                                                                                                                             | 12   |
| รูป 1.4 หลักการคำนวณหาจุดเกิดแผ่นดินไหวอย่างง่าย (ปัญญา จารุศิริ และคณะ 2540)                                                                                                                                                                                | 16   |
| รูป 2.1 แผนที่โลกแสดงการกระจายตัวของแผ่นเปลือกโลก (Lithospheric plate) ถูกสรุพหมายถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกที่เกิดการเคลื่อนที่ไปจากสันสมุทร                                                                                                    | 21   |
| รูป 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันแบบมุดตัว (subduction) ของเปลือกโลกแผ่นหนึ่งลงไปได้เปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่งตามทฤษฎีการแปรสัณฐาน (geotectonics)                                                                                                              | 21   |
| รูป 2.3 ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันแบบชนกัน (collision) ของเปลือกโลกสองแผ่นจนก่อเกิดภูเขาสูงได้                                                                                                                                                             | 22   |
| รูป 2.4 ลักษณะการเคลื่อนตัวออกจากกัน แบบแยกตัวออกจากกัน (spreading) ของแผ่นเปลือกโลกเดิมตามรอยแตก                                                                                                                                                            | 24   |
| รูป 2.5 ลักษณะการเคลื่อนที่ผ่านกัน (Transform plate motion) ซึ่งทำให้แผ่นเปลือกโลกสองแผ่นเคลื่อนที่ผ่านกัน (ภาพถ่ายเป็นภาพส่วนของรอยเลื่อนซานแอนเดรียส ประเทศสหรัฐอเมริกา)                                                                                   | 25   |
| รูป 2.6 โครงร่างการแปรสัณฐานแผ่นเปลือกโลก (Tectonic framework of plates) ของพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อันเป็นส่วนหนึ่งของดินแดนซันดา (Sundaland) ของเอเชีย(ถูกรบกวนใหญ่แสดงการเคลื่อนที่ ถูกรบกวนแสดงรอยเลื่อน หลังจากทวีปอินเดียเข้ามาชนทวีปเอเชีย) | 26   |
| รูป 2.7 เอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแผ่นฟิลิปปินส์ แผ่นแปซิฟิกตะวันตกและแผ่นยูเรเชีย (หัวถูกรบกวนแสดงทิศการมุดตัว)                                                                                                                            | 28   |
| รูป 2.8 แผ่นเปลือกโลกที่ประกอบขึ้นมาเป็นประเทศไทย และรอยเลื่อนใหญ่ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Charusiri และคณะ 1995)                                                                                                                                          | 30   |
| รูป 3.1 การเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในแถบอ่าวเบงกอล อินเดีย และบังกลาเทศ เมื่อ พ.ศ. 2346, 2362 และ 2401 ที่รู้สึกได้ถึงถึงกรุงเทพฯ (คัดแปลงจาก Oldham, 1883)                                                                                                    | 35   |
| รูป 3.2 การเกิดแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดมาจากตอนกลางของประเทศพม่า เมื่อ พ.ศ. 2455 ที่รู้สึกได้ในประเทศไทย (คัดแปลงจาก Brown, 1914)                                                                                                                            | 36   |
| รูป 3.3 การเกิดแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดจากตอนเหนือของกรุงย่างกุ้ง ที่รู้สึกได้ในเกือบทุกภาคของประเทศไทย (คัดแปลงจาก Brown, 1914)                                                                                                                             | 37   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| รูป 3.4 บริเวณที่ตั้งของนครโยนกในอดีต (จากทองใบ แดงอ่อน, 2536)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 41 |
| รูป 3.5 ตำแหน่งและความรุนแรงของแผ่นดินไหว ที่เกิดบนผืนดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 42 |
| รูป 4.1 แผนที่ธรณีแปรสัณฐานประเทศไทยและบริเวณข้างเคียง (คัดแปลง Bunopas, 1981 และ Charusiri, 1989) แสดงตำแหน่งจุลทวีป ฉาน-ไทย และอินโดจีน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 60 |
| รูป 4.2 แผนที่แสดงลักษณะโครงสร้างสำคัญในแถบตอนเหนือไทยและด้านตะวันออกของพม่า ที่ มีบทบาททำให้เกิดแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย (คัดแปลงจาก ชัยยันต์ หินทอง, 2534)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 63 |
| รูป 4.3 แผนที่ธรณีวิทยาอย่างง่ายของประเทศพม่า ได้จากการแปลความหมายจากภาพดาวเทียม Landsat TM5 จากการศึกษาครั้งนี้ และบางส่วนจาก Bender (1983) & Mitchell (1993)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 64 |
| รูป 4.4 แผนที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แสดงตำแหน่งกลางภาพจากดาวเทียมที่ได้รับอนุเคราะห์จาก สภาวิจัย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 65 |
| รูป 4.5.1 (บน) ภาพจากดาวเทียมภาคตอนกลาง(central part) ของประเทศพม่าแถบเมืองมันซะเลย์ – สะเกียง (Mandalay-Sagaing) (ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 66 |
| รูป 4.5.2(บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคเหนือของไทย แถบเมืองเชียงใหม่ (ล่าง) เส้นโครงสร้าง ที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 67 |
| รูป 4.5.3(บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลางตอนตะวันตก (west-central) ของประเทศลาว เมืองไซบุรี(Chaingnaburi) (ล่าง) เส้นโครงสร้าง ที่สามารถแปลได้จากภาพจากดาวเทียม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 68 |
| รูป 4.5.4(บน) ภาพจากดาวเทียมทางตอนเหนือสุดของลาวแถบเมืองพงสาลี (Pongsali) (ล่าง) เส้นโครงสร้าง ที่สามารถแปลได้จากภาพจากดาวเทียม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 69 |
| รูป 5.1 รูปแบบอย่างง่ายของการเสียรูปของโครงร่างผลึก ซ้ายคือช่องว่างประจุลบ กลางคือประจุลบ สอดแทรกในผลึกและขวาคือศูนย์กลางส่วนแปลกลบวมที่เข้าแทนที่ประจุเดิม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 87 |
| รูป 5.2 การเรืองแสงความร้อนที่แสดงด้วยระดับพลังงาน (1) การเกิดไอออน เนื่องจากผลึกรับการแผ่รังสีนิวเคลียร์ จึงเกิดอิเล็กตรอนและหลุมจากการเสียรูปไป ณ ระดับพลังงาน T และ L ตามลำดับ (2) การกักเก็บจะมีค่าน้อยมาก ช่วงอายุนี้หาได้จากความลึก E ของกับดักที่อยู่ต่ำกว่าภาวะชักนำ [สำหรับเรื่องของการหาอายุ เราสนใจค่าลึกที่มากพอ (1.5 eV) สำหรับช่วงอายุเป็นล้านปี] (3) เพื่อศึกษาการเรืองแสงความร้อน จึงต้องทำให้ตัวอย่างที่เราสนใจเกิดความร้อนจนถึงจุดหนึ่งที่สารสันของโครงร่างผลึก เนื่องจากความร้อนนี้จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา อิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้บางตัวที่เข้าไปถึงศูนย์เรืองแสง ผลก็คือเกิดมีแสงปล่อยออกมาตอนช่วงเกิดการรวมตัวกันใหม่ ณ ศูนย์นั้น ในทางกลับกัน อิเล็กตรอนบางตัวอาจเข้าไปถึงศูนย์ไร้การเรืองแสง (หรือศูนย์พินาศ) หรืออาจถูกกักเก็บไว้ในจุดกับดักที่ลึกมาก ๆ | 87 |

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| รูป 5.3       | หลักการโดยทั่วไปของการเรืองแสงความร้อน a) อิเล็กตรอนคู่หมุนรอบตัวเอง(เดินรำ) ในทิศทางตรงข้าม (ผู้ชายและผู้หญิง = อิเล็กตรอน) b) รังสีแอลฟา เบต้า และแกมมา (จากภายนอก) พังชนอิเล็กตรอนตัวหนึ่ง (ผู้หญิง) ให้หลุดลอยไปปล่อยให้อิเล็กตรอนอีกตัว (ผู้ชาย) หมุนรอบตัวแบบเสียหลัก (และเคี้ยวคาย) c) อิเล็กตรอนที่อยู่ (ผู้ชาย) เหมือนถูกกักในหลุมอิเล็กตรอนอีกตัว (ผู้หญิง) ถูกผู้ร้ายจุดไปอยู่ที่อื่น และ d) ความร้อนที่อาจทำให้อิเล็กตรอน (ผู้หญิง) ถูกปลดปล่อยให้กลับมาอยู่ร่วมกัน และหมุนหรือเดินรำอย่างมีความสุขเช่นเดิม และเกิดการเรืองแสงออกมา TL วัดปริมาณแสงที่เรืองออกมานี้ [ส่วนอีกวิธีหนึ่งที่เรียกว่า ESR = Electron Spin Resonance วัดปริมาณอิเล็กตรอนที่หลุดออกไป (จาก Ikeya,1993)] | 89  |
| รูป 5.4       | กระบอกใส่ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยแท่งพลาสติกรูปทรงกระบอก ขาวประมาณ 30 ซม และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 ซม วงกลมเล็กๆวางตัวเป็นแถวคือรูใส่ตัวอย่าง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 98  |
| รูป 5.5       | แสดงการตรวจสอบ plateau โดยมี TL glow curve ของแร่ธรรมชาติ (N) glow curve ของแร่ธรรมชาติที่อาบด้วยรังสีเบต้า (N+B) และอัตราส่วนของ N/(N+B) ระหว่างอุณหภูมิตั้งแต่ 300 – 475 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเกือบคงที่ = 0.47 เส้นกราฟ (เส้นประ) ซึ่งเกือบเป็นเส้นตรงนี้เรียกว่า plateau                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 103 |
| รูป 5.6       | แผนผังของขั้นตอนการหาอายุด้วยวิธีเทอร์โมมิเนสเซนส์ (TL – dating technique)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 105 |
| รูป 6.1       | กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่ได้จากข้อมูลภาพจากดาวเทียมในการศึกษาครั้งนี้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 107 |
| รูป 6.2       | แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเทือกอินโด-พม่า และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 109 |
| รูป 6.2 (ต่อ) | แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเทือกอินโด-พม่า และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 110 |
| รูป 6.3       | แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนสะเทีย-ปานหลวง-ดวงกุก และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 111 |
| รูป 6.3 (ต่อ) | แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนสะเทีย-ปานหลวง-ดวงกุก และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 112 |
| รูป 6.4       | แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนนานติง-เปาซาน-เซียงราย และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 113 |
| รูป 6.5       | แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (linearment map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแดง-มาดา และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 115 |
| รูป 6.6       | แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (linearment map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 116 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| รูป 6.7 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเฉือน<br>เบี่ยนฟู-หลวงพระบาง-แพร่-อุดรดิตถ์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ (▲)                                                                                                        | 118 |
| รูป 6.8 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-<br>แม่ริม                                                                                                                                                                    | 119 |
| รูป 6.9 การเกิดรอยเลื่อนขนานข้าง และรอยแตกภายในรอยเลื่อน ทำให้เกิดรอยเลื่อนภายในเป็น<br>รูปตัวเอส (S) หรือรูปตัวแซด (Z)                                                                                                                                             | 122 |
| รูป 7.1 รอยเลื่อนแม่จัน (จังหวัดเชียงราย) แสดงการวางตัวในทิศเกือบตะวันออก-ตะวันตก และแยก<br>เป็นแขนงรอยเลื่อนเชียงแสน                                                                                                                                               | 125 |
| รูป 7.2 แผนที่ธรณีวิทยาครอบคลุมรอยเลื่อนแม่จัน (กรมทรัพยากรธรณี, 1976)                                                                                                                                                                                              | 126 |
| รูป 7.3 ก ภาพโคอะแกรมของธรณีสัณฐานที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนยุคปัจจุบัน<br>แผนที่แนวด้านข้าง (Strike-slip fault) (จาก Vedder and Wallace, 1970)                                                                                                        | 127 |
| รูป 7.3 ข ผารอยเลื่อนที่ปรากฏบนรอยเลื่อนแม่จันติดกับเขตที่ราบ บริเวณบ้านห้วยมะหินฝน<br>อ. แม่จัน จ. เชียงราย                                                                                                                                                        | 127 |
| รูป 7.4 ภาพจากดาวเทียม Landsat TM5 (Band 7-5-4, น้ำเงิน-เขียว-แดง) แสดงลักษณะรอยเลื่อนแม่<br>จันที่ต่อเนื่องเข้ามาถึงแอ่ง อ. ผาง จ. เชียงใหม่ (ภาพบน) และแนวที่ต่อเนื่องเข้าไปในประเทศ<br>ลาวแถบแม่น้ำโขง (ภาพล่าง)                                                 | 128 |
| รูป 7.5 แนวรอยเลื่อนตัดตะกอนหน่วย R, Fm และ Gms ในร่องสำรวจสายย่อยของ PK1 ผนัง<br>ตะวันตก                                                                                                                                                                           | 129 |
| รูป 7.6 ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉากรอย<br>เลื่อนแม่จัน และรอยที่ขนานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย ก). ผนังด้านตะวัน<br>ตกของร่องสำรวจ PK4                                                              | 130 |
| รูป 7.6 ข). ผนังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK1                                                                                                                                                                                                                        | 131 |
| รูป 7.6 ค). ผนังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK4                                                                                                                                                                                                                        | 132 |
| รูป 7.6 ง). ผนังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK1                                                                                                                                                                                                                        | 133 |
| รูป 7.6 จ). ผนังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK2                                                                                                                                                                                                                        | 134 |
| รูป 7.7 ผงรอยเลื่อนในหินแกรนิตผุมากที่ถูกรอยเลื่อนแม่จันตัดผ่านบริเวณ กม 57+000 ถนนแม่อาว-<br>แม่จัน ในเขตจังหวัดเชียงราย                                                                                                                                           | 135 |
| รูป 7.8 ก ภาพแสดงอุปกรณ์และเครื่องมือเทอร์โมมิเนสเซนส์ ณ ห้องปฏิบัติการที่มหาวิทยาลัย Akita<br>ประเทศญี่ปุ่น                                                                                                                                                        | 136 |
| รูป 7.8 ข กราฟความสัมพันธ์ของอัตราส่วนค่าสูงสุดของ TL Glow Curves ของตัวอย่างที่อาบรังสี<br>ต่อตัวอย่างธรรมชาติ (TL ratio) และปริมาณความเข้มของรังสีที่ใช้อาบ เพื่อหาค่า Paleo<br>Dose อันเป็นขั้นตอนสำคัญของการหาอายุโดยวิธี TL ตัวอย่างเป็นตะกอนที่สัมพันธ์กับรอย |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| เลื่อน จากร่องรอยสำรวจ ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 137 |
| รูป 7.9 ร่องร้าวแบบยึดตัว (Tension crack) ที่พบในตะกอนหน่วย Bo และ Bw ผนังด้านตะวันออก<br>ของร่องสำรวจ PK1 บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย                                                                                                                                                                                                              | 138 |
| รูป 7.10 แผนที่ธรณีวิทยา แสดงการกระจายตัวของชนิดหินและรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์<br>(Raksaskulwong, 1997).                                                                                                                                                                                                                                                   | 142 |
| รูป 7.11 ข้อมูลภาพจากดาวเทียมแสดงตำแหน่งของรอยเลื่อนย่อยของผาภูมิ ทางตอนเหนือสุดของ<br>รอยเลื่อน (หลัก) เจดีย์สามองค์ (a) ภาพส่วนตอนเหนือของรอยเลื่อนของผาภูมิจากดาว<br>เทียม JERS ของญี่ปุ่น (b) ภาพส่วนตอนใต้ของรอยเลื่อนของผาภูมิจากดาวเทียม Landsat<br>(ของอเมริกา)                                                                                  | 143 |
| รูป 7.12 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างหลัก แสดงแนวคดโค้งและแนวรอยเลื่อน(หลัก) เจดีย์สามองค์ที่<br>ประกอบด้วยรอยเลื่อนย่อยอีก 5 แนว ข้อมูลจากภาคสนามและภาพจากดาวเทียม                                                                                                                                                                                            | 144 |
| รูป 7.13 ลักษณะธรณีสัณฐานที่แสดงถึงรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี) ก) รูปบน - หน้าสาม<br>เหลี่ยมที่พัฒนาจากผารอยเลื่อน ข) รูปล่าง - ผารอยเลื่อนที่พัฒนาเป็นลำธาร (ลูกศร)                                                                                                                                                                              | 145 |
| รูป 7.13 ต่อ ค) แนวผารอยเลื่อนที่พัฒนาตัวเองให้อยู่ในหินปูน และวางตัวในแนวตะวันตกเฉียง<br>เหนือ ทางตะวันออกของเขาสลอบ ซึ่งในส่วนของหินปูน มีการสะสมตัวของเนินตะกอนรูป<br>พัดที่เกิดจากอิทธิพลการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี)                                                                                                          | 146 |
| รูป 7.14 แผนที่แนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และรอยเลื่อนย่อย 5 แนว แสดงอีลิปซอยด์แรงเค้น ที่แตก<br>ต่างกัน เมื่อแนวรอยเลื่อนย่อยอยู่คนละทิศ                                                                                                                                                                                                                  | 150 |
| รูป 7.15 รูปบน- รูปแบบอีลิปซอยด์แรงเค้น เมื่อแกนแรงเครียดอยู่ในแนวตะวันออก-ตก ซึ่งคาดว่า<br>น่าจะเกิดในตอนช่วงแรกของการพัฒนารอยเลื่อน เช่น รอยเลื่อนย่อย กาญจนบุรี และสังคบุรี<br>รูปล่าง- รูปแบบอีลิปซอยด์แรงเค้น เมื่อแกนแรงเครียดอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งคาดว่าน่าจะ<br>จะเกิดในตอนช่วงหลังของการพัฒนารอยเลื่อน เช่น รอยเลื่อนของการเลีย และแม่น้ำน้อย | 151 |
| รูป 7.16 แผนที่แนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี) แสดงตำแหน่งของจุดเกิดแผ่นดินไหว (0)                                                                                                                                                                                                                                                                 | 152 |
| รูป 7.17 แผนที่รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ แสดงตำแหน่งน้ำพุร้อน (★) ที่ใกล้กับแนวรอยเลื่อนมาก                                                                                                                                                                                                                                                                 | 153 |
| รูป 8.1 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้(จาก Nutalaya, และคณะ,<br>1985)                                                                                                                                                                                                                                                       | 155 |
| รูป 8.2 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากการศึกษาครั้งนี้                                                                                                                                                                                                                                                                   | 157 |
| รูป 8.3 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 158 |

## สารบัญตาราง

|                                                                                                                                                          | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแผ่นดินไหวจากทั่วโลกที่ทำให้เกิดความเสียหาย<br>ร้ายแรงในปี 2519                                                     | 8    |
| ตารางที่ 1.2 มาตรฐานวัดความรุนแรง หรืออันดับความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวของเมอร์เซลล์ (THE<br>MODIFIED MERCALLI INTENSITY, 1931)                         | 8    |
| ตารางที่ 1.3 ความรุนแรงของแผ่นดินไหว เปรียบเทียบ กับขนาดแผ่นดินไหวและอัตราเร่ง<br>ของพื้นดิน                                                             | 10   |
| ตารางที่ 1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับที่ตั้งของสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของประเทศไทย                                                                                 | 13   |
| ตารางที่ 3.1 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและข้างเคียง ตั้งแต่ในอดีตจนถึง พ.ศ.2433<br>ที่มีขนาดความรุนแรง (Mercalli scale) มากกว่า VII                           | 43   |
| ตารางที่ 3.2 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและข้างเคียง ตั้งแต่ในอดีต พ.ศ.2433 จนถึงปัจจุบันที่<br>ขนาดมากกว่า 6 ริคเตอร์ (และมีความรุนแรงโดยเฉลี่ย VIII หรือ IX) | 46   |
| ตารางที่ 3.3 แผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึง พ.ศ.2502                                                                                 | 52   |
| ตารางที่ 3.4 ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ขนาด 3 ถึง 6.5 ริคเตอร์<br>ตั้งแต่ปี พ.ศ.2508-2532                                               | 55   |
| ตารางที่ 3.5 รายงานศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 7 ริคเตอร์ (พ.ศ.2455 ถึง<br>พ.ศ.2532)                                                             | 57   |
| ตารางที่ 3.6 แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (มากกว่า 7) นอกประเทศที่รู้สึกได้ในประเทศไทย                                                                             | 58   |
| ตารางที่ 4.1 กลุ่มรอยเลื่อนสำคัญ ๆ ในประเทศไทยแบ่งตามภาค                                                                                                 | 76   |
| ตารางที่ 6.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวภาคเหนือ                                                                                                                    | 120  |
| ตารางที่ 7.1 ผลการหาอายุของตัวอย่างตะกอนจากร่องสำรวจบ้านโป่งขม อ.แม่จัน จ. เชียงราย                                                                      | 139  |
| ตารางที่ 7.2 ผลการหาอายุของผงรชยเลื่อนแม่จันในเขตจังหวัดเชียงราย                                                                                         | 139  |

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 คำนำ

"แผ่นดินไหว" จะเป็นคำที่มีความสำคัญไม่น้อย นับตั้งแต่บรรดานักวิทยาศาสตร์หลายสาขาไปจนถึงคนธรรมดาสามัญ ตั้งแต่เด็กเล็ก ผู้ใหญ่ จนไปถึงคนเฒ่าคนแก่ โดยเฉพาะสื่อมวลชนทั้งหลายได้แพร่ภาพ และกระจายเสียงเปิดเผยข่าวคราวเกี่ยวกับแผ่นดินไหวอย่างต่อเนื่อง ว่าอาจมีผลกระทบต่อประเทศไทยได้แม้แต่รัฐบาล (สมัย พล.อ.อานันท์ ปันยารชุน) ก็ได้เคยมีการหยิบยกเรื่องนี้มาพูดกัน แต่จะมีใครบ้างที่จะยอมรับว่าแท้จริงแล้วเรามีความรู้เรื่อง "แผ่นดินไหว" น้อยมาก

นับได้ว่าเป็นความโชคดีของคณะผู้วิจัยที่ได้มีโอกาสเข้าร่วมฟังการสัมมนาในหัวข้อเรื่อง "แผ่นดินไหวที่คนไทยควรรู้" ซึ่งจัดโดยฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2533 ที่หอประชุม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ สุภาพ ภูประเสริฐ รองศาสตราจารย์ มานพ พงศัตถ รองศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ โฉมวิไล และรองศาสตราจารย์ สลักชัย ทรรพนันท์ เป็นคณะวิทยากร ทำให้เกิดแรงผลักดันที่จะทำวิจัยพื้นฐานนี้ให้สำเร็จ

จากผลการสัมมนาถึงจะไม่ได้มีการสรุปไว้ในคราวนั้น แต่ก็ได้มีส่วนกระตุ้นให้คณะผู้วิจัยคิดที่จะทำการวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหวขึ้น อันเป็นวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพราะบทสรุปของการสัมมนาครั้งนั้นมีข้อหนึ่งที่ว่า "การที่รู้อะไรแบบครึ่งๆกลางๆ นั้นอาจทำให้เกิดความหวาดระแวงและตื่นตระหนกไปเกินกว่าเหตุได้"

#### 1.1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องด้วยในช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2539 ได้เกิดแผ่นดินไหวที่วัดความรุนแรงได้ 7.0 ริคเตอร์ ที่เมืองหลี่เจียง เมืองท่องเที่ยวใกล้ชายแดนธิเบต ในมณฑลยูนนานตอนใต้ ผลจากแผ่นดินไหวนี้ยังผลให้มีประชาชนเสียชีวิตทั้งหมดกว่า 300 คน และบาดเจ็บรวม 2 หมื่นคน และก่อนหน้านี้นี้เมื่อเดือนสิงหาคม 2533 ในช่วงปี 2540 ถึง 2542 ก็ได้มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นมาอีกนับตั้งแต่เมืองโกเบ ประเทศญี่ปุ่น ดินแดนอนาโตเลีย ประเทศตุรกี และบนเกาะไต้หวัน จนปรากฏเป็นข่าวในสื่อมวลชนมวลชนเกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่อาจเกิดแผ่นดินไหวในกรุงเทพมหานครในเดือนกันยายน 2533 แต่ไม่มีปรากฏการณ์ดังกล่าว และข่าวว่าจะเกิดภัยพิบัติใหญ่หลวงเช่นแผ่นดินไหวในปี ค.ศ. 2000 จนเป็นข่าวที่ได้รับความสนใจจากประชาชนทั่วไปเป็นอย่างมาก ถึงแม้ประเทศไทยจะไม่เคยประสบภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวอย่างรุนแรงมาก่อนก็ตาม แต่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งเป็นข่าวอยู่ในสื่อมวลชน โทรทัศน์ และหนังสือพิมพ์อยู่เป็นประจำซึ่งก็เป็นกรณีตัวอย่างที่ก่อให้เกิดความสลดใจและนำวิพากษ์หากเหตุการณ์ดังกล่าวจะเกิดขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีประชากรอยู่อย่างหนาแน่นและมีอาคารสูงมากมาย คง

เป็นสิ่งที่ทุกคนเกิดความหวาดหวั่นและวิตกได้ ความวิตกอันนี้อาจเกิดจากความไม่รู้หรืออาจเกิดจากความ  
รู้ “แต่ทำไม่ถึงการณ์”

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวแถบประเทศเพื่อนบ้านของเราดังกล่าวยังผลให้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยที่มีสาขาวิชาที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาดังกล่าว ได้มีการจัดประชุมโต๊ะกลมเรื่อง  
“ศักยภาพรอยเลื่อนต่อการเกิดแผ่นดินไหวในเมืองไทยโดยการสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง” เพื่อสร้างความ  
เข้าใจที่ถูกต้องด้วยเหตุ ด้วยผล และข้อเท็จจริง และจัดการสัมมนาเรื่อง “แผ่นดินไหวที่คนไทยควรรู้” ขึ้น  
เมื่อวันที่ 27 ตุลาคม 2542 ณ ศูนย์สาธิต หอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยในเนื้อหาของ  
สัมมนานั้นหนักถึงแผ่นดินไหวในแง่สาเหตุทางธรณีวิทยา แม้ว่าการจัดสัมมนาครั้งนี้จะจบลงด้วยความ  
สำเร็จและได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่าย (รวมทั้งคณะผู้วิจัย) ซึ่งประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก  
ประมาณ 30 คน รวมทั้งอาจารย์มหาวิทยาลัยและนักวิชาการอีกมากกว่า 50 คน แต่ถึงกระนั้นก็พบว่าเราไม่  
ได้ใช้ข้อมูลหรือผลที่ได้จากการวิจัยมากเท่าที่ควรเกี่ยวกับแผ่นดินไหว เนื่องจากยังไม่ค่อยมีใคร  
“ตระหนัก” ถึงความสำคัญในเรื่องนี้ เพราะมีแค่คน “ตระหนัก” ต่อสิ่งที่เกิดขึ้นเสียก่อน

ธรณีวิทยาเป็นสาขาวิชาหนึ่งที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการศึกษาแผ่นดินไหว โดยเฉพาะในแง่สาเหตุ  
การเกิด ความเป็นไปได้ และโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวตลอดจนการทำนายแผ่นดินไหว

จากข้อมูลโดยทั่วไปทางธรณีวิทยา ทำให้เชื่อกันว่าแผ่นดินไหวน่าจะมีส่วนสัมพันธ์ไม่มากนัก  
กับลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำคัญ เช่น แนวรอยเลื่อนใหญ่ ๆ (major faults) และแนวการคดโค้ง  
โค้งงอใหญ่ ๆ (major folds) ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างดังกล่าวในส่วนที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวนี้ พบ  
เห็นอย่างแจ่มชัดในแถบบริเวณภาคตะวันตกและภาคเหนือของประเทศและยังครอบคลุมบางส่วนของลาว  
ส่วนใหญ่ของประเทศพม่าและตอนใต้ของจีน(ดู ปัญญา และคณะ, 2541) การศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างดัง  
กล่าวโดยเฉพาะธรณีแปรสัณฐานในแถบพื้นที่บริเวณไพศาล (regional-scale area) เช่นนี้สามารถใช้ภาพ  
จากดาวเทียมเข้าช่วยในการกำหนดขอบเขต และตำแหน่งที่แน่ชัดได้เป็นอย่างดี

ข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้โดยกรมอุตุนิยมวิทยาทำให้ทราบว่า แผ่นดินไหวมีจุดศูนย์กลาง(hypocenter)  
อยู่แถวพรมแดนไทย-พม่า, ไทย-ลาว, จีน-พม่า หรือในทะเลอันดามัน และยังสามารถ  
ตรวจวัดได้เป็นประจำ จึงแสดงให้เห็นชัดว่าเปลือกโลกในบริเวณแถบบังกล่าวยังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่(dynamic)  
นักธรณีวิทยาหลายคน(Hinthong, 1995, Prachuab, 1990, Nutalaya & Sodsri, 1983) เชื่อ  
ว่าเป็นผลกระทบที่เกิดจากขบวนการแปรสัณฐาน(tectonic process) อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการชน  
กัน(collision) ระหว่างแผ่นเปลือกโลกอินเดีย(Indian lithospheric plate) กับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย  
(Eurasian lithospheric plate) นับตั้งแต่ 35-45 ล้านปีมาแล้ว ซึ่งทำให้แผ่นอินเดียมุดตัว(subduct)ลงไปใต้  
แผ่นยูเรเชียและการมุดตัวยังคงดำเนินมาจนถึงปัจจุบัน

สำหรับแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางภายในประเทศ นักธรณีวิทยาหลายคนให้ความเห็นว่าแนวรอย  
เลื่อนด่านเจดีย์สามองค์(Three-Pagodas Fault) ที่มีการเคลื่อนตัวอยู่ (active) น่าจะเป็นต้นกำเนิดแผ่นดินไหว  
ซึ่งรอยเลื่อนตัวดังกล่าวจากการหาอายุของปัญญา จารุศิริ(Charusiri, 1989)พบว่ามีอายุประมาณ 70 ล้านปี ทำ

ให้มีข้อโต้แย้งว่า บริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวนั้นอยู่ใกล้เขื่อน (เช่นที่เขื่อนเขาแหลม จังหวัดกาญจนบุรี) ซึ่งเก็บกักน้ำโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ จึงอาจมีความเป็นไปได้หรือไม่ว่าแผ่นดินไหวขนาดไม่รุนแรงที่มีศูนย์กลางในประเทศไทยนั้น น่าจะมีสาเหตุมาจากน้ำที่กักเก็บไว้ในเขื่อน (water-induced earthquake) หรือเป็นเพราะทั้งสองสาเหตุประกอบกัน อย่างไรก็ตามข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องกับจุดกำเนิดแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบริเวณดังกล่าวมีผลทำให้แผนการดำเนินการสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ในบริเวณแถบนั้นต้องมีอันระงับไปทั้งๆที่ยังไม่มีการศึกษาและวิจัยอย่างจริงจังเสียก่อน

เมื่อเห็นความจำเป็นในการต้องเร่งการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจึงได้ให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่โดยการให้ทุนนําร่องให้ศึกษาธรณีแปรสัณฐาน จนในปัจจุบันกลุ่มคณาจารย์ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือกันทางด้านการวิจัยและวิชาการกับคณาจารย์จากสถาบันการศึกษาชั้นนำของจีน (Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources) และของญี่ปุ่น (Tsukuba และ Akita University) เนื่องจากเห็นความสำคัญของการพัฒนาธรณีวิทยาแปรสัณฐานที่สามารถทำให้เข้าใจธรณีวิทยาบริเวณกว้างในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นอย่างดี

มูลเหตุจูงใจสุดท้ายเนื่องจากประเทศไทยและอนุภูมิภาคข้างเคียงกำลังเร่งรัดการพัฒนาที่เหลื่อมเศรษฐกิจ(ซึ่งอาจขยายเป็นหกเหลี่ยมเศรษฐกิจในอานาต) แต่ข้อมูลด้านธรณีวิทยาบริเวณกว้างหรือธรณีแปรสัณฐานของบริเวณนี้ยังไม่มีใครรวบรวมไว้เป็นฐานข้อมูลหรือประมวลให้มีมาตรฐานในระดับใกล้เคียงกัน เมื่อข้อมูลเหล่านี้ไม่เป็นที่ปรากฏและถ้าหากมีการเร่งรัดพัฒนาโดยไม่มีการวางแผนหรือการจัดการด้านทรัพยากรธรณี(เช่นการไม่คำนึงถึงการนำข้อมูลด้านนี้มาใช้อย่างเป็นระบบ) บางครั้งเราอาจเชื่อมต่อเส้นทางเศรษฐกิจลงไปในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อแผ่นดินไหวก็เป็นได้

### 1.1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงธรณีแปรสัณฐานของไทยและประเทศข้างเคียง
2. เพื่อดูการกระจายตัวของแผ่นดินไหวในภูมิภาคแถบนี้ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแผ่นดินไหวกับโครงสร้างทางธรณีวิทยา อายุของโครงสร้างนั้น และจำแนกบริเวณการเกิดแผ่นดินไหว
4. เพื่อศึกษาสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหวในภูมิภาคแถบนี้ และตรวจสอบดูว่าโครงสร้างใดมีความโน้มเอียงที่จะเกิดแผ่นดินไหวมากที่สุด
5. เพื่อหาข้อมูลว่าโอกาสเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงในไทยมีหรือไม่

### 1.1.3 การเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัย

- ประเทศจีน ได้มีการดำเนินการร่วมทำการวิจัยกับ Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources (ดูภาคผนวก ง) กับศาสตราจารย์จำนวน 8 คน ดังต่อไปนี้

- |                  |                |                |                    |
|------------------|----------------|----------------|--------------------|
| 1. Liu Bojun     | 2. Pan Guitang | 3. Xu Xiaosong | 4. Zhuang Zhonghai |
| 5. Jian Xinsheng | 6. Li Xingzhen |                |                    |

- ประเทศญี่ปุ่น ได้ดำเนินการติดต่อขอความร่วมมือกับ Tsukuba University กับศาสตราจารย์ จำนวน 2 คน คือ Ken- ichiro Shasida และ Y. Ueno
- ประเทศไต้หวัน ได้ดำเนินการติดต่อขอความช่วยเหลือด้านเครื่องมือไอซีโทป กับ Academic Science กรุงไทเป กับศาสตราจารย์ 1 คน คือ Tzen-Fu Yai
- ประเทศปาปัว นิวกินี ได้ทำการร่วมมือทำวิจัย และเสนอผลงานในรูปแบบโครงการ IGC กับ Dr. R. W. Flinley (Geological Survey of Papua New Guinea)

#### 1.1.4 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

- รวบรวมข้อมูลเก่าที่มีอยู่เดิม เช่น จากในหัวข้อ 7 เพื่อหาแนวทางการศึกษาวิจัย และปัญหาที่อาจประสบ โดยจัดทำเป็นฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Fox Pro
- รวบรวมหลักฐานการเกิดแผ่นดินไหวในอดีต(Historical Earthquakes) เช่น จากศิลาจารึก พงศาวดาร ตำนาน หนังสือประวัติศาสตร์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อทำแผนที่แสดงแผ่นดินไหวในอดีต และการกระจายตัว
- รวบรวมหลักฐานการเกิดแผ่นดินไหวในปัจจุบันจากเครื่องวัด เพื่อทำแผนที่แสดงแผ่นดินไหวในปัจจุบันและการกระจายตัว
- รวบรวมข้อมูลทางธรณีแปรสัณฐาน จากการออกภาคสนาม จากภาพถ่ายเทียม และจากข้อมูล แนวเส้น เพื่อจัดทำเป็นแผนที่ธรณีแปรสัณฐานของไทยและข้างเคียง
- ศึกษาแนวรอยเลื่อนแนวรอยแตกด้วยภาพจากดาวเทียมเพื่อหาธรณีวิทยาโครงสร้างใหญ่ ๆ นี้ว่า สัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวหรือไม่ แล้วจัดทำแผนที่แนวเส้นโดยใช้ โปรแกรม map info
- เลือกสรร โครงสร้างที่สำคัญในส่วนที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวแล้วจัดทำเป็นแผนที่แปรสัณฐาน ไหวสะเทือน (seismotectonic map)
- จัดทำแผนที่แสดงโซนที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินรุนแรง และโอกาสจะเกิดแผ่นดินไหวในบริเวณ นั้น ๆ (Earthquake Risk Map) โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติของแผ่นดินไหว และ แนวคิดของธรณีวิทยา ประกอบกัน

#### 1.1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ มุ่งศึกษาข้อมูลและตีความทางธรณีวิทยา ประกอบกับข้อมูลด้านประวัติศาสตร์ และแผ่นดินไหว เพื่อจัดทำแผนที่แสดงแนวการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบต่างๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์เข้าช่วย แต่จะไม่รวมถึงการทำนายแผ่นดินไหวว่าจะเกิดเมื่อใด หรือการป้องกันจากแผ่นดินไหวรวมถึงการสร้างตึกหรือสิ่งปลูกสร้างเพื่อลดความเสียหายจากแผ่นดินไหว

## 1.2 คำจำกัดความ

หลายคนได้ให้คำจำกัดความของแผ่นดินไหวไว้เหมือนกัน หรือ คล้าย ๆ กัน (AGI , 1974 ; Press & Sievier,1980 ; Skinner & Porter, 1989) สำหรับคณะผู้วิจัยมีความประสงค์จะให้คำจำกัดความที่ได้ประมวลมาว่าแผ่นดินไหว หมายถึง “ปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงของพื้นผิวโลก ซึ่งเกิดจากการที่เปลือกโลกปรับตัวให้เข้าสู่สภาวะสมดุล เพื่อปลดปล่อยพลังงานที่สะสมตัวไว้ให้ออกมาอย่างรวดเร็ว ในรูปของคลื่นแผ่นดินไหว (Seismic Wave)”

ในบางครั้งการปรับตัวครั้งใหญ่ ๆ แต่ละครั้งก่อให้เกิดความหายนะ และภัยพิบัติต่อทรัพย์สิน บ้านเรือน และชีวิตมนุษย์เป็นจำนวนมาก (ดูตาราง 1.1) แต่ถ้าเริ่มต้นกันที่ตรงนี้ ดูเหมือนว่าแผ่นดินไหวน่าจะเป็นปรากฏการณ์ที่น่ากลัวจริงๆ แต่จากสถิติที่แสดงนี้ มีที่อยู่ใกล้บ้านเรามากที่สุดก็คือ จีนและอินเดียซึ่งอยู่ห่างออกไปจากประเทศไทยมากกว่า 1,000 กิโลเมตร

การสั่นไหวของแผ่นดินไหวไม่ว่าจะเป็นโดยธรรมชาติหรือไม่ ย่อมส่งผลกระทบออกมาในรูปการสั่นสะเทือนออกรอบทิศทาง (รูป1.1, คูปัญญา จารุศิริ, 2532) ซึ่งจะมากจะน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่นดินไหวแต่ละครั้ง

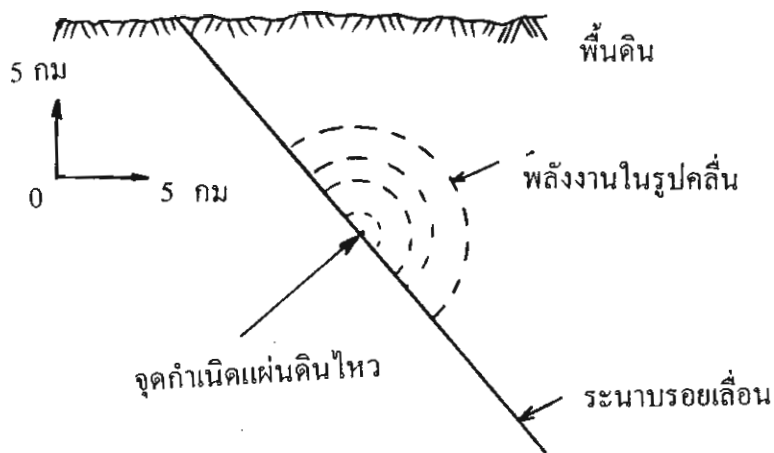
## 1.3 ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว

ขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude) เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความสูงของคลื่นแผ่นดินไหวจากการตรวจวัดที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมา ณ จุดศูนย์กลางของการเกิดแผ่นดินไหวแต่ละครั้ง(รูป1.1)ซึ่งคำนวณได้จากความสูงที่บันทึกได้จากเครื่องตรวจวัด มีหน่วยเป็นริกเตอร์ (Richter)

ริกเตอร์เป็นชื่อของนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันซึ่งค้นคิดวิธีการคำนวณขนาดของแผ่นดินไหว ดังนั้นเพื่อให้เป็นเกียรติจึงเรียกหน่วยของแผ่นดินไหวว่า “ริกเตอร์”

ขนาดแผ่นดินไหวเป็นปริมาณที่สัมพันธ์กับพลังงานแผ่นดินไหวคำนวณได้จากความสูงของคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว ขนาดแผ่นดินไหวตามทฤษฎีไม่มีขีดจำกัด แต่ในความเป็นจริงยังไม่มีขนาดแผ่นดินไหวใดเกิดขึ้นเกิน 9.0 ริกเตอร์ (รูป 1.2) แสดงวิธีการหาค่าว่าแผ่นดินไหวที่เกิดคิดเป็นระดับที่เท่าใดของมาตราริกเตอร์ ณ จุดที่วัด

ความรุนแรงของแผ่นดินไหว(Earthquake Intensity) วัดได้โดยความรู้สึของการสั่นสะเทือน และความเสียหายของทรัพย์สินที่เกิดจากการสั่นไหวของแผ่นดินไหว(ดูตาราง 1.1) เป็นตัวกำหนดแบ่งออกเป็น12 อันดับ เรียกว่ามาตราเมอร์แคลลี (Mercalli Intensity) มีรายละเอียดอยู่ในตาราง 1.2 ส่วนตาราง 1.3 เปรียบเทียบขนาดกับความรุนแรงของแผ่นดินไหว และความรุนแรงกับอัตราเร่งของพื้นดิน



รูป 1.1 การกำเนิดแผ่นดินไหว และพลังงานในรูปคลื่นความสั่นสะเทือนหรือคลื่นแผ่นดินไหวที่ปลดปล่อยออกมา

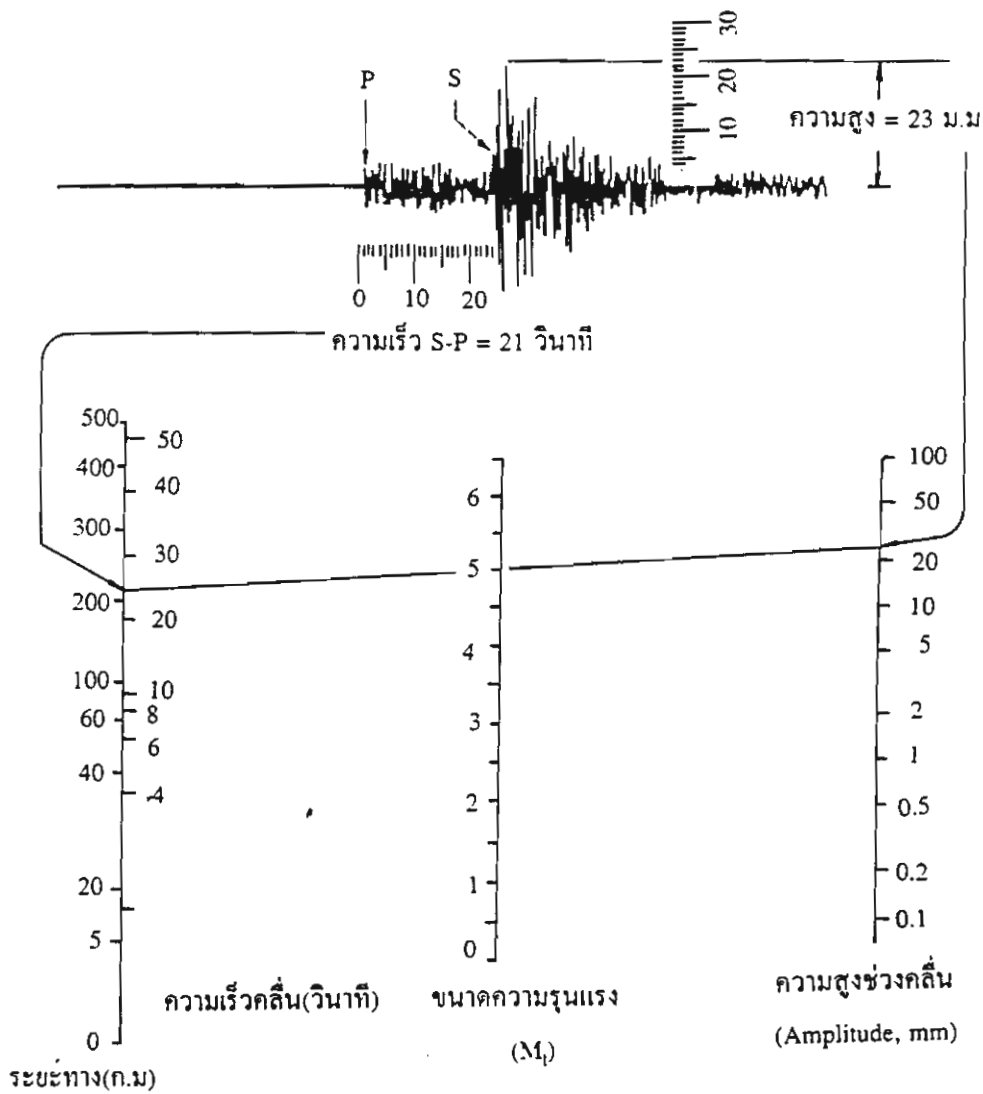
ก. ขั้นตอนในการคำนวณหาขนาดแผ่นดินไหวที่วัดได้ ณ สถานีวัด ( $M_L$ ) รูป ข. ประกอบ

ก.1 วัดเวลาที่แตกต่างกันระหว่างคลื่นปฐมภูมิ (P) และคลื่นทุติยภูมิ (S) ออกมาเป็นระยะทาง เช่น กรณีนี้ได้ 24 วินาที

ก.2 วัดความสูงของการสั่นไหวได้ 23 มม.

ก.3 ถ้ากำหนดจุดลงไปบนมาตราส่วนในรูป ข. ลากเส้นต่ออ่านค่าที่ได้ในมาตราส่วนเส้นกลางในที่นี้ได้ 5 นั่นคือค่าของขนาดแผ่นดินไหว

ข. Nomagram ที่ใช้คำนวณหาขนาดแผ่นดินไหว



รูป 1.2 การคำนวณหาขนาดของแผ่นดินไหวมาตราริกเตอร์ ณ จุดที่วัด

ตาราง 1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแผ่นดินไหวจากทั่วโลกที่ทำให้เกิดความเสียหายร้ายแรงในปี 2519

| วัน-เดือน    | สถานที่    | ผู้เสียชีวิต(คน) | ขนาด(ริกเตอร์) |
|--------------|------------|------------------|----------------|
| 4 กุมภาพันธ์ | กัวเตมาลา  | 23,000           | 7.5            |
| 6 พฤษภาคม    | อิตาลี     | 900              | 6.5            |
| 25 มิถุนายน  | อิหร่าน    | 6,000            | 7.1            |
| 28 กรกฎาคม   | ตังฉาน,จีน | 650,000          | 8.2            |
| 16 สิงหาคม   | ฟิลิปปินส์ | 2,000            | 7.8            |
| 24 พฤศจิกายน | ตุรกี      | 4,000            | 7.9            |

\* รวมผู้เสียชีวิตมากกว่า 700,000 คน

ตาราง 1.2 มาตรฐานวัดความรุนแรง หรืออันดับความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวของเมอร์คาเลลี (THE MODIFIED MERCALLI INTENSITY, 1931)

| SCALE<br>(อันดับ) | คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I                 | เป็นอันดับที่อ่อนมาก ตรวจวัดได้โดยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหวเท่านั้น                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| II                | รู้สึกได้เฉพาะบางคนที่อยู่นิ่ง ๆ โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในอาคารชั้นบน ๆ สิ่งของที่แขวนไว้อาจแกว่งไกว (I ถึง II ของมาตรารอสซี-ฟอเรล)                                                                                                                                                                                                               |
| III               | จะรู้สึกหรือสังเกตว่ามีแผ่นดินไหวได้สำหรับผู้ที่อยู่ในบ้าน โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในอาคารชั้นสูง ๆ แต่บุคคลส่วนใหญ่จะยังไม่ทราบว่าแผ่นดินไหวเกิดขึ้น รอยนํ้าที่จ่ออยู่อาจแกว่งไกวได้บ้างเล็กน้อย การสั่นสะเทือน คล้าย ๆ กับเมื่อมีรถยนต์บรรทุกแล่นผ่าน สามารถกำหนดระยะเวลาของการสั่นไหวได้ ( III ของมาตรารอสซี - ฟอเรล )                          |
| IV                | ถ้าเกิดในเวลากลางวันผู้ที่อยู่ในบ้านจะรู้สึกกันทั่วไป แต่ผู้ที่อยู่นอกบ้านจะมีผู้รู้สึกว่าเกิดแผ่นดินไหวได้น้อยคน ถ้าเป็นตอนกลางคืนผู้ที่นอนหลับอยู่จะตกใจตื่นด้วยขมหน้าค้าง ประตูกะสั่นหรือถัน ฝาผนังจะมีเสียงร้าวมีความรู้สึกคล้ายๆกับรถยนต์บรรทุกของหนักชนอาคาร รอยนํ้าที่จ่ออยู่สั่นไหวสังเกตได้ชัดเจน ( IV ถึง V ของมาตรารอสซี - ฟอเรล) |
| V                 | รู้สึกว่าแผ่นดินไหวเกือบทุกคน หลาย ๆ คนตื่นตระหนก ด้วยขมหน้าต่าง ๆ แดงหรือถัน รูปปั้นปูนปลาสเตอร์ร้าววัตถุที่ไม่มั่นคงล้มคว่ำ ดันไม้เสา และวัตถุที่แขวนไว้ในที่สูงแกว่งไกว บางครั้งสังเกตเห็นได้ชัด นาฬิกาที่ใช้ลูกตุ้มอาจหยุดแกว่ง ( VI ถึง VII ของมาตรารอสซี-ฟอเรล )                                                                       |
| VI                | รู้สึกว่าเกิดแผ่นดินไหวได้กับทุกคนหลายๆ คนตกใจวิ่งออกนอกบ้าน เครื่องประดับใน                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | บ้านที่เป็นของหนักๆ บางชิ้นเคลื่อน รูปปั้นปูนปลาสเตอร์แตกร่วงหรือปล่องไฟ เสียหายเล็กน้อย ( VI ถึง VII ของมาตราอสซี่ - ฟอเรล )                                                                                                                                                    |
| VII | ทุกคนวิ่งออกนอกบ้าน เสียหายเล็กน้อยในอาคารที่ออกแบบและสร้างไว้ดี เสียหายเล็กน้อยถึงปานกลางในอาคารที่ก่อสร้างไว้ตามปกติธรรมดา เสียหายค่อนข้างมากในอาคารที่ก่อสร้างและออกแบบไว้ไม่ดี ปล่องไฟบางอันแตก คนที่กำลังขับขีรถยนต์ก็สังเกตเห็นแผ่นดินไหวได้ (VIII ของมาตราอสซี่ - ฟอเรล ) |
| VII | สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้ดีเป็นพิเศษเสียหายเล็กน้อย แต่เสียหายค่อนข้างมากในอาคารธรรมดาซึ่งบางส่วนพังทะลาย เครื่องประดับบ้านขนาดใหญ่ จะล้มคว่ำ ทราวยและโคลนถูกดันขึ้นมาเล็กน้อย ระดับน้ำในบึงเปลี่ยน ผู้ที่กำลังขับขีรถยนต์จะขับขีไม่สะดวก (VIII ถึง IX ของมาตราอสซี่ ฟอเรล )      |
| IX  | สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้อย่างดีเสียหาย สิ่งที่อยู่ในโครงก่อสร้างที่ออกแบบได้ดีเสียหาย ศูนย์อาคารที่ก่อสร้างไว้มั่นคงเสียหายมากบางส่วนพังทะลาย ตัวอาคารเคลื่อนออกจากฐานราก เกิดรอยแยกของแผ่นดินเห็นได้ชัด ท่อน้ำที่ฝังไว้ได้ดินแตก (IX ของมาตราอสซี่ - ฟอเรล )                    |
| X   | อาคารไม้บางหลังที่ก่อสร้างไว้อย่างดีพัง อิฐปูนร่วงจากโครงสร้างพร้อมฐาน เกิดแผ่นดินแยกชัดเจน รางรถไฟบิดงอ ดินจากชายฝั่ง หรือ ลาดชัน ถล่ม กองทรายโคลน เคลื่อนย้าย น้ำกระลอกตามชายฝั่ง ( X ของมาตราอสซี่ - ฟอเรล )                                                                  |
| XI  | อาคารคอนกรีตจะยังมีเหลืออยู่บ้างเพียงเล็กน้อย สะพานถูกทำลาย แผ่นดินเหลื่อมกันอย่างกว้างขวาง ท่อน้ำและท่อแก๊สได้ดินแตกใช้การไม่ได้ ผิวพื้นโลกอุดหนุนและเลื่อนไปในพื้นดินที่อ่อน รางรถไฟบิดงอมาก                                                                                   |
| XII | ทำลายหมดทุกสิ่งทุกอย่าง มองเห็นเป็นคลื่นบนพื้นดิน เส้นแนวสายตาและระดับบิดเบน วัตถุกระเด็นขึ้นไปในอากาศ (รวมทั้งผู้สังเกตการณ์)                                                                                                                                                   |

(ดัดแปลง สุมาลี ประจวบ , 2533)

ตาราง 1.3 ความรุนแรงของแผ่นดินไหว เปรียบเทียบ กับขนาดแผ่นดินไหวและอัตราเร่งของพื้นดิน

ก. ขนาดกับความรุนแรงของแผ่นดินไหว

| ขนาด<br>(MAGNITUDE) | ความรุนแรง<br>(INTENSITY) | ระยะทาง (กม)<br>(DISTANCE) |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|
| 3.0 - 3.9           | II - III                  | 24                         |
| 4.0 - 4.9           | IV - V                    | 48                         |
| 5.0 - 5.9           | VI - VII                  | 112                        |
| 6.0 - 6.9           | VII - VIII                | 200                        |
| 7.0 - 7.9           | IX - X                    | 400                        |
| 8.0 - 8.9           | X - XI                    | 720                        |

( จาก EARTHQUAKE INFORMATION BULLETIN Vol. 13, NO. 4 )

ข. ความรุนแรงกับอัตราเร่งของพื้นดิน

| ความรุนแรง<br>(INTENSITY)<br>( MM ) | ความเร็วเฉลี่ย(AVERAGE<br>PEAK VELOCITY)<br>( cm/sec ) | อัตราเร่งเฉลี่ย(AVERAGE<br>PEAK ACCELERATION)<br>( g = 980 cm/sec <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| I - III                             | -                                                      | -                                                                                |
| IV                                  | 1 - 2                                                  | 0.015 g - 0.02g                                                                  |
| V                                   | 2 - 5                                                  | 0.03 g - 0.04g                                                                   |
| VI                                  | 5 - 8                                                  | 0.06 g - 0.07g                                                                   |
| VII                                 | 8 - 12                                                 | 0.10 g - 0.15g                                                                   |
| VIII                                | 20 - 30                                                | 0.25 g - 0.30g                                                                   |
| IX                                  | 45 - 55                                                | 0.50 g - 0.55g                                                                   |
| X - XII                             | 60                                                     | 0.60 g                                                                           |

( จาก BOLT, 1978 )

1.4 เครื่องมือตรวจวัดและการหาจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว

เครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว

ปัจจุบันเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว มี 2 แบบ คือ Seismograph และ Strong Motion Accelerograph

- 1. Seismograph เป็นเครื่องมือที่ออกแบบเพื่อตรวจวัดความสั่นสะเทือนของพื้นโลก ซึ่งมีทั้งระบบ Short-Period Seismograph (ช่วงคลื่นสั้น) และ Long-Period Seismograph (ช่วงคลื่นยาว) เครื่องมือวัดระบบ Short-Period Seismograph หรือ SPS สามารถตรวจวัดแผ่นดินไหวในรัศมี 500 กิโลเมตร

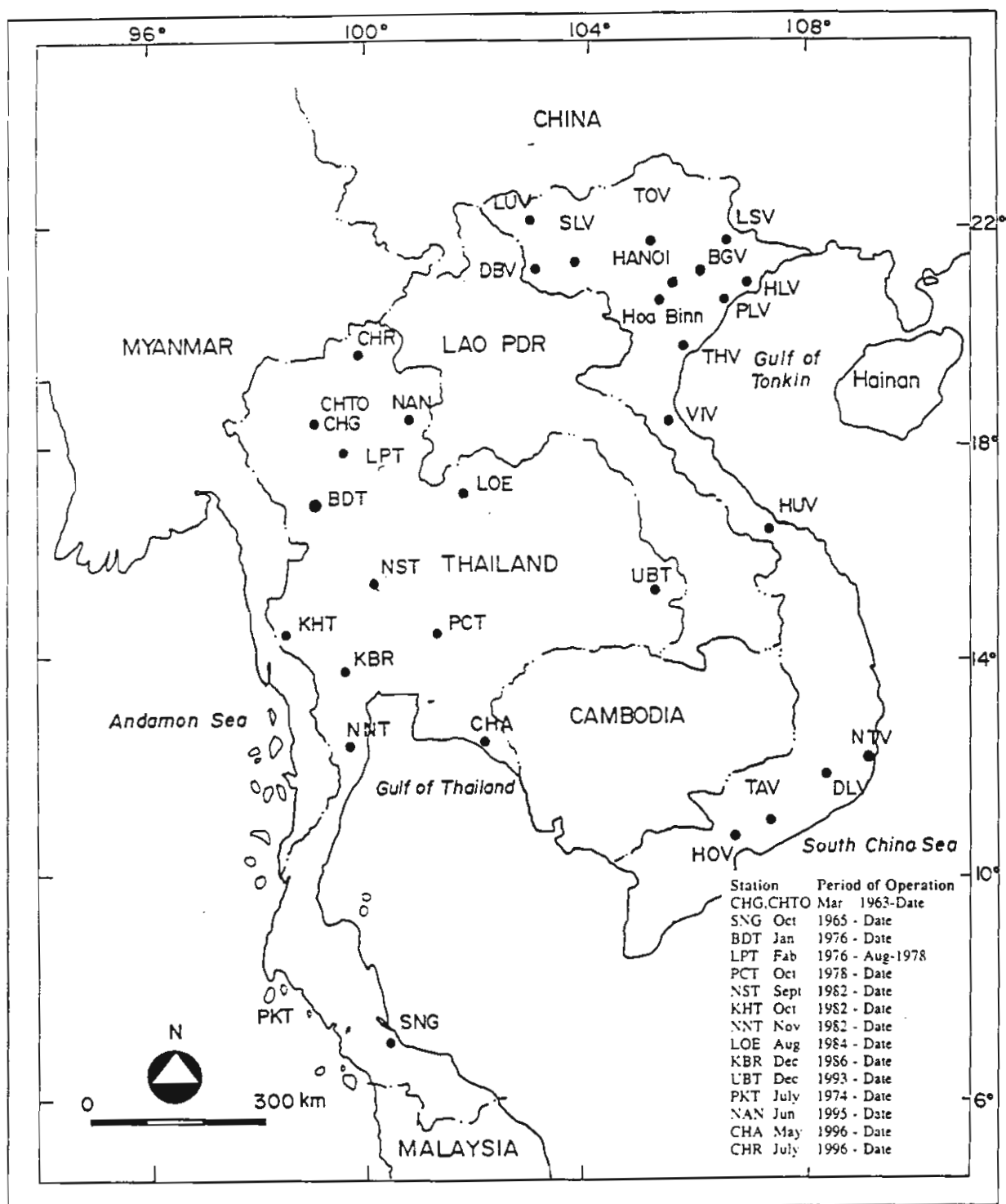
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับระบบ Long-Period Seismograph หรือ LPS นั้นเป็นระบบที่สามารถตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวไกล (Telesism Station) ซึ่งปัจจุบันมีอยู่ 19 แห่ง ทั้งระบบ analog และระบบ digital (รูป 1.3 ตาราง 1.4 และภาคผนวก ค) ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ทั้งแผ่นดินไหวระยะใกล้และระยะไกล ข้อมูลที่บันทึกได้จากสถานีตรวจวัดเหล่านี้สามารถนำมาคำนวณหาสถานที่เกิด ระยะเวลาในการเกิด รวมทั้งขนาด และความลึกของจุดศูนย์กลางของการเกิดแผ่นดินไหวได้

นอกเหนือจากสถานีทั้ง 19 แห่ง ซึ่งอยู่ในความดูแลของกรมอุตุนิยมวิทยาแล้ว การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ดำเนินการติดตั้งเครื่อง Seismograph อีก 2 แห่ง คือที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง และ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน ซึ่งอยู่ในความดูแลรับผิดชอบของ กฟผ. โดยตรง เพื่อเสริมโครงข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคเหนือ ภาคตะวันตก และตะวันตกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ ยังมีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรืออีก 1 แห่งที่ จ.เชียงใหม่

2. *Strong Motion Accelerograph (SMA)* เป็นเครื่องมือที่ออกแบบเพื่อใช้วัดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าอัตราเร่งของพื้นดินในบริเวณนั้น ที่เกิดจากแผ่นดินไหวซึ่งวิศวกรสามารถนำค่าอัตราเร่งนี้ไปใช้ในการออกแบบสิ่งก่อสร้าง เพื่อให้มีความปลอดภัยจากการเกิดแผ่นดินไหว ปัจจุบันมีติดตั้งตามเขื่อนใหญ่ของ กฟผ. หลายแห่ง ได้แก่ ที่เขื่อนภูมิพล 3 เครื่อง เขื่อนสิริกิติ์ 1 เครื่อง เขื่อนศรีนครินทร์ 3 เครื่อง เขื่อนและอ่างเขมเหลม 5 เครื่อง เขื่อนรัชชประภา 3 เครื่อง รวมทั้งที่ กฟผ. สำนักงานใหญ่อีก 1 เครื่อง ส่วนกรมอุตุนิยมวิทยา มีเครื่อง SMA ติดตั้งไว้ที่ตึก ภปร. โรงพยาบาลจุฬาฯ กรุงเทพมหานคร จำนวน 3 เครื่อง , สถานีดับเพลิงบางขุนนนท์ , ตลาดกระบี่ , สุทธิสาร , พระโขนง , พญาไท สถานีละ 1 เครื่อง ส่วนนอกกรุงเทพฯ ได้แก่ สถานีตรวจอากาศ เชียงราย , แม่ฮ่องสอน , แม่สะเรียง , แพร่ , ตาก , สุพรรณบุรี , อ่างทอง , อ. ทองผาภูมิ และ อ.ศรีสวัสดิ์ ที่ รพ. มหาราช จ.เชียงใหม่ 1 เครื่อง และบริเวณสถานีตรวจแผ่นดินไหวแบบdigitalอีก 11 แห่งรวมถึงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีที่ อาคารใบหยก ถนนราชปรารภ, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ. และที่กรมโยธาธิการ อีกอย่างละ 1 เครื่อง

### การหาจุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหว

โดยทั่วไปเราเรียกตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหวจริงๆ ได้ผิวโลกถึงลงไปว่า จุดกำเนิดแผ่นดินไหว (Earthquake Focus หรือ Hypocenter) และเรียกตำแหน่งบนพื้นผิวโลกที่คลื่นแผ่นดินไหวเดินทางมาถึงก่อนว่า จุดเหนือแผ่นดินไหว(Epicenter) ซึ่งเป็นตำแหน่งบนผิวโลกเหนือถึงจุดที่เกิดแผ่นดินไหวจริง ๆ หรือเป็นจุดตัดบนผิวโลกจากการลากเส้นจากจุดศูนย์กลางของโลกมายังจุดที่เกิดแผ่นดินไหว และต่อเลยไปตัดผิวโลก ในทางธรณีวิทยาเราสามารถแบ่งจุดกำเนิดแผ่นดินไหว หรือการเกิดแผ่นดินไหวตามความลึกได้ 3 แบบ คือแผ่นดินไหวลึก ถ้าจุดที่เกิดอยู่ลึกกว่า 100 กิโลเมตร แผ่นดินไหวลึกปานกลาง ถ้าอยู่ระหว่าง 70-100 กิโลเมตร และแผ่นดินไหวตื้น ถ้าจุดที่เกิดตื้นน้อยกว่า 70 กิโลเมตร



รูป 1.3 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวและปีที่ตั้ง (ดัดแปลงจาก Bott และคณะ, 1977 และ Nutalaya และคณะ 1983)

ตาราง 1.4 ข้อมูลเกี่ยวกับที่ตั้งของสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของประเทศไทย

| รหัส*<br>(CODE) | ชื่อสถานี<br>(STATION NAME)      | ตำแหน่งที่ตั้ง |                | ความสูง(ม)<br>(msl) | วันเปิดทำการ<br>(DATE OPENED) |
|-----------------|----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-------------------------------|
|                 |                                  | LATITUDE       | LONGITUDE      |                     |                               |
| CHG             | เชียงใหม่<br>(CHIANG MAI)        | 18° 48' 50.4"  | 98° 56' 41.4"  | 416                 | มีนาคม 2506<br>(Mar 1963)     |
| SNG             | สงขลา<br>(SONGKHLA)              | 7° 10' 37.2"   | 100° 36' 59.4" | 4                   | ตุลาคม 2508<br>(Oct 1965)     |
| BDT             | เขื่อนภูมิพล<br>(BHUMIBOL DAM)   | 17° 14' 39.6"  | 99° 00' 10.8"  | 156                 | มกราคม 2519<br>(Jan 1976)     |
| PCT             | ปากช่อง<br>(PAK CHONG)           | 14° 40' 51.0"  | 101° 24' 39.6" | 360                 | ตุลาคม 2521<br>(Oct 1978)     |
| NST             | นครสวรรค์<br>(NAKHON SAWAN)      | 15° 40' 21.6"  | 100° 07' 58.8" | 34                  | กันยายน 2525<br>(Sep 1982)    |
| KHT             | เขื่อนเขาแหลม<br>(KHAO LAEM DAM) | 14° 47' 05.4"  | 98° 35' 33.0"  | 173.3               | ตุลาคม 2525<br>(Oct 1982)     |
| NNT             | หนองพลับ<br>(NONG PLAB)          | 12° 35' 23.4"  | 99° 44' 01.8"  | 106.2               | พฤศจิกายน 2525<br>(Nov 1982)  |
| LOE             | เลย<br>(LOEI)                    | 17° 24' 22.8"  | 101° 43' 47.4" | 258.7               | สิงหาคม 2527<br>(Aug 1987)    |

\* ดังแสดงในรูป 1.3

หลักการหาจุดที่เกิดแผ่นดินไหวทั่ว ๆ ไป คือ ต้องพยายามหาระยะทางจากจุดที่เกิดแผ่นดินไหวไปยังสถานีวัดให้ได้อย่างน้อย 3 สถานี (รูป 1.4) เรียกระยะระหว่างจุดที่เกิดแผ่นดินไหวไปยังสถานีวัดว่า Epicentral Distance

เครื่องมือตรวจแผ่นดินไหวที่เรียก Seismograph นี้มีหลักทำงานอย่างง่าย ๆ คือ เครื่องมือที่ประกอบด้วยเครื่องรับความสั่นสะเทือนสามารถแปลงสัญญาณสั่นสะเทือนเป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจึงถูกขยายด้วยระบบขยายสัญญาณ และแปลงกลับมาเป็นการสั่นไหวอีกครั้ง และในที่สุดบันทึกลงบนกระดาษที่ทำงานตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง พร้อมกับมีการบันทึกเวลาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ทราบว่าการสั่นแผ่นดินไหว เดินทางมาถึงสถานีเมื่อใด และรัศมีการตรวจรับคลื่นแผ่นดินไหวสามารถตรวจคลื่นแผ่นดินไหวได้ทั่วโลก แต่ส่วนใหญ่การคำนวณตำแหน่ง เวลาเกิด ขนาดแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยาจะคำนวณเฉพาะคลื่นใกล้ซึ่งอยู่ห่างจากสถานีไม่เกิน 1,000 กิโลเมตร

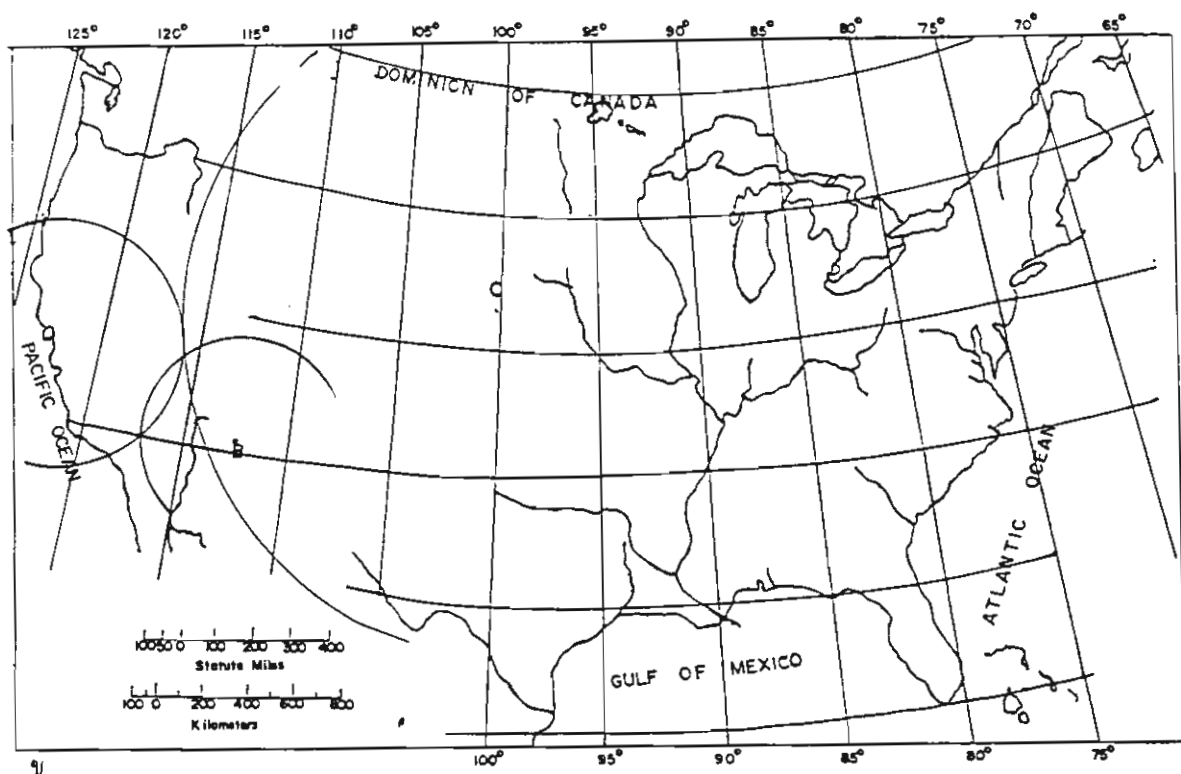
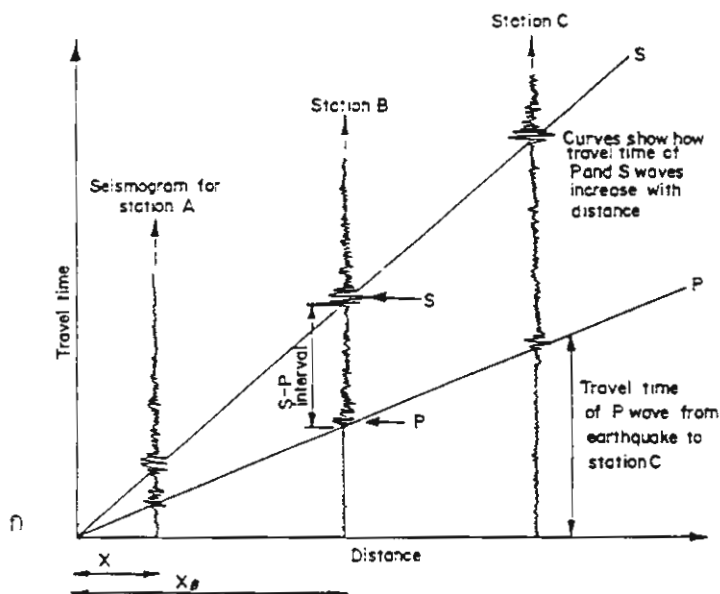
เครื่องมือ Strong Motion Accelerograph สามารถตรวจวัดอัตราเร่งของพื้นดินได้โดยอาศัย หลักการทำงานคล้ายๆ กัน แต่ข้อมูลที่ได้นับบันทึกลงบนฟิล์มหรือบันทึกตัวเลข ปัจจุบันมีติดตั้งบริเวณภาคเหนือ , ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ , ภาคใต้ , ภาคตะวันตก และกรุงเทพมหานคร รวมประมาณ 50 เครื่อง

## 1.5 หน่วยงานที่รับผิดชอบ

หน่วยงานที่มีความรับผิดชอบหรือมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องแผ่นดินไหวในประเทศไทย ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมทรัพยากรธรณี การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกรมชลประทาน ปัจจุบันกิจกรรมด้านแผ่นดินไหวของชาติ มีคณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติซึ่งประกอบด้วยหลายหน่วยงานรวมทั้งมหาวิทยาลัย และผู้เชี่ยวชาญด้านแผ่นดินไหวเป็นผู้ดำเนินงาน วางแผน ตั้งโครงการแผนงานต่าง ๆ เพื่อการป้องกันและบรรเทาภัยแผ่นดินไหวของชาติ มี นาวาเอก ดร.ขจิต บัวจิตติ เป็นประธานฯ (ปี พ.ศ. 2538) อธิบดีกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นรองประธานฯ และฝ่ายภูมิฟิสิกส์ กองพยากรณ์อากาศ เป็นฝ่ายเลขานุการ

นอกจากนั้นหน่วยงานที่มีหน้าที่โดยตรง ในเรื่องของการตรวจแผ่นดินไหวได้แก่ฝ่ายภูมิฟิสิกส์ กองพยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีเครือข่ายอยู่เกือบทั่วประเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งจัดตั้งเครือข่ายตรวจแผ่นดินไหวบริเวณเขื่อน และกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ซึ่งมีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวบริเวณดอนเหนือของประเทศ

เครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวกรมอุตุนิยมวิทยา ปัจจุบันมีสถานีตรวจแผ่นดินไหวทั้งหมด 12 แห่ง เป็นระบบ IRIS 1 แห่ง ที่จังหวัดเชียงใหม่ ระบบ WWSSN 1 แห่ง ที่จังหวัดสงขลา และเครื่องมือแบบ analog SPS อีก 10 แห่ง ได้แก่สถานีตรวจแผ่นดินไหวน่าน สถานีตรวจแผ่นดินไหวเขื่อนภูมิพล สถานีตรวจแผ่นดินไหวกาญจนบุรี สถานีตรวจแผ่นดินไหวเขื่อนเขาแหลม สถานีตรวจแผ่นดินไหวเลข สถานีตรวจแผ่นดินไหวอุบลราชธานี สถานีตรวจแผ่นดินไหวหนองพลับ สถานีตรวจแผ่นดินไหวภูเก็ตสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว เชียงราย จันทบุรี รวมถึงสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบdigital 11แห่ง ซึ่งบางแห่งติดตั้งคู่กับระบบanalog



- ก) ความแตกต่างระหว่างระยะเวลาที่คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิที่เดินทางเข้ามายังเครื่องบันทึกจะเพิ่มขึ้น ถ้าระยะทางจากจุดกำเนิดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้น ช่วงห่างของเวลาที่ตรวจบันทึกสถานีย่างๆจะสัมพันธ์กับ ระยะเวลา travel times ของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ จะนำมาคำนวณหาระยะห่างระหว่างจุดเกิด แผ่นดินไหวกับเครื่องบันทึกได้
- ข) เราสามารถกำหนดตำแหน่งของแผ่นดินไหวได้ ถ้าทราบระยะทางระหว่างจุดที่เกิดแผ่นดินไหวจาก สถานีวัด (ในรูปคือ A, B, C)

รูป 1.4 หลักการคำนวณหาจุดเกิดแผ่นดินไหวอย่างง่าย (ปัญญา จารุศิริ และคณะ 2540)

ปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยาให้บริการด้านข้อมูลแผ่นดินไหว และด้านวิชาการแผ่นดินไหวประเภท

1. ข้อมูลด้านตรวจวัดตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวรวมถึงข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวระบบดิจิทัล
2. เวลาเกิด (วัน-เวลาที่เกิดแผ่นดินไหว)
3. ขนาดสถิติแผ่นดินไหวที่เคยเกิดในอดีต ความรู้วิชาการด้านแผ่นดินไหว และวิศวกรรมแผ่นดินไหว
4. การดำเนินงานของคณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติ
5. ความร่วมมือในด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างประเทศ ความร่วมมือด้านแผ่นดินไหวและวิศวกรรมแผ่นดินไหวระหว่างประเทศกับสาธารณรัฐประชาชนจีน สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ญี่ปุ่น อาเซียน เป็นต้น

#### 1.6 ข้อปฏิบัติจากการเกิดแผ่นดินไหว

ข้อปฏิบัติในการป้องกันและบรรเทาภัยจากแผ่นดินไหว

- ก่อนเกิดแผ่นดินไหวควรจัดเตรียมเครื่องอุปโภคบริโภคที่จำเป็น เช่น ถ่านไฟฉาย อุปกรณ์ดับเพลิง น้ำดื่ม น้ำใช้ อาหารแห้ง ไว้ใช้ในกรณีไฟฟ้าดับหรือกรณีฉุกเฉินอื่น ๆ
- ควรจัดหาเครื่องรับวิทยุ ที่ใช้ถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่ สำหรับเปิดฟังข่าวสารคำเตือน คำแนะนำ และสถานการณ์ต่าง ๆ
- ควรจัดเตรียมอุปกรณ์นิรภัย สำหรับการช่วยชีวิต
- ควรเตรียมยารักษาโรคและเวชภัณฑ์ให้พร้อมที่จะใช้ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น
- ควรจัดให้มีการศึกษาถึงการปฐมพยาบาล เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมที่จะช่วยเหลือผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ หรืออันตรายให้พ้นขีดอันตรายก่อนที่จะถึงมือแพทย์
- ควรทราบตำแหน่งของวาล์ว เปิด-ปิดน้ำ ตำแหน่งของสะพานไฟฟ้าเพื่อตัดตอนการส่งน้ำและไฟฟ้า
- ควรยึดเครื่องเรือน เครื่องใช้ไม้สอยภายในบ้าน ที่ทำงาน และในสถานศึกษาให้ความมั่นคง แน่นหนา ไม่โยกเยกโคลงเคลงไปทำความเสียหายแก่ชีวิต และทรัพย์สิน
- ไม่ควรวางสิ่งของที่มึนน้ำหนักรวม ๆ ไว้ในที่สูง เพราะอาจถ่วงหล่นมาทำความเสียหายหรือเป็นอันตรายได้
- ควรมีการเตรียมการอพยพเคลื่อนย้าย หากถึงเวลาที่จะต้องอพยพควรมีการวางแผนป้องกันภัยสำหรับครอบครัว ที่ทำงาน และสถานศึกษา มีการชี้แจงบทบาทที่สมาชิกแต่ละบุคคลจะต้องปฏิบัติ มีการฝึกซ้อมแผนที่จัดทำไว้ เพื่อเพิ่มลักษณะ และความคล่องตัวในการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน

### ขณะเกิดแผ่นดินไหว

- ให้ตั้งอยู่ในสติ อยู่ในที่ที่แข็งแรงปลอดภัย ห่างจากประตู หน้าต่าง สายไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า และสิ่งห้อยแขวน
- ปฏิบัติตามคำแนะนำ ข้อควรปฏิบัติของทางราชการอย่างเคร่งครัดไม่ตื่นตระหนกจนเกินไป
- ไม่ควรทำให้เกิดประกายไฟ เพราะหากมีการรั่วซึมของแก๊สหรือวัตถุไวไฟ อาจเกิดภัยพิบัติจากไฟไหม้ ไฟลวก ช้ำช้อนกับแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นอีก
- ควรเปิดวิทยุรับฟังสถานการณ์ คำแนะนำคำเตือนต่าง ๆ จากทางราชการอย่างต่อเนื่อง
- ไม่ควรใช้ลิฟต์ เพราะหากไฟฟ้าดับอาจมีอันตรายจากการติดอยู่ภายในลิฟต์
- มุดเข้าไปนอนใต้เตียงหรือคั่ง อย่าอยู่ใต้คานหรือสิ่ง ๆ มีน้ำหนักมาก
- อยู่ใต้โต๊ะที่แข็งแรง เพื่อป้องกันอันตรายจากสิ่งปรักหักพังร่วงหล่นลงมา
- อยู่ห่างจากสิ่งที่ไม่มั่นคงแข็งแรง
- ให้รีบออกจากอาคารเมื่อมีการสั่งการจากผู้ที่ควบคุมแผนป้องกันภัย หรือผู้ที่รับผิดชอบในเรื่องนี้ หากอยู่ในรถ ให้หยุดรถจนกว่าแผ่นดินจะหยุดไหวหรือสั่นสะเทือนหลังเกิดแผ่นดินไหว
- ตรวจเช็คการบาดเจ็บ และการทำการปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับบาดเจ็บแล้วรีบนำส่งโรงพยาบาลผู้ที่ได้รับบาดเจ็บแล้วรีบนำส่งโรงพยาบาลโดยด่วน เพื่อให้แพทย์ได้ทำการรักษาต่อไป
- ตรวจเช็คระบบน้ำ ไฟฟ้า หากมีการรั่วซึมหรือชำรุดเสียหาย ให้ปิดวาล์ว เพื่อป้องกันน้ำท่วม เอ่อ ขกสะพานไฟฟ้า เพื่อป้องกันไฟฟ้ารั่ว ไฟฟ้าลัด หรือไฟฟ้าช็อต
- ตรวจเช็คระบบแก๊ส โดยวิธีการดมกลิ่นเท่านั้น หากพบว่ามีการรั่วซึมของแก๊ส(มีกลิ่น) ให้เปิดประตูหน้าต่าง แล้วออกจากอาคาร แจ้งเจ้าหน้าที่ป้องกันภัยฝ่ายพลเรือนผู้ที่รับผิดชอบได้ทราบในโอกาสต่อไป
- เปิดฟังข่าวสารและปฏิบัติตามคำแนะนำ จากทางราชการอย่างขะมัดระวังโดยตลอด
- ไม่ใช้โทรศัพท์โดยไม่จำเป็น (อาจใช้โทรศัพท์มือถือหรือวิทยุ)
- อย่าคนน้ำล้างส้วม จนกว่าจะมีการตรวจเช็คระบบท่อเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เพราะอาจเกิดการแตกหักของท่อในส้วม ทำให้น้ำท่วมเอ่อหรือส่งกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนาออกมาทำลายสุขภาพจิต
- ให้ออกจากอาคารที่ชำรุดโดยด่วน เพราะอาจเกิดการพังทลายลงมาอย่างรวดเร็ว
- ให้สวมรองเท้าเพื่อป้องกันสิ่งปรักหักพัง เศษแก้ว เศษกระเบื้อง
- ให้ไปรวมพล ณ ที่หมายที่ได้ตกลงนัดหมายกันไว้ และตรวจนับจำนวนสมาชิกว่าอยู่ครบหรือไม่
- ปลอ่ยให้เจ้าหน้าที่ได้เข้าปฏิบัติงานในบริเวณที่ได้รับความเสียหาย ผู้ไม่มีหน้าที่หรือไม่เกี่ยวข้อง ไม่ควรเข้าไปในบริเวณนั้น ๆ หากไม่ได้รับการอนุญาต
- ออกจากชายฝั่ง เพราะอาจเกิดคลื่นใต้น้ำที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงซัดฝั่งได้ แม้ว่าการสั่นสะเทือนของแผ่นดินจะสิ้นสุดลงแล้วก็ตาม

## บทที่ 2

### สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

อาจกล่าวได้ว่ามนุษย์ได้พยายามหาคำตอบมาช้านานแล้วว่าแผ่นดินไหวเกิดมาได้อย่างไรซึ่งสามารถรวบรวมได้เป็น 2 รูปแบบด้วยกันคือ แผ่นดินไหวเกิดจากสิ่งเหนือธรรมชาติ (Supernatural) กับ แผ่นดินไหวที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural) พวกที่เชื่อว่าแผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติยากต่อการพิสูจน์ ปัจจุบันก็ยังมียุคเฉพาะกับพวกเคร่งศาสนาโดยแนวความคิดหนักแน่นไปในรูปของพวกที่เชื่อเรื่องโลกแบนหรือโลกกลวง (Flatten Earth หรือ Hollw Earth) เช่นในประเทศอังกฤษ ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากพวกยุโรปแต่สมัยโบราณเพราะมนุษย์ในสมัยนั้นมีความเข้าใจถึงธรรมชาติน้อยมาก เมื่ออธิบายไม่ได้ในตอนนั้นจึงต้องทึกทักเอาว่าเป็นสิ่งผิดธรรมชาติ ในเรื่องแผ่นดินไหวนี้ คนไทยสมัยโบราณก็คิดเหมือนกันว่าเป็นเพราะปลาอานนท์พลิกตัว เมื่อแบกรับโลกอยู่นานๆ ก็เกิดความเมื่อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนท่าแบกเสียใหม่ให้หายเมื่อย(จะได้สมดุลใหม่) ในต่างประเทศเช่นญี่ปุ่นก็มีเรื่องเล่าหรือแนวคิดแบบนี้เหมือนกัน แต่ของเขาเป็นปลาดุกยักษ์แทน (ภาษาญี่ปุ่น เรียก Namazu) ซึ่งก็เกิดการขยับตัวเหมือนกัน(คงจะให้เกิดการสมดุลอีกนั่นแหละ)

ต่อมามนุษย์เริ่มรู้จักการสังเกตและเริ่มหาเหตุผลที่เป็นระบบมากขึ้น มีการประดิษฐ์เครื่องมือต่างๆ มาช่วยการค้นหาคำตอบมากมาย ด้วยเหตุนี้ ณ ประเทศจีน เมื่อ 1,800 กว่าปีมาแล้วได้มีนักปราชญ์จีนชื่อ ฉางเฮง (Chang Heng ) ประดิษฐ์เครื่องมือตรวจจับคลื่นสั่นสะเทือนได้เป็นครั้งแรกของโลก ต่อมาวิชาการแขนงนี้ก็พัฒนาไปอย่างมากมาย จนกระทั่งพบว่าแผ่นดินไหวนั้นไม่ได้เกิดกระจายกระจายทั่วไปในส่วนต่างๆ ของโลกโดยไม่มีระบบหรือแบบแผน แต่กลับมีกระจายอยู่เป็นแนวหรือบริเวณจำกัด

#### 2.1 ชนิดของการเกิดแผ่นดินไหว

ในที่นี้เราจัดจำแนกชนิดของการเกิดแผ่นดินไหว เราสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- 1) แผ่นดินไหวจากธรรมชาติ (Natural Earthquake)
- 2) แผ่นดินไหวจากมนุษย์ (Artificial Earthquake หรือ Man-made Earthquake)

ชนิดแรกจากธรรมชาติสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แผ่นดินไหวที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก (Tectonic-involving earthquake) และแผ่นดินไหวจากการระเบิดของภูเขาไฟ (Volcanic earthquake)

ชนิดที่สองจากมนุษย์ที่สำคัญได้แก่ แผ่นดินไหวจากระเบิดปรมาณู (Atomic-bomb earthquake) แผ่นดินไหวจากการกักน้ำในเขื่อน (Reservoir - induced earthquake หรือ RIE) และจากการระเบิดหน้าเหมือง (Quarry-Front earthquake) การใช้ประโยชน์จากน้ำใต้ดิน น้ำพุร้อน และขบวนการผลิตน้ำมัน (Fluid extraction & injection) รวมทั้งการระเบิดเพื่อสำรวจ เพื่อก่อสร้าง เพื่อการทำลายตึก ด้วยของหนักๆ

อาจกล่าวได้ว่าการเกิดแผ่นดินไหวทั้งหมดทุกรูปแบบนี้สามารถตรวจจับได้ด้วยเครื่องบันทึกความสั่นสะเทือน (Seismograph) ได้ทั้งหมด หนังสือทางธรณีวิทยาเบื้องต้นหลายเล่ม (เช่น Press & Servier, 1980, ปัญหา จารุศิริ และคณะ, 2540) ได้รายงานว่ามีแค่แผ่นดินเพียงหนึ่งก้าวใกล้ ๆ เครื่องบันทึกแบบใช้แสงที่เรียกว่า Optical Seismograph ก็สามารถตรวจจับการไหวสะเทือนได้ ในปัจจุบันเครื่องมือบันทึกได้พัฒนาไปมากมีการรายงานไว้ว่า ถ้าหากให้ตำแหน่งระหว่างนครนิวยอร์กและนครลอนดอนเคลื่อนไปจากเดิม 1 ซม เครื่องมือดังกล่าวนี้ก็สามารถตรวจจับได้อย่างง่ายดาย เพราะสิ่งใดก็ตามที่มีการเคลื่อนที่สัมผัสกับอีกสิ่งหนึ่งย่อมก่อให้เกิดคลื่นสั่นสะเทือนซึ่งสามารถตรวจจับได้ทั้งนั้น

แต่แผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ ๆ (คือตั้งแต่ขนาด 5-6 ริกเตอร์ขึ้นไป) มักเป็นแผ่นดินไหวธรรมชาติที่เกิดภายในโลกเนื่องจากภาวะในเปลือกโลกอยู่ในภาวะกดคั้นหรือไม่สมดุลย์(ดูรายละเอียดในส่วนถัดไป) มากกว่าที่จะเกิดจากแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์มากมายหลายเท่า

แผ่นดินไหวจากการระเบิดของภูเขาไฟ เป็นแผ่นดินไหวตามธรรมชาติอีกรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการที่หินหนืดจากกระเปาะภายในโลกลึกตั้งแต่ 3-20 กิโลเมตรเคลื่อนที่ขึ้นมาสู่ผิวโลก ความแรงของการขับเคลื่อนหินหนืดปริมาณมาก ๆ มีผลทำให้เกิดแรงดันจนเกิดเป็นคลื่นความสั่นสะเทือนและเกิดแผ่นดินไหวในที่สุด

## 2.2 ทฤษฎีกลไกการเกิดแผ่นดินไหว (Earthquake mechanism)

กลไกการเกิดแผ่นดินไหวเท่าที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน สามารถอธิบายได้ด้วย 2 ทฤษฎี คือ

1. ทฤษฎีที่ว่าด้วยการขยายตัวของเปลือกโลก (Dilatation source theory) ซึ่งเชื่อว่าแผ่นดินไหวเกิดจากการที่เปลือกโลกเกิดการคดโค้งงออย่างฉับพลัน และเมื่อวัตถุขาดออกจากกันจึงปลดปล่อยพลังงานกลออกมาในรูปคลื่นแผ่นดินไหว

2. ทฤษฎีที่ว่าด้วยการคืนตัวของวัตถุ (Elastic rebound theory) ซึ่งเชื่อว่าแผ่นดินไหวเกิดจากการสั่นสะเทือน อันเป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน(Fault) ดังนั้นเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ถึงจุดหนึ่งวัตถุจึงขาดออกจากกัน และเสียดสีอย่างมากพร้อมกับการปลดปล่อยพลังงานออกมา และหลังจากนั้นวัตถุก็คืนตัวกลับสู่รูปเดิม

ในปัจจุบันทฤษฎีหลังดูเหมือนว่าได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถหาความสัมพันธ์ของแผ่นดินไหวกับความยาวรอยเลื่อน โดยอาศัยสูตร

$$\log D = 0.57M - 3.39$$

เมื่อให้  $D$  = ความยาวรอยเลื่อน(ฟุต) และ  $M$  = ขนาดแผ่นดินไหว(ริกเตอร์)

โดยที่ความยาวรอยเลื่อนอาจได้จากข้อมูลในภาคสนามหรือจากภาพถ่ายทางอากาศตามที่ได้กล่าวแล้วในตอนท้ายๆของส่วนนำ จุดที่เกิดแผ่นดินไหวหรือการกระจายตัวของตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหวนั้นเป็นไปอย่างมีระเบียบแบบแผนและกลไกการเกิดแผ่นดินไหวทั้งสองลักษณะนี้ทำให้ต้องกลับมาถามว่าเพราะเหตุใดแผ่นดินไหวจึงมักเกิดแถบนั้นตรงนั้น และด้วยวิธีนี้ ทฤษฎีหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับกันทั่ว

ไปในปัจจุบัน ก็คือ ทฤษฎีธรณี(วิทยา)แปรสัณฐาน หรือ Theory of Plate Tectonics ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก(Lithosphere) ไปบนฐานธรณี (Asthenosphere)

กล่าวโดยย่อทฤษฎีนี้เชื่อว่า พื้นผิวโลกประกอบด้วยแผ่นต่างๆ หลายแผ่น (เชื่อว่าประมาณ 10 แผ่น รูป 2.1) ใหญ่บ้างเล็กบ้างต่อกันแบบตัวต่อ (Jigsaw puzzle) ที่ขายกันตามท้องตลาด เรียก Lithospheric plate (หรือแผ่นเปลือกโลก) แผ่นที่เกิดบางส่วน ก็เป็นพื้นดิน บ้างก็เป็นพื้นน้ำ ในรูป 2.1 แผ่นอเมริกาเหนือ (North America Plate) ก็เป็นที่ตั้งของทวีปอเมริกาเหนือ แผ่นอินโดออสเตรเลีย (Indo-Australian Plate) ก็ประกอบด้วย ประเทศอินเดียไล่ลงมาทางตอนใต้สู่พื้นมหาสมุทรอินเดียผ่านไปถึงทวีปออสเตรเลีย หนึ่ง ประเทศไทยอยู่บนแผ่นยูเรเชีย (Eurasian Plate) นี้

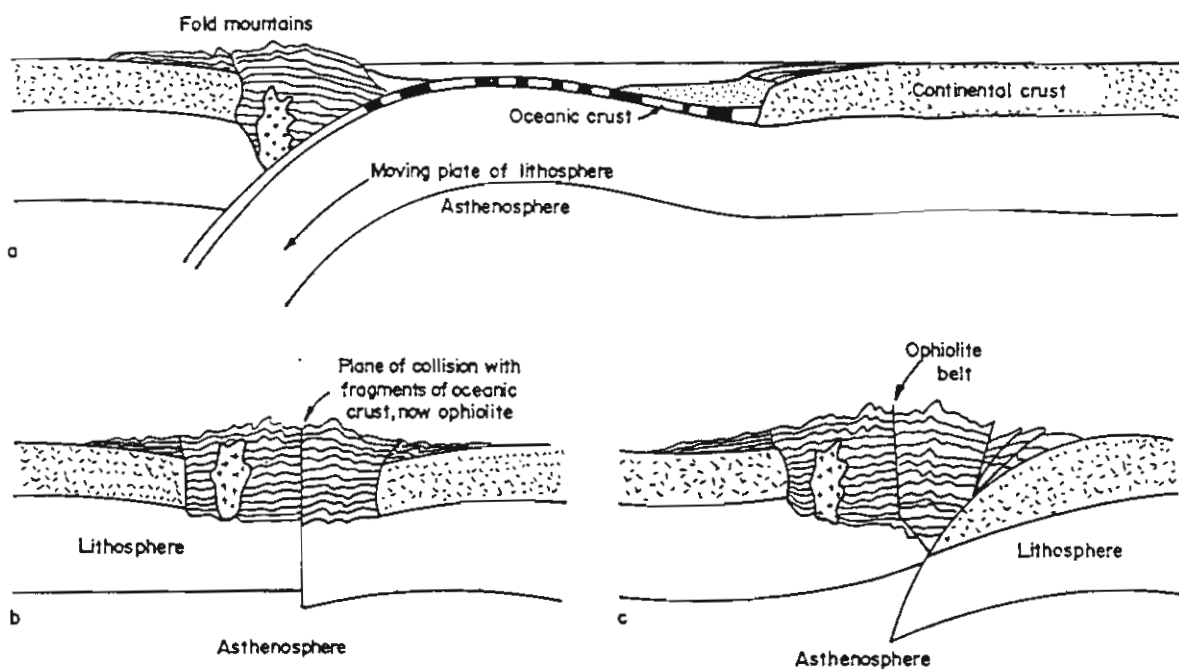
แผ่นหรือ Plate เหล่านี้ มีความหนาดั้งแต่ 5 - 80 กิโลเมตรกล่าวคือ โดยทั่วไปแผ่นที่รองรับมหาสมุทร (Oceanic Plate) จะมีความหนาไม่มากนักประมาณ 5 - 8 กิโลเมตร ในขณะที่แผ่น(เปลือกโลก)ที่รองรับพื้นดินหรือแผ่นทวีป (Continental Plate) มักมีความหนามากกว่า คือหนาประมาณ 30 - 80 กิโลเมตร แผ่นเปลือกโลกที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ โดยวางตัวอยู่บนชั้นหินซึ่งมีลักษณะค่อนข้างอ่อนตัว(Soft)กว่า ในทางธรณีวิทยาเรียกว่าฐานธรณีภาค หรือแอสทีโนสเฟียร์(Asthenosphere) ซึ่งที่นี้จะมีการถ่ายเทอุณหภูมิจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และก่อให้เกิดแรงผลักดัน ทำให้แผ่นเปลือกโลกซึ่งลอยตัวอยู่ข้างบนนั้นเคลื่อนที่ไปได้ จากการศึกษาพบว่า การเคลื่อนที่ของแผ่นซึ่งลอยอยู่ข้างบนนั้นมีการเคลื่อนที่ที่มีทิศทางที่เป็นระบบ (ถูกสรในรูปที่ 2.1 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก)

การที่แผ่นต่าง ๆ เหล่านี้มีการเคลื่อนที่หรือขยับตัวอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการกระทบกระทั่งที่ขอบหรือรอยต่อของแผ่นดังกล่าว จึงเกิดขึ้นได้เป็นธรรมดาเช่นกัน แต่เนื่องจากแผ่นดังกล่าวนี้มีความหนาบางไม่เท่ากันอีกทั้งยังมีความแข็งอ่อนไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดโครงสร้างต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของแผ่นอีกมากมาย เช่น การเคลื่อนที่เข้าหากัน(Convergent Plate Motion) ซึ่งมี 2 แบบ คือ

1. การมุดตัว (Subduction) เป็นโครงสร้างที่เกิดขึ้นในลักษณะที่เปลือกโลกแผ่นหนึ่ง มุดลงใต้เปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่งดังแสดงในรูป 2.2 แผ่นที่บางกว่าและอ่อนกว่าซึ่งมักจะเป็นแผ่นมหาสมุทร (Oceanic Plate) มุดลงอยู่ลงข้างใต้แผ่นทวีปซึ่งมีความแข็ง (Rigid) และหนากว่า กรณีนี้มักจะเกิดขึ้นโดยทั่วไป และมักจะก่อให้เกิดแผ่นดินไหวที่ปรากฏให้เห็นอยู่บ่อย ๆ เช่น กรณีแผ่นดินไหวที่เมืองเม็กซิโก ในปี 2528 หรือแผ่นดินไหวที่มหานครซานฟรานซิสโก ในปี 2532 กล่าวคือ แผ่นดินไหวมักจะเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นที่มุดลงไปกับแผ่นที่อยู่ข้างบน แผ่นดินไหวส่วนใหญ่จึงมีจุดกำเนิดอยู่ลึก ๆ ( Deep - focus Earthquake ) และหลายครั้งที่มีอันตราย

2. การชนกัน(Collision) เกิดจากการที่แผ่นทวีปหนึ่งเคลื่อนตัวชนกับแผ่นทวีปอีกแผ่นหนึ่ง (รูป 2.3) ซึ่งมีความหนาและแข็งทั้งคู่ ซึ่งกรณีนี้ส่วนใหญ่จะไม่ทำให้เกิดการมุดตัวดังเช่นกรณีแรก แต่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางธรณีวิทยา แสดงลักษณะเป็นภูเขาสูง เช่น ในกรณีของเทือกเขาหิมาลัย เป็นต้น (รูป 2.3) การเคลื่อนตัวชนกันของแผ่นเปลือกโลกลักษณะนี้ ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ ได้





การเกิดการคดโค้ง เนื่องจากการชนกันของแผ่นเปลือกทวีป 2 ทวีป

- A) ชนกันแล้วเกิดเป็นเทือกเขาอย่างในทวีปอเมริกาใต้ทางตะวันตก
- B) ชนกันแล้วเพิ่มขนาดของระบบภูเขาเช่น เทือกเขาหิมาลัย และแอลป์
- C) ชนกันแล้วเกิดการเลื่อนตัวย้อนได้ เช่น เทือกเขาแอนน่าน และอูตรดิตถ์

รูป 2.3 ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันแบบชนกัน (collision) ของเปลือกโลกสองแผ่นจนก่อเกิดภูเขาสูงได้

เช่น ที่ประเทศตุรกี อิหร่าน โรมานี และ ในประเทศจีน เป็นต้น แผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับโครงสร้างชนิดนี้มักจะมีขนาดใหญ่อยู่ลึก ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและชีวิตมนุษย์มาก

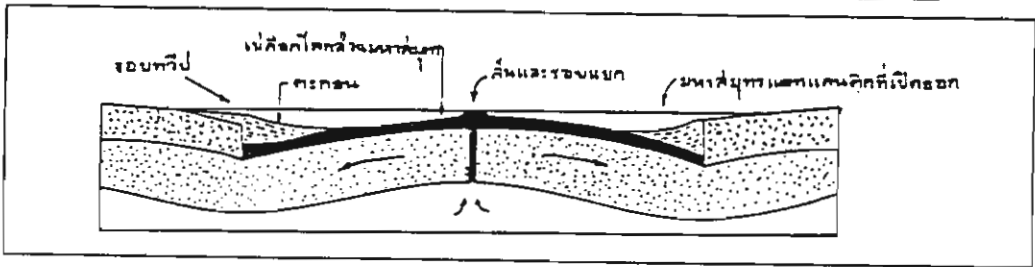
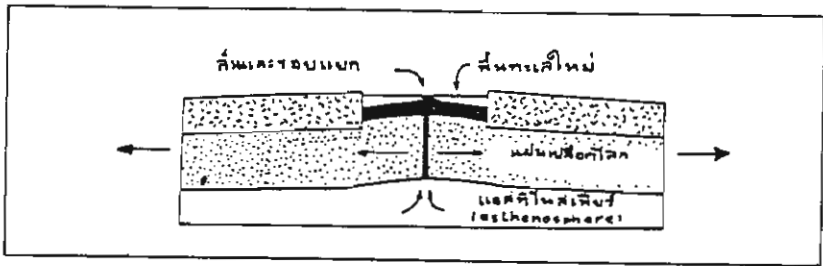
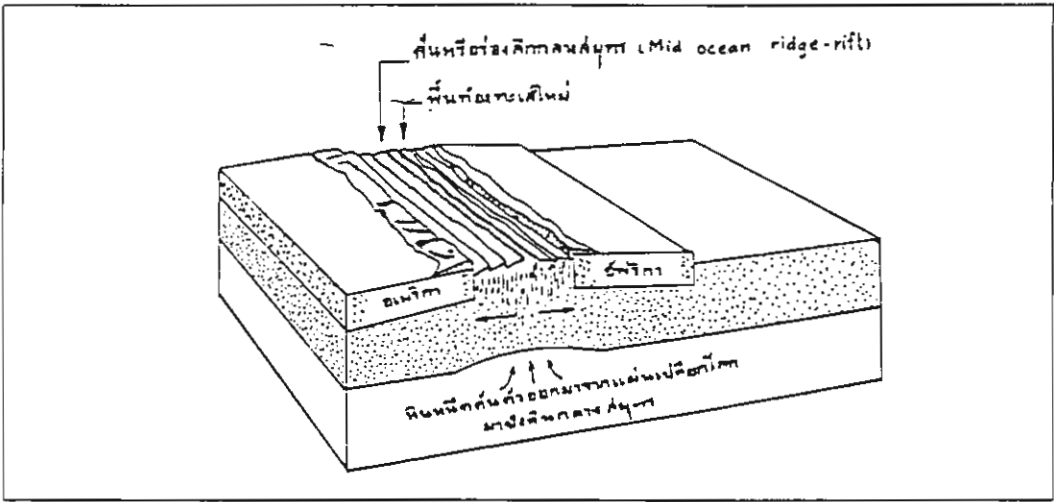
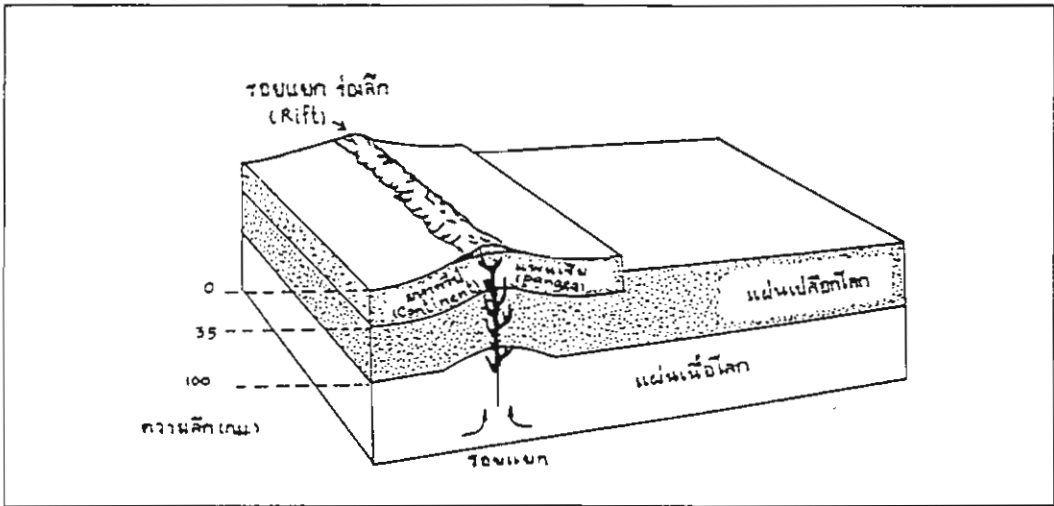
นอกจากนี้ก็มี การเคลื่อนที่ออกจากกัน ( Divergent Plate Motion ) ซึ่งคือการแยกตัวออกจากกัน (Spreading) การแยกตัวออกจากกันนี้ เป็นสภาพที่เปลือกสมุทรหรือพื้นมหาสมุทรเกิดการแยกตัวออกจากกันบริเวณสันกลางสมุทร (Mid-Oceanic Ridge) ที่บริเวณนี้หินหลอมละลาย (Magma) จะดันตัวขึ้นมาตามรอยแยกนี้ และอัดหรือดันตัวออกไปทางด้านข้าง (รูป 2.4) มองดูก็คล้าย ๆ กับการผลิตแผ่นมหาสมุทรใหม่ขึ้นมาแทนที่แผ่นเก่าซึ่งมุดลงอีกข้างหนึ่งของมหาสมุทร แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบริเวณนี้จึงมักมีขนาดเล็ก แต่ก็เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา โดยมากมักไม่ทำความเสียหายหรือก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ เนื่องจากอยู่ห่างไกลออกไปในทะเล เช่น บริเวณสันกลางมหาสมุทรแอตแลนติก แต่เมื่อสันนี้ผ่านไปบนเกาะก็จะทำให้เกิดอันตรายได้ เช่น ที่เกาะไอซ์แลนด์ เป็นต้น โดยทั่วไปมักเป็นแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็ก และระดับตื้น (Shallow - focus Earthquakes)

การเคลื่อนที่แบบสุดท้าย คือ การเคลื่อนที่ผ่านกัน (Transform Plate Motion ) เป็นการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกสองแผ่นผ่านกันไป (ดูรูป 2.5) การเคลื่อนที่แบบนี้มักเกิดขึ้นในทะเล ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวระดับตื้นและไม่ค่อยทำความเสียหายเท่าใด เพราะส่วนใหญ่มีจุดกำเนิดอยู่ในทะเลถ้ารอยเลื่อนดังกล่าวเกิดอยู่บนแผ่นดิน เช่น ที่เกิดในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศอเมริกาจะปรากฏเป็นรอยเลื่อนยักษ์ ซึ่งเรียก San Andreas Fault (หรือรอยเลื่อนซานแอนเดรียส) เมื่อมีการเทียบค่าทำความเสียหายปีหนึ่งหลายล้านบาท และนับว่าเป็นบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวที่จัดว่ามีขนาดใหญ่จนถึงใหญ่มาก

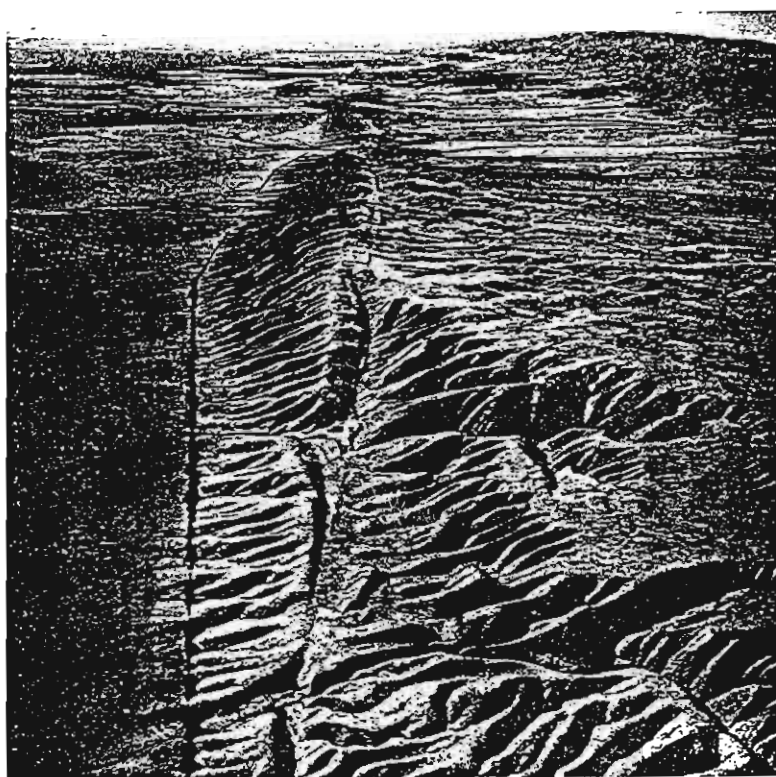
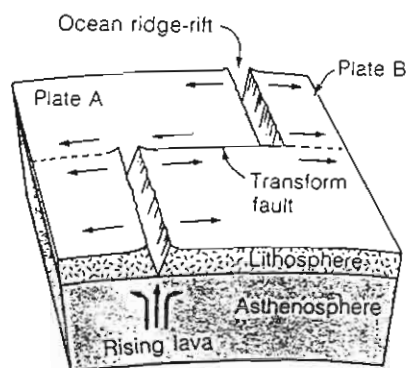
ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า ลักษณะโครงสร้างของแผ่นเปลือกโลกที่ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวที่สำคัญมีอยู่ไม่กี่บริเวณ ถ้าสามารถจัดโครงสร้างดังกล่าวได้ การศึกษาเรื่องราวสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหวจะไม่ยากนัก

## 2.3 โครงร่างและส่วนประกอบแผ่นเปลือกโลกของประเทศไทย และประเทศใกล้เคียง (Tectonic Frameworks and Tectonic Elements of Thailand and Adjacent Parts )

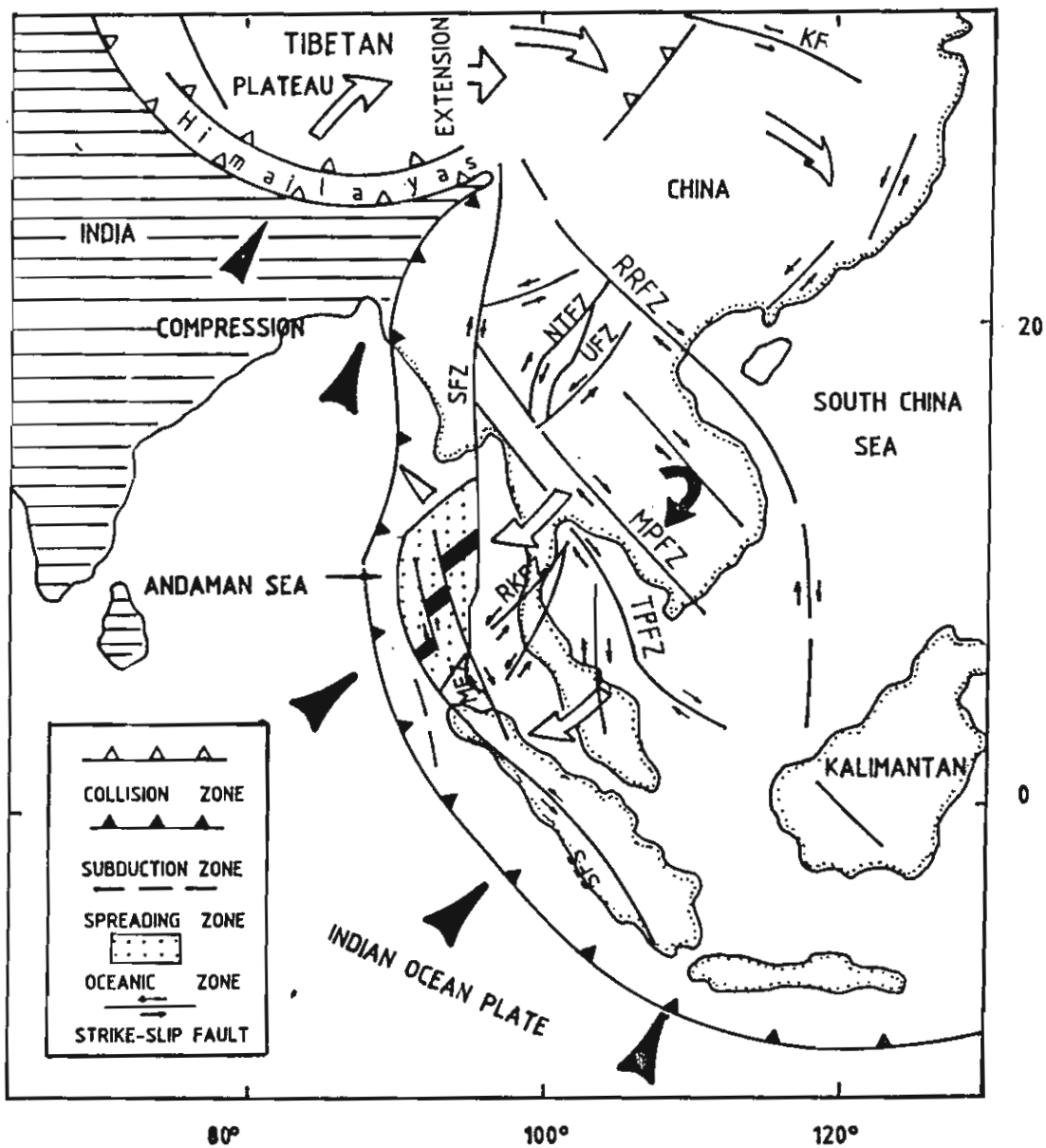
สำหรับประเทศไทยโครงร่างแผ่นเปลือกโลก (Tectonic plates) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอาณาบริเวณซันดา (Sunda land) รูป 2.6 และถ้ายึดถือโครงร่างแผ่นเปลือกโลกเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หรือเอเชียตะวันออก ในช่วงอายุทางธรณีกาลล่าสุด (Late Cenozoic) เป็นเกณฑ์ (รูป 2.7) จะพบว่าส่วนของประเทศไทย และประเทศใกล้เคียงเป็นส่วนใต้สุดของแผ่นเปลือกโลกชนิดแผ่นทวีป ที่เรียกว่าแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) ซึ่งล้อมรอบด้วยแผ่นเปลือกโลกชนิดแผ่นมหาสมุทรอีก 2 แผ่น คือ แผ่นอินเดีย (Indian plate) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Indo-Australian plate และมีรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก (Plate Boundary) ตั้งแต่ตะวันตกของประเทศไทย อ้อมหมู่เกาะสุมาตรา และหมู่เกาะซาวาไปทางใต้ และแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิก (Pacific plate) ซึ่งคือส่วนตะวันตกของแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (West Pacific plate ) และมีรอยต่อระหว่างแผ่นอยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย



รูป 2.4 ลักษณะการเคลื่อนตัวออกจากกัน แบบแยกตัวออกจากกัน (spreading) ของแผ่นเปลือกโลกเดิมตามรอยแตก



รูป 2.5 ลักษณะการเคลื่อนที่ผ่านกัน (Transform plate motion) ซึ่งทำให้แผ่นเปลือกโลกสองแผ่นเคลื่อนที่ผ่านกัน (ภาพถ่ายเป็นภาพส่วนของรอยเลื่อนซานแอนเดรียส ประเทศสหรัฐอเมริกา)

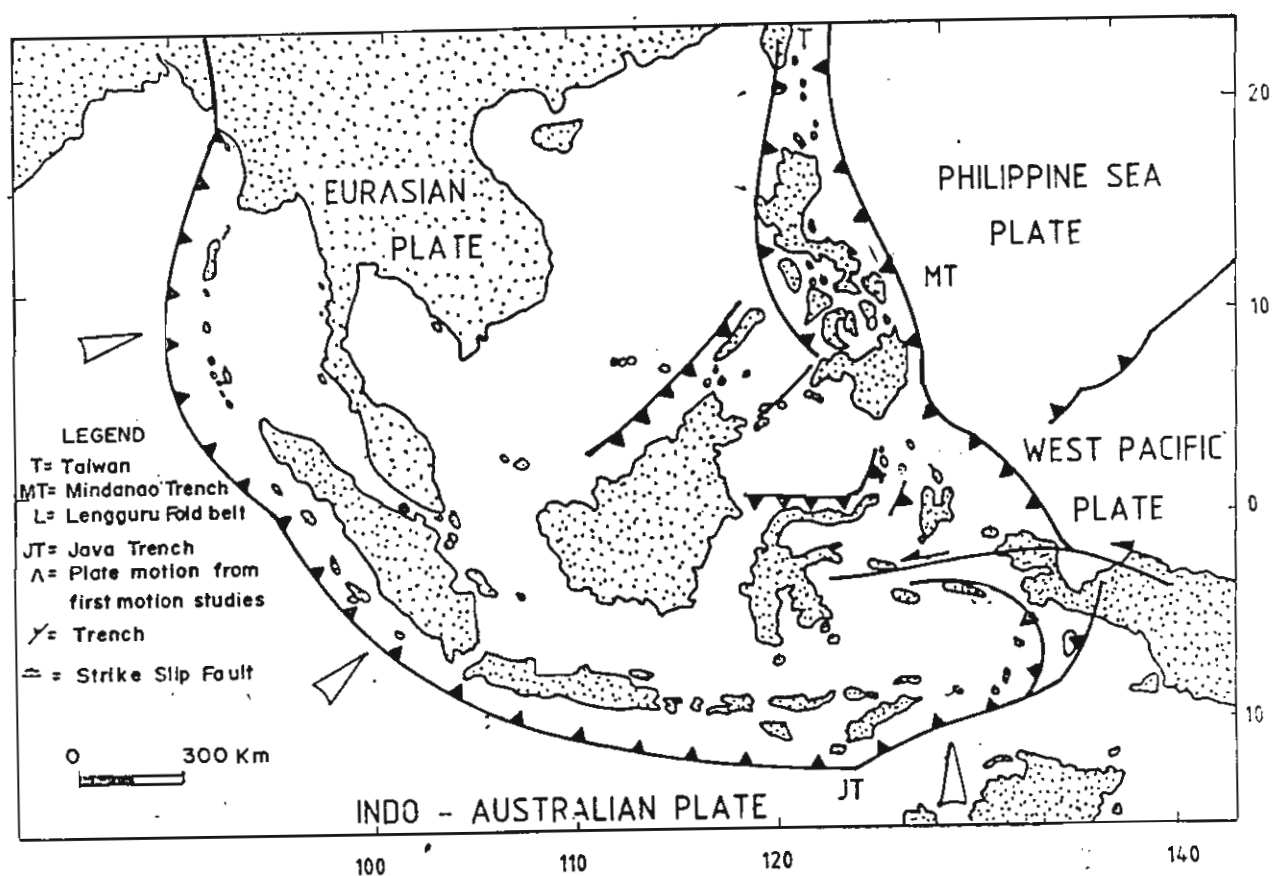


รูป 2.6 โครงสร้างการแปรสัณฐานแผ่นเปลือกโลก (Tectonic framework of plates) ของพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อันเป็นส่วนหนึ่งของดินแดนซันดา (Sundaland) ของเอเชีย  
(ลูกศรใหญ่แสดงการเคลื่อนที่ ลูกศรเล็กแสดงรอยเลื่อน หลังจากที่ทวีปอินเดียเข้ามาชนทวีปเอเชีย)

นอกจากแผ่นเปลือกโลกดังกล่าวแล้วตรงบริเวณรอยต่อกันระหว่างแผ่นทวีปยูเรเชีย(Eurasian plate) และแผ่นมหาสมุทร แปซิฟิกตะวันตก (West Pacific plate) ยังมีแผ่นทะเลฟิลิปปินส์ (Philippine sea plate) อีกแผ่นหนึ่ง (รูป 2.7) จากข้อมูลธรณีวิทยาและการหาอายุหินทั่วทั้งประเทศ สนวกกับข้อมูลธรณีภาคสนาม และข้อมูลโทรทัศน์ผัด ทำให้ทราบว่าประเทศไทยประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลกย่อยๆอีกอย่างน้อย 4 แผ่น (รูป 5.8) ได้แก่ 1) แผ่นทวีปฉาน - ไทย ทางทิศตะวันตก 2) แผ่นมหาสมุทรลำปาง - เชียงราย (S ในรูป 5.8) 3) แผ่นมหาสมุทรนครไทย (L ในรูป 5.8) และ 4) แผ่นทวีป อินโดจีนทางภาคตะวันออก

สำหรับส่วนประกอบของแผ่นเปลือกโลกของบริเวณย่านนี้ประกอบด้วยแนวการมุดตัว (Subduction zone) ระหว่างรอยต่อระหว่างแผ่นต่าง ๆ แนวสันเปลือกโลกใต้ทะเล , รอยเลื่อนชนิดต่าง ๆ รวมทั้งแอ่งสะสมตะกอนชนิดต่าง ๆ ด้วย รูป 2.8 แสดงถึงแผ่นเปลือกโลก(Lithospheric plate) และแผ่นเปลือกโลกย่อย (Micro plates) รอบประเทศไทย และทิศทางการเคลื่อนตัวของแผ่น เมื่อเทียบกับการชนกันระหว่างแผ่นอินเดียกับแผ่นยูเรเชียของเอเชีย จากรูปทั้งสองดังกล่าวนี้จะเห็นได้ว่า แผ่นดินไหวมักเกิดอยู่ตรงรอยต่อระหว่างแผ่น(เปลือกโลก) ในขณะที่บริเวณภายในแผ่นเป็นบริเวณที่มีความเสถียรมากกว่า และมีแผ่นดินไหวเกิดน้อยกว่า ดังนั้นบริเวณที่เป็นมณฑลเสถียรหรือเปลือกโลกเก่าแก่ (Shield Area) บนทวีปหรือพื้นมหาสมุทรจึงเป็นบริเวณที่เปลือกโลกที่เข้าสู่สภาวะสมดุลทางธรณีวิทยาแล้ว และไม่น่าเกิดแผ่นดินไหว

ประเทศไทย (ดูรูป 2.8) เป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้(Southeast Asian Plate) โดยประชิดติดกับแผ่นจีน(China)ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ และติดกับแผ่นอินเดีย (Indian หรือ Indo-Australian) ทางด้านตะวันตกส่วนทางตะวันตกเฉียงเหนือติดกับแผ่นทิเบต(Tibetan)ดูเหมือนว่าแผ่นยูเรเชียแทบจะหยุดนิ่งกับที่ ขณะที่แผ่นอินโด-ออสเตรเลียเคลื่อนขึ้นมาจากด้านเหนือในลักษณะตามเข็มนาฬิกา (Clockwise component) และแผ่นแปซิฟิกเคลื่อนตัวออกไปทางตะวันตก ด้วยภาวะเช่นนี้ย่อมทำให้ขอบของแผ่น(เปลือกโลก)เหล่านี้แสดงสภาพที่เป็นร่องลึก(Trench)และแนวเลื่อนที่เกิดขึ้นจะเป็นผลมาจากแนวการแยกตัวออกจากกัน(Spreading zone) ในทะเลอันดามันก็ยังเป็นแนวการเกิดแผ่นดินไหวด้วย ในหลักการทั่วไปการเกิดการเลื่อนตัวแนวราบเป็นหลักการสำคัญต่อการเกิดแผ่นดินไหวชนิดตื้น(Shallow-focus earthquake)ในขณะที่การเลื่อนตัวแบบเฉียง ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวระดับกลาง (Intermediate earthquake) มากกว่า



รูป 2.7 เอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแผ่นฟิลิปปินส์ แผ่นแปซิฟิกตะวันตกและแผ่นยูเรเชีย (หัวลูกศรแสดงทิศการมุดตัว)

ประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นเขตที่ยังมีแรงคลื่นไหวแบบแปรสัณฐาน(แรงคลื่นไหวภายในโลก) อยู่โดยรอบ (ชัยยันต์ หินทอง, 2534) ซึ่งแผ่นดินไหวเหล่านี้คงจะมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกต่าง ๆ เหล่านี้แน่นอน รูป 2.8 เป็นภาพที่แสดงถึงรูปลักษณะ ธรณีแปรสัณฐานและรวมถึงรอยเลื่อนขนาดใหญ่ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเมื่อเปรียบเทียบกับ รูป 3.1 ในบทที่ 3 จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่เป็นจุดกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นดินนั้น มีอยู่หลายบริเวณที่น่าจะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดเชิงสถานที่ (Spatial relationship) กับแนวรอยเลื่อนใหญ่หลายแนว ปัญหาสำคัญจึงอยู่ที่ว่าแนวรอยเลื่อนเหล่านี้มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดในแง่กาลเวลา (Temporal relationship) ด้วยหรือไม่ หรือว่ามีรอยเลื่อนขนาดเล็ก ๆ ใกล้รอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่เกิดแผ่นดินไหวจริงหรือ รูป 2.6 แสดงบริเวณแผ่นเปลือกโลกทวีปซันดา (Sunda land) คือส่วนหนึ่งของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (จาก Tapponnier และ คณะ, 1986) ส่วนรูป 2.7 แสดงให้เห็นถึงโครงร่างแผ่นเปลือกโลก และโครงสร้างแบบแปรสัณฐานบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (จาก Suensilpong , 1977)



| LEGEND                                                   |                                    |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1                                                        | Mae Ping Fault                     |
| 2                                                        | Three Pagoda Fault                 |
| 3                                                        | Red River Fault                    |
| 4                                                        | Song Ma Fault                      |
| 5                                                        | Mae Tha Fault                      |
| 6                                                        | Uttaradit (Nan River) Fault Suture |
| 7                                                        | Ranong Fault                       |
| 8                                                        | Klong Marui Fault                  |
| 9                                                        | Bentong - Ruab Suture              |
| 10                                                       | Malacca Fault                      |
| 11                                                       | Mergui Fault                       |
| 12                                                       | Indo-Burma Thrust                  |
| 13                                                       | Tertiary Volcanic Belt             |
| 14                                                       | Pegu - Yoma (Sagyaing) Belt        |
| 15                                                       | Sumatra Fault                      |
| 16                                                       | Khorat Monocline                   |
| 17                                                       | Khorat Basin                       |
| 18                                                       | Chao Phraya Basin                  |
| S                                                        | Sukhothai Fold Belt                |
| L                                                        | Loei Fold Belt                     |
| Major Structure and Tectonic Pattern of Mainland SE Asia |                                    |

### บทที่ 3

#### ข้อมูลแผ่นดินไหว

ในบทนี้เป็นการศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหว ซึ่งแบ่งเป็นสองส่วน ในส่วนแรกเป็นการศึกษาข้อมูลที่ได้มาจากการบันทึกโดยตรงเช่นสถานีภาคพื้นดิน จดหมายเหตุ บันทึกต่างๆ ทั้งทางดาราศาสตร์และทางประวัติศาสตร์ นับตั้งแต่พระพุทธเจ้าเสด็จปรินิพพาน คือประมาณเมื่อทศวรรษที่แล้ว ศาสตราจารย์ปริญญา นุตาลัย (Nutalaya และคณะ, 1985) และสิริลักษณ์ จันทรางค์สุ(1986) นับได้ว่าเป็นบุคคลกลุ่มแรกที่ได้รวบรวมข้อมูลดังกล่าวอย่างเป็นระบบโดยละเอียด สำหรับส่วนที่สองเป็นข้อมูลจากเครื่องมือวัดทั้งที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลทั้งสองส่วนมีดังต่อไปนี้

#### 3.1 ข้อมูลเบื้องต้นทางประวัติศาสตร์

ข้อมูลแผ่นดินไหวในประเทศไทย และประเทศข้างเคียงที่มีบันทึกความเสียหายตั้งแต่ในอดีตจนถึง พ.ศ. 2443 ที่มีขนาดความรุนแรง (ตามมาตราเมอร์คัลลี) ตั้งแต่ VII ได้แสดงไว้ในตาราง 3.1 ซึ่งสังเกตได้ว่าแผ่นดินไหวเกิดขึ้นทั้งหมด 27 ครั้ง จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ทำให้ Nutalaya และคณะ (1985) สรุปว่าแผ่นดินไหวที่โยนกนคร(หรือเชียงแสน) ซึ่งปัจจุบันอยู่ทางตอนใต้สุดของประเทศจีน หรือ ณ ที่ใด ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ในปัจจุบันบ้างก็ว่าอยู่ในไทยบ้างก็ว่าอยู่ในจีน นับได้ว่ารุนแรงที่สุดโดยจัดขนาดของความรุนแรงประมาณ XII (แบบเมอร์คัลลี) อย่างไรก็ตามโยนกนครนี้มีความเชื่อกันหลายอย่างเช่น สิริลักษณ์ จันทรางค์สุ (1986) เชื่อว่า ในปี พ.ศ. 1003 ก็มีแผ่นดินไหวใหญ่เกิดขึ้น เมืองทั้งเมืองจมสู่บาดาลพร้อมกับพระมหาชัยชนะ ราชผู้ครองนครนั้น ตลอดจนไพร่ฟ้าข้าแผ่นดินทั้งปวง บริเวณโยนกนครกลายเป็นทะเลสาบที่ปัจจุบันนี้เรียก “กว๊านพะเยา” จวบจน พ.ศ. 2088 ก็เกิดแผ่นดินไหวใหญ่ที่นครเชียงใหม่จนยอดเจดีย์หลวงสูง 86 เมตรจากพื้นดินพังลงมาเหลือ 60 เมตร นับตั้งแต่บัดนั้นจนถึงปัจจุบันคิดแล้วก็คือประมาณร่วม 550 ปีมาแล้ว ก็ไม่เคยมีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ปรากฏให้เห็นในประเทศไทย และข้างเคียงอีกเลย ตาราง 3.2 แสดงแผ่นดินไหวที่มีศูนย์กลางในประเทศไทย และประเทศข้างเคียงที่มีขนาดกำลังตั้งแต่ 6 ขึ้นไปนับตั้งแต่ พ.ศ. 2443 (หรือ ค.ศ. 1900) ถึงปัจจุบันจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของคณะผู้วิจัยพบว่าแผ่นดินไหวที่มีขนาดกำลังมากที่สุดคือ ประมาณ 8.7 เกิดขึ้นบริเวณหมู่เกาะอันดามัน เมื่อ 26 มิถุนายน 2484

นอกจากนั้นคณะผู้วิจัยยังได้ข้อมูลทางประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในบริเวณแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากรายงานการศึกษาของกรมทรัพยากรธรณีหรือกรมสำรวจธรณีวิทยาของอินเดีย(Geological Survey of India) ซึ่งทำให้ทราบว่าเท่าที่มีการศึกษา และบันทึกหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่า มีแผ่นดินไหวในประเทศพม่าจนถึงอินเดีย และบริเวณแถบข้างเคียงรวมมากกว่า 50 ครั้ง และมีหลายครั้งที่แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในบริเวณแถบมณฑลยูนนานของจีน (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 3.2) หรือ

พม่า บังกลาเทศ หรือแม้แต่ทางเหนือของอินเดียก็สามารถรู้สึกได้ในประเทศไทยในหลายบริเวณ ตัวอย่างที่ดีสำหรับหลักฐานดังกล่าวได้มาจากการศึกษาของ Oldham (1883) ซึ่งพบว่าเมืองหลายเมืองในบริเวณแถบอ่าวเบงกอล เช่นเมืองกัลกัตตา (Calcutta) ของอินเดีย และเมืองเดคคา (Decca) ของบังกลาเทศ พบว่ามีแผ่นดินไหวใหญ่ๆ เกิดหลายครั้ง ในช่วงศตวรรษที่ 19 (ดูรูป 3.1) อันได้แก่ปี ค.ศ.1803, 1819, 1833 และ 1858 (คือ พ.ศ. 2346, 2362 และ 2401 ตามลำดับ) และโดยเฉพาะปี ค.ศ. 1858 (หรือ พ.ศ. 2401) ปรากฏว่าการสั่นสะเทือนรุนแรงมากเพราะรู้สึกเข้ามาถึงกรุงเทพฯ เชียงใหม่ อุบลราชธานี และไปถึงเมืองหลวงพระบางของประเทศลาว แผ่นดินไหวใกล้เคียงกับเมืองมันตะเลย์ (Mandalay) ของตอนกลางประเทศพม่า ก็เช่นเดียวกัน คือ เมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม ค.ศ. 1912 (พ.ศ.2455) มีความรุนแรงประมาณ IX ที่เมืองมันตะเลย์ แต่ที่กรุงเทพฯ เหลือประมาณ II - III และเชียงใหม่-เชียงรายประมาณ IV-V (ดูรูป 3.2) จากรายงาน (หนังสือพิมพ์บางกอกไทม์ฉบับมกราคม, 2455) ปรากฏว่าความสั่นสะเทือนรุนแรงไปถึงเมืองนครศรีธรรมราช ที่นั่นแม้ไม่มีแผ่นดินไหวก็ปรากฏว่ามีพายุกระหน่ำจนหลังคาเสียหายไปหลายหลัง ต่อมา Chhiber(1934) ได้รายงานว่าขนาดของแผ่นดินไหวครั้งนี้ประมาณ 7.9 และอีกครั้งในปี ค.ศ.1930 จากการศึกษาศึกษาของ Brown & Leicester(1983) แผ่นดินไหวความรุนแรง V และมีขนาด 7.3 เกิดขึ้น 2 ครั้ง เมื่อ 5 พฤษภาคม และ 3-4 ธันวาคม โดยเกิดขึ้นที่เมืองพยู (Pyu) ตอนเหนือของนครย่างกุ้ง (ดูรูป 3.3) ทั้งสองครั้งรู้สึกได้เกือบทั่วทุกภาคในประเทศไทย แต่ไม่พบความเสียหายมากมายใดๆ ในไทย

หลังจากนั้นก็มีแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทยเกิดขึ้นอีกหลายครั้ง นอกเหนือจากที่นครโยนก (รูป 3.4) ดังปรากฏในตารางที่ 3.3 แต่ก็ไม่พบความเสียหายเกิดขึ้นมากเท่าใดเช่นกัน ในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา แผ่นดินไหวขนาดปานกลางได้เกิดขึ้นบ้างในภาคเหนือของไทย บ้างก็ทำให้เกิดความเสียหาย เช่น 17 กุมภาพันธ์ 2518 ขนาด 5.6 M ใน จ. ตาก, 22 เมษายน 2526 ขนาด 5.9 M ใน จ. กาญจนบุรี, 17 กันยายน 2537 ขนาด 5.1 M ใน อ. พาน จ. เชียงราย ซึ่งนำความเสียหายให้กับโรงพยาบาล พาน, โรงเรียน และวัดต่างๆ นับสิบๆ แห่ง บางแห่งถึงกับใช้การไม่ได้

จะสังเกตได้ว่าข้อมูลทางประวัติศาสตร์แม้ไม่ค่อยให้ความกระจ่างในเรื่องตำแหน่งและเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวมากเท่าใดนัก แต่ก็ให้ข้อมูลว่าเคยมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นในภูมิภาคแถบนี้ค่อนข้างแน่นอน (ตาราง 3.3) และก็มีหลายครั้งโดยเฉพาะเมื่อมีแผ่นดินไหวขนาดเล็กเกิดขึ้น และสามารถบันทึกหรือกำหนดขนาดความรุนแรง และตำแหน่งว่าห่างจากเมืองเท่าใดได้ และยังมีบางครั้งที่บันทึกเวลาคลาดเคลื่อนไป จากการศึกษาศึกษาของ Nutalaya และคณะ (1985) ปรากฏว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2455 - 2502 มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบนภาคพื้นทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จำนวน 261 ครั้ง ซึ่งในจำนวนนี้นับได้ว่าไม่สามารถตรวจอย่างได้ว่ามีควมลึกเท่าใดประมาณ 221 ครั้ง (คิดเป็นร้อยละ 85) ส่วนที่เหลืออีก 40 ครั้ง พอรู้คร่าว ๆ ว่าเป็นแผ่นดินไหวระดับตื้น 19 ครั้ง (คิดเป็นร้อยละ 7) และระดับปานกลาง 21 ครั้ง (คิดเป็นร้อยละ 8)

### 3.2 ข้อมูลจากเครื่องมือวัด

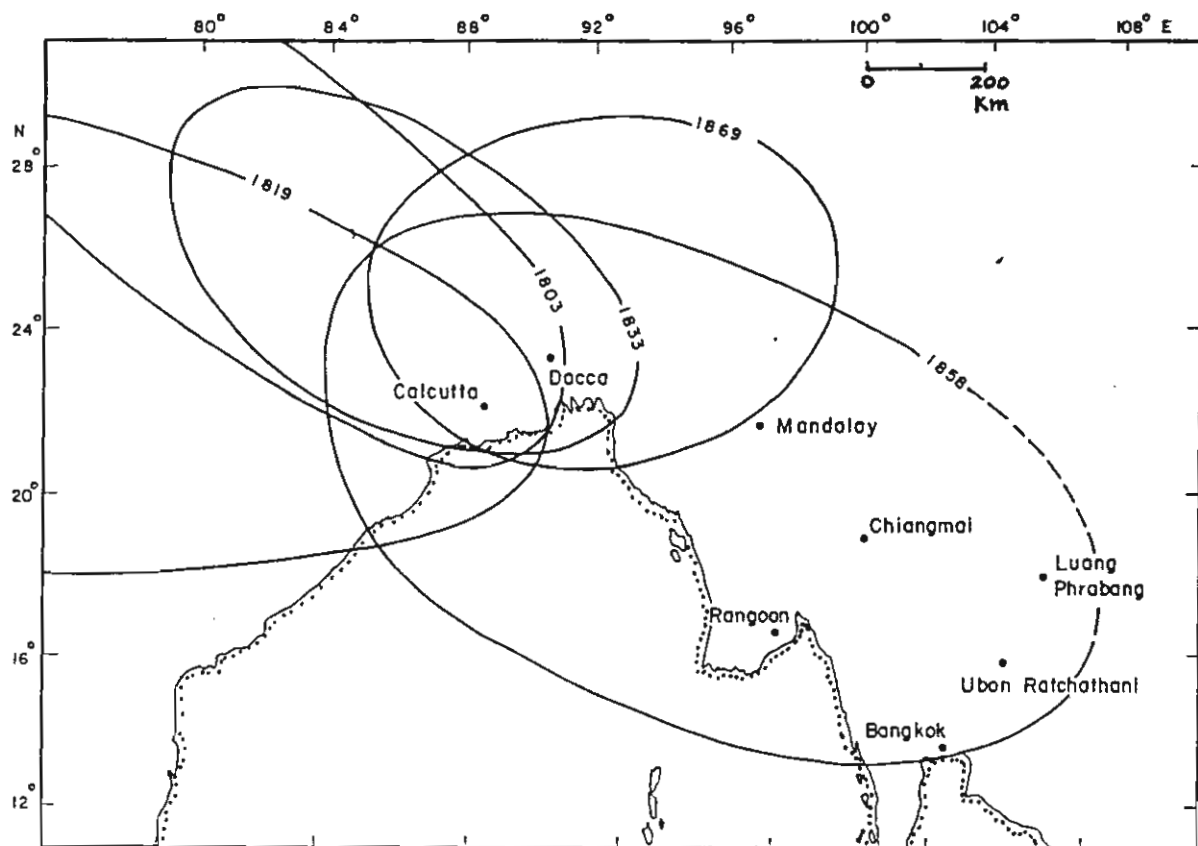
ประเทศไทยเริ่มมีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวเมื่อเดือนมีนาคม 2506 (ค.ศ.1963) ที่เชียงใหม่เป็นครั้งแรกโดยความช่วยเหลือจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ข้อมูลเกี่ยวกับการติดตั้ง ระยะเวลาสถานที่ ความสูง ได้แสดงไว้ในตาราง 3.2 แสดงถึงแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและข้างเคียง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2443 (ค.ศ. 1900) ที่มีขนาดกำลังมากกว่า 6 (หรือมีความรุนแรงโดยเฉลี่ย VIII ถึง IX จากตาราง จะเห็นได้ว่าแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากที่สุด(คือประมาณ 7.7) และมีความรุนแรงมากจนเกิดความเสียหายอย่างมากคือ ที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้กรุงเทพมหานคร ประเทศเวียดนาม เมื่อวันที่ 4 มกราคม 2513 ส่วนอีกครั้งเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 2531 บริเวณใกล้พรมแดนจีน-พม่า ซึ่งก็รู้สึกได้ทางตอนเหนือของไทยด้วย (ดูตาราง 3.3) นับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาก็ไม่มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (คือตั้งแต่ 6) เกิดขึ้นอีกเลยในประเทศไทย และใกล้ๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จนกระทั่งจากการศึกษาธรณีวิทยาสนามของคณะผู้วิจัยในมณฑลเสฉวน ประเทศจีนเมื่อเร็ว ๆ นี้ (มกราคม 2540) ทำให้ทราบว่าเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 เวลา 21.00 น. ได้เกิดแผ่นดินไหวใกล้เมืองชานหยุน ทางตอนใต้ของมณฑลยูนนานแถบเมืองซูถัง (Zhutang) วัดขนาดได้ประมาณ 7.6 มีผู้เสียชีวิต 18 คน บาดเจ็บ 161 คน บ้านเรือนถูกทำลาย 5,000 กว่าหลัง และตั้งแต่นั้นจนถึงธันวาคม พ.ศ. 2534 มีแผ่นดินไหวใหญ่น้อยเกิดขึ้นในบริเวณแถบนี้ ตรวจจับได้ถึง 4,188 ครั้ง

จากการศึกษาข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับตำแหน่ง และความรุนแรงของแผ่นดินไหว (ดูรูป 3.5) โดยเฉพาะที่ตรวจจับได้ด้วยเครื่องมือวัด ทำให้เราได้ทราบว่าบางบริเวณเป็นบริเวณที่มีการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำกันบ่อยหลายครั้ง และบางครั้งก็เกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ ด้วย บริเวณที่น่าสนใจได้แก่

- 1) บริเวณแถบอะระโยมา ทางตะวันตกสุดของประเทศพม่า
- 2) บริเวณตะวันออกของประเทศพม่าที่ติดกับตอนกลางของพม่า
- 3) บริเวณรอยต่อระหว่างพม่า-ลาว-จีน และ
- 4) บริเวณแม่น้ำแดงของเวียดนามและจีน

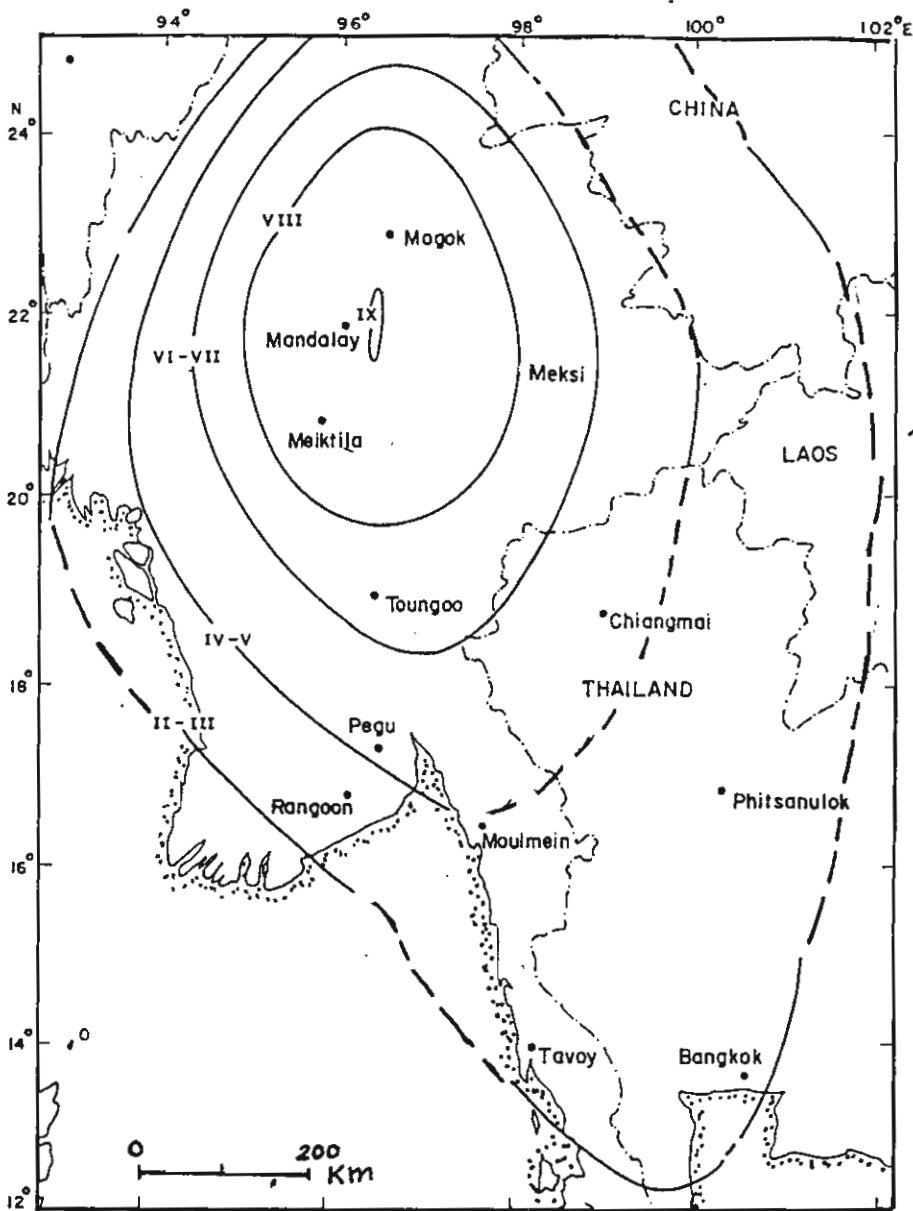
ซึ่งบริเวณทั้งหมดนี้อยู่บนภาคพื้นทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนในทะเล เช่น บริเวณแถบช่องแคบมะละกา อ่าวไทย และทะเลจีนตอนใต้ไม่เคยปรากฏข้อมูลแผ่นดินไหว แต่จะปรากฏพบหนาแน่นมากในบริเวณตั้งแต่ทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา และทะเลอันดามันเรื่อยมาจนถึงหมู่เกาะอันดามันและนิโคบาร์ และบริเวณแถบรอยต่อระหว่างอ่าวมะตะมะกับอ่าวเบงกอล

แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุด (ตาราง 3.2) เกิดขึ้นในทะเลอันดามัน (พ.ศ. 2484) วัดขนาดได้ 8.7 (ในมาตราริกเตอร์) และวัดความรุนแรงสูงสุดได้ X (มาตราเมอร์คาลี่) จากการศึกษาของ Nutalaya และคณะ (1985) พบว่าแผ่นดินไหวที่รุนแรง และทำความเสียหายได้มากที่สุดในช่วงเวลาปัจจุบันคือแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นทางตอนเหนือของประเทศพม่า เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2523 วัดขนาดได้ 7.3 (มาตราริกเตอร์)



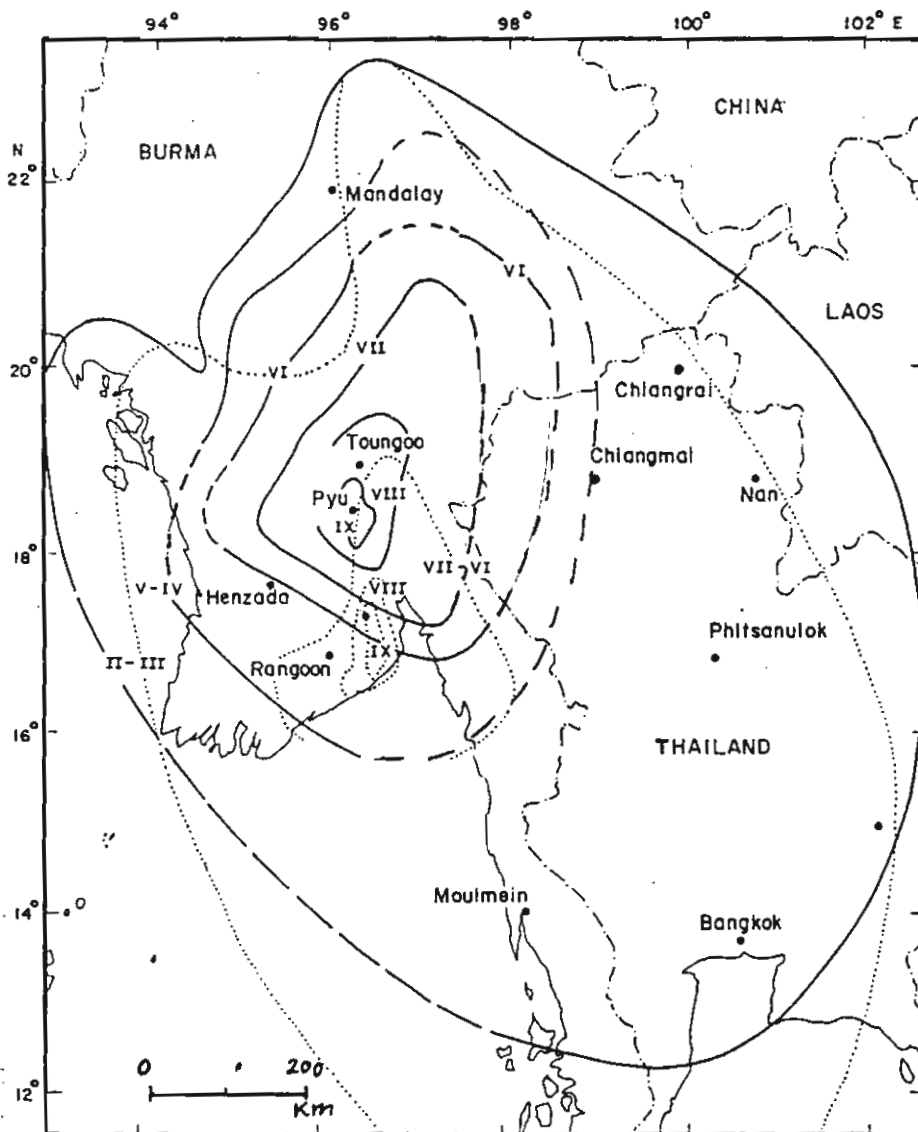
Boundaries of Seismic Areas of 19 th Century Indian Earthquakes  
(after Oldham , 1883)

รูป 3.1 การเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในแถบอ่าวเบงกอล อินเดีย และบังคลาเทศ เมื่อ พ.ศ. 2346, 2362 และ 2401 ที่รู้สึกได้จนถึงกรุงเทพฯ (ดัดแปลงจาก Oldham, 1883)



Isoseismal Map of the Mandalay Earthquake of 23 May 1912  
(after Brown , 1914)

รูป 3.2 การเกิดแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดมาจากตอนกลางของประเทศพม่า เมื่อ พ.ศ. 2455 ที่รู้สึกได้ในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก Brown, 1914)



รูป 3.3 การเกิดแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดจากตอนเหนือของกรุงย่างกุ้ง ที่รู้สึกได้ในเกือบทุกภาค ในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก Brown, 1914)

แม้จะไม่มีข้อมูลมากมายนักแต่ก็ทำให้ทราบว่าแผ่นดินไหวคราวนั้นทำให้มีผู้เสียชีวิตหลายร้อยคนที่เมืองเพโย (Peyu) พบว่าเมืองทั้งเมืองเสียหายอย่างหนักมาก อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของคณะผู้วิจัยกลับเชื่อว่า แผ่นดินไหวบนทวีปแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เกิดขึ้นบริเวณทางตะวันตกของพม่าเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2455 ที่วัดขนาดได้ 7.9 (มาตราริคเตอร์) ซึ่งเทียบกับความรุนแรงได้ IX ซึ่งเมื่อนำข้อมูลเฉพาะด้านสถิติมาวิเคราะห์เพียงอย่างเดียวโดยผนวกการศึกษาของคณะผู้วิจัยและรายงานของ Nutalaya และคณะ เข้าด้วยกันจะพบว่า ยังไม่เคยมีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ๆ เกิดขึ้นในประเทศไทยเลย และดูเหมือนว่ายิ่งนับวันแผ่นดินไหวจะยิ่งอ่อนกำลังลงมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากตาราง 3.4 ซึ่งแสดงถึงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ๆ ที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2508 จนถึง พ.ศ. 2532 ที่มีขนาดตั้งแต่ 3 ขึ้นไป (ในมาตราริคเตอร์) ที่สำคัญได้แก่แผ่นดินไหวแถบเทือกเขาอะระกันโยมาทางตะวันตกของพม่าโดยวัดขนาดได้ 6.3 (ในมาตราริคเตอร์) นอกนั้นก็ไม่ค่อยปรากฏแผ่นดินไหวที่น่าสนใจอีกเลย

สุมาลี ประจวบ (2533) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหวตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (ดังที่แสดงในตาราง 3.5 และ 3.6) โดยถือเฉพาะที่เป็นแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 7 (ในมาตราริคเตอร์) ที่เกิดความสั่นสะเทือนรู้สึกได้ถึงกรุงเทพฯ ปรากฏว่ามีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นทั้งหมด 5 ครั้ง จากจำนวนทั้งหมด 22 ครั้ง (หรือประมาณร้อยละ 23) จะเห็นได้ว่าเป็นแผ่นดินไหวที่เกิดปรากฏอยู่นอกประเทศแทบทั้งสิ้น และจากจำนวน 5 ครั้งนี้มีเพียง 3 ครั้งเช่นกัน (คิดเป็นร้อยละ 60) ที่ทำให้เกิดความเสียหายเล็กน้อยมากที่กรุงเทพฯ (ดูตาราง 3.6) ตาราง 3.7 สรุปแผ่นดินไหวที่เกิดในประเทศไทย พ.ศ. 2526

ข้อมูลที่น่าสำคัญอีกประการหนึ่ง และเป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับประเทศไทยโดยตรงน่าจะได้จาก การที่มีข่าวว่าจะเกิดแผ่นดินไหวติดต่อกันทุก ๆ 8 ปี ในบริเวณแถบตะวันตกของประเทศเช่น บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี และยังมีข่าวสำคัญเกี่ยวกับเรื่องแผ่นดินไหวของไทย เพราะได้เคยมีการพยากรณ์แผ่นดินไหว (Earthquake prediction) โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติเพียง 3 ครั้ง ในตำแหน่งที่ต่างกัน ซึ่งนับว่าไม่มีความหมายนักในทางวิทยาศาสตร์ด้านธรณีวิทยาในความเห็นของคณะผู้วิจัยกลุ่มนี้ กล่าวคือใช้ตำแหน่งที่เกิดในทะเลอันดามัน เมื่อปี พ.ศ. 2510 ขนาด 5.6 (มาตราริคเตอร์) บริเวณ อ. ท่าสองยาง จ. ตาก เมื่อปี พ.ศ. 2518 ขนาด 5.6 และที่ปลายอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ อ. ศรีสวัสดิ์ จ. กาญจนบุรี ปี พ.ศ. 2525 ขนาด 5.8 เป็นเกณฑ์ ซึ่งทำให้เป็นที่น่าสังเกตว่าน่าจะเกิดขึ้นอีกภายในปี พ.ศ. 2534 แต่จริงๆ กลับไม่เกิด และไม่สามารถกำหนดตำแหน่งได้อย่างถูกต้องนัก เพราะถือว่าเกิดทุก ๆ 8 ปี ซึ่งในทางวิทยาศาสตร์ถือว่าโอกาสที่เกิดเป็นไปได้น้อยมาก และจัดได้ว่าเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงทางวิทยาศาสตร์ (Nonscientific-oriented reference) ได้ หลักฐานในตาราง 3.3 น่าจะยืนยันได้ว่าเราใช้ตัวเลขในทุกปีไม่ได้ เพราะเป็นตัวเลขที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (Non-significant sampling) เลย แต่ถ้ามองในแง่ดี (Optimistic view) น่าจะมีเจตนาให้หน่วยงานที่รับผิดชอบซึ่งก็คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกรมชลประทานได้ตระหนักถึงโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวและหาทางบรรเทาความเสียหายหรือป้องกันอันตรายถ้าจะมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นเพื่อให้เป็นการตั้งอยู่ในความไม่ประมาท แต่ผลเสียที่ออก

มากลับทำให้เกิดภาพในทางลบ(Negative หรือ pessimistic view) เพราะเกิดการต่อต้านการสร้างเขื่อนในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี และต่อมาคือที่แก่งเสือเต้นในจังหวัดแพร่อย่างมากมาย ซึ่งอาจก่อให้เกิดความไม่เป็นธรรมต่อหน่วยงาน เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ และกรมชลประทานได้

### 3.3 ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ผลของการต่อต้านในเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อม และความกลัวต่อการเกิดแผ่นดินไหว ผสมกับการพยากรณ์แผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาทำให้ภาพพจน์ของการสร้างเขื่อนของกฟผ. และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องไม่แจ่มชัด ด้วยความตื่นตระหนกของบุคคลหลายฝ่ายทั้งนักวิชาการ และบุคคลธรรมดา จากการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้ของ สุภวรรณ คล้ายพงษ์พันธ์ (2533) และของ JICA (1989) พอสรุปได้ว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นที่บริเวณเขื่อนอ่างเก็บน้ำของจังหวัดกาญจนบุรีนั้น เกิดจากการกักเก็บน้ำ (Reservoir-induced earthquake) เป็นส่วนใหญ่ และได้ลดขนาดความรุนแรงลงเรื่อย ๆ (ดูรูป3.6และ3.7) จนไม่น่าจะมีผลต่อสิ่งก่อสร้างหรือตัวเขื่อนเองแต่อย่างใด

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหว และการสร้างเขื่อนจากหลายประเทศซึ่งพอสรุปได้ว่าปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนหรือการเกิดแผ่นดินไหว น่าจะมีผลมาจากการกักเก็บน้ำจากเขื่อน (Filling of reservoir) ซึ่งกักเก็บน้ำในระดับสูงโดยตรง โดยเริ่มเห็นชัดเจนมากขึ้นเมื่อเริ่มกักเก็บน้ำไปแล้วสักระยะ โดยที่เขื่อนหลายแห่งเริ่มแสดงการเกิดแผ่นดินไหวหรือปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนหลังจากที่เริ่มกักเก็บน้ำได้ 1 ปี ถึง 5 ปี ปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนอาจเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามการขึ้นลงของระดับน้ำในเขื่อน เมื่อระดับน้ำในเขื่อนอยู่ในระดับที่ประมาณการไว้ ความรุนแรงของการสั่นสะเทือนก็จะน้อยลง ผลก็คือ พลังงานในการปลดปล่อยลดน้อยลงด้วย แต่ปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนไม่ขึ้นกับปริมาณของน้ำในเขื่อน เนื่องจากเขื่อนขนาดยักษ์หลายแห่งไม่แสดงปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนเลย อย่างไรก็ตามเขื่อนบางเขื่อนแสดงปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนแบบมีนัยสัมพันธ์กับอัตราการกักเก็บน้ำในเขื่อน จากการศึกษาปรากฏว่าขนาดของการสั่นสะเทือนหรือการเกิดแผ่นดินไหวในกรณีนี้อยู่ในช่วงประมาณ 2 ถึง 5 (ตามมาตราริกเตอร์) เป็นส่วนใหญ่ และการสั่นสะเทือนที่มีมากที่สุดเท่าที่บันทึกได้คือ 6.5 - 7 (มาตราริกเตอร์) และปรากฏการณ์การสั่นไหวอาจเกิดขึ้นต่อเมื่อกักเก็บน้ำได้ลึกกว่า 100 เมตร การแพร่กระจายความรุนแรงคิดเป็นระยะทางได้ 25 กิโลเมตร โดยจุดที่เกิดอยู่ลึกโดยเฉลี่ยประมาณ 5 กิโลเมตร (หรือประมาณช่วง 3 ถึง 7 กิโลเมตร) เขื่อนลักษณะนี้มักตั้งอยู่ในบริเวณที่มีปรากฏการณ์การสั่นไหวตามธรรมชาติแบบไม่รุนแรงจนถึงปานกลาง (Low to intermediate seismic regions) โดยมักเกิดควบคู่หรือตั้งอยู่บนรอยเลื่อนทั้งที่เก่าและใหม่(Inactive and active faults) ซึ่งอาจเป็นรอยเลื่อนแบบปกติหรือแบบเลื่อนแนวนอนก็ได้ จากการรวบรวมทางสถิติของผู้วิจัยทั้งจากข้อมูลในประเทศ และในต่างประเทศพอสรุปได้ว่า ในปัจจุบันขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดจากเขื่อนน้อยกว่าที่เกิดจากธรรมชาติจริงๆ

จากการศึกษาพอสรุปได้ว่าแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกักเก็บน้ำนี้มีกลไกหลักมาจาก 2 ประการด้วยกัน คือประการแรก น้ำหนักของน้ำในเขื่อนก่อให้เกิดแรงดัน (Stress) และจัดว่าเป็น “ฟางเส้นสุดท้าย”

ที่ยังผลให้เกิดการเคลื่อนไหว หรืออีกประการหนึ่งแรงดันจากช่องว่างในหินเพิ่มขึ้น(ore pressure increase) หลังจากการกักน้ำโดยจะปลดแรงดันที่มีผลต่อการปรับตัว(Effective pressure) หรือ

$$Pe = Po - PI$$

โดยที่  $Pe$  = แรงดันที่มีผล (Effective stress) ต่อการปรับตัวของเปลือกโลก

$Po$  = แรงดันของเปลือกโลก (Tectonic stress)

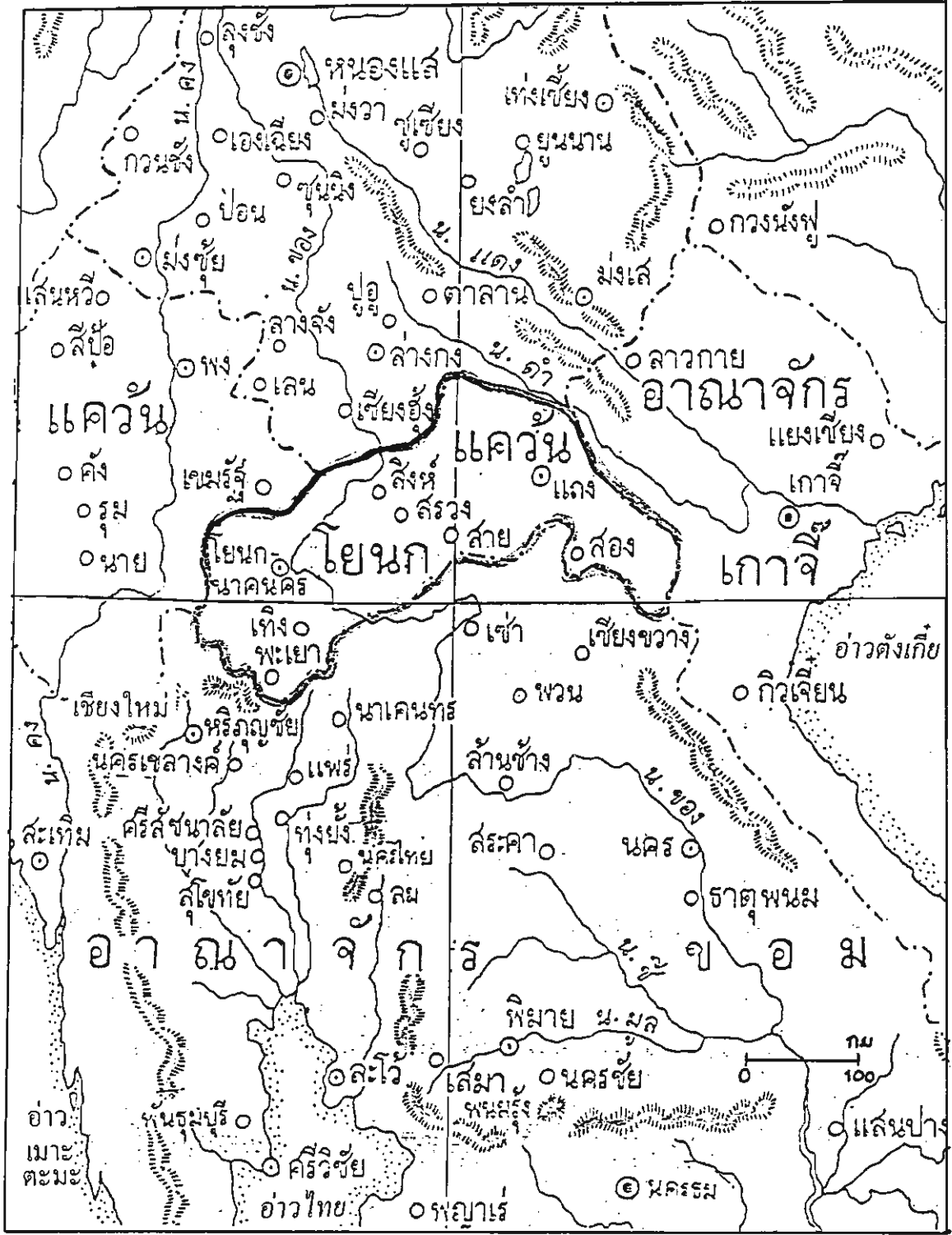
$PI$  = แรงดันจากช่องว่าง (Pore pressure)

นอกจากนั้นบางคนยังคิดว่าปริมาณของน้ำในเขื่อนเองอาจก่อให้เกิดปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนได้โดยตรง จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของศุภวรรณ คล้ายพงษ์พันธ์ (2533) น่าจะพิสูจน์ได้ว่าแผ่นดินไหวที่รุนแรงขนาด 5.8 (มาตราริกเตอร์) นั้น ซึ่งจัดว่ารุนแรงที่สุดในประเทศน่าจะมาจากการกักน้ำในเขื่อนมากกว่าที่เกิดจากธรรมชาติ (หรือจากรอยเลื่อน)

ในรัฐคาลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีแผ่นดินไหวขนาด 7.1 เมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2532 บริเวณภูเขาทางตอนใต้ของมหานครซานฟรานซิสโก ประมาณ 80 กิโลเมตร ปรากฏว่ามีผู้คนเสียชีวิตจำนวนมาก และทรัพย์สินเสียหายมาก แต่กลับพบว่าเขื่อนดินจำนวนมากกว่า 50 เขื่อน ที่อยู่ใกล้มี 100 กิโลเมตร จากศูนย์กลางแผ่นดินไหวไม่พบว่าเสียหายเลย เขื่อนดินประมาณ 12 เขื่อนที่มีความสูง 60 ถึง 70 เมตร ที่อยู่ตรงบริเวณแผ่นดินไหวพอดีกลับพบความเสียหายเพียงเล็กน้อยซึ่งได้แก่การทรุดตัวของสันเขื่อนและรอยพื้นดินแตกซึ่งก็ซ่อมแซมได้ไม่ยากนัก อย่างไรก็ตามน่าแปลกที่แม้จะเสี่ยงภัยมากมายก็ตาม มหานครซานฟรานซิสโกกลับมีประชาชนไม่ต่างไปจากเดิมหลังจากเกิดแผ่นดินไหว มีน้อยคนนักที่ย้ายไปอยู่รัฐอื่นเพราะกลัวภัยจากแผ่นดินไหว ส่วนใหญ่ก็ยังคงทำมาหากินดำเนินธุรกิจอยู่ที่เดิมต่อไป(Iven Wong & Clark Fenton, บริษัท Woodward Clyde Ltd., 2539, ติดต่อด่วน)

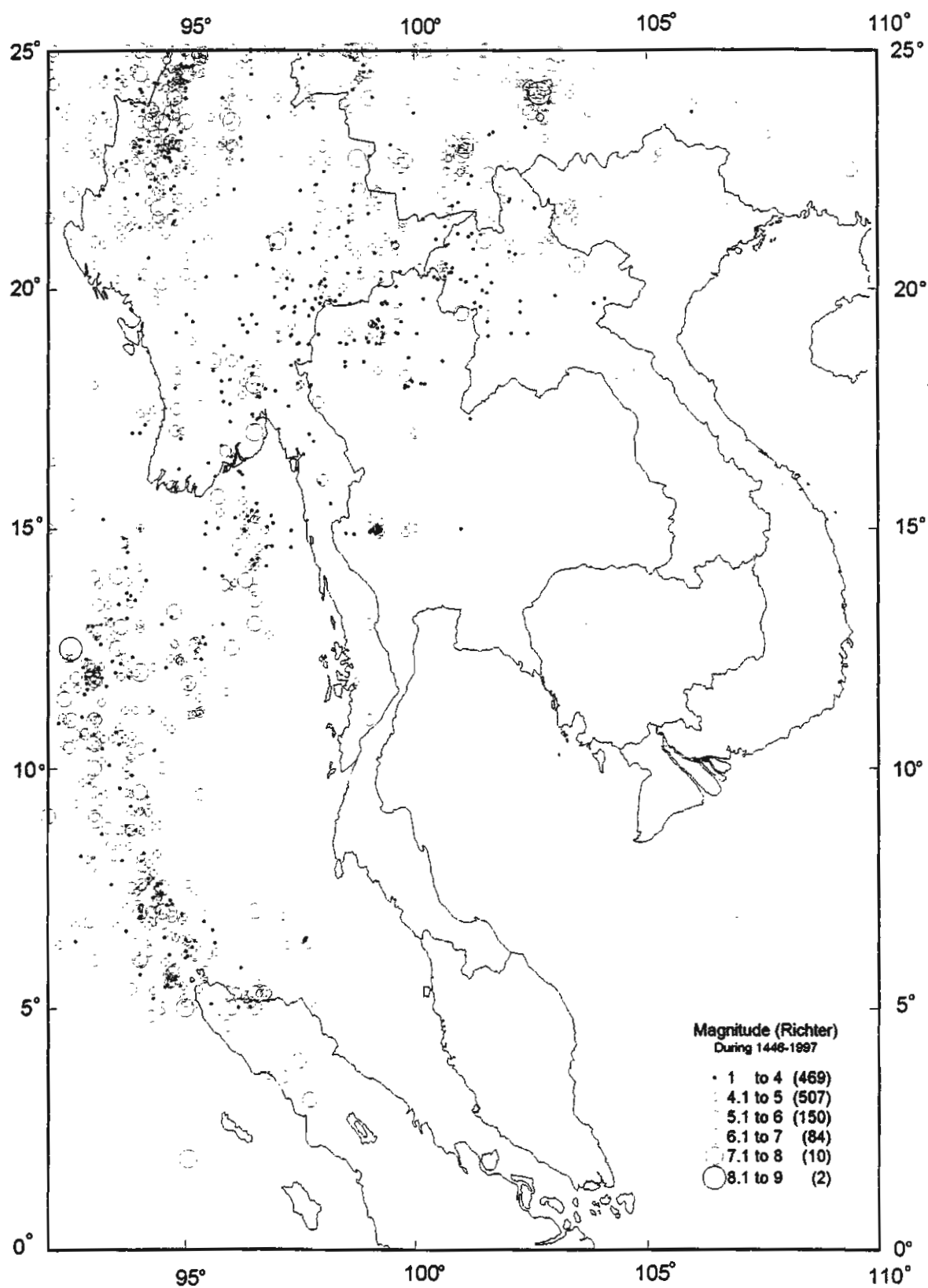
อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาจากตาราง 3.3 & 3.4 ซึ่งแสดงถึงแผ่นดินไหวที่มีขนาดตั้งแต่ 3 (มาตราริกเตอร์) ตั้งแต่ พ.ศ. 2507 จนถึง พ.ศ. 2530 ในระหว่างละติจูด  $10^{\circ}$  ถึง  $25^{\circ}$  เหนือ และลองจิจูด  $96^{\circ}$  ถึง  $105^{\circ}$  ตะวันออก ทำให้คณะผู้วิจัยนี้คาดคิดว่าแผ่นดินไหวที่เกิดในประเทศไทยจากข้อมูลสถิติที่ได้จากเครื่องบันทึกแผ่นดินไหวและจากข้อมูลเดิมได้เคยมีการศึกษาไว้ นับว่าอยู่ในระดับอ่อน(และไม่ถึงปานกลาง) โดยมากประมาณ 3-5 ซึ่งนับว่าไม่รุนแรงเท่าใดนัก และอาณาเขตความเสียหายก็ไม่แต่เป็นบริเวณกว้างเท่าใด (ไม่เกิน 50 ตร.กม) ถ้าจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ในประเทศไทย

อย่างไรก็ตาม การศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวจากการตรวจวัดในประเทศไทย อาจยังไม่ยาวนานเพียงพอที่จะสรุปได้ชัดเจนว่า ในบางพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยในระดับต่ำ การศึกษาให้แน่ชัดถึงศักยภาพรอยเลื่อนซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในแง่คุณลักษณะการเคลื่อนตัวด้านธรณีวิทยา จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อพิสูจน์ให้แน่ชัด ทั้งนี้เพราะเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่อาจเกิดขึ้นเป็นวัฏจักร ในรอบหลายร้อยหรือหลายพันปีและอาจส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนได้อย่างคาดไม่ถึง



รูป 3.4 บริเวณที่ตั้งของนครโยนกในอดีต (จากทองใบ แดงอ่อน, 2536)

# ศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทย และใกล้เคียง



รูป 3.5 ตำแหน่งและความรุนแรงของแผ่นดินไหว ที่เกิดบนพื้นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ตารางที่ 3.1 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและข้างเคียง ตั้งแต่ในอดีตจนถึง พ.ศ.2433  
ที่มีขนาดความรุนแรง (Mercalli scale) มากกว่า VII

| เวลาที่เกิด<br>(เดือน/พ.ศ.) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์     | เมือง<br>(ประเทศ)  | ลักษณะ<br>สำคัญโดยย่อ                                                    | ขนาดความ<br>รุนแรง | เอกสาร<br>อ้างอิง |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| 1. 7/1003                   | 20° 25' N<br>100° 09' E | โยนก<br>(จีน)      | แผ่นดินสั่นสะเอนดังสนั่นเมือง<br>ถล่มจนกลายเป็น<br>ทะเลสาบ ผู้คนตายหมด   | XII                | 1                 |
| 2. 7/1077                   | 20° 25' N<br>100° 09' E | โยนก<br>(จีน)      | พระเจดีย์ต้องค้ำยอดหักหมด<br>แผ่นดินสะเทือนทุกทิศทุกทาง                  | VII                | 1                 |
| 3. 11/2025                  | 17° N<br>99° 92' E      | สุโขทัย<br>(ไทย)   | แผ่นดินสะเทือนทุกทิศทุกทาง                                               | VII                | 2                 |
| 4. 7/2025                   | 18° 78' N<br>99° E      | เชียงใหม่<br>(ไทย) | แผ่นดินสะเทือนเสียงดังสนั่น                                              | VII                | 3                 |
| 5. 1/2043                   | 25° 0' N<br>101° 50' E  | ยูนาน<br>(จีน)     | หลายคนเสียชีวิต                                                          | VII                | 9                 |
| 6. 7/2088                   | 18° 78' N<br>99° E      | เชียงใหม่<br>(ไทย) | พระเจดีย์สูง 86 เมตร<br>ยอดหักเหลือ 60 เมตร                              | VII                | 4                 |
| 7. 6/2101                   | 16° 80' N<br>96° 17' E  | ย่างกุ้ง<br>(พม่า) | พระเจดีย์แห่งนครย่างกุ้ง<br>ยอดหักเหลือเพียงครึ่งเดียว<br>หลังแผ่นดินไหว | VI'                | 5                 |
| 8. 7/2103                   | 24° 0' N<br>101° 50' E  | ยูนาน<br>(จีน)     | มากกว่า 20 คนเสียชีวิต<br>ทรัพย์สินเสียหาย                               | VII                | 9                 |
| 9. 9/2114                   | 24° 10' N<br>102° 70' E | ยูนาน<br>(จีน)     | มากกว่า 10 คนเสียชีวิต                                                   | VII                | 9                 |
| 10. 8/2133                  | 24° N<br>102° 80' E     | ยูนาน<br>(จีน)     | หลายคนเสียชีวิต                                                          | VII                | 9                 |
| 11. 7/2148                  | 19° 98' N<br>110° 47' E | ก.ไหหล้า<br>(จีน)  | เสียหายมากตอนใต้ของจีน<br>เกิดรอยเลื่อนลึกลงไปทะเล                       | XI                 | 10                |
| 12. 11/2149                 | 23° 60' N<br>102° 80' E | ยูนาน<br>(จีน)     | มากกว่าหนึ่งพันคนเสียชีวิต                                               | IX                 | 9                 |
| 13. 2/2172                  | 16° 80' N               | ย่างกุ้ง           | ฉัตรครอบพระเจดีย์เอียงไปทาง                                              | VII                | 5                 |

|                             |                           |                                         |                                                                               |                    |                   |
|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
|                             | 96° 17' E                 | (พม่า)                                  | ตะวันออกหลังเกิดแผ่นดินไหว                                                    |                    |                   |
| เวลาที่เกิด<br>(เดือน/พ.ศ.) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์       | เมือง<br>(ประเทศ)                       | ลักษณะ<br>สำคัญโดยย่อ                                                         | ขนาดความ<br>รุนแรง | เอกสาร<br>อ้างอิง |
| 14. 1/2207                  | 16° 80' N<br>96° 17' E    | ย่างกุ้ง<br>(พม่า)                      | หลังแผ่นดินไหวของค์เจดีย์เสีย<br>หายอย่างมาก ยอดเจดีย์ยาว<br>2.5 เมตร หักลงมา | VII                | 5                 |
| 15. 9/2223                  | 25° N<br>101° 50' E       | ยูนาน<br>(จีน)                          | 2,700 คนตายเนื่องจาก<br>การสั่นสะเทือน                                        | XI                 | 9                 |
| 16. 6/2258                  | 20° 25' N<br>100° 08' E   | เชียงแสน<br>(จีน)                       | ตอณเกิดแผ่นดินไหววัดและ<br>เจดีย์ทั้งหมดที่ตำบลเสียวหาย                       | VII                | 6                 |
| 17. 4/2282                  | 17° 30' N<br>97° 75' E    | พะโค<br>(พม่า)                          | แผ่นดินไหวยาวนานทำให้ยอด<br>เจดีย์หลายยอดหักลงมา                              | IX                 | 5                 |
| 18. 8/2298                  | 24° .70' N<br>102° .20' E | ยูนาน<br>(จีน)                          | ผู้คนเสียชีวิต 270 คน<br>ทรัพย์สินเสียหายปานกลาง                              | IX                 | 9                 |
| 19. 9/2304                  | 24° 40' N<br>102° 50' E   | ยูนาน<br>(จีน)                          | 120 คน เสียชีวิต                                                              | VII                | 9                 |
| 20. 14/2306                 | 22° N<br>99° E            | ตะวันตก<br>เขาอาระ<br>กันโยมา<br>(พม่า) | เกิดการยกตัวของชายฝั่งยาว<br>มากกว่า 150 กม เมืองจิตตะกอง<br>เสียหาย          | VII                | 9                 |
| 21. 6/2332                  | 24° 210' N<br>102° 13' E  | ยูนาน<br>(จีน)                          | 1,000 คน เสียชีวิต ทรัพย์สิน<br>เสียหายพอสมควร                                | IX                 | 9                 |
| 22. 8/2342                  | 23° 80' N<br>102° 40' E   | ยูนาน<br>(จีน)                          | 2,000 คน เสียชีวิต<br>ทรัพย์สินเสียหายมาก                                     | IX                 | 9                 |
| 23. 11/2357                 | 23° 70' N<br>102° 50' E   | ยูนาน<br>(จีน)                          | 200 คน เสียชีวิต                                                              | VII                | 9                 |
| 24. 10/2369                 | -                         | เวียงจันทร์<br>(ลาว)                    | งานขามปลิวแตกกระจาย<br>พื้นดินแยก กำแพงพัง                                    | VII                | 7                 |
| 25. 4 /2582                 | 16° 25' N<br>97° 50' E    | มันคะเล<br>(พม่า)                       | แผ่นดินไหวรุนแรงมาก                                                           | IX                 | 8                 |
| 26. 2/2386                  | 19° 50' N                 | พี(Pye)                                 | แผ่นดินไหวรุนแรงขนาดเกิด                                                      | VII                | 8                 |

|                             |                        |                      |                                                                                                                           |                    |                   |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
|                             | 95° 50' E              | (พม่า)               | ภูเขาไฟโคลน (mud volcano)                                                                                                 |                    |                   |
| เวลาที่เกิด<br>(เดือน/พ.ศ.) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์    | เมือง<br>(ประเทศ)    | ลักษณะ<br>สำคัญโดยย่อ                                                                                                     | ขนาดความ<br>รุนแรง | เอกสาร<br>อ้างอิง |
| 27. 1/2391                  | 19° 50' N<br>95° 50' E | พี(Pye)<br>(พม่า)    | แผ่นดินไหวรุนแรงขนาดเกิด<br>ภูเขาไฟโคลน (mud volcano)                                                                     | VII                | 8                 |
| 28. 12/2424                 | 93° N<br>13 E          | หมู่เกาะ<br>อันดามัน | คลื่นใต้น้ำสูง 3 เมตร รู้สึกได้<br>ในพม่า เบงกอล อินเดีย ก่อให้<br>เกิดความเสียหายในบริเวณ<br>หมู่เกาะอันดามันและนิโคบาร์ | IX                 | 8.9               |

\* ตำแหน่งที่คาดคะเนจากหลักฐานว่าน่าจะเป็นจุดที่เกิดหรือรู้สึกถึงรุนแรงมากที่สุด  
 ก เดือนทางจันทรคติ  
 (O) ดัดแปลงมาจาก NuTalaly และคณะ (1985)

1. Collection of Annuals Section 61, 1969 ประชุมพงสาวดารภาคที่ 61 (กรมตำราวจ)
2. Collection of zone Inscription, 1972 ประชุมศิลาจารึก
3. Chotisukharat, 1973
4. Srisavasti, 1961
5. Collections of Annual Section I, 1963 ประชุมพงสาวดารภาคที่ 1
6. Phraya Prachakich Karachakr, 1972 พระยาประกาศกิจกรจักร พงสาวดารโยนก
7. Collection of Annuals, 1961, King Rama III, Vol. 2 พงสาวดารกรุงรัตนโกสินทร์ รัชกาลที่ 3 เล่ม 2
8. Chhiber (1934)
9. Ganse & Nelson (1981)
10. Chen, Emnin & Huang, Yongyin (1979)

ดัดแปลงจาก Nutalaya และคณะ (1985)

ตารางที่ 3.2 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและข้างเคียง ตั้งแต่ในอดีต พ.ศ.2433 จนถึงปัจจุบันที่ขนาดมากกว่า 6 ริคเตอร์ (และมีความรุนแรงโดยเฉลี่ย VIII หรือ IX)

| เวลาที่เกิด<br>(วัน/เดือน/ปี) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์  | ศูนย์กลางเมือง<br>(ประเทศ)            | ลักษณะ<br>สำคัญโดยย่อ                                                                                     | ขนาด<br>(ความรุนแรงสูงสุด) | อ้างอิง |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|
| 1. 23/2455                    | 21° N<br>97° E       | ตะวันออกเจียงใต้<br>ของมณฑลเสฉวน      | แผ่นดินไหวติดต่อกันหลายครั้ง<br>ตามแนวรอยเลื่อน<br>คอกคววน (Kyaukkuan) ทางรถไฟ<br>หังกอ, เสียหายมากที่สุด | 7.9<br>(X)                 | 1       |
| 2. 2/2458                     | 24.2° N<br>12.5° E   | ยูนนาน<br>(จีน)                       | ทรัพย์สินเสียหายหลายแห่ง                                                                                  | 6.5<br>(IX)                | 2       |
| 3. 11/10/2475                 | 12° N<br>94° E       | ทะเลอันดามัน                          | แผ่นดินไหวติดต่อกัน<br>หลายครั้ง                                                                          | 7.2<br>(IX)                | 1       |
| 4. 08/12/2458                 | 09° N<br>92° E       | ทะเลอันดามัน                          | -                                                                                                         | 6.3                        | 1       |
| 5. 08/07/2461                 | 24.5° N<br>91° E     | บังกลาเทศ                             | พื้นที่ปลูกชาหลายแห่งถูกทำลาย,<br>เกิดจากรอยเลื่อนปกติ                                                    | 7.6<br>(X)                 | 1       |
| 6. 17/10/2465                 | 12.5° N<br>96° E     | อ่าวเบงกอล                            | -                                                                                                         | 6.3                        | 1       |
| 7. 22/06/2466                 | 22.75° N<br>98.75° E | รัฐฉาน                                | -                                                                                                         | 7.3<br>(IX)                | -       |
| 8. 01/07/2466                 | 23° N<br>10° E       | ยูนนาน<br>(จีน)                       | -                                                                                                         | 6.5                        | 1       |
| 9. 09/09/2466                 | 25.95° N<br>91° E    | บังกลาเทศ                             | -                                                                                                         | 6.3                        | 1       |
| 10. 16/03/2468                | 25° N<br>100.5° E    | จีนตอนใต้                             | -                                                                                                         | (IX)                       |         |
| 11. 13/05/2468                | 11° N<br>92° E       | ทะเลอันดามัน                          | -                                                                                                         | 6                          | 1       |
| 12. 28/08/2468                | 11° N<br>93° E       | ทะเลอันดามัน                          | -                                                                                                         | 6.5                        | 1       |
| 13. 15/03/2470                | 24.50° N<br>95° E    | ตอนเหนือ<br>ของพม่า                   | อย่างน้อย 7 คน เสียชีวิต                                                                                  | 6.5                        | 1       |
| 14. 17/05/2471                | 13.50° N<br>91.5° E  | ทะเลอันดามัน                          | -                                                                                                         | 6.3                        | 1       |
| 15. 27/07/2471                | 06° N<br>95.50° E    | เหนือเกาะ<br>สุมาตรา<br>(อินโดนีเซีย) | -                                                                                                         | 6                          | 1       |
| 16. 22/03/2472                | 24° N<br>103° E      | ยูนนาน<br>(จีน)                       | -                                                                                                         | 6.3                        | 3       |
| 17. 01/08/2472                | 10° N<br>93° E       | ทะเลอันดามัน                          | -                                                                                                         | 6.5                        | 1       |

| เวลาที่เกิด<br>(วัน/เดือน/ปี) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์  | ศูนย์กลางเมือง<br>(ประเทศ)                    | ลักษณะ<br>สำคัญโดยย่อ                                                                               | ขนาด<br>(ความรุนแรงสูงสุด) | อ้างอิง |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|
| 18. 05/05/2473                | 17° N<br>96° E       | โกสุมพิสัย<br>(พม่า)                          | เกิดธรณีรอยเลื่อน สกาย (Sagging Fault) รุนแรงที่สุดเมืองพะโคถูกทำลายจนหมดมากกว่า 2,000 คน เสียชีวิต | 7.3                        | 1       |
| 19. 22/09/2473                | 25° N<br>94° E       | ตอนเหนือเทือกเขา<br>น้ำ<br>(พม่า)             | -                                                                                                   | 6.3                        | 3       |
| 20. 03/12/2473                | 18° N<br>96.5° E     | โกสุมพิสัย<br>(พม่า)                          | แผ่นดินไหวติดกันหลายครั้ง 36 คน เสียชีวิต ทางรถไฟขาด โทรเลขใช้การไม่ได้                             | 7.3                        | 3       |
| 21. 14/08/2475                | 25.8° N<br>95.7° E   | ตอนเหนือ<br>ของพม่า                           | -                                                                                                   | 7                          | 7       |
| 22. 11/12/2475                | 9° N<br>93.5° E      | ทะเลอันดามัน                                  | -                                                                                                   | 6                          | 3       |
| 23. 16/05/2476                | 7° N<br>96.5° E      | เหนือเกาะ<br>สุมาตรา                          | -                                                                                                   | 6.5                        | 3       |
| 24. 12/01/2477                | 20° N<br>101.5° E    | เหนือหลวง<br>พระบาง (ลาว)                     | อย่างน้อย 1 คน เสียชีวิต                                                                            | 6.5                        | 3.8     |
| 25. 02/06/2477                | 24.30° N<br>95° E    | ตอนเหนือ<br>ของพม่า                           | -                                                                                                   | 6.5                        | 3       |
| 26. 11/04/2478                | 13.25° N<br>95.5° E  | ทะเลอันดามัน                                  | -                                                                                                   | 6                          | 3       |
| 27. 23/04/2478                | 24° N<br>95.75° E    | ตะวันตกเฉียงเหนือ<br>ของพม่า                  | -                                                                                                   | 6.3                        | 3       |
| 28. 13/05/2478                | 19.5° N<br>101° E    | ตอนเหนือ<br>ของพม่า                           | แนวรอยเลื่อนสกาย                                                                                    | 6.5                        | 3       |
| 29. 01/11/2478                | 20.5° N<br>103.5° E  | ตะวันออกเฉียง<br>เหนือของลาว                  | -                                                                                                   | 6.8                        | 3       |
| 30. 25/11/2478                | 6° N<br>94° E        | ตอนเหนือ<br>เกาะสุมาตรา                       | -                                                                                                   | 6.5                        | 3       |
| 31. 01/04/2479                | 22.55° N<br>109.4° E | จีนตอนใต้ใกล้ฮั่ว<br>ตั้งเกีย                 | -                                                                                                   | 6.8                        | 2       |
| 32. 19/04/2479                | 100.5° N<br>93° E    | หมู่เกาะอันดามัน                              | -                                                                                                   | 6.5                        | 3       |
| 33. 23/08/2479                | 05° N<br>95° E       | ปลายด้านเหนือเกาะ<br>สุมาตรา<br>(อินโดนีเซีย) | -                                                                                                   | 7.3<br>(IX)                | 3       |
| 34. 04/08/2480                | 06° N<br>95° E       | ใกล้หมายเลข 32                                | -                                                                                                   | 6                          | 3       |

| เวลาที่เกิด<br>(วัน/เดือน/ปี) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์  | ศูนย์กลางเมือง<br>(ประเทศ)            | ลักษณะ<br>สำคัญโดยย่อ                              | ขนาด<br>(ความรุนแรงสูงสุด) | อ้างอิง |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|---------|
| 35. 21/09/2480                | 20.5° N<br>101.75° E | ตอนเหนือ<br>ของลาว                    | -                                                  | 6                          | 3       |
| 36. 30/11/2480                | 05.5° N<br>90° E     | ทะเลอันดามัน                          | -                                                  | 6.5                        | 3       |
| 37. 14/04/2481                | 23.5° N<br>95.0° E   | ตอนเหนือ<br>ของพม่า                   | เสียชีวิตอย่างน้อย 7-8 คน                          | 6.8                        | 3       |
| 38. 16/08/2481                | 23.5° N<br>94.25° E  | -                                     | -                                                  | 7.2<br>(IX)                | 3       |
| 39. 27/02/2482                | 24.5° N<br>94.1° E   | ตอนเหนือ<br>ของพม่า                   | -                                                  | 6.8                        | 3       |
| 40. 14/09/2482                | 12.0° N<br>95.0° E   | ทะเลอันดามัน                          | -                                                  | 6                          | 3       |
| 41. 06/04/2488                | 24.5° N<br>103.0° E  | ยูนาน<br>(จีน)                        | บ้านเรือนเสียหายอย่างหนัก มากกว่า 100 คน เสียชีวิต | 6                          | 3.8     |
| 42. 11/05/2483                | 23.75° N<br>94.25° E | ตอนเหนือ<br>ของพม่า                   | -                                                  | 6.5                        | 3       |
| 43. 16/05/2484                | 23.6° N<br>99.4° E   | ยูนาน<br>(ตอนใต้ของจีน)               | -                                                  | 6.9                        | 3       |
| 44. 26/06/2484                | 12.5° N<br>92.5° E   | หมู่เกาะอันดามัน                      | ในพม่า ถนน สะพาน<br>บ้านเสียหาย ดึกถล่ม            | 8.7                        | 7       |
| 45. 26/12/2484                | 21.5° N<br>99.0° E   | พรมแดนจีน-พม่า                        | -                                                  | 7<br>(IX)                  | 4       |
| 46. 14/07/2484                | 12.4° N<br>92.5° E   | ไกล่กับ 43                            | -                                                  | 6                          | 4       |
| 47. 09/08/2484                | 12.4° N<br>92.5° E   | ที่เดียวกัน                           | -                                                  | 6                          | 4       |
| 48. 12/11/2484                | 06.5° N<br>93.5° E   | เหนือเกาะ<br>สุมาตรา<br>(อินโดนีเซีย) | -                                                  | 6.3                        | 5       |
| 49. 26/12/2484                | 22.1° N<br>99.0° E   | พม่า<br>(เหนือไทย)                    | อย่างน้อย 15 คน เสียชีวิต                          | 7                          | 5       |
| 50. 31/01/2485                | 22.8° N<br>101.0° E  | ใต้สุดของจีน<br>(ไกล่กับจีน)          | อย่างน้อยเสียชีวิต 30 คน                           | 6.8                        | 1       |
| 51. 24/05/2485                | 05.0° N<br>96.5° E   | ทะเลอันดามัน                          | -                                                  | 6.8                        | 1       |
| 52. 23/07/2484                | 05° N<br>96° E       | ทะเลอันดามัน                          | -                                                  | 6.8                        | 1       |
| 53. 08/08/2488                | 11.0° N<br>92.5° E   | หมู่เกาะนิโคบาร์                      | -                                                  | 6.8                        | 1       |

| เวลาที่เกิด<br>(วัน/เดือน/ปี) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์  | ศูนย์กลางเมือง<br>(ประเทศ)            | ลักษณะ<br>สำคัญโดยย่อ                              | ขนาด<br>(ความรุนแรงสูงสุด) | อ้างอิง |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|---------|
| 72. 04/03/2503                | 06.5° N<br>96.0° E   | ทะเลอันดามัน                          | -                                                  | 6                          | 4       |
| 73. 22/12/2503                | 09.8° N<br>94.1° E   | ทะเลอันดามัน                          | -                                                  | 6.8                        | 6       |
| 74. 06/12/2504                | 13.5° N<br>96.5° E   | อ่าวมะตะบะ                            | -                                                  | 6.6                        | 6       |
| 75. 16/11/2505                | 14.0° N<br>93.0° E   | อ่าวเบงกอล                            | -                                                  | 6.7                        | 6       |
| 76. 22/01/2507                | 22.4° N<br>93.6° E   | ใกล้เทือกเขาจีน<br>(พม่า)             | -                                                  | 6.1                        | 6       |
| 77. 01/02/2507                | 05.8° N<br>95.4° E   | เหนือเกาะ<br>สุมาตรา                  | -                                                  | 6.8                        | 6       |
| 78. 05/06 2507                | 05.3° N              | เกาะสุมาตรา<br>(อินโดนีเซีย)          | -                                                  | 6.3                        | 6       |
| 79. 12/02 2507                | 24.9° N<br>95.3° E   | ตอนเหนือสุด<br>ของพม่า                | -                                                  | 6.7                        | 6       |
| 80. 13/07/2507                | 23.7° N<br>94.7° E   | ตอนเหนือ<br>ของพม่า                   | -                                                  | 6.5                        | 6       |
| 81. 28/07/2507                | 13.9° N<br>96.3° E   | อ่าวมะตะบะ                            | -                                                  | 6.3                        | 6       |
| 82. 15/09/2507                | 08.9° N<br>93.0° E   | ใกล้หมู่เกาะ<br>นิโบริ                | -                                                  | 6.3                        | 6       |
| 83. 30/11/2507                | 06.87° N<br>94.5° E  | เหนือเกาะ<br>สุมาตรา<br>(อินโดนีเซีย) | -                                                  | 6.3                        | 6       |
| 84. 03/07/2508                | 22.4° N<br>101.6° E  | ลาว - จีน                             | -                                                  | 6.1                        | 6       |
| 85. 05/01/2509                | 13.25° N<br>97.75° E | ทะเลอันดามันตอน<br>เหนือ              | -                                                  | 6.35                       | 6       |
| 86. 12/04/2510                | 05.2° N<br>96.5° E   | เหนือเกาะ<br>สุมาตรา                  | -                                                  | 6.8                        | 6       |
| 87. 02/07/2510                | 08.7° N<br>93.8° E   | ทะเลอันดามัน                          | -                                                  | 6.1                        | 5       |
| 88. 17/10/2512                | 23.12° N<br>94.7° E  | ตอนเหนือของพม่า                       | -                                                  | 6.1                        | 5       |
| 89. 04/01/2513                | 24.2° N<br>102.7° E  | ตอนใต้สุด<br>ของจีน                   | ใกล้กับซานฮวยตามแนวย<br>รอยเลื่อนตังฮาย (Tung Hai) | 7.7<br>(X)                 | 5       |
| 90. 06/02/2513                | 23.1° N<br>101.1° E  | ใต้สุดของจีน                          | -                                                  | 6.2                        | 5       |

| เวลาที่เกิด<br>(วัน/เดือน/ปี) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์  | ศูนย์กลางเมือง<br>(ประเทศ) | ลักษณะ<br>สำคัญโดยย่อ | ขนาด<br>(ความรุนแรงสูงสุด) | อ้างอิง |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|---------|
| 91. 28/04/2514                | 23.0° N<br>101.2° E  | ใต้สุดของจีน               | -                     | 6.3                        | 5       |
| 92. 14/09/2514                | 23.0° N<br>100.9° E  | ใต้สุดของจีน               | -                     | 6.2                        | 5       |
| 93. 27/04/2516                | 06.9° N<br>91.3° E   | ทะเลอันดามัน               | -                     | 6.2                        | 6       |
| 94. 16/08/2516                | 22.9° N<br>101.1° E  | ใต้สุดของจีน               | -                     | 6.3                        | 6       |
| 95. 16/02/2517                | 11.4° N<br>92.4° E   | ทะเลอันดามัน               | -                     | 6.1                        | 5       |
| 96. 21/11/2517                | 24.0° N<br>98.0° E   | ตอนใต้ของจีน               | -                     | 6                          | 5       |
| 97. 29/05/2519                | 24.6° N<br>98.7° E   | ตอนใต้ของจีน               | -                     | 7.1<br>(IX)                | 5       |
| 98. 09/06/2519                | 24.8° N<br>98.9° E   | ตอนใต้ของจีน               | -                     | 6                          | 6       |
| 99. 07/2519                   | 24.8° N<br>99.0° E   | ตอนใต้ของจีน               | -                     | 6.4                        | 5       |
| 100. 11/05/2520               | 24.8° N<br>92.0° E   | ทะเลอันดามัน               | -                     | 6.1                        |         |
| 101. 12/05/2520               | 21.5° N<br>93.1° E   | เทือกเขาฉินา<br>(พม่า)     | -                     | 6                          | 8       |
| 102. 03/02/2521               | 17.05° N<br>100.0° E | แพร่ – อุดรดิตต์<br>(ไทย)  | -                     | 6                          | 7       |
| 103. 04/04/2526               | 05.75° N<br>94.8° E  | ทะเลอันดามัน               | -                     | 6.5                        |         |
| 104. 06/08/2531               | 25.15° N<br>95.13° E | พรมแดน<br>พม่า – อินเดีย   | -                     | 6.0 Mb<br>7.2 Ms<br>(IX)   | 7       |
| 105. 05/11/2531               | 22.79° N<br>96.61° E | พรมแดน<br>พม่า – อินเดีย   |                       |                            |         |
| 106. 01/10/2532               | 20.27° N<br>98.85° E | พรมแดน<br>ไทย – อินเดีย    | -                     | 5.3 Mb<br>6.0 MI           |         |

เอกสารอ้างอิง

1. Gutenberg & Richter (1954)  
3. Pascoe (1972)  
5. Lee & Jacobson (1976)  
7. สุมาลี ประจวบ (2533)

2. Chhibber (1934)  
4. ISS (International Seismological Summary)  
6. Nutalaya และคณะ (1985)Nutalaya  
8. Ganse & Nelson (1981)

ตารางที่ 3.3 แผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึง พ.ศ.2502

| เวลาที่เกิด<br>(วัน/เดือน/ปี) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์   | บริเวณที่รู้สึก                                                                 | ขนาด | ความรุนแรง | อ้างอิง |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------|------------|---------|
| 1. 15-10/84                   | 20.25° N<br>100.09° E | โยนกนคร (แผ่นดินไหวรุนแรง, พบคน<br>ตายภูเขาสะเทือน)                             | -    | VI         | 1       |
| 2. 15/8/80                    | 20.25° N<br>100.00° E | โยนกนคร (แผ่นดินไหวรุนแรง, ภูเขา<br>สะเทือน ฝนตกฟ้าร้อง)                        | -    | VI         | 1       |
| 3. 15/10/51                   | 20.25° N<br>100.25° E | โยนกนคร (ภูเขาต้นไทร<br>ฟ้าร้องคำราม)                                           | -    | IV         | 1       |
| 4. 14/8046                    | 20.25° N<br>100.25° E | โยนกนคร (ภูเขาต้นสะเทือนมากกว่า<br>สามครั้งแรก)                                 | -    | XII        | 1       |
| 5. 22/7/1003                  | 20.25° N<br>100.25° E | โยนกนคร (แผ่นดินไหวติดต่อกัน<br>สามครั้ง, เมืองถล่มกลายเป็นทะเลสาบ<br>คนตายมาก) | -    | XII        | 1       |
| 6. 6/7/1077                   | 20.25° N<br>100.25° E | โยนกนคร<br>(พระเจ้าชัยวรมันที่ 7)                                               | -    | VII        | 1       |
| 7. 22/12/1077                 | 17° N<br>99.92° E     | สุโขทัย                                                                         | -    | VII        | 2       |
| 8. 23/11/1909                 | 18° N<br>96° E        | สุโขทัย                                                                         | -    | VI         | 2       |
| 9. 7/2025                     | 18.78° N<br>99° E     | เชียงใหม่                                                                       | -    | VI         | 3       |
| 10. 7/2048                    | 14.35° N<br>100.56° E | อุรุขะ                                                                          | -    | VI         | 4       |
| 11. 7/2073                    | 14.35° N<br>100.56° E | อุรุขะ                                                                          | -    | -          | 5       |
| 12. 7/2088                    | 18.78° N<br>99° E     | เชียงใหม่                                                                       | -    | VII        | 6       |
| 13. 7/6/2089                  | 14.35° N<br>100.56° E | อุรุขะ                                                                          | -    | -          | 7       |
| 14. 24/5/2127                 | 14.35° N<br>100.51° E | อุรุขะ                                                                          | -    | VI         | 7       |
| 15. 23/12/2131                | 14.35° N<br>100.51° E | อุรุขะ                                                                          | -    | VI         | 7       |
| 16. 7/12/2228                 | 14.35° N<br>100.51° E | อุรุขะ                                                                          | -    | V          | 9       |
| 17. 7/10/2232                 | 14.35° N<br>100.51° E | อุรุขะ                                                                          | -    | IV         | 4       |
| 18. 6/7/2258                  | 20.23° N<br>100.08° E | เชียงใหม่                                                                       | -    | VIII       | 10      |

| เวลาที่เกิด<br>(วัน/เดือน/ปี) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์   | บริเวณที่รู้สึก                                                                       | ขนาด | ความรุนแรง | อ้างอิง |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|---------|
| 19. 19/9/2258                 | 18.78° N<br>99° E     | เชียงใหม่                                                                             | -    | VI         | 10      |
| 20. 19/1/2311                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ<br>(ไหวย่นานถึง 2 ชม.)                                                       | -    | V          | -       |
| 21. 2/4/2531                  | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ<br>(ไวน้อยกว่า 21)                                                           | -    | V          | 9       |
| 22. 12/1 2317                 | 18.78° N<br>99° E     | เชียงใหม่                                                                             | -    | V          | 9       |
| 23. 16/7/2342                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ                                                                              | -    | V          | 14      |
| 24. 7/11/2342                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ                                                                              | -    | V          | 14      |
| 25. 24/2/2375                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ                                                                              | -    | V          | 11      |
| 26. 22/10/2376                | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ                                                                              | -    | V          | 11      |
| 27. 24/11/2376                | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ                                                                              | -    | VI         | 11      |
| 28. 26/4/2378                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ                                                                              | -    | VI         | 12      |
| 29. 26/9/2378                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ<br>(น้ำในแม่น้ำกระฉอก)                                                       | -    | V          | 13      |
| 30. 16/4/2382                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ<br>(ผู้คนตื่นตกใจ)                                                           | -    | IV         | 5       |
| 31. 14/10/2384                | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ<br>(ผู้คนตื่นตกใจ)                                                           | -    | V          | 12      |
| 32. 16/2/2403                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ<br>(โคมไฟแกว่ง)                                                              | -    | V          | 8       |
| 33. 24/2/2375                 | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ                                                                              | -    | V          | 8       |
| 34. 6/2/2429                  | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ<br>(หลังคาถัน)                                                               | -    | V          | 8       |
| 35. 22/11/2329                | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ<br>(บ้านถัน ไปมา)                                                            | -    | VI         | 8.15    |
| 36. 30/11/1430                | 13.75° N<br>100.50° E | กรุงเทพฯ                                                                              | -    | V          | 8.15    |
| 37. 23/5/2455                 | 21° N<br>97° E        | เขียงรายถึงนครศรีธรรมราช กรุงเทพฯ<br>(จุดเกิดที่ตอนกลางของพม่าใกล้เมือง<br>มันตะเลย์) | 7.9  | II-IV      | 16,17   |

| เวลาที่เกิด<br>(วัน/เดือน/ปี) | พิกัด<br>ภูมิศาสตร์  | บริเวณที่รู้จัก                                         | ขนาด | ความรุนแรง | อ้างอิง      |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|------|------------|--------------|
| 38. 24/5/2455                 | 19.56° N<br>99.51° E | เชียงราชถึงเชียงใหม่                                    | -    | IV*        | 5.15         |
| 39. 5/5/2473                  | 17° N<br>96.5° E     | กรุงเทพฯ และโคราชและทุกภาคยก<br>เว้นภาคใต้              | -    | V          | 15.17        |
| 40. 384/12/2437               | 18.2° N<br>96.4° E   | กรุงเทพฯ และโคราช (พม่า)<br>อุดร ทุกภาคยกเว้นภาคใต้     | 7.3  | V          | 15.17.<br>18 |
| 41. 16/5/2476                 | 7° N<br>96.5° E      | สุมาตรา, สุราษฏร์ธานี, ตรัง (ตอนเหนือ<br>พังงา (ดึกตัน) | 6.5  | V          | 19.20        |
| 42. 23/9/2476                 | 16.44° N<br>98.28° E | แม่สอค, ดาก (นาน 1 นาที)                                | -    | -          | 21           |
| 43. 21/3/2502                 | 14.96° N<br>99.06° E | กาญจนบุรี (แผ่นดินแตกตัน)                               | -    | IV         | 22           |

คำอธิบาย

ก

=

เดือนทางจันทรคติ

ข

=

ก่อนพุทธศักราช

\*

=

โดยประมาณ

\*1

=

เสียหายเล็กน้อย

เอกสารอ้างอิง

1. Collection of annals section (1969)

2. Collection of stone inscript (1972)
3. Chotisukharat

4. Pan Chantnumas (1964)
5. Nutalayas และคณะ (1967)

6. Srisavasti (1961)
7. Luang Prasert (1967)

8. Collection of Annual section (19๖3)
9. Collection of annual, Royal Autograph Edition, Vol. 2 (1973)
10. Praya Prachakich Karachakr (1972)

11. Collection of Annals, Section 8, (1964)
12. Chao Phraya Dhipakaravongs (1969)

13. Collection of Annals, National Library Edition (1963)
14. Collection of Annals, Section 13-14 (1964)

15. Brown (1914)
16. Gutenberg & Richter (1954)

17. Chhibber (1934)
18. Leicester (1933)

19. สุมาลี ประจวบ (2533)
20. หนังสือพิมพ์ประชารายณ์ (20 พ.ศ.2476)

21. หนังสือพิมพ์ประชารายณ์ (28 ก.ย.2476)
22. หนังสือพิมพ์สยามนิกร (25 มี.ค.2502)

ตารางที่ 3.4 ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ขนาด 3 ถึง 6.5 ริคเตอร์  
ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2508-2532

| วัน เดือน ปี | ละติจูด<br>องศาเหนือ (°N)                    | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก (°E) | ความรุนแรง<br>(ริคเตอร์) | บริเวณที่รู้สึกต้นไหว                              |
|--------------|----------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|
| 22/9/2508    | 20.75<br>(ประเทศพม่า)                        | 99.26                         | 5.3 V                    | จ. เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง<br>แม่ฮ่องสอน    |
| 14/2/2510    | 13.7<br>(ทะเลอันดามัน)                       | 96.5                          | 5.6 V                    | กรุงเทพฯ                                           |
| 28/4/2514    | 5.16<br>(หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ)            | 96.31                         | 6.1 V                    | จ. สงขลา สตูล ภูเก็ต                               |
| 17/2/2518    | 17.6<br>(อ.ท่าสองยาง จ.ตาก)                  | 97.9                          | 5.6 IV                   | ภาคเหนือ ภาคกลาง รวมทั้งกรุงเทพฯ                   |
| 26/5/2521    | 19.2<br>(อ.พร้าว จ.เชียงใหม่)                | 99.2                          | 4.8 IV                   | จ. เชียงรายและเชียงใหม่ (เชียงใหม่เสีย<br>หายบ้าง) |
| 29/6/2521    | 21.1<br>(พรมแดนไทย-พม่า)                     | 99.1                          | 4.0 IV                   | จ. เชียงราย                                        |
| 24/7/2521    | 17.1<br>(อ.แม่สอด จ.ตาก)                     | 99.2                          | 4.0 IV                   | เขื่อนภูมิพล                                       |
| 2/8/2521     | 20.5<br>(พรมแดนไทย-ลาว)                      | 100.7                         | 5.1 IV                   | จ. เชียงราย                                        |
| 1/9/2521     | 20.44<br>(พรมแดนไทย-ลาว)                     | 100.6                         | 4.9 IV                   | จ. เชียงราย                                        |
| 22/1/2522    | 20.2<br>(พรมแดนไทย-ลาว)                      | 100.4                         | 4.9 IV                   | จ. เชียงราย                                        |
| 18/3/2522    | 20.9<br>(พรมแดนไทย-ลาว)                      | 102                           | 4.5 IV                   | จ. เชียงราย                                        |
| 10/2/2523    | 19.35<br>(อ.พร้าว จ.เชียงใหม่)               | 99.23                         | 4.2 III                  | จ. เชียงใหม่                                       |
| 10/9/2533    | 18.87<br>(อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่)           | 99.25                         | 3.6 III                  | จ. เชียงใหม่                                       |
| 22/12/2523   | 18.03<br>(อ.เมือง จ.แพร่)<br>เสียหายเล็กน้อย | 100.09                        | 4.0 IV                   | จ. แพร่                                            |
| 20/6/2525    | 18.9<br>(อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่)            | 99.2                          | 4.3 IV                   | จ. เชียงใหม่                                       |
| 4/4/2526     | 5.7<br>(หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ)             | 94.7                          | 6.6 IV                   | กรุงเทพฯ                                           |
| 15/4/2526    | 14.95<br>(อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี)          | 99.14                         | 5.3 IV                   | จ.กาญจนบุรี<br>กรุงเทพฯ & ภาคเหนือ                 |

| วัน เดือน ปี | ละติจูด<br>องศาเหนือ (°N)                     | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก (°E) | ความรุนแรง<br>(ริกเตอร์) | บริเวณที่รู้สึกสั่นไหว                                          |
|--------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 22/4/2526    | 14.93<br>(อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี)           | 99.02                         | 5.8 IV                   | ภาคตะวันตก ภาคเหนือ<br>และภาคกลาง                               |
| 22/4/2526    | 14.96<br>(อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี)           | 99.06                         | 5.2 V                    | จ.กาญจนบุรี, นครปฐม<br>กรุงเทพฯ                                 |
| 18/7/2526    | 15.2<br>(อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี)            | 99.2                          | 4.7 IV                   | จ.กาญจนบุรี                                                     |
| 24/4/2527    | 22.1<br>(พรมแดงพม่า - จีน)                    | 99.1                          | 5.9 IV                   | จ.เชียงราย<br>แฉกกันตลก, ตะเข็บแก้ว                             |
| 25/3/2528    | 14.9<br>(อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี)             | 98.7                          | 3.5 IV                   | เขื่อนเขาแหลม                                                   |
| 15/7/2528    | 19.2<br>(ประเทศพม่า)                          | 97.3                          | 5.0 IV                   | จ.เชียงใหม่                                                     |
| 18/10/2528   | 18<br>(ประเทศลาว)                             | 104.8                         | 4.7 IV                   | จ.นครพนม                                                        |
| 25/12/2528   | 18.4<br>(ประเทศพม่า)                          | 97.3                          | 4.2 IV                   | จ.เชียงใหม่                                                     |
| 18/9/2529    | 20.2<br>(ประเทศพม่า)                          | 98                            | 4.4 IV                   | จ.เชียงใหม่                                                     |
| 30/1/2530    | 19.4<br>(อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย)           | 99.4                          | 3.8 IV                   | จ.เชียงใหม่                                                     |
| 19/2/2531    | 18.87<br>(อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่)            | 99.17                         | 4.2 IV                   | จ.เชียงใหม่                                                     |
| 25/7/2531    | 19.08<br>(อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา)                 | 100.05                        | 4.2 IV                   | จ.เชียงราย & พะเยา                                              |
| 1/3/2532     | 21.73<br>(พม่า)                               | 97.94                         | 6.08 V                   | ภาคเหนือตอนบน                                                   |
| 8/4/2532     | 20.58<br>(สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชน<br>ลาว) | 100.48                        | 5.5 V                    | จ.เชียงราย                                                      |
| 20/8/2532    | 20.3<br>(พรมแดนไทย - พม่า)                    | 98.7                          | 5.0 V                    | ภาคเหนือตอนบน                                                   |
| 27/8/2532    | 20.3<br>(พรมแดนไทย - พม่า)                    | 98.77                         | 5.0 V                    | ภาคเหนือตอนบน                                                   |
| 29/9/2532    | 20.29<br>(พรมแดนไทย - พม่า)                   | 98.77                         | 5.5 V                    | ภาคเหนือตอนบน                                                   |
| 1/10/2532    | 20.27<br>(พรมแดนไทย - พม่า)                   | 98.85                         | 6.3 VI                   | ภาคเหนือตอนบนเสียหาย<br>เล็กน้อย ที่ จ.เชียงใหม่ และ จ.เชียงราย |

(ดัดแปลงจาก สมบัติ ประจวบ, 2533)

ตารางที่ 3.5 รายงานศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 7 ริกเตอร์  
(พ.ศ.2455 ถึง พ.ศ.2532)

| วัน เดือน ปี | ละติจูด<br>องศาเหนือ (°N)      | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก (°E) | ขนาด<br>(ริกเตอร์) | ความรุนแรงสูงสุด<br>(เมอร์แคลลี) |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| 23/5/2455    | 21.6<br>(ประเทศพม่า)           | 97                            | 7.9                | IX                               |
| 21/5/2456    | 24.2<br>(ประเทศจีนตอนใต้)      | 102.5                         | 7.2                | IX                               |
| 11/9/2457    | 12<br>(ทะเลอันดามัน)           | 94                            | 7.2                | IX                               |
| 8/7/2461     | 24.5<br>(ประเทศบังกลาเทศ)      | 91                            | 7.6                | X                                |
| 06/08/1923   | 22.7<br>(พรมแดนจีน – พม่า)     | 99                            | 7.3                | IX                               |
| 16/3/2468    | 25.6<br>(ประเทศจีนตอนใต้)      | 100.5                         | 7.1                | IX                               |
| 5/5/2473     | 17<br>(ประเทศพม่า)             | 96.5                          | 7.3                | IX                               |
| 3/12/2473    | 18<br>(ประเทศพม่า)             | 96.5                          | 7.3                | IX                               |
| 14/8/2475    | 25.8<br>(ประเทศพม่า)           | 95.7                          | 7                  | IX                               |
| 23/8/2479    | 5<br>(เกาะสุมาตราตอนเหนือ)     | 95                            | 7.3                | IX                               |
| 16/8/2481    | 23.5<br>(ประเทศพม่า)           | 94.3                          | 7.2                | IX                               |
| 26/6/2485    | 12.56<br>(ทะเลอันดามัน)        | 92.5                          | 8.7                | X                                |
| 26/12/2484   | 21.5<br>(พรมแดนจีน – พม่า)     | 99                            | 7                  | IX                               |
| 12/9/2489    | 23.5<br>(ประเทศพม่า)           | 96                            | 7.8                | X                                |
| 2/2/2493     | 22<br>(ประเทศจีนตอนใต้)        | 100                           | 7                  | IX                               |
| 21/3/2497    | 24.5<br>(ประเทศพม่า)           | 95                            | 7.4                | IX                               |
| 17/5/2498    | 7<br>(หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ) | 94.5                          | 7.3                | IX                               |
| 1/7/2500     | 25<br>(ประเทศพม่า)             | 94                            | 7.3                | IX                               |

| วัน เดือน ปี | ละติจูด<br>องศาเหนือ (°N)      | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก (°E) | ขนาด<br>(ริกเตอร์) | ความรุนแรงสูงสุด<br>(เมอร์แมกลี) |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| 4/1/2513     | 24.1<br>(ประเทศจีนตอนใต้)      | 102.7                         | 7.7                | X                                |
| 29/5/2519    | 24.6<br>(ประเทศจีนตอนใต้)      | 98.9                          | 7                  | IX                               |
| 6/8/2531     | 25.1<br>(พรมแดนพม่า – อินเดีย) | 95.1                          | 7.2                | IX                               |
| 6/11/2531    | 22.7<br>(พรมแดนจีน – พม่า)     | 99.8                          | 7.3                | IX                               |

ตารางที่ 3.6 แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (มากกว่า 7) นอกประเทศที่รู้สึกได้ในประเทศไทย

| วัน เดือน ปี | ศูนย์กลาง      | ระยะทาง (กม.)* | ขนาด (ริกเตอร์) | ความรุนแรง |
|--------------|----------------|----------------|-----------------|------------|
| 23 พ.ศ.2455  | ประเทศพม่า     | 840            | 7.9             | IX         |
| 5 พ.ศ.2473   | ประเทศพม่า     | 450            | 7.3             | IX         |
| 3 ธ.ศ.2473   | ประเทศพม่า     | 500            | 7.3             | IX         |
| 6 ศ.ศ.2531   | พม่า – อินเดีย | 1160           | 7.2             | IX         |
| 6 พ.ย.2531   | พม่า – จีน     | 830            | 7.3             | IX         |

\* ระยะทางจากกรุงเทพฯ

สุมาลี ประจวบ (2533)

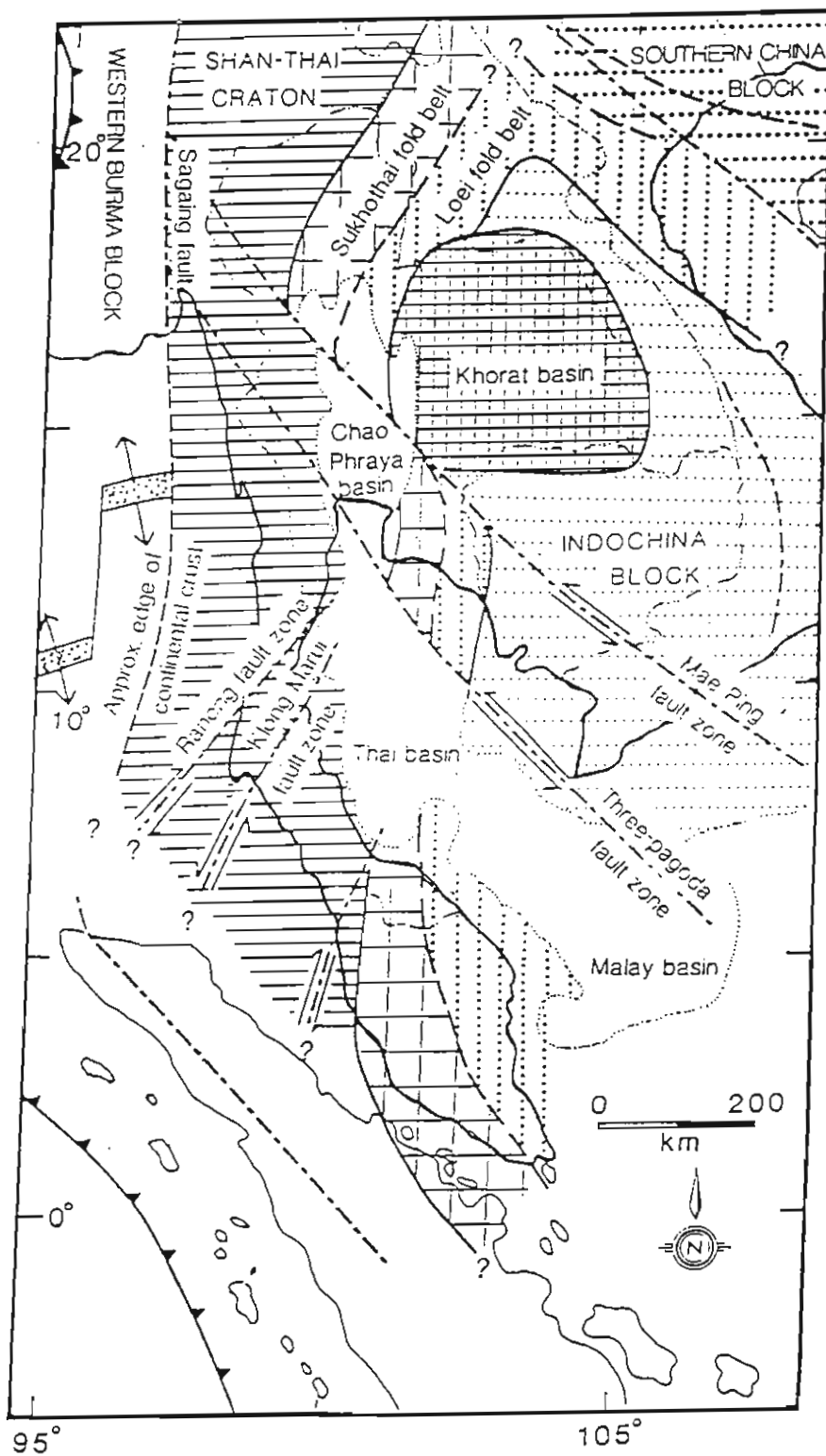
## บทที่ 4

### ข้อมูลภาพจากดาวเทียม

#### 4.1 แนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้างแปรสัณฐาน (Tectonic structures)

จากข้อมูลหลาย ๆ แหล่งรวมทั้งข้อมูลจากดาวเทียมของคณะผู้วิจัยฯ และการสำรวจทางธรณีแปรสัณฐานบริเวณกว้างในสนาม ทำให้ทราบว่าประเทศไทยอันเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเปลือกทวีป(Continental plate) ของคาบสมุทรอินโดจีน(Indo-China peninsula) หรือแผ่นดินซันดา(Sundaland, ดู Tapponnier และคณะ, 1986) จากรูป 2.8 (ในบทที่ 2) นั้นแท้จริงประกอบด้วยแผ่นจุทวีปบรรพกาล(Paleomicrocontinent) 2 แผ่นที่มีชื่อว่าแผ่นชาน-ไทย(Shan-Thai) และแผ่นอินโดไชนา(Indochina) อันเป็นส่วนหนึ่งของมหาทวีปโบราณของซีกโลกใต้ที่ชื่อ กอนวานาแลนด์(Gondwanaland) (ดู Charusiri, 1989 และ Bunopas, 1981) ต่อมาแยกออกจากมหาทวีปกอนวานาแลนด์(Gondwanaland) ในซีกโลกใต้ และกลับเข้ามาชนกันใหม่ในตอนช่วงปลายยุคไทรแอสสิก (Bunopas & Vella, 1983, Charusiri, 1989) หรืออาจเป็นช่วงอายุเพอร์เมียน (Helmcke & Lindenberg, 1983) ก็ได้ โดยมีแผ่นเปลือกโลก ลำปาง - เชียงราย และแผ่นนครไทยคั่นอยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นฉาน - ไทย และอินโดไชนา (ดู Charusiri และคณะ, 1997) แผ่นชานไทย(หรือจุทวีปฉาน-ไทย หรือ Sibumasu) ประกอบด้วยอาณาบริเวณพื้นที่ทางด้านตะวันตกของไทยในปัจจุบัน พม่าด้านตะวันออกทั้งหมด และทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของมาเลเซีย ส่วนแผ่นอินโดไชนาประกอบด้วยพื้นที่ด้านตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, ลาว, กัมพูชา เวียดนามตอนใต้และคาบสมุทรมาเลเซียด้านตะวันออก (รูป 4.1) จุทวีปทั้งสองนี้มีความแตกต่างด้านวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาอย่างมากก่อนการชนกัน แต่มีความเหมือนกันบ้างในแง่การวางตัวของชั้นหินและตำแหน่งที่อยู่เดิม ซึ่งหลักฐานทางสภาวะแม่เหล็กบรรพกาลทำให้คิดว่าน่าจะเป็นส่วนเดิมที่อยู่ตอนปลายของมหาทวีปกอนวานา หรือติดกับตะวันตกของทวีปออสเตรเลีย (Bunopas & Vella, 1983) ได้

บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นทั้งสองที่ชนกัน หรือที่เรียกกันว่ารอยค่อน่าน หรือตะเข็บธรณีน่าน (Nan Geosuture) นี้ประกอบด้วยแนวคดโค้งขนาดใหญ่ 2 แนวที่เรียกว่าแนวคดโค้งเลย (Loei Foldbelt) และแนวคดโค้งสุโขทัย(Sukhothai Foldbelt, รูป 4.1) แนวคดโค้งทั้งสองนี้ซึ่งปัจจุบันเชื่อว่าเป็นส่วนของแผ่นสมุทร 2 แผ่นคือ แผ่นลำปาง - เชียงรายทางตะวันตก และแผ่นนครไทยทางตะวันออกไปสิ้นสุดที่รอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่มีชื่อรอยเลื่อนแม่น้ำแดง(Red River Fault) ซึ่งกั้นพรมแดนระหว่างลาวกับจีนตอนใต้(มณฑลยูนนาน) และเวียดนามตอนเหนือ ส่วนทางใต้ไปสิ้นสุดที่บริเวณหมู่เกาะกาลิมันตันของอินโดนีเซีย รอยค่อน่านนี้แสดงได้ด้วยแนวหินโอไฟโอไลต์(ophiolite Suites)แบบไม่ครบชุด(Incomplete) และแม้ว่าหินภูเขาไฟและหินอัคนีบาดาลหลายชนิดจะบ่งบอกถึงการมุดตัวลงไปของแผ่นเปลือกโลกมากกว่าที่จะเป็นการชนกันก็ตาม (ดู Charusiri และคณะ, 1999) และ Wu Genyao, 1998, ดิคต่อส่วนตัว) ซึ่งมีลักษณะเป็นแนวยาวตั้งแต่่าน อูตรดิตถ์ และสุโขทัย แต่ก็ถูกตัดขาดเป็นส่วนๆ ก่อนไปถึงมาเลเซียด้วยแนวรอยเลื่อนค่านเจดีย์สามองค์และ



รูป 4.1 แผนที่ธรณีแปรสัณฐานประเทศไทยและบริเวณข้างเคียง (ดัดแปลง Bunopas, 1981 และ Charusiri, 1989) แสดงตำแหน่งจุดทวีป กาน-ไทย และอินโดจีน

รอยเลื่อนแม่ปิง ทำให้ไปโผล่อีกครั้งที่บริเวณ จ.สระแก้ว และแถบ อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี แล้วหายเข้าไปในอ่าวไทยและไปโผล่ที่ตอนใต้สุดของไทยและที่มาเลเซีย ณ ประเทศมาเลเซียแนวโอฟีโอไลต์เรียกว่า แนวเบนตง-รวบ (Benton-Ruab ophiolite zone) ส่วนทางด้านคาบสมุทรของประเทศไทยก็ปรากฏแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่เหมือนกันสองแนวคือ รอยเลื่อนระนอง (Ranong Fault) และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย(Klong Marui Fault) ซึ่งมีอายุไม่แน่นอนว่าเกิดมาเมื่อไหร่ แต่จากการศึกษาของ Charusiri(1989) คิดว่าน่าจะมีการเลื่อนตัวหลายครั้ง โดยเฉพาะประมาณเมื่อ 70 ถึง 80 ล้านปี 55 ล้านปีและ 45 ล้านปีมานี้ อย่างไรก็ตามบางคน เช่น Mitchell(1985) กลับคิดว่ารอยเลื่อนนี้อาจเป็นรอยเลื่อนย้อนมุดต่ำด้านหลังแนวหินอัคนี(Back-arc thrust) ก็ได้เมื่อผนวกกับรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์เข้าด้วยกัน และอาจมีอายุประมาณยุคครีเตเชียส (Charusiri, 1989) หรืออาจอ่อนมากประมาณยุคเทอร์เชรี (Bunopas & Vella, 1983) ก็ได้

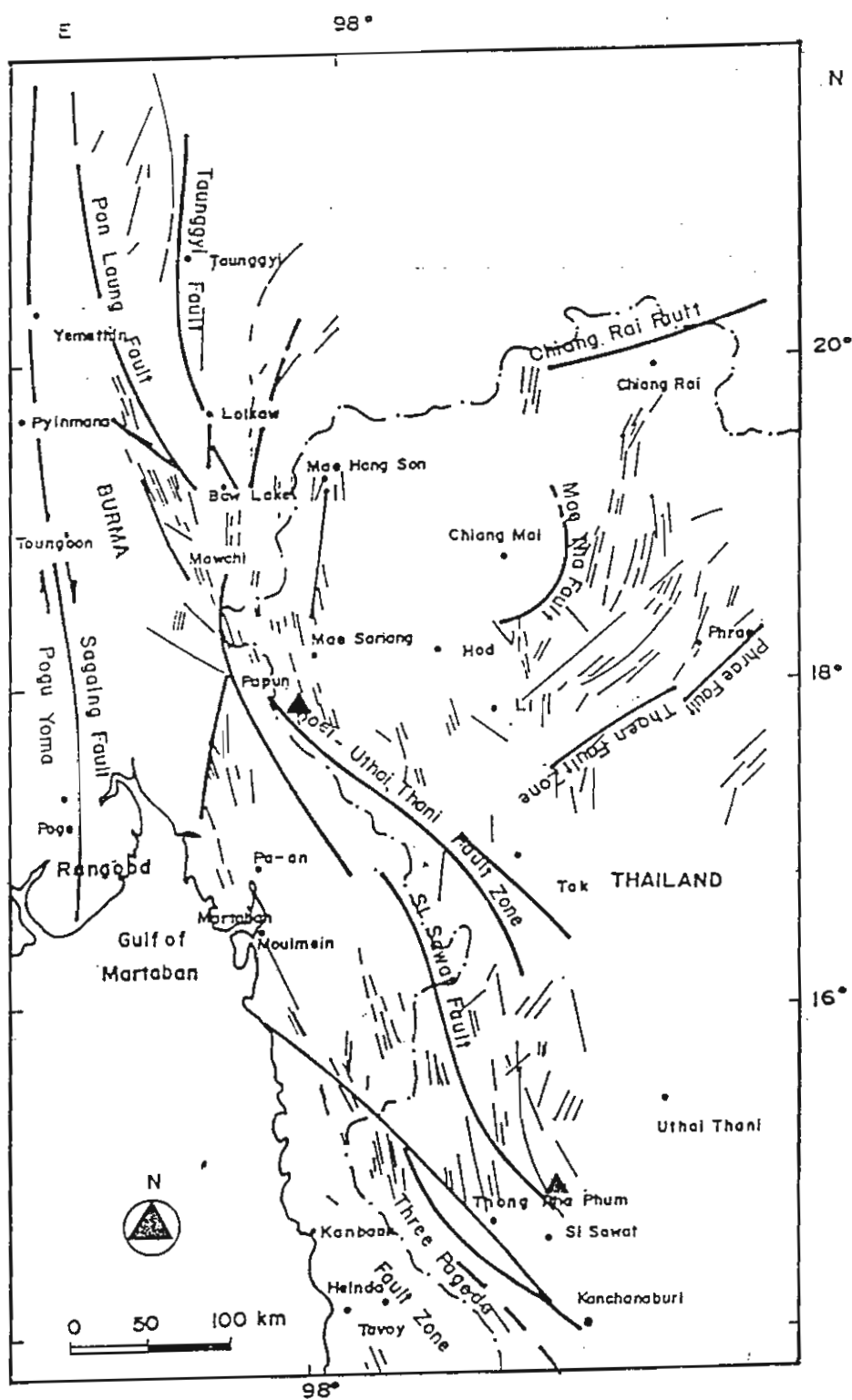
ตามที่ ได้ กล่าวโดยละเอียดในบทที่ 2 ลักษณะโครงสร้างเปลือกโลก(Crustal structures)ในส่วนสำคัญ ๆ ที่น่าจะมีบทบาททำให้เกิดแผ่นดินไหวคือ บริเวณมุดตัว บริเวณชนกัน บริเวณแยกตัวออกจากกัน และมีบริเวณที่มีการเคลื่อนผ่านกัน อาจกล่าวได้ว่าอาณาบริเวณแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จัดได้ว่าประกอบด้วยบริเวณดังกล่าวนี้ทั้งหมด(ดูจากรูป 4.2) (Tapponnier และคณะ, 1986, Pholachan & Sata-yarak, 1989, Charusiri, 1989) ทำให้เกิดความจำเป็นในการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างทั้งของไทย และของประเทศข้างเคียงเป็นอย่างยิ่ง หรือในรูป 4.3 ที่แสดงถึงแผนที่ธรณีวิทยาอย่างง่ายของประเทศพม่าที่แปลจากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท TM5 จากการศึกษาครั้งนี้ และโดยใช้ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยาของ Bender (1983) ประกอบ กล่าวได้ว่ามีส่วนสำคัญทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย และมีส่วนทำให้เกิด ธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย และประเทศข้างเคียง รูปที่กล่าวทั้งหมดนี้สามารถแจกแจงเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างต่าง ๆ ในบทนี้ได้ และสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ โครงสร้างแปรสัณฐานของพม่า และโครงสร้างแปรสัณฐานของไทย(เฉพาะตอนเหนือและตะวันตก)

ในการศึกษาครั้งนี้อาศัยข้อมูลหลักคือภาพจากดาวเทียมที่ได้รับความนิยมในการทำสีผสมเทียม(False-coloured Landsat images) แดง-เขียว-น้ำเงิน สำหรับช่วงคลื่น (Band) 7 5 4 ตามลำดับ จำนวน 29 ภาพ จากกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สภาวิจัยแห่งชาติ(ดูรูป 4.4) โดยแบ่งเป็นภาพจากประเทศพม่าจำนวน 18 ภาพ ประเทศไทย จำนวน 6 ภาพ จีนทางตอนใต้สุด จำนวน 3 ภาพ และประเทศลาวจำนวน 2 ภาพ แต่ในที่นี้ได้เลือกเฉพาะภาพจากดาวเทียมที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยแผ่นดินไหวมาแสดง 4 รูป (ดูรูป 4.5.1 ถึง 4.5.4) หนึ่งสำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับภาพดาวเทียมและการแปลความหมายรอยเลื่อนอาจหาได้จากปัญญา จารุศิริ และคณะ (2541)

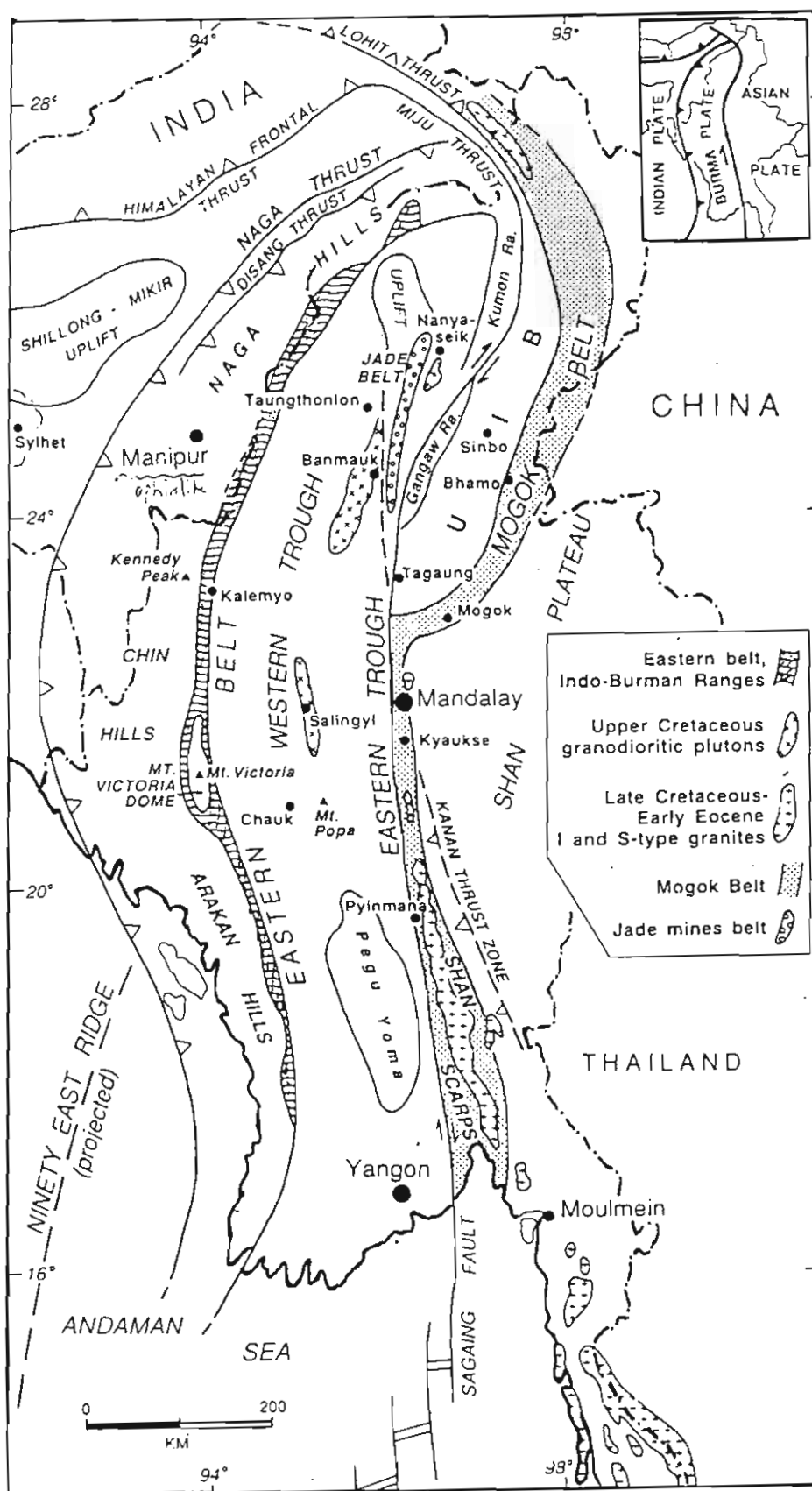
#### 4.2 ลักษณะโครงสร้างของพม่า

สภาพภูมิประเทศในส่วนของพม่าเมื่อพิจารณาจากภาพจากดาวเทียมจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ 1) ส่วนที่เป็นเทือกเขาด้านตะวันตก 2) ที่ราบตอนกลาง และ 3) ที่ราบสูง & เทือกเขาด้านตะวันออก (ดูรูป 4.3 ประกอบ)

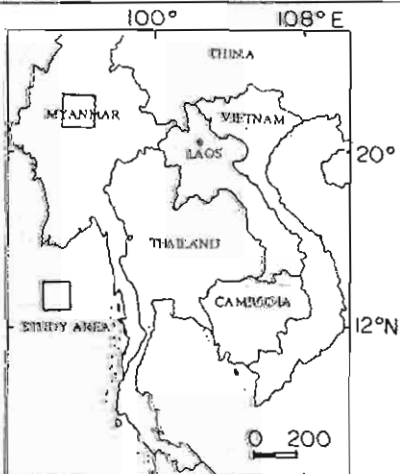
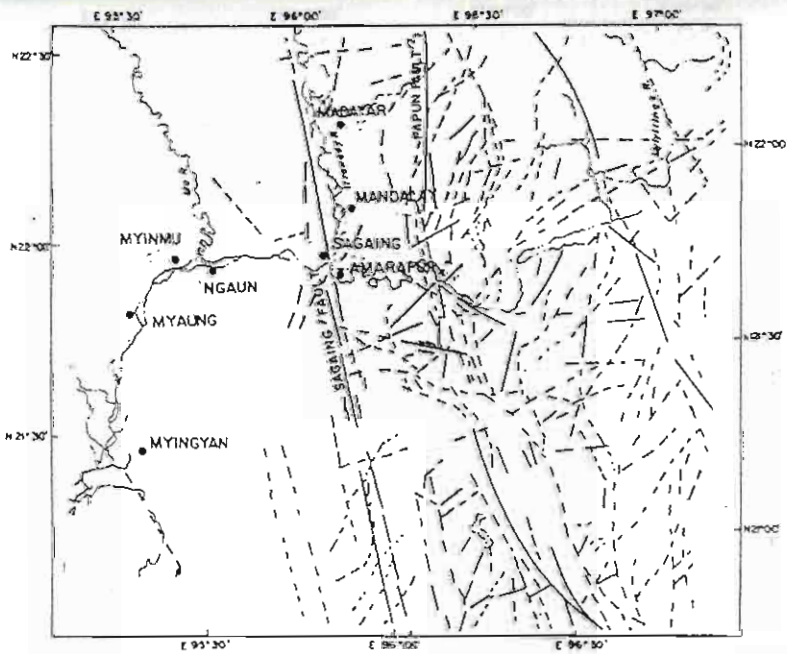
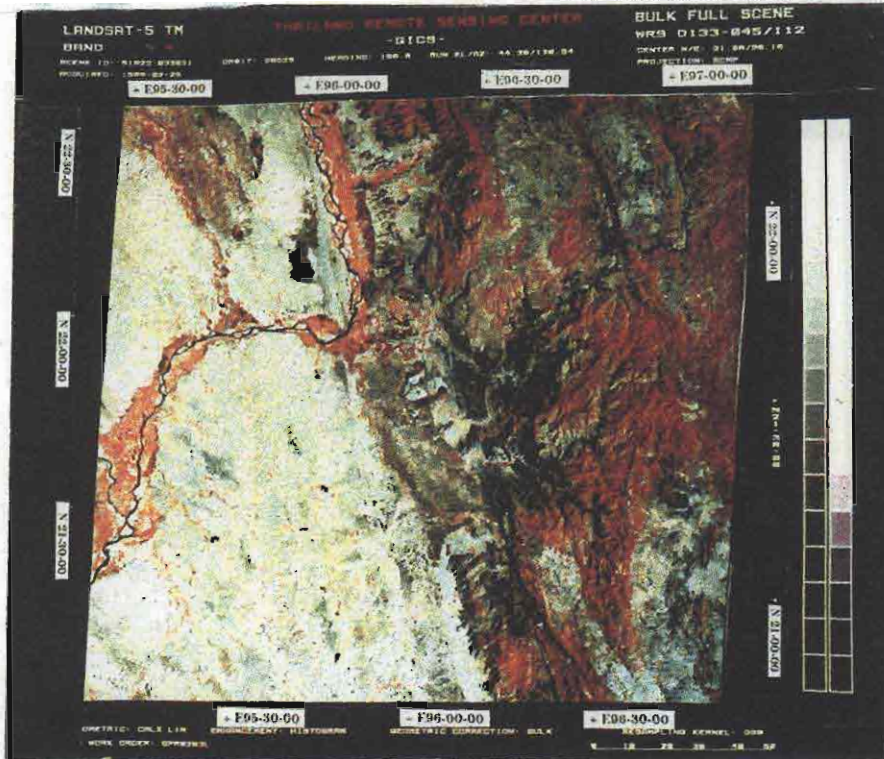
ลักษณะเด่นของแนวเส้นโครงสร้าง(Lineaments) โดยทั่วไปของประเทศพม่าในพื้นที่ที่ศึกษาคือ แนวเส้นโครงสร้างหลักที่วางตัวเรียงรายหรือขนานกันในทิศเหนือ-ใต้เป็นส่วนใหญ่ (ดูรูป 4.5.1) ยกเว้นทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ที่เห็นเป็นลักษณะแนวเส้นหลักอีกแนว ที่วางตัวในแนวขวางกับแนวเส้นหลักแนวเหนือ-ใต้



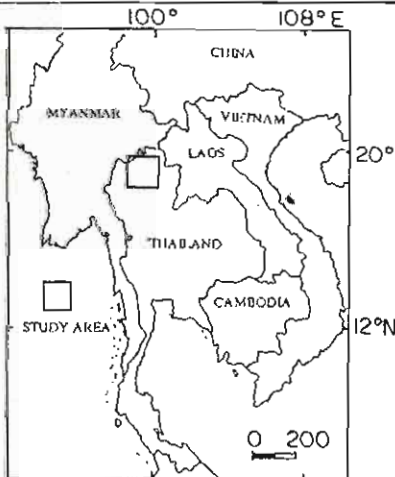
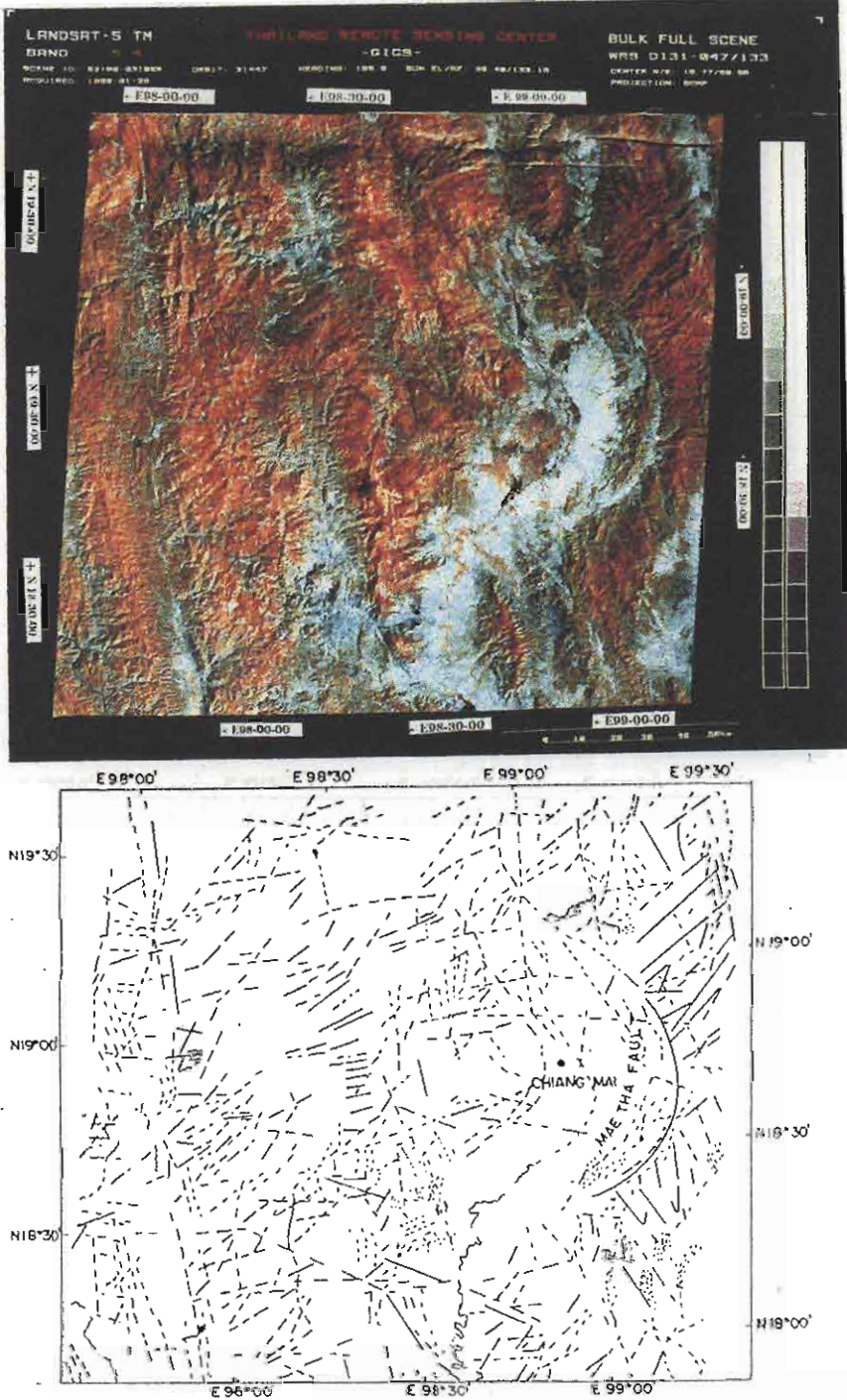
รูป 4.2 แผนที่แสดงลักษณะโครงสร้างสำคัญในแถบตอนเหนือไทยและด้านตะวันออกของพม่า ที่มีบทบาททำให้เกิดแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก ชัยยันต์ หินทอง, 2534)



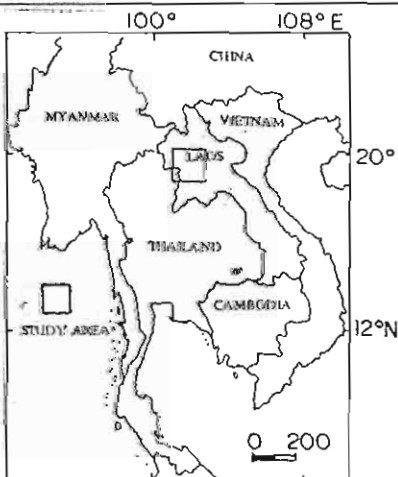
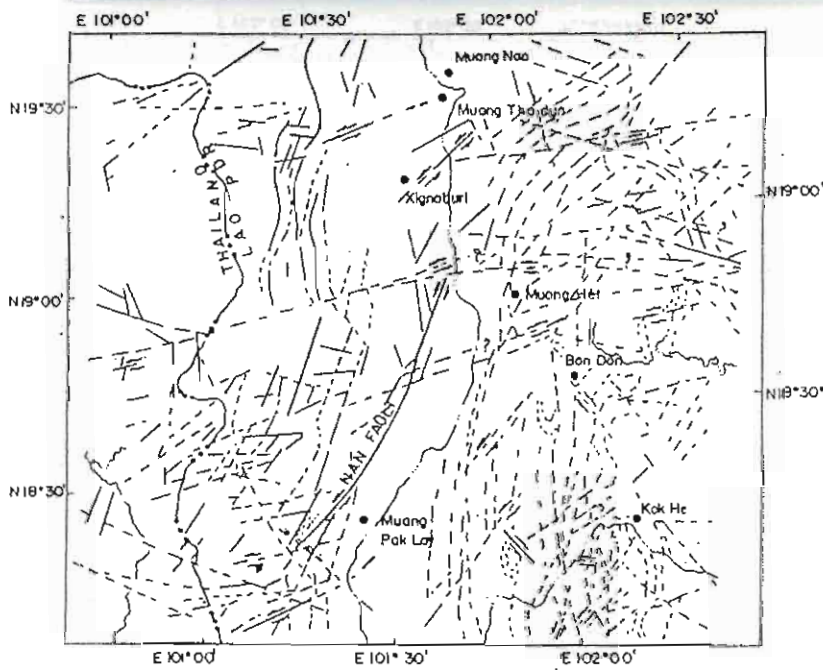
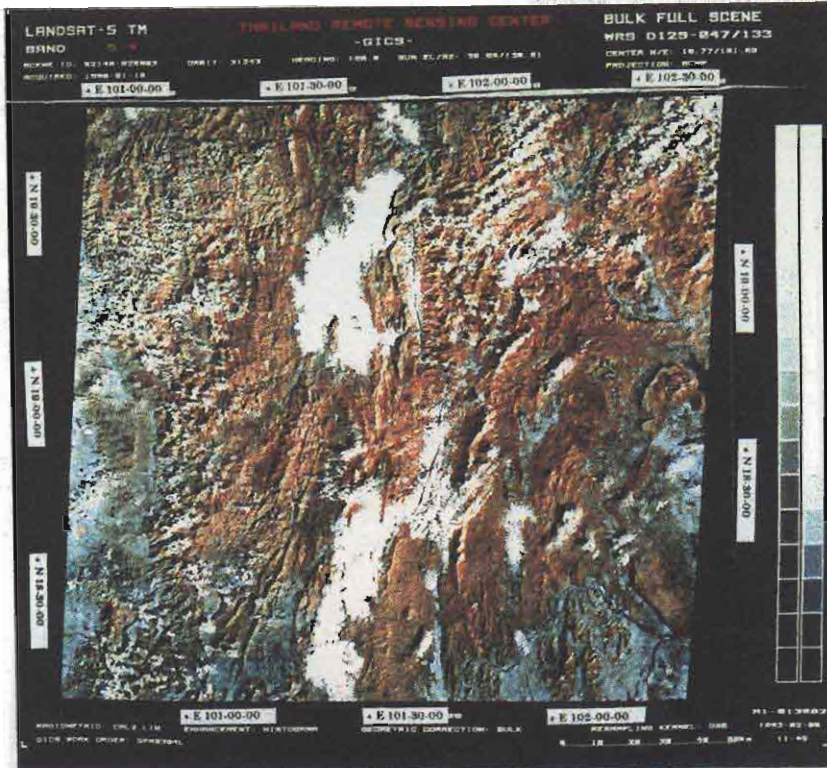
รูป 4.3 แผนที่ธรณีวิทยาอย่างง่ายของประเทศพม่า ได้จากการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TMS จากการศึกษาครั้งนี้ และบางส่วนจาก Bender (1983) & Mitchell (1993)



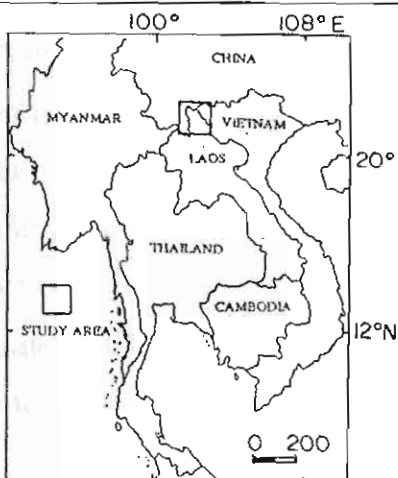
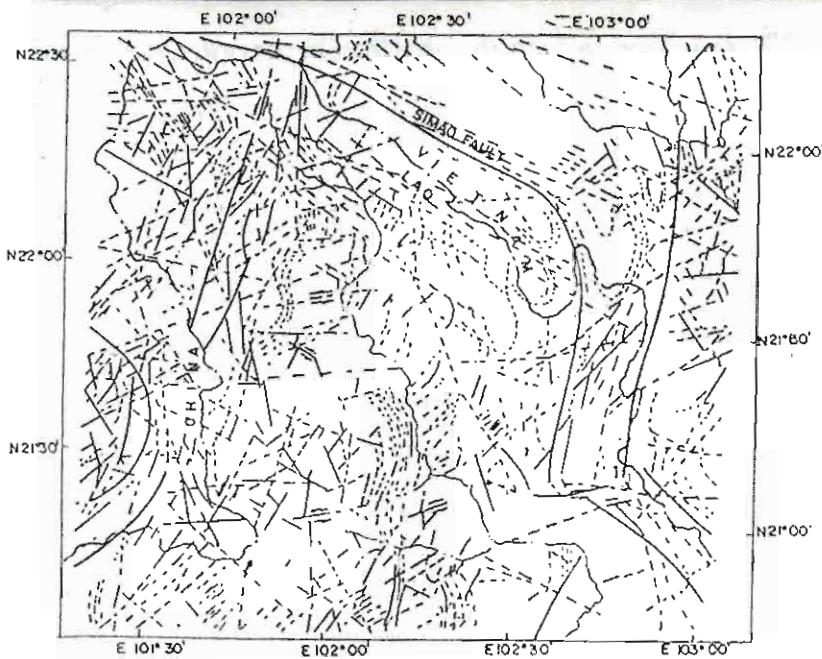
รูป 4.5.1 (บน) ภาพจากดาวเทียมภาค  
ตอนกลาง (central part) ของประเทศพม่าแถบ  
เมืองมันตะเลย์ - สะเกียง (Mandalay-Sagaing)  
(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้  
จากภาพจากดาวเทียม



รูป 4.5.2 (บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาค  
 เหนือของไทย แถบเมืองเชียงใหม่  
 (ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้  
 จากภาพดาวเทียม



รูป 4.5.3 (บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาค  
 กลางตอนตะวันตก (west-central) ของประเทศ  
 ลาวเมืองไชยบุรี (Chaingnaburi)  
 (ล่าง) เส้นโครงสร้าง ที่สามารถ  
 แปลได้จากภาพจากดาวเทียม



รูป 4.5.4 (บน) ภาพจากดาวเทียมทางตอนเหนือ  
สุดของลาวแถบเมืองพงสาลี (Pongsali)  
(ล่าง) เส้นโครงสร้าง ที่สามารถแปล  
ได้จากภาพจากดาวเทียม

## 1. เทือกเขาด้านตะวันตก

รายละเอียดของลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของพม่าในบริเวณที่ศึกษาทางด้านตะวันตกสุดของประเทศพม่าประกอบด้วยบริเวณที่เกิดการเลื่อนตัวย้อนกลับ(thrusting) และมุดตัว (subduction)อย่างชัดเจน ซึ่งน่าจะเกิดจากอิทธิพลที่แผ่นเปลือกโลกอินโด-ออสเตรเลีย (Indo-Australian Plate) มุดและชนตัวกับแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) คือส่วนของพม่าจริง ๆ ในภาพดาวเทียมจะเห็นเป็นลักษณะของเทือกเขา (คือเทือกเขาอะระกันโยมา เทือกเขาชินและเทือกเขานาคา) วางตัวตามแนวจากในทิศตะวันออกเฉียงเหนือถึงตะวันออกเฉียงเหนือไปทางเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ไปทางใต้ ซึ่งหลายคนเรียกรวมๆกันว่าเทือกเขาอินโดพม่า(Indoburmese Range) (ดู Nutalayla และคณะ, 1985 ; Tapponnier และคณะ, 1986, ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2540) เทือกเขาดังกล่าวนี้เป็นเทือกเขาแคบๆ แต่ทอดตัวยาวมากตั้งแต่เหนือสุดของพม่าออกนอกภาพไปจรดอ่าวเบงกอล บางคนเรียกแนวนี้นว่าแนวคดโค้งอะระกันโยมา(Arakanyoma fold belt, ดู Bender, 1983) อันเป็นบริเวณที่มีแนวรอยเลื่อนและแนวคดโค้ง ทำให้หินเปลี่ยนลักษณะได้มาก อีกทั้งทางตะวันตกเฉียงเหนือของบริเวณนี้คือ บริเวณที่เรียกแคว้นอัสสัม(Assam State) ของอินเดียอันเป็นบริเวณที่จัดว่ามีแผ่นดินไหวมากมายที่สุดอีกแห่งหนึ่งของโลก

จากการศึกษาโดยใช้ภาพจากดาวเทียมประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลธรณีวิทยาจากแหล่งอื่น เช่น Mitchell (1993) & Bender (1983) ทำให้คณะผู้วิจัยสามารถแบ่งแนวคดโค้งอินโด-พม่าออกเป็น 3 ส่วน (รูป 4.4) คือ

- 1) ส่วนตะวันตกเป็นเทือกเขาเล็ก ๆ ไม่สูงมากนัก ซึ่งประกอบด้วยหินตะกอนยุคเทอร์เชียรี(Tertiary) โดยที่ทางตะวันตกเป็นหินอายุไมโอซีนตอนบน(Upper Miocene) และด้านตะวันออกประกอบด้วยหินอายุอีโอซีน(Eocene) ซึ่งเป็นหินตะกอนแตกหลุดจากรวมน้ำทะเลลึก(marine flysch deposits)
- 2) ถัดเข้ามาตอนกลางเป็นหินตะกอนผสมไม่แยกลำดับชั้นตั้งแต่ยุคพรีแคมเบรียนจนถึงครีเตเชียส(Precambrian-Cretaceous) ซึ่งประกอบกันขึ้นมาเป็นแนวเทือกเขาสูงใหญ่มียอดคดกลับไปมา และ
- 3) ส่วนด้านตะวันออกสุดของแนวคดโค้งอะระกันโยมา(หรืออินโด-พม่า) กลับเป็นแนวเทือกเขามียอดเรียงคดโค้งสวยงาม ซึ่งประกอบด้วยหินตะกอนที่แสดงลักษณะการโค้งงอ(folding)และการเลื่อนตัวขึ้น(thrusting) ในแนวเหนือ-ใต้เป็นส่วนใหญ่

หินส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินตะกอนเมื่อดำดับอายุให้อยู่ในช่วงเทอร์เชียรีจนถึงครีเตเชียส(Tertiary-Cretaceous sediments) ทั้ง Hutchison (1989) และ Mitchell (1993) ต่างก็เชื่อว่าเพราะอิทธิพลของการเกิดรอยเลื่อนย้อนกลับมุดตัว(thrust faulting) น่าจะเป็นผลให้ชุดหินอัคนีชนิดโอฟีโอไลต์ (Ophiolite suite) ที่มีอายุใกล้เคียงกันเสียดแทงโผล่ขึ้นมาได้ หินชนิดนี้จัดว่ามีกำเนิดมาจากสันสมุทร (Oceanic ridge) และถูกทำให้แผ่กว้างออกจนเป็นแผ่นเปลือกมหาสมุทร(Oceanic plate)และในที่สุดก็ถูกดันขึ้นมา(Obduction) เนื่องจากอิทธิพลของการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกอินโด-ออสเตรเลีย (Indo-Australian plate)ลงไปได้แผ่นยูเรเชีย ซึ่งในที่นี้คือแผ่นพม่าตะวันตก (Western Burma Plate) และด้วยเหตุนี้จึงทำให้แนวเส้นโครงสร้าง (lineament) ของแนวคดโค้งอินโด-พม่า วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้เป็นส่วนใหญ่

## 2. ที่ราบตอนกลาง

ในส่วนที่สองนี้คือ ส่วนที่เป็นที่ราบตอนกลางของพม่า ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง(Alluvial plain) ตั้งแต่เหนือจดใต้ มีแม่น้ำที่สำคัญไหลผ่านคือ แม่น้ำอิระวดี (Irrawaddy River) และเขาเตี้ย ๆ ทอดตัวตามแนวยาววางตัวเกือบเหนือ-ใต้คือ เขาพะโคโยมา (Pegy Yoma) เหนือเมืองย่างกุ้ง และอยู่ทางตะวันออกของแม่น้ำอิระวดี เหนือเขาพะโคขึ้นไป เมื่อดูจากภาพจากดาวเทียมจะเห็นเป็นจุดๆ หรือเป็นดวง หรือวงเป็นรอยคำ ๆ วางตัวเป็นแนวไปทางเหนือ-ใต้ เป็นจุดเล็กบ้างใหญ่บ้างสลับกันไป ทิวเขาแนวนี้เป็นแนวภูเขาไฟยุคใหม่(Cenozoic volcanics) ด้วยเหตุนี้ Win Swe (1981) จึงได้ใช้แนวภูเขาไฟนี้กับปีกด้านตะวันตกของเขาพะโคโยมาเป็นแนวแบ่งที่ราบตอนกลางของพม่าออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนด้านตะวันออกของแนวภูเขาไฟ และส่วนด้านตะวันตกของแนวภูเขาไฟ (ดู Curray และคณะ, 1979 & 1982) ส่วน Hutchison(1989) เชื่อว่าแนวภูเขาไฟนี้ต่อเลยลงไปยังทะเลอันดามันจนกลายเป็นส่วนของแนวโค้งภูเขาไฟ (volcanic arc) หินภูเขาไฟนี้คงเกิดมาในช่วงมหายุคซีโนโซอิก(Cenozoic) และคงเกิดมาจากการมุดตัว (subduction) ของแผ่นสมุทร(oceanic plate) ของแผ่นพม่าตะวันตก (Western Burma block) ลงไปใต้แผ่น (จุลทวีป) ฉานไทย (Shan-Thai block หรือ microcontinent) (ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับการมุดตัวและการชนกันนี้หาได้จาก Bunopas & Vella (1983) และ Charusiri (1989) และ Mitchell (1985) อิทธิพลของการดันตัว และการมุดตัวนี้เองทำให้เกิดการยกตัวของเทือกเขาพะโคโยมาในลักษณะประทุนหงาย(syncline)เล็กน้อย แนวเส้นโครงสร้างของเขาพะโคโยมาอยู่ในแนวเหนือเฉียงตะวันตก(NNW-SSE) แต่การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้(N-S) ถึงเหนือเฉตะวันออกเฉียงเหนือ(NNE-SSW) หินที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นเขาพะโคโยมาส่วนใหญ่จึงเป็นหินตะกอนยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) ลำดับอายุได้ประมาณไมโอซีนถึงโอลิโกซีน(Miocene-Oligocene) และโผล่ออกมาได้เป็นแนวยาวกว่า 250 กิโลเมตร ตะกอนและหินตะกอนเหล่านี้อาจจัดเป็นจำพวกโมลาส(Molasse-type) ซึ่งเป็นตะกอนเมืคเป็นส่วนใหญ่ที่เกิดอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล(ดิน)หรือเป็นตะกอนบนบกก็ได้ เริ่มตั้งแต่อายุอีโอซีน(Eocene) และเมื่อรวมหินยุคควอเตอร์นารี(Quaternary) ด้วยอาจมีความหนาแน่นรวมกันมากกว่า 10 กิโลเมตร หินเหล่านี้ถูกแรงดันและแรงอัดรุนแรง(extensive compression fold)จนทำให้เกิดการเปลี่ยนลักษณะ (deformation) และทำให้เกิดการเลื่อนตัวย้อนกลับมุดต่ำ (overthrusting) ออกไปจากตำแหน่งเดิมได้มากกว่า 10 กิโลเมตร (Bender, 1983) เชื่อกันว่าบางส่วนของตะกอนวางตัวอยู่ใต้หินตะกอนยุคครีเตเชียส และพาลีโอซีน(Cretaceous & Paleocene) อีกที โดยใช่หลักฐานอ้างอิงจากข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ชนิดคลื่นเสียงหักเห (seismic refraction) (ดู Curray และคณะ, 1976) นอกจากหินภูเขาไฟแล้วในทางตอนเหนือ (นอกพื้นที่ดาวเทียม) ปรากฏเป็นหินแกรนิตโผล่ออกมาในส่วนของที่ราบด้านตะวันออก

ทางฝั่งตะวันออกของที่ราบด้านตะวันออกนี้ติดกับแนวที่ราบสูงที่เรียกที่ราบสูงฉาน (Shan Plateau หรือ Kachin-Shan-Tanessarim หรือ Eastern Highland) อันเป็นส่วนที่เรียกรัฐฉาน (Shan State) แนวเขา ๆ ที่สังเกตได้จากภาพจากดาวเทียมทางด้านตะวันออกของเขาพะโคโยมา เป็นเส้นขาวสลับดำไปทางเหนือ เขา วางตัวไปตามแม่น้ำอิระวดี และต่อเลยไปทางภาคเหนือของพม่าคือ แนวรอยเลื่อนสกายหรือสะเกียง

(Sagaing Fault รูป 4.5.1) และแถบเมืองตองอูมีแนวรอยเลื่อนใหญ่ เข้าใจว่าต่อเลยมาจากรอยเลื่อนเมย(Moei Fault) ของไทยโดยวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ Mitchell (1993) เรียกว่า Kanan Thrust ในที่นี้จะเรียก Taungoo Fault ไปก่อน

### 3. ที่ราบสูงและเทือกเขาด้านตะวันออก

ส่วนที่สามคือทางด้านตะวันออกของพม่า นับตั้งแต่บริเวณขอบที่ราบสูงกะชิน-ฉาน-แทนสะริม จนไปถึงบริเวณที่ติดชายแดนไทย-ลาว และจีนตอนใต้ มีลักษณะโครงสร้างที่สำคัญที่พอแยกความแตกต่างได้ 3 แนว จากภาพจากดาวเทียม คือบริเวณด้านเหนือ บริเวณตอนกลาง และบริเวณด้านใต้ของที่ราบสูง

กล่าวโดยทั่วไปบริเวณตอนเหนือสุดของพื้นที่ ประกอบด้วยแนวเส้นโครงสร้างที่วางตัวอยู่ในแนว ตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ไปจนถึงตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (ENE-WNW) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินแกรนิต หินพรีแคมเบรียน(Precambrian rocks) บริเวณแถบเมืองโมก็อก อันเป็นจุดที่ หินพรีแคมเบรียนและชุดอ่อนกว่า เกิดการหักสอกและหินชุดพาลีโอโซอิก(Paleozoic rocks)ซึ่งเป็นตะกอน ทะเลลึก-ตื้น อันเป็นส่วนที่ Bunopas & Vella (1983) เรียกว่าแผ่นทวีปฉานไทยซึ่งต่อเลยมาจากตอนเหนือ ของไทย แนวโครงสร้างใหญ่ของหินบริเวณนี้แผ่ไปถึงทางด้านจีนตอนใต้ (มณฑลยูนนาน) ในบริเวณนี้มี แนวรอยเลื่อนเด่น ๆ อยู่ 3-4 แนว วางตัวขนานกันในแนว ENE-WNW เช่นเดียวกับแนวโครงสร้างใหญ่ แนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่พบอย่างชัดเจนนี้คือรอยเลื่อนเม้งเลียง (Menglian Fault) ที่อาจมีผลทำให้แม่น้ำ สาละวินเกิดการโค้งตัวเน้นรอยเลื่อนซ้ายเข้า รอยเลื่อนนานติน (Nantian Fault); Huchon, 1994) วางตัวอยู่ อยู่เกือบตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งต่อเลยเข้ามาในพม่าทางภาค ตะวันออกเรียกรอยเลื่อนแฮนหวี (Hsenwi Fault)

ในบริเวณตอนกลางที่ราบสูงลักษณะแนวโครงสร้าง (lineament) ด้านตะวันตกวางตัวอยู่ในแนว เหนือ-ใต้ ส่วนแนวเส้นโครงสร้างด้านตะวันออกวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ (NNW จนถึง NW) เป็นส่วนใหญ่ และต่อเลยเข้ามาในประเทศไทยทางตอนเหนือด้วย สำหรับทางตอนกลางของที่ราบสูง โครงสร้างที่เด่นชัดมากจากภาพดาวเทียมคือ ลักษณะโครงสร้างประทุนหงาย(syncline) ขนาดใหญ่มากติด กับที่ราบสูงด้านตะวันตก และโครงสร้างประทุน(คว่ำ) (anticline) ติดกับที่ราบสูงด้านตะวันออก โดยมีการ วางตัวโดยทั่วไปอยู่ในแนวเหนือใต้เป็นส่วนใหญ่ แต่ส่วนของประทุนมีการบิดตัวไปทางทิศเหนือจดตะวัน ตก(NNW) ทางตอนเหนือสภาพธรณีวิทยาโดยทั่วไปของพื้นที่เป็นหินชุดพาลีโอโซอิกเป็นส่วนใหญ่ มีหิน แกรนิตโผล่ออกมาห่อหุ้มเล็ก ๆ ประปรายไม่เด่นชัดเหมือนตอนบนของพื้นที่ รอยเลื่อนที่พบเป็นไปตาม แนวเส้น(lineament)หลักๆ ยกเว้นตอนใต้ของบริเวณพื้นที่นี้จะมีแนวรอยเลื่อนเด่นชัดอีกแนว แนวเกือบ ตะวันตก-ตะวันออก (E-W)

บริเวณตอนใต้ของที่ราบสูงกะชิน-อิระวะดี-แทนสะริม มีลักษณะเป็นเทือกเขาสูงทอดตัวไปตาม แนวยาวมากกว่าที่จะเป็นที่ราบสูงเหมือนตอนบนและตอนกลาง โดยอยู่ทางด้านตะวันออกและด้านใต้ของ พม่า ติดต่อกับทางด้านตะวันตกและด้านเหนือของประเทศไทย จากภาพจากดาวเทียมปรากฏลักษณะการ

วางตัวของแนวเส้น(lineaments) ที่ต่อเนื่องเข้าไปในประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณแถบ อ.แม่สะเรียง แม่ฮ่องสอน และขุนขวม และที่สำคัญที่ไม่มีผู้ใดศึกษามาก่อน ซึ่งในที่นี้เรียกรอยเลื่อนเชียงใหม่(Chiang Mai Fault) ซึ่งเชื่อว่าต่อเนื่องไปจนถึงทางใต้ของยูนาน ลักษณะแนวเส้นส่วนใหญ่วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้(N-S)โดยเฉลี่ย ในที่นี้เรียกรอยเลื่อนตะวันตกสุดของไทยนี้ว่ารอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน (Mae Hong Son Fault, Charusiri และคณะ, 1993) แต่ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษาในพม่า แนวเส้นส่วนใหญ่วางตัวอยู่ในแนว NNE จนถึง NE อย่างชัดเจน ในทางธรณีวิทยาทางด้านตะวันตกของบริเวณนี้เป็นเทือกเขาแกรนิต และยังมีหินแกรนิตโผล่เป็นหย่อม ๆ หินแกรนิตเหล่านี้โดยเฉพาะทางใต้สุดของพม่า(นอกพื้นที่ศึกษา) ตรงข้ามกับจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากการหาอายุด้วยวิธี Rb-Sr จากแกรนิตทั้งก้อนพบว่ามีความอายุดังแต่ 94 ถึง 45 ล้านปีคือ ช่วงอายุครีเตเชียส จนถึงเทอร์เชียรี (Cobbing และคณะ, 1988, Putthapiban, 1992) ทางตอนกลางเป็นหินตะกอนนิรูปดี(Diamictite) เทียบเท่าหินชุดแก่งกระจาน(ของไทย) ซึ่งมีอายุประมาณยุคเพอร์โม-คาร์บอนนิเฟอร์ส(Permo-Carboniferous) พบแนวรอยเลื่อนมากมายที่สำคัญได้แก่ รอยเลื่อนตองยีหรือตองกะยี(Taung Gyi Fault, รูป 4.5.18), รอยเลื่อนผาปูน(Papun Fault) ซึ่งบางคนอาจเรียกว่ารอยเลื่อนแปนลอง บางคนเรียกพานหลวง(Pan Laung) รอยเลื่อนตองยีนับว่ามีความยาวมาก กินอาณาเขตบริเวณตั้งแต่ตอนกลางเรื่อยลงไปถึงใต้สุดของพื้นที่ศึกษา และอาจต่อเนื่องลงไปจนใต้สุดของประเทศพม่าก็ได้ (ดูBender, 1983) ลักษณะโครงสร้างทางใต้ของพม่าตะวันออกดังกล่าวถูกตัดด้วยแนวรอยเลื่อนใหญ่ที่เรียกรอยเลื่อนค่านเจดีย์สามองค์ ซึ่งวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย

#### 4.3 ลักษณะโครงสร้างของประเทศไทยตอนเหนือและตะวันตก

ลักษณะโครงสร้างของประเทศไทยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะโครงสร้างที่สัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานของภาคเหนือของประเทศ และบางส่วนของภาคตะวันตกเท่าที่ปรากฏในภาพดาวเทียมเท่านั้น โดยทั่วไปลักษณะโครงสร้างหลัก ๆ ของประเทศไทยในส่วนนี้ประกอบด้วย แนวเส้นโครงสร้างหลักที่จัดตัวกันใน 4 ทิศทาง คือแนวเส้นหลักที่จัดตัวเองในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกของประเทศไทย แนวเส้นในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ที่อยู่ทางใต้ของประเทศไทย จนถึงตะวันตกเฉียงใต้ แนวเส้นในทิศตะวันออก-ตะวันตก ที่อยู่ทางทิศเหนือ และแนวเส้นตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือที่อยู่ทางทิศตะวันออก (ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2533 และ Charusiri และคณะ, 1994)

จากลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณกว้างเมื่อพิจารณาจากภาพจากดาวเทียม จะเห็นได้ว่าทางตอนเหนือของประเทศไทยสามารถแบ่งลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาออกได้เป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ 1) ทางด้านตะวันตกสุดเกือบจรดพรมแดนพม่า 2)ทางตอนกลาง และ3)ทางตะวันออกสุด โดยโครงสร้างเหล่านี้ไปสิ้นสุดที่ทางตอนเหนือในบริเวณมณฑลยูนนาน(จีนตอนใต้) เนื่องจากอิทธิพลของรอยเลื่อนแม่น้ำแดง(Red River Fault, ดูรูป 4.5.28) และรอยเลื่อนนานดินหรือนานติง(Nanting) ส่วนทางใต้นั้นถูกกำหนด

ด้วยรอยเลื่อนใหญ่ในที่นี้ให้ชื่อว่ารอยเลื่อนแม่ปิง(Mae Ping Fault) ซึ่งบางคนเรียกรอยเลื่อนวังเจ้า(Wang Chao Fault หรือ Papun Fault ; Tapponnier และคณะ, 1986)

โครงสร้างแรกคือโครงสร้างด้านตะวันตกลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างด้านตะวันตกนี้ส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งประกอบด้วยหินแปรซับซ้อน(metamorphic complex) ยุคพรีแคมเบรียนที่บางส่วนถูกกลืนสภาพไปเป็นหินมิกมาไทต์(migmatite) เนื่องจากการแทรกดันของหินแกรนิตะคอน(S-type) ยุคไทรแอสซิก ถึงเทอร์เชียรีมาผสม หินแกรนิตเหล่านี้มีบ้างที่เป็นหินแกรนิตอัคนี (I-type) และก็แทรกดันเข้ามาในหินข้างเคียงเหมือนกัน ซึ่งได้แก่ตะกอนแตกหลุดหรือตะกอนเม็ด(clastics) และตะกอนเคมีหรือตะกอนคาร์บอเนต(carbonates) ซึ่งมีอายุในช่วงอายุพาลีโอโซอิก (Paleozoic) เป็นส่วนใหญ่ โครงสร้างด้านตะวันตกนี้ไปสิ้นสุดที่บริเวณด้านตะวันตกของแอ่งเชียงใหม่ (Chiang Mai Basin) โดยอิทธิพลของแนวรอยเลื่อนแม่ทา(Mae Tha Fault, ดูรูป 4.5.2) ซึ่งมีแนวการวางตัวเป็นแนวโค้งประมาณโดยเฉลี่ยในทิศเหนือ-ใต้ (ดู ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2537) เป็นที่น่าสังเกตว่าหินยุคเมโสโซอิกไม่ปรากฏในส่วนโครงสร้างด้านตะวันตกนี้เลย นอกจากนั้นยังพบว่าระหว่างพรมแดนไทยและพม่ามีรอยเลื่อนปรากฏชัดอีกหนึ่งแนวที่วางตัวเกือบตะวันออก-ตะวันตกแบบเดียวกับรอยเลื่อนนานดิงของจีนเรียกรอยเลื่อนเชียงราย(Chiang Rai Fault) หรือในที่นี้เรียกรอยเลื่อนแม่จัน(Mae Chan Fault) หรือรอยเลื่อนเชียงแสน (Chiang Saen Fault) เป็นที่น่าสังเกตว่าลักษณะโครงสร้างของบริเวณนี้สัมพันธ์กับแนวคดโค้งขนาดใหญ่ที่เรียก Sukhothai Fold belt

รอยเลื่อนในภาคเหนือที่สำคัญ ๆ มีอยู่ 5 รอยเลื่อนด้วยกันคือ 1) รอยเลื่อนเชียงราย (หรือเชียงแสน-แม่จัน) 2) รอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน 3) รอยเลื่อนแม่ทา 4) รอยเลื่อนแพร่ และ 5) รอยเลื่อนอุตรดิตถ์

ลักษณะโครงสร้างถัดมาคือ โครงสร้างตอนกลางภาคเหนือ ซึ่งนับตั้งแต่ฝั่งด้านตะวันออกของแอ่งเชียงใหม่ไปจนถึงส่วนที่มีผลทำให้เกิดรอยเลื่อนใหญ่ที่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ที่ชื่อว่ารอยเลื่อนน่าน-อุตรดิตถ์ (Nan-Uttaradit Fault) บางคนเรียกรอยเลื่อนเดียบบิยนฟู (Dien Bien Phu Fault, ดู Huchon และคณะ, 1994) ในระหว่างรอยเลื่อนแม่ทาและรอยเลื่อนน่าน-อุตรดิตถ์ยังมีรอยเลื่อนที่วางตัวในแนวเดียวกันอีกหลายตัว บริเวณจังหวัดแพร่ เรียกรวมกันว่า รอยเลื่อนแพร่ ซึ่งต่อไปถึงประเทศลาวบริเวณแถบอุดมไซ (Oudomsay) ลักษณะโครงสร้างของชั้นหินวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ได้พบหินตะกอนภูเขาไฟในยุคพาลีโอโซอิกมากมาย อีกทั้งยังมีหินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้แยกลักษณะโครงสร้างแถบนี้ออกจากด้านตะวันตก หินแกรนิตบริเวณแถบนี้โผล่ให้เห็นเป็นหย่อม ๆ ส่วนใหญ่เป็น I-type อายุโดยเฉลี่ยประมาณไทรแอสซิก โครงสร้างลักษณะนี้ไปสิ้นสุดทางด้านตะวันออกบริเวณที่เรียกรอยตะเข็บหรือรอยต่อน่าน-อุตรดิตถ์(Nan-Uttaradit Geosuture Barr & Macdonald, 1983) อันเป็นบริเวณที่นอกจากจะปรากฏให้เห็นด้วยรอยเลื่อนน่าน-อุตรดิตถ์แล้วยังปรากฏของชุดหินอัคนีที่เรียกโอไฟโอไลต์ (ophiolite suite) โผล่เป็นหย่อม ๆ ตามแนวรอยเลื่อนอีกด้วย Charusiri และคณะ(1993) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างแถบตะวันตก และทางใต้ของบริเวณนี้อย่างละเอียดพอสรุปได้ว่า โครงสร้างที่เห็นเด่นเป็นแนวเส้นโครงสร้างชัดเจนคือ โครงสร้าง

ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งก็สัมพันธ์และพ้องกับการวางตัวของโครงสร้างในบริเวณกว้างในแถบนี้ นอกจากนั้นแหล่งแร่หลายประเภทยังเกิดขึ้นมาอยู่ในแนวนี้อีกด้วย ลักษณะโครงสร้างบริเวณนี้สัมพันธ์กับแนวคดโค้งขนาดใหญ่ที่เรียก Loi Fold Belt (Bunopas & Vella, 1983) ซึ่งต่อเลยออกไปในประเทศ บริเวณเมืองปากเล(Pak Lay) ไทรบุรี(Sayaburi) และหลวงพระบาง ไปจนถึงเมืองเดียนเบียนฟูของประเทศเวียดนาม

ส่วนโครงสร้างสุดท้ายของภาคนี้คือ โครงสร้างทางด้านตะวันออก ซึ่งนับตั้งแต่รอยเลื่อนน่าน-อุตรดิตถ์ ไปจนถึงขอบด้านตะวันตกสุดของที่ราบสูงโคราช ซึ่งถูกกำหนดด้วยแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ อีกแนวหนึ่งที่วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ไปตามแม่น้ำป่าสัก ผ่านเพชรบูรณ์ไปจนถึงตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศลาว บริเวณอันคบุรี(หรือ Xaignaburi หรือ Sayaburi, ดู Nutalaya, 1992) โดยมีลักษณะทางธรณีวิทยาด้านตะวันตกคล้ายกับบริเวณด้านตะวันออกของโครงสร้างตอนกลางของภาคเหนือคือ มีหินตะกอนยุคไทรแอสซิก และหินตะกอนภูเขาไฟ ยุคพาเลโอโซอิกตอนปลาย ส่วนกลาง และด้านตะวันออกแสดงลักษณะที่ราบสูงเห็นชัดเจนจากข้อมูลภาพจากดาวเทียม เนื่องจากมีหินตะกอนชุดโคราชเห็นเป็นลักษณะโครงสร้างที่เรียก Inlier อย่างชัดเจน สำหรับหินแกรนิตโผล่ให้เห็นอย่างประปรายไม่เด่นชัด ส่วนทางด้านตะวันออกสุดเป็นหินภูเขาไฟซึ่งคงจะปะทุขึ้นมาตามแนวรอยเลื่อนนี้ อายุหินภูเขาไฟประมาณเพอร์ม-ไทรแอสซิก ดังนั้นแนวเส้นบริเวณนี้ที่เด่น ๆ คือที่วางตัวในแนวเดียวกับแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เหมือนโครงสร้างตอนกลาง และลักษณะโครงสร้างด้านตะวันตกของไทย เมื่อพิจารณาจากภาพดาวเทียม (รูป 4.8) จะเห็นว่าถูกขนาบด้วยแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่สองแนวที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ตอนเหนือของโครงสร้างถูกกำหนดด้วยรอยเลื่อนแม่ปิง ส่วนทางตอนใต้ถูกกำหนดด้วยรอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สำคัญ คือ มีแนวแกรนิตปรากฏเป็นเทือกเขาใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ตัดเข้ามาในหินยุคพาเลโอโซอิก และตรงบริเวณรอยเลื่อนทั้งสองแนวนี้ หินตะกอนชุดไทรแอสซิกและพาเลโอโซอิกตอนบนจะวางตัวอยู่ในแนวนี้นี้ แหล่งแร่หลายชนิดปรากฏให้เห็นในบริเวณนี้ และแสดงความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับหินแกรนิตซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตตะกอน (S-type) และสัมพันธ์กับโครงสร้างภายในบริเวณนี้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Nutalaya และคณะ (1985) ได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับรอยเลื่อนในบริเวณนี้ว่าจะประกอบด้วยรอยเลื่อนใหญ่ 3 แนวด้วยกัน กล่าวคือ 1) รอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี 2) รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และ 3) รอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ Bunopas (1976) ได้เสนอว่า ลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนกลางsang (Lan Sang Fault) (ซึ่งคณะผู้วิจัยสันนิษฐานว่าน่าจะเป็นสาขาหนึ่งของรอยเลื่อนแม่ปิง) มีการเคลื่อนตัวแนวราบแบบซ้ายเลื่อนเข้า (sinistral lateral displacement) จากหลักฐานที่ว่าแนวสัมผัสของรอยเลื่อนนี้อยู่ระหว่างหินปูนอายุออร์โดวิเชียนกับถ่านหินลิกไนท์ยุคเทอร์เชียรี ซึ่งแนวคดโค้งกล่าวคล้ายกับของ Nutalaya และคณะ (1985) ซึ่งเชื่อว่ารอยเลื่อนใหญ่ทั้งสามตัวที่กล่าวมาแล้วข้างบนน่าจะเป็นรอยเลื่อนเป็นระบบเชิงซ้อนมีทั้งที่เป็นรอยเลื่อนปกติ รอยเลื่อนย้อนกลับมุมต่ำ และรอยเลื่อนแนวราบ นอกจากนั้นตามแนวคิดของ Nutalaya และคณะ (1985) ยังเชื่อว่าแนวรอยเลื่อนใหญ่ทั้งสามตัวนี้น่าจะมีความต่อเนื่องมาจาก

รอยเลื่อนแปนลอง และรอยเลื่อนตองยีในพม่า อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยเชื่อว่าเมื่อพิจารณาจากภาพดาวเทียม รอยเลื่อนดังกล่าวนี้อาจเป็นส่วนต่อมาจากรอยเลื่อนแปนลอง และตองยี แต่รอยเลื่อนทั้งสองนี้คงมีแนวรอยต่อไปทางใต้เรื่อย ๆ จนไปถึงสุดที่ทะเลเมาะตะมะ Natalalya & Rau (1984) ได้เสนอแนวความคิดว่าแนวรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์และด่านเจดีย์สามองค์ที่วางตัวเกือบอยู่ในแนวแดงใหญ่ และแดงน้อยนั้น อาจแสดงลักษณะการเลื่อนตัวแนวราบที่ด้านขวาเลื่อนเข้าในลักษณะเดียวกับรอยเลื่อนยักษ์สะเทียทางตอนกลางของพม่า ซึ่งก็ตรงกับแนวคิดของคณะผู้วิจัย นอกจากนั้นคณะผู้วิจัยยังเชื่ออีกว่าการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนแม่ปิงในอดีตอาจเป็นลักษณะเดียวกับที่ Bunopas (1976) และ Natalalya และคณะ (1985) ได้คาดคิดเอาไว้คือ ด้านซ้ายเลื่อนเข้า แต่ในปัจจุบันเมื่อเปลือกโลกเกิดการคลายตัวการเคลื่อนตัวอาจกลับทิศ และทำให้เปลี่ยนเป็นด้านขวาเลื่อนเข้าได้เพื่อต้องการปรับสภาพของเปลือกโลกบริเวณแถบนี้ให้สมดุลย์ (ดูรูป 4.6)

สรุปจากการศึกษาโดยภาพจากดาวเทียมในครั้งนี้ประกอบกับข้อมูลธรณีแปรสัณฐาน และข้อมูลจากการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ และข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไป (ดู Charusiri, 1989) พออนุมานได้ว่าแนวเส้นใหญ่ๆ ของไทย คือ กลุ่มหรือเขตรอยเลื่อนใหญ่ซึ่งพอจะแบ่งออกตามภาคได้ดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 กลุ่มรอยเลื่อนสำคัญ ๆ ในประเทศไทยแบ่งตามภาค

| ภาค                | กลุ่มรอยเลื่อน                                                 |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| เหนือ              | 1) เชียงราย 2) แม่สะเรียง 3) แพร่ 4) แม่ทา 5) อุตรดิตถ์ 6) พัว |
| ตะวันตก            | 1) เมฆ 2) น้ำโจน 3) เจดีย์สามองค์                              |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | 1) เพชรบูรณ์ 2) นครพนม 3) ภูพาน                                |
| กลาง               | 1) แม่ปิง 2) เจ้าพระยา 3) แควน้อย 4) แควใหญ่                   |
| ตะวันออก           | 1) ระยอง 2) แกลง                                               |
| ใต้                | 1) ระนอง 2) คลองมะรุ่ย และ 3) ชะลา                             |

รายละเอียดของรอยเลื่อนกลุ่มหรือเขตต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

ก. รอยเลื่อนในเขตภาคตะวันตก

1. เขตรอยเลื่อนแม่ปิงหรือเมฆ-อุทัยธานี (Moei - Uthai Thani Fault Zone) จากภาพดาวเทียม ประกอบด้วยรอยเลื่อนอย่างน้อย 2 กลุ่มคือ รอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี และรอยเลื่อนลานสาง-วังเจ้า รวมความยาวเกือบ 200 กม เริ่มตั้งแต่แนวลำน้ำเมฆ ติดพรมแดนไทยพม่า ทางตะวันตกเฉียงเหนือติดต่อกันลงมา โดยหลายคน (Natalaya และคณะ, 1985 ; ชัยยันต์ หินทอง, 2534) เชื่อว่าปานหลวง (พานหลวง) ในประเทศพม่าเข้ามาสู่เขตประเทศไทยตามแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนคณะผู้วิจัยเชื่อว่ารอยเลื่อนนี้น่าจะต่อเลยไปบรรจบกับรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอนทางตอนเหนือมากกว่า รอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี

ผ่านชั้นหินมากมายตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian) ถึงมีโซโซอิก (Mesozoic) ต่อมามีการไถ่รื้อเลื่อนนี้มีแนวทิศทางการเคลื่อนที่ตามแนวทิศใต้เล็กน้อย โดยผ่านลำน้ำแม่ปิงตอนเหนือ และผ่านขอบแอ่งที่ราบลุ่มเจ้าพระยา ผ่านเขตจังหวัดอุทัยธานี ลงมาทางใต้ถึงจังหวัดอ่างทอง จากหลักฐานทางธรณีแปรสัณฐานพบว่าเดิมเป็นรอยเลื่อนตามแนวระนาบซ้ายในช่วงอายุเทอร์เชียรี ต่อมาในสมัยควอเทอร์นารี การเคลื่อนไหวจะเป็นไปในทิศตรงกันข้าม กลายเป็นรอยเลื่อนระนาบขวาเข้า เนื่องจากแผ่นทวีปอินเดียเคลื่อนไปชนกับแผ่นทวีปเอเชียทางด้านประเทศทิเบต ในราว 45 - 50 ล้านปีที่ผ่านมา จนถึงปัจจุบัน

2. **เขตรอยเลื่อนน้ำโจนหรือศรีสวัสดิ์ (Nam Chon หรือ Si Sawat Fault Zone)** ในภาพจากดาวเทียม เห็นได้ไม่ชัดเจนเนื่องจากเป็นส่วนปลายแต่เป็นเขตรอยเลื่อนที่พาดผ่านด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย จากข้อมูลภาพจากดาวเทียมพบว่าน่าจะเป็นสาขาของรอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี แต่บางคน (เช่น ชัยยันต์ หินทอง, 2534) เชื่อว่าแยกมาจากรอยเลื่อนพานหลวง มีแนวพาดผ่านตามทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ทำมุมเข้าหารอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี ในทิศเหนือโดยประมาณ แต่อยู่ถัดลงมาทางใต้ผ่านอำเภอศรีสวัสดิ์ และบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี และตามลำแม่น้ำแควใหญ่ด้านเขื่อนน้ำโจนจนถึงตัวเมืองกาญจนบุรี เมื่อพ้นพรมแดนประเทศไทยออกไปทางตะวันตกแล้ว แนวค่อนข้างเบี่ยงไปทางเหนือเล็กน้อยไปบรรจบกับรอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี ตัดผ่านชั้นหินตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิก และน่าจะต่อเลยเข้ามาในแอ่งที่ราบภาคกลางตอนล่าง และผ่านกรุงเทพฯ มีธรรมชาติและประวัติเช่นเดียวกับรอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี (แม่ปิง) จากการหาอายุโดยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนส์พบว่ารอยเลื่อนนี้เลื่อนตัวครั้งสุดท้ายเมื่อ 5.5 ล้านปีมาแล้ว

3. **เขตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Three Pagoda Fault Zone)** ภาพจากดาวเทียมเห็นเพียงส่วนที่ต่อเนื่องเข้าไปในพม่า เป็นเขตรอยเลื่อนทางด้านตะวันตกของประเทศไทยที่สำคัญอีกแนวหนึ่ง มีความยาว 200 - 250 กม. มีการวางตัวเกือบขนานกับแนวรอยเลื่อนแม่ปิง (เมฆ-อุทัยธานี) และอาจเป็นแนวต่อจากปลายแนวรอยเลื่อนพานหลวง (พานหลวง) ในเขตประเทศพม่า เข้าสู่เขตประเทศไทยตามแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ผ่านด้านเจดีย์สามองค์ ในเขตอำเภอสองพี่น้อง จังหวัดกาญจนบุรี และพาดผ่านตามแนวลำแม่น้ำแควน้อย ผ่านชั้นหินมหายุคพาลีโอโซอิก และมีโซโซอิก และเชื่อว่าผ่านเข้ามาทางจังหวัดราชบุรี ต่อลงไปถึงอ่าวไทย ที่จังหวัดสมุทรสาคร ธรรมชาติของรอยเลื่อนนี้เป็นชนิดรอยเลื่อนระนาบซ้ายเข้าในยุคเทอร์เชียรี ประวัติในช่วงหลัง คือ ยุคควอเทอร์นารีจนถึงปัจจุบัน ปรากฏว่าเลื่อนไปทางขวาเช่นเดียวกับรอยเลื่อน 2 แนวแรก และจากข้อมูลการศึกษาตรวจสอบอายุและประวัติของการเคลื่อนตัว โดยเฉพาะจากการตรวจหาอายุของการเคลื่อนไหวครั้งล่าสุดของรอยเลื่อนจากหินรอยเลื่อนบริเวณเขื่อนเขาแหลม ด้วยวิธีการหาอายุต่าง ๆ กัน ปรากฏว่ามีอายุต่าง ๆ กันตั้งแต่มหายุคมีโซโซอิกตอนปลายต่อยุคเทอร์เชียรี (ราว 60 - 70 ล้านปีที่ผ่านมา, Charusiri, 1989), ต้นยุคไพลสโตซีน (ราว 4-5 ล้านปีที่ผ่านมา), กลางยุคไพลสโตซีน (ราว 3 แสน - 1 ล้านปีที่ผ่านมา), มากกว่า 1 ล้านปีที่ผ่านมา และที่อ่อนที่สุดที่อายุเพียง 12,000 ปีที่ผ่านมาเท่านั้นเอง (ชัยยันต์ หินทอง, 2538)

## ข. รอยเลื่อนในเขตภาคเหนือ

1. เขตรอยเลื่อนเชียงรายหรือเชียงแสน หรือรอยเลื่อนแม่จัน (*Chiang Rai หรือ Chiang Saen หรือ Mae Chan Fault Zone*) จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม พบว่าพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยกลุ่มรอยเลื่อนต่าง ๆ เช่นรอยเลื่อนแม่จัน จังหวัดเชียงราย และรอยเลื่อนคอยเกี๊ยะ อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ และเป็นส่วนหนึ่งของชุดรอยเลื่อนซึ่งรวมความยาวอย่างน้อย 200 กม ต่อเลยขึ้นไปทางเหนือในพม่า ลาว และยูนาน จะพบแนวรอยเลื่อนขนาดความยาวกว่ารอยเลื่อนเชียงราย (250 - 300 กม) วางตัวเกือบขนานกับรอยเลื่อนเชียงราย เช่นรอยเลื่อนมอเมียก (Momeik) เคียวมี (Kyaukme) และมานสาม (Mansam) แนวรอยเลื่อนกลุ่มนี้อยู่ในทิศทางเกือบตะวันตก-ตะวันออก แต่เอียงลงทางใต้ และขึ้นทางเหนือเล็กน้อย โดยทางใต้ได้ผ่านตั้งแต่แอ่งอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีแนวเหนือใต้ แหล่งน้ำพุร้อนแม่จัน จังหวัดเชียงราย และเลาะตามความยาวแม่น้ำกกช่วงเหนือ (ในแนวเกือบตะวันตก-ตะวันออก) และเนินขึ้นไปทางทิศเหนือสู่ประเทศลาว เข้าใจว่ารอยเลื่อนนี้น่าจะเกิดมาครั้งแรกในคอนยุคเทอร์เชียรี และตัดผ่านชั้นหินแกรนิตยุคไทรแอสซิกเป็นส่วนใหญ่ ประวัติการเคลื่อนตัวปรากฏว่าในช่วงปัจจุบันกำลังเคลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า (Left-lateral fault) เป็นรอยเลื่อนที่น่าสนใจอีกรอยหนึ่งในแง่แผ่นดินไหว (ดูรายละเอียดในบทถัดไป)

2. เขตรอยเลื่อนแม่สะเรียง หรือรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน (*Mae Sariang หรือ Mae Hongson Fault Zone*) จากภาพดาวเทียมมีความยาวประมาณ 200 กม ทอดตัวไปตามทิศเหนือ-ใต้ ในทางใต้สุดเริ่มต้นที่บริเวณบ้านท่าสองยาง อำเภอสองยาง จังหวัดตาก ซึ่งคาดคิดว่าจะแยกออกจากรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ขึ้นไปทางเหนือผ่านอำเภอแม่สะเรียง อำเภอขุนยวม ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ส่วนใหญ่หินมหายุคมีโซโซอิกถูกเลื่อนออกจากหินมหายุคพาเลโอโซอิก รวมแอ่งสะสมตะกอนยุคใหม่ด้วย ประวัติการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนนี้เท่าที่ศึกษามาแล้ว ปรากฏว่าในช่วงอายุประมาณ 10 - 30 ล้านปี(ยุคเทอร์เชียรี)(ดู Charusiri, 1989) มีธรรมชาติเป็นรอยเลื่อนแบบซ้ายเข้า(Left-lateral) ส่วนในยุคหลังเทอร์เชียรีขึ้นมาจนถึงปัจจุบัน มีหลักฐานการเคลื่อนตัวแบบขวาเข้า(Right lateral) เป็นส่วนใหญ่

3. เขตรอยเลื่อนแม่ทา (*Mae Tha Fault Zone*) จากภาพดาวเทียม รอยเลื่อนแม่ทาเป็นรอยเลื่อนรูปโค้งแต่โดยเฉลี่ยวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีความยาวอย่างน้อย 150 กม เริ่มจากบริเวณอำเภอแม่ฮาดทางตอนเหนือ ผ่านลงไปในเขตอำเภอพร้าว จนถึงเขตตะวันออกของอำเภอดอยสะเก็ด อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ แล้ววกลงมาทางตะวันตกเฉียงใต้ตามแนวลำน้ำแม่ทาลำพูน จังหวัดลำปางผ่านชั้นหินมหายุคไทรแอสซิกตอนกลางถึงตอนปลาย และหินแกรนิตยุคไทรแอสซิก ปัญญา จารุศิริและคณะ (2538) ได้เสนอว่าการคดโค้งของรอยเลื่อนแม่นี้น่าจะเกิดมาจากแรงอัดหรือเฉือน และการไหวตัวหลายครั้งที่มีทิศหรือแนวรอยแตกในทิศต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดรอยเลื่อนนี้จากการหาอายุโดยวิธีเทอร์โมลูมินสเซนซ์พบว่าครั้งสุดท้ายมีการมีการเคลื่อนตัวเมื่อประมาณ 0.77, 0.42, 0.31 และ 0.19 ล้านปีตามลำดับ

4. เขตรอยเลื่อนแพร่ - เถิน (*Phrae - Thoen Fault Zone*) จากลักษณะที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียม บ่งบอกว่าเขตรอยเลื่อนนี้เมื่อรวมกันแล้วยาวประมาณ 200 กม จัดว่าเป็นเขตรอยเลื่อนที่กว้าง

พอสุมควรร (เกือบ 50 กม) วางตัวอยู่แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และอาจต่อเนื่องไปถึงรอยเลื่อนแม่จันได้จากขอบแอ่งด้านตะวันออกของแอ่งลำปาง ที่อำเภอเถิน จนถึงแอ่งแพร่ ที่อำเภอลอง รอยเลื่อนนี้ทำให้เกิดแนวหน้าผาตรงในทิศตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างตะกอนน้ำพารูปพัดกับหินยุคไทรแอสซิก ต่อแนวออกไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ คล้ายกับว่าอาจต่อเนื่องเข้าด้วยกับแนวรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู (Dien Bien Phu Fault Zone) ซึ่งผ่านบริเวณเมืองไชยบุรี และเมืองหลวงพระบางในประเทศลาวและต่อเนื่องไปจนเข้าไปทางตอนเหนือของประเทศเวียดนาม เชื่อกันว่ารอยเลื่อนเกิดจากการบีบรัด และคลายตัวของเขตของโค้งสุโขทัย และเชื่อกันว่าเป็นรอยเลื่อนขวาเข้า (ซ้ายขันธ์ หินทอง, 2534) แต่ปัจจุบันน่าจะกำลังเคลื่อนตัวไปทางซ้ายมุมสูง ตามเหตุผลทางธรณีวิทยาแปรสัณฐานทำให้เกิดการยกตัวในยุคปัจจุบัน ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้จากการกระจายตัวของหินบะซอลต์ จากการศึกษาอายุการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนกลุ่มนี้โดยซ้ายขันธ์ หินทอง (2538) พบว่ามีการเคลื่อนตัวอย่างน้อย 3 ครั้ง คือ 0.49, 0.21 และ 0.16 ตามลำดับ การเคลื่อนตัวสามารถบ่งชี้ได้จากลักษณะรอยเลื่อนเล็ก ๆ จำนวนมากที่ตัดเนื่องทับชุดโพลีโอ-โพลสโคจีนระหว่าง อำเภอแม่ทา & อำเภอลอง

5. เขตรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ หรือรอยเลื่อนน้ำปาด (Uttaradit หรือ Nam Pat Fault Zone) เป็นรอยเลื่อนที่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม มีจุดเริ่มต้นต่อมาจากรอยเลื่อนเดียนเบียนฟูดังกล่าวแล้ว ผ่านเมืองไชยบุรี ประเทศลาว เข้ามาตามแนวลำน้ำปาด และเชื่อน่าจะต่อเนื่องเข้าไปในแอ่งเจ้าพระยาตอนบน บริเวณจังหวัดสุโขทัย และเขตอำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร รวมความยาวทั้งหมด 300 กม แต่ถ้ารวมไปถึงประเทศลาวด้วยความยาวถึง 550-600 กม เป็นรอยเลื่อนขวาเข้าและมีประวัติเคลื่อนตัวไปทางขวาในช่วงยุคเทอร์เชียรี เข้าใจว่ารอยเลื่อนอุตรดิตถ์อาจเป็นรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลการชนกันของจุลทวีปซันไทย และอินโดจีน่าตอนปลายยุคไทรแอสซิก (Charusiri และคณะ, 1993) แต่ปัจจุบันเคลื่อนไหวตามแนวระนาบทางซ้ายในช่วงยุคควอเทอร์นารี ตามเหตุผลดังกล่าวเช่นที่เกิดกับกลุ่มเขตรอยเลื่อนแพร่-เถิน

นอกจากนี้ยังมีรอยเลื่อนวังเหนือ (Wang Nua Fault) ซึ่งเป็นรอยเลื่อนขนาดเล็กเอียงเข้าไปทางตะวันตกและวางตัวในแนวเหนือใต้ สังเกตเห็นได้ตามแนวถนนหรือฝั่งตะวันออกของอำเภอวังเหนือซึ่งตัดเนื่องหินยุคเทอร์เชียรี และชั้นกรวด รอยเลื่อนนี้อาจจัดเป็นกลุ่มรอยเลื่อนทางตะวันออกของแม่น้ำวัง

เขตรอยเลื่อนต่าง ๆ ในภาคเหนือดังกล่าวแล้ว ยกเว้นเขตรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (รอยเลื่อนน้ำปาด) มักจะเรียกรวม ๆ กันว่า รอยเลื่อนภาคเหนือของไทย (Northern Thailand Fault) (ซ้ายขันธ์ หินทอง, 2534, Polachan & Sattayarak, 1989)

#### 4.4 ลักษณะโครงสร้างและรอยเลื่อนบริเวณอื่น ๆ

##### ก. รอยเลื่อนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1. เขตรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ (Phetchabun Fault Zone) จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม รอยเลื่อนนี้เป็นรอยเลื่อนสายสั้น ๆ วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ แต่ต่อกันแล้วยาวถึง 250 กม และตามแนวขอบที่

ราบสูงโคราช เริ่มจากทางเหนืออาจมีแนวต่อกับกลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (น้ำปาด) ที่เมืองปากลายใน  
ประเทศลาว ผ่านลงทางตะวันตกของอำเภอภูเรือ จังหวัดเลย มาจังหวัดเพชรบูรณ์ ตามแนวแม่น้ำป่าสักจน  
ถึงบริเวณจังหวัดสระบุรี แอ่งเพชรบูรณ์ กลุ่มน้ำป่าสักเกิดจากอิทธิพลของเขตรอยเลื่อนนี้ ซึ่งตัดผ่านชั้น  
หินกลุ่มหินโคราชมหายุคมีโซโซอิก และกลุ่มหินสระบุรียุคเพอร์เมียน ในแนวทิศทางธรณีแปรสัณฐาน  
กลุ่มรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ น่าจะมีการเลื่อนตัวลักษณะขวาเข้า และอาจเป็นสาขาหนึ่งของรอยเลื่อนเดียนเบียน  
ฟูในเวียดนามตอนเหนือ

2. เขตรอยเลื่อนนครพนม (Nakhon Phanom Fault Zone) เขตรอยเลื่อนนี้ยาวมากกว่า  
100 กม มีแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ พาดผ่านขอบที่ราบสูงโคราช ผ่านจังหวัดนครพนม  
ตัดชั้นหินมหายุคมีโซโซอิก หรือกลุ่มหินโคราช ลักษณะการวางตัวขนานกับเขตรอยเลื่อนแม่น้ำแดง (Red  
River Fault Zone) ในประเทศเวียดนาม และการเคลื่อนไหวปัจจุบันเป็นรอยเลื่อนระนาบขวาเข้า ด้วย  
เหตุผลทางเทคนิคเช่นเดียวกับที่ได้อธิบายแล้ว คือแผ่นทวีปซันดา (Sundaland) หมุนตัวตามเข็มนาฬิกา  
ในขณะที่แผ่นทวีปอินเดียเคลื่อนเข้าไปชนทวีปเอเชียจนเกิดที่ราบสูงทิเบต

3. เขตรอยเลื่อนภูพาน (Phu Phan Fault Zone) ลักษณะและแนวการวางตัวของรอยเลื่อน  
นี้คล้ายคลึงกันกับรอยเลื่อนนครพนม พาดผ่านเทือกเขาภูพานตัดผ่านชั้นหินมหายุคมีโซโซอิก บนเทือก  
เขาภูพาน และมีการเคลื่อนไหวเป็นแบบรอยเลื่อนตามแนวระนาบขวาเข้าเช่นกันมีความยาวสั้นๆ ต่อกัน  
อาจถึง 200 กม

#### ข. รอยเลื่อนในเขตที่ราบภาคกลาง

1. เขตรอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping Fault Zone) ช่วงปลายรอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานีแยกออก  
ไปทางตะวันออก เริ่มตั้งแต่บริเวณจังหวัดตาก เลาะแนวด้านตะวันตกของแม่น้ำปิง ผ่านจังหวัด  
กำแพงเพชร พุ่งผ่านที่ราบภาคกลางตอนบนถึงบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ต่อจากนั้นจึงเบี่ยงลงทางตะวัน  
ออกเฉียงใต้ ต่อลงมาถึงประมาณอำเภอตากฟ้า

2. เขตรอยเลื่อนเจ้าพระยา (Chao Praya Fault Zone) อยู่ระหว่างแนวรอยเลื่อนแม่ปิง  
ซึ่งแยกออกไปในแนวค่อนข้างตะวันออก และรอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี ซึ่งมีแนวค่อนข้างทางทิศใต้ มีเขต  
รอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ในแนวยาวพาดผ่านบริเวณจังหวัดชัยนาท ลงมา  
ถึงประมาณจังหวัดนครนายก เขตอำเภอองครักษ์ และเชื่อว่ายังมีแนวต่อไปทางเขตปราจีนบุรี เบี่ยงไปทาง  
ตะวันออกเล็กน้อย ถึงจังหวัดสระแก้ว

3. เขตรอยเลื่อนแควใหญ่ (Quae Yai Fault Zone) เป็นแนวรอยเลื่อนที่ต่อเนื่องมารอย  
เลื่อนเจดีย์สามองค์ แต่แยกแขนงผ่านไปตามแนวขนานกับแม่น้ำแควใหญ่ ไปถึงจังหวัดกาญจนบุรี แล้ว  
ตามลำน้ำแม่กลองในแนวตะวันออกค่อนไปทางใต้ผ่านกรุงเทพฯ ทิศทางและประวัติการเลื่อนตัวคล้ายกับ  
รอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์

4. เขตรอยเลื่อนแควน้อย (Quae Noi Fault Zone) เป็นแนวสาขาของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ซึ่งขนานมากับแม่น้ำแควน้อยแล้วเลยผ่านเขตจังหวัดราชบุรี ต่อเลยมาทางตะวันออกผ่านอ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร ประวัติและทิศทางการเลื่อนตัวคล้ายกับรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์

เขตรอยเลื่อนในที่ราบภาคกลาง โดยเฉพาะในแนวการวางตัวดังกล่าวในช่วงมหายุคซีโนโซอิก เป็นแบบรอยเลื่อนตามแนวระนาบทางขวา และถูกปกคลุมด้วยตะกอนกรวด หิน ดิน ทราย ยุคใหม่ทั้งหมด เขตและแนวรอยเลื่อนเหล่านี้ส่วนใหญ่สามารถศึกษาร่องรอยได้ชัดเจนในแผนที่การบินสำรวจ (Airborne magnetic survey) ของกรมทรัพยากรธรณี (ดูรูป 4.9)

นอกจากนั้นในที่ราบภาคกลางยังมีรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ และเป็นรอยเลื่อนปกติอีกหลายแนว ได้แก่ แนวตามลำแม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และที่เลยต่อไปในอ่าวไทยด้วย ส่วนใหญ่เกิดจากแรงแปรสัณฐานซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดแอ่งสะสมชั้นหินยุคเทอร์เชียรี ภายหลังการชนกันเองของแผ่นทวีปอินเดียกับแผ่นทวีปเอเชียดังกล่าวแล้ว ทำให้รอยต่อมุดตัวของแผ่นมหาสมุทรอินเดียมุดลงไปด้วย แทนที่จะมุดตรง ๆ ลงไปได้ทวีปซันดา ซึ่งมีผลทำให้ทวีปหมุนตัวไปตามเข็มนาฬิกาเกิดแรงเฉือนคู่ขนานตามแนวทิศทางรอยเลื่อนแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ แต่มีแรงดึงตั้งฉากกับพื้นผิวโลกจึงทำให้เปลือกโลกส่วนภาคกลางเปิดออกกลายเป็นช่อง ๆ บล็อก ๆ ให้ตะกอนสะสมตัวในแอ่งไปพร้อม ๆ กันตั้งแต่ยุคเทอร์เชียรีเรื่อยมา รวมทั้งในอ่าวไทยด้วย แต่การเคลื่อนไหวด้านระนาบยังพอมืออยู่ และส่วนใหญ่เป็นการเลื่อนแบบขวาเข้าแทบทั้งสิ้น

#### ก. รอยเลื่อนในเขตภาคตะวันออก

เขตรอยเลื่อนระยองหรือแกลง (Rayong หรือ Klaeng Fault Zone) ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนต่าง ๆ ความยาวไม่มากนัก (ไม่เกิน 50 กม) ในบริเวณคลองประแส คลองโดนด และคลองพะวาใหญ่ ที่วางตัวเกือบขนานในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ วางตัวตามคลองโดนดตามทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ต่อไปจนถึงบริเวณอ่าวเกาะนา อำเภอกาฬสินธุ์ จังหวัดจันทบุรี ทำให้หินมหายุคพรีแคมเบรียน แยกออกจากหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ที่คลองประแส และหินยุคไทรแอสซิก สัมผัสกับหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ที่คลองโดนด ในมหายุคซีโนโซอิก มีการเคลื่อนตัวระนาบขวาเข้า เข้าใจว่าในปัจจุบันน่าจะเป็นแนวรอยเลื่อนที่ต่อเลยมาจากรอยเลื่อนแม่ปิง โดยผ่านไปในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากแผนที่บินสำรวจทางอากาศ

#### ง. รอยเลื่อนเขตภาคใต้

แม้จะไม่มีข้อมูลภาพจากดาวเทียมอย่างครบถ้วนแต่จากการศึกษาในภาคสนามจากคณะผู้วิจัยและจากข้อมูลวิจัยของ Charusiri (1989) ทำให้พบรอยเลื่อนใหญ่ ๆ 4 แนวคือ

1. เขตรอยเลื่อนระนอง (Ranong Fault Zone) จากข้อมูลจากภาพดาวเทียม รอยเลื่อนนี้ยาวถึง 250 กม วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ประกอบด้วยรอยเลื่อนเป็นกลุ่มแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างขนานกันไปจากทะเลอันดามัน จังหวัดระนอง จนถึงอ่าวไทยทางทิศตะวันออก

เฉียงเหนือ ที่บริเวณจังหวัดชุมพร และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ หินต่าง ๆ ที่ถูกอิทธิพลของรอยเลื่อนนี้ คือ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียนเป็นส่วนใหญ่(หินหมวดแก่งกระจาน) ลักษณะของรอยเลื่อนเป็นกลุ่มที่เคยมีประวัติการเคลื่อนร่นาบบขวเข้าก่อนยุคเทอร์เชียรี หลังจากนั้นในมหายุคซีโนโซอิก จนถึงปัจจุบันมีการเลื่อนตัวร่นาบบเข้า เนื่องจากสาเหตุแผ่นทวีปอินเดียเคลื่อนเข้าไปชนแผ่นทวีปเอเชียดังกล่าวแล้ว

2. เขตรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย (Klong Marui Fault Zone) เป็นเขตรอยเลื่อนที่ปรากฏชัดในภาพจากดาวเทียม ซึ่งมีความยาวถึง 300 กม วางตัวในแนวเกือบขนานรอยเลื่อนระนองและเชื่อว่าปัจจุบันทิศทางการเคลื่อนตัวซ้ายเข้าเช่นเดียวกับเขตรอยเลื่อนระนอง แต่กระจายเป็นบริเวณกว้างเริ่มจากจังหวัดภูเก็ต เกาะยาว จังหวัดพังงา ในบริเวณอ่าวพังงาของทะเลอันดามัน ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ พาดไปถึงจังหวัดสุราษฎร์ธานี ทางอ่าวไทยทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นรอยเลื่อนที่แยกหมวดหินแก่งกระจานยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน ออกจากหินยุคเพอร์เมียน และชุดหินในมหายุคมีโซโซอิก ยังพบว่าสาขาที่วางตัวอยู่ในแนวเดียวกันทางตะวันออก ได้แก่ รอยเลื่อนกระบี่-สุราษฎร์ฯ รอยเลื่อนคลองท่อม และรอยเลื่อนกันตัง แต่ที่สำคัญคือรอยเลื่อนกระบี่-สุราษฎร์ฯ ซึ่งวางตัวเกือบเหนือ-ใต้ ในช่วงยุคเทอร์เชียรีมีการเคลื่อนตัวไปทางขวา แต่หลังจากนั้นในมหายุคซีโนโซอิก จนถึงปัจจุบันเคลื่อนตัวไปทางซ้ายด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับที่รอยเลื่อนระนองเคลื่อนตัวดังกล่าวแล้ว

3. เขตรอยเลื่อนยะลา หรือปัตตานี หรือรอยเลื่อนเบตง (Pattani หรือ Bentong Fault Zone) คือ รอยเลื่อนที่ต่อขึ้นมาจากประเทศมาเลเซียตามแนวเหนือ-ใต้ จากเมืองเบตง (Bentong) และเมืองรวบ (Ruab) เข้ามาถึงประเทศไทยบริเวณแม่น้ำสายบุรี ผ่านไปทางด้านตะวันตกของอำเภอรีเสาะ จังหวัดนราธิวาส ขึ้นไปทางเหนือที่บริเวณจังหวัดปัตตานี และอาจเลยเข้าไปในอ่าวไทยด้วย รวมความยาวประมาณ 200 กม น่าจะเป็นลักษณะของรอยเลื่อน (Normal fault) เช่นเดียวกับที่เกิดในอ่าวไทย

นอกจากเขตรอยเลื่อนดังกล่าวมาแล้วนั้นทั้งหมดยังพบรอยเลื่อนย้อนกลับ (Thrust faults) อีกหลายบริเวณ แต่ส่วนใหญ่มีความยาวไม่มากนัก (<50 กม) เช่น 1) รอยเลื่อนฮอด ทางตะวันออกของอำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งทำให้หินยุคไทรแอสซิก ถูกเลื่อนดันขึ้นไปวางทับอยู่บนหินยุคออร์โดวิเซียน 2) รอยเลื่อนเชียงดาว บริเวณอำเภอเชียงดาว และอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ที่ถูกบีบอัดตัวอย่างรุนแรง ถูกจัดดันขึ้นไปสัมผัสกับหินปูนยุคเพอร์เมียน 3) รอยเลื่อนสะเมิง บริเวณด้านตะวันตก อำเภอหางดง บริเวณทางใต้ และตะวันตกอำเภอสะเมิง ตะวันตกอำเภอสันป่าตอง และบริเวณทางเหนืออำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน และหินปูนยุคออร์โดวิเซียน ถูกเคลื่อน และดันขึ้นไปสัมผัสกับหินไนส์ของมหายุคพรีแคมเบรียน 4) รอยเลื่อนลานสาง บริเวณตะวันตกของจังหวัดตาก ที่อำเภอลานสาง หินไนส์มหายุคพรีแคมเบรียนจะถูกดันไปวางทับบนหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน 5) รอยเลื่อนทับกวาง บริเวณเทือกเขาภูพาน ตำบลทับกวาง อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี หมวดหินภูเพศยุคเพอร์เมียนตอนต้น ถูกเลื่อนดันไปวางทับบนหมวดหินชัยบอนยุคเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย และ 6) รอยเลื่อนแหลมไทย ระหว่างจังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดตรัง หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงหินยุคจูแรสซิก ถูกอัดดันให้ไปสัมผัสกับหินยุคแคมเบรียน ออร์โดวิเซียน และหินดีโวเนียน

ในอดีตมีผู้ให้ความสนใจรอยเลื่อนมีพลังและรอยเลื่อนธรณีนํ้าใวน้อยมาก เนื่องจากไม่เป็นที่รู้จัก และให้ความสำคัญ ยกเว้นที่มีผู้ศึกษาอยู่บ้าง เช่น Nutalaya และคณะ (1985) Chuaviroj (1992) และชัย ยนต์ หินทอง (2538) แต่ก็ยังต้องมีการศึกษาในรายละเอียดให้มากกว่านี้ ในปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานทาง ประวัติศาสตร์ที่สนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างรอยเลื่อนนี้ปรากฏบนผิวโลกกับแผ่นดินไหวในประเทศไทย ซึ่งอาจเป็นเพราะหลายสาเหตุ เช่น รอยเลื่อนนี้ปรากฏบนผิวถูกทำลายจนหมด อัตราการเลื่อนคงน้อย มากจนสังเกตไม่ได้ อัตราการพุดังสลายตัวของหินสูงมาก เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์ร้อนชื้นแบบบ้านเรา ยกเว้นบริเวณที่มีความแข็งแกร่งของหินสูง ประการสุดท้ายก็คือปัจจุบันยังขาดการศึกษากันอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตาม ชัยยนต์ หินทอง (2538) ได้พบว่าปัจจุบันมีรอยเลื่อนที่มีหรืออาจมีพลังจำนวนทั้งสิ้น 22 แนว และมี 11 แนว วางตัวอยู่ในภาคเหนือ

## บทที่ 5

### วิธีการทดลอง

#### 5.1 วิธีการศึกษาวิจัย

วิธีการศึกษาถึงธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อน อันส่งผลถึงแผ่นดินไหวที่ตามมาในอดีต ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ เรียงลำดับก่อนหลัง ดังนี้

1. การเตรียมงานวิจัย โดยรวบรวมข้อมูลธรณีวิทยาที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วในพื้นที่ และทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ในงานวิจัยของต่างประเทศ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศ

2. แปลความหมายแนวเส้นโครงสร้างจากรายภาพดาวเทียม Landsat TM 5 ที่มีการเน้นข้อมูลแล้วในมาตราส่วน 1:25,000 ในพื้นที่โดยกว้าง ซึ่งสามารถกำหนดพื้นที่ที่จะศึกษาชั้นละเอียดต่อไปได้ และเพื่อใช้ประโยชน์ในการแบ่งแนวรอยเลื่อนย่อยออกเป็นส่วนๆ

3. แปลความหมายแนวรอยเลื่อนที่มีพลังและธรณีฐานโดยรอบรอยเลื่อนในพื้นที่ที่เลือกสรรแล้วด้วยภาพถ่ายทางอากาศ ทั้งที่เป็นขนาด 1:50,000 และ 1:5,000 โดยประมาณ

4. การสำรวจในสนาม เพื่อตรวจสอบธรณีฐานที่มีความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนมีพลังศึกษาธรณีวิทยาโดยรอบรอยเลื่อนในรัศมี 8 กิโลเมตร กำหนดตำแหน่งและขนาดความยาวของรอยเลื่อนมีพลังในแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 และเก็บตัวอย่างของผงรอยเลื่อนตามหินโพล์

5. การชุดร่องสำรวจ ก่อนอื่นต้องดำเนินการจัดทำแผนที่ภูมิประเทศอย่างละเอียดในพื้นที่ที่เลือกสรร โดยใช้กล้องสำรวจ (Theodolite) ดำเนินการชุดร่องสำรวจ โดยใช้แรงงานคน ในทิศทางตั้งฉากกับแนวของรอยเลื่อน ทำการบรรยายรายละเอียดของชั้นดินและรอยเลื่อนที่ ปรากฏและเก็บตัวอย่าง

6. ดำเนินงานในห้องปฏิบัติการ โดยหาอายุของตะกอนดิน และผงรอยเลื่อน ที่ห้องปฏิบัติการหาอายุ (Geochronology) ณ มหาวิทยาลัย Akita ประเทศญี่ปุ่น และ

7. แปลความหมาย และสรุปเขียนรายงาน

ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นวิธีการอธิบายการวัดอายุรอยเลื่อน โดยวิธีเรียงแสงความร้อน (ในข้อ 6) ส่วนการเน้นภาพจากดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ (ในข้อ 2) จะไม่บอกกล่าวในที่นี้ เนื่องจากได้เคยอธิบายไปแล้วหลายครั้ง (ดู Charusiri และคณะ 1994, ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2535, 2536)

## 5.2 การวัดอายุรอยเลื่อนโดยวิธีเรืองแสงความร้อน

### 5.2.1 ทฤษฎีว่าด้วยการเรืองแสงและความร้อน

#### 5.2.1.1 กระบวนการเรืองแสงความร้อน

ความจริงแล้วดูเหมือนเรื่องที่ยากที่สุดก็คือ กระบวนการเกิดการเรืองแสงความร้อน\*(Thermoluminescence - มาจากคำว่า thermo แปลว่าความร้อน และ luminescence ซึ่งมาจากรากศัพท์ luminous ซึ่งหมายถึงการเรืองแสงหรือเปล่งแสง) และมีความยุ่งยากและซับซ้อนมาก ในปัจจุบันยังไม่มีคนทราบรายละเอียดมากเท่าใดนัก (Aitken, 1985) อาจเป็นเพราะการเรืองแสงความร้อนขึ้นกับปริมาณสารปนเปื้อน(Impurity) หรือสารปลอมปน(inclusion) จำนวนน้อยมาก และขึ้นกับประวัติความร้อนของผลึกเอง จึงนับว่าเป็นเรื่องที่ยากได้ยากในแง่คิดของการหาอายุ อย่างไรก็ตามเราก็สามารถหาอ่านจากหนังสือและบทความเกี่ยวกับกระบวนการเกิดการเรืองแสงความร้อนดังกล่าวนี้ได้จาก Sakaran และคณะ (1983) และ Mc Keever (1985) ผิดกับในการหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 (C-14 dating) หรือ radiocarbon กระบวนการเกิดมีอัตราการสลายตัวเท่า ๆ กัน ไม่ว่าจะเป็นไม้ หอย หรือ กระดูกมนุษย์หรือสัตว์ ส่วนในการหาอายุโดยการเรืองแสงความร้อน แร่แต่ละแร่มีกะบวนการที่แตกต่างกัน และแม้แร่แร่เดียวกัน ในแต่ละตัวอย่างเองก็ตาม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรับการวัดและควบคุมอย่างดีเพราะแร่เหล่านั้น ๆ ได้รับอิทธิพลจากปริมาณการปนเปื้อนในระดับที่ไม่เท่ากันในตัวอย่าง

ในที่นี้ขออธิบายเฉพาะรูปแบบอย่างง่ายเกี่ยวกับภาวะการเกิดการเรืองแสงความร้อน รูป 5.1 แสดงถึงการผิดรูปไปในโครงสร้างของสารหรือผลึก ที่อาจเป็นเพราะมีที่ว่างเหลืออยู่สำหรับประจุลบ หรือมีประจุลบเพิ่มเข้ามา หรือ อาจมีสารอื่นปลอมปนเข้ามาในผลึกอย่างไรก็ตามการเรืองแสงความร้อนอาจเกิดได้ในฉนวนความร้อน (insulator) เช่น ผลึกเกาะแน่น (covalent solids) หรือแก้ว (Glass) ส่วนโลหะไม่ก่อให้เกิดการเรืองแสง ในรูปสมบัติ ผลึกแร่ เป็นพวกคัลเซียมคาร์บอเนต (หรือแร่แคลไซต์) หรือโซเดียมคลอไรด์ (หรือแร่เฮไลต์) ซึ่งประกอบด้วยประจุลบและบวก แต่ก็อาจแสดงโครงสร้างผลึกที่เสียรูปไป เนื่องจากการมีอะตอมอื่นเข้ามาปลอมปน, การที่ผลึกแร่เย็นตัวอย่างรวดเร็วเกินไปจากสถานะที่เป็นของเหลวหลอมละลาย, หรืออาจเสียรูปไปเนื่องจากได้รับรังสีนิวเคลียร์ แต่การเสียรูปหรือผิดรูป(deformation)ไปอาจมีได้หลายอย่าง ที่สำคัญได้แก่ การผิดรูปเนื่องจากประจุลบประจุหนึ่งเกิดหายไปจากที่ที่ควรมีอยู่ (รูป 5.1) ซึ่งเรียกช่องว่างประจุลบ (Negative-ion vacancy) ซึ่งทำให้เกิดกับดักประจุลบ (Electron trap) ในสารได้ เพราะการผิดเคืองประจุลบเป็นที่ดึงดูดใจของประจุลบอื่นในสภาพไอออน ดังนั้นถ้าประจุลบนั้นเกิดมาอยู่ใกล้ๆ ประจุลบในสภาพไอออนนี้อาจเป็นผลมาจากการแผ่รังสีนิวเคลียร์ ในการแยกตัวของประจุลบออกจากนิวเคลียสของอะตอม ผลการแผ่รังสีนิวเคลียร์นี้[ที่เป็นผลปฏิกิริยากับการที่โครงสร้างผลึก(Crystal lattice) ผิดรูปไป] จึงทำให้เกิดการเรืองแสงและความร้อนได้

อิเล็กตรอนในกับดักสามารถคงอยู่ในที่นั้นได้จนกว่าจะถูกสั่นสลัด(shaked-out)ออกมาจากโครงร่างผลึก เมื่อเกิดการสั่นซึ่งอาจทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ ยิ่งทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นการสั่นก็รุนแรงขึ้น และการปลดปล่อยหรือจับประจุลบออกมาอาจรวดเร็วมากจนกระทั่ง ณ ภายในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง อิเล็กตรอนที่อยู่ในกับดัก(ดัก) สามารถเคลื่อนตัวอย่างเป็นอิสระในผลึก ซึ่งผลทำให้อิเล็กตรอนถูกกับดัก(ดัก) ใหม่อีกครั้ง หรือปลดปล่อยใหม่อีกครั้งได้ อิเล็กตรอนอาจถูกกักได้จากการผิดรูปที่อาจเกิดขึ้นได้หลายลักษณะ มากกว่าที่จะถูกป้องกันจากการสั่น หรืออิเล็กตรอนอาจรวมกับไอออนซึ่งครั้งหนึ่งเคยแยกตัวมาก็ได้ การรวมตัวกันใหม่นี้อาจเป็นไปได้ 2 แนวทาง คือ โครงสร้างแฟรงก์ (ก็คือการปล่อยแสง) หรือไม่แฟรงก์ก็ได้ อะตอมหรือไอออนที่เกิดจากการรวมตัวกันใหม่แล้วแฟรงก์นี้ เรียกว่า ศูนย์เรืองแสง(luminescence centers) และแสงที่ปล่อยออกมาจึงเรียกว่าแสงเรืองความร้อน หรือ เรืองแสงความร้อน (thermoluminescence) นั่นเอง ดังนั้นศูนย์เรืองแสงจึงเป็นการผิดรูปของสารแบบหนึ่งที่เกิดเนื่องจากการปนเปื้อนเช่นจาก  $Ag^{+2}$  หรือ  $Mn^{+2}$  สีของแสงที่ปล่อยออกมา (หรือแสงเรือง) จึงขึ้นกับชนิดของสารปนเปื้อนด้วยเงินอาจให้สีฟ้าหรือสีม่วง ส่วนแมงกานีสอาจให้สีส้ม เป็นต้น

อิเล็กตรอนที่ถูกปล่อยออกมา อาจเข้าไปในศูนย์เรืองแสงได้ทุกแบบที่ปรากฏในผลึก แต่ภาวะจริง กับตัวหนึ่งมักเกิดอยู่ใกล้กับศูนย์ใดศูนย์หนึ่ง ซึ่งทั้งกับดักและศูนย์เรืองแสงก็อาจเป็นส่วนหนึ่งของการะเลิขรูปผลึกซึ่งซับซ้อนก็ได้ และในกรณีเช่นนี้สีของการเรืองแสงความร้อน ณ อุณหภูมิหนึ่งที่สัมพันธ์กับการปลดปล่อยอิเล็กตรอนจากกับดักแบบหนึ่งจึงต่างจากสีของการเรืองแสงความร้อน ณ อุณหภูมิที่สัมพันธ์กับการปลดปล่อยอิเล็กตรอนจากกับดักอีกแบบหนึ่ง

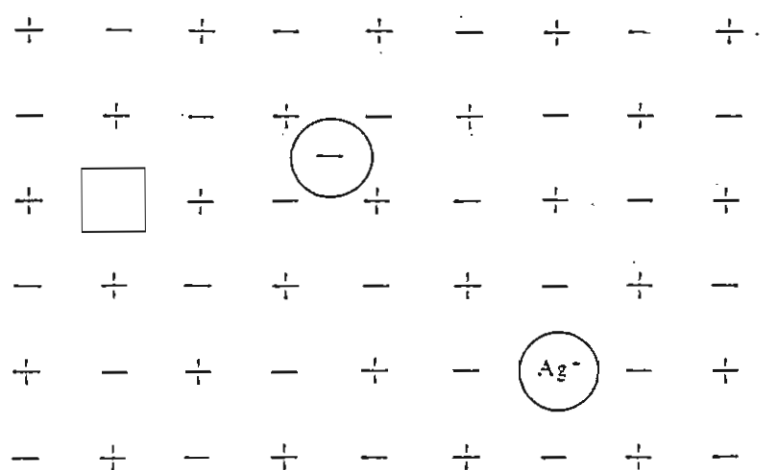
ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการเกิดการต่อเนื่องของการเรืองแสงความร้อน(รูป 5.2) อาจเกิดจาก

- (1) การทำให้เกิดไอออน ของอิเล็กตรอน เนื่องจากการแฟรงก์นิวเคลียร์ ต่อมาจึงเกิด
- (2) การกักอิเล็กตรอนโดยกับดัก ซึ่งเกิดขึ้นอยู่ได้ถ้าอุณหภูมิไม่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็น

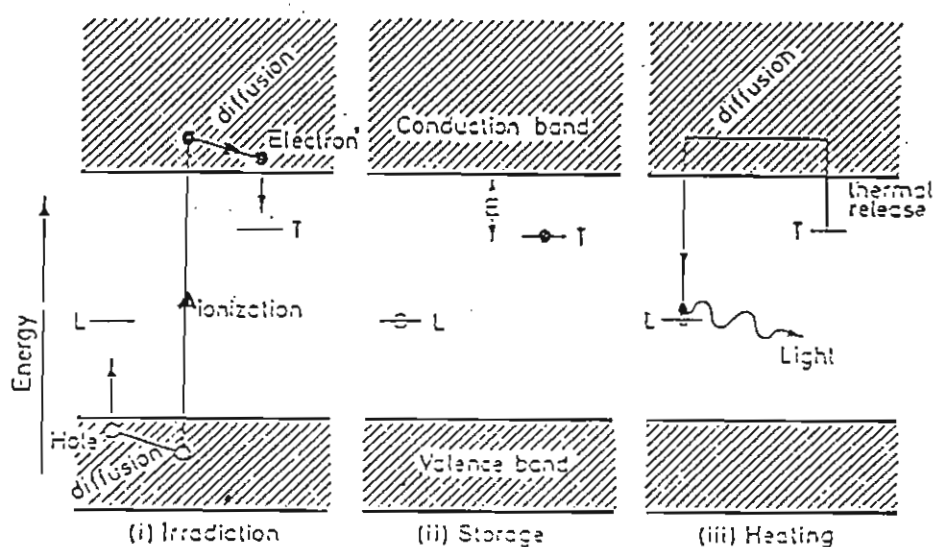
หลายทศวรรษก็ได้

(3) แต่เมื่อเกิด ความร้อนขึ้นความร้อนจะช่วยทำให้อิเล็กตรอนหลุดรอดจากกับดัก ซึ่งก็สุดแท้แต่ชนิดของกับดักด้วย และเมื่อถึงอุณหภูมิหนึ่ง อิเล็กตรอนที่ถูกปล่อยออกมารวมตัวกันเป็นศูนย์เรืองแสง และปล่อยแสงออกมาเป็นสี ๆ แล้วแต่ชนิดของศูนย์เรืองแสง ปริมาณแสงหรือจำนวนเม็ดแสง (photons) จึงเป็นสัดส่วนกับจำนวนอิเล็กตรอนที่ถูกกักเก็บไว้ ซึ่งเป็นสัดส่วนกับปริมาณรังสีที่แผ่ออกมาจากผลึก

อิเล็กตรอนที่อยู่ในกับดักมีอายุจำกัด แม้แต่อุณหภูมิปกติ อิเล็กตรอนก็มีสิทธิ์หลุดหรือเล็ดรอดออกจากกับดักได้ในบางโอกาส ซึ่งอาจมีโอกาสน้อยเมื่อเทียบกับช่วงอายุที่เป็นล้านปี



รูป 5.1 รูปแบบอย่างง่ายของการเสียรูปของโครงร่างผลึก ซ้ายคือช่องว่างประจุลบ กลางคือประจุลบสอดแทรกในผลึก และขวาคือศูนย์กลางส่วนแปลกปลอมที่เข้าแทนที่ประจุเดิม (substitutionary impurity center)



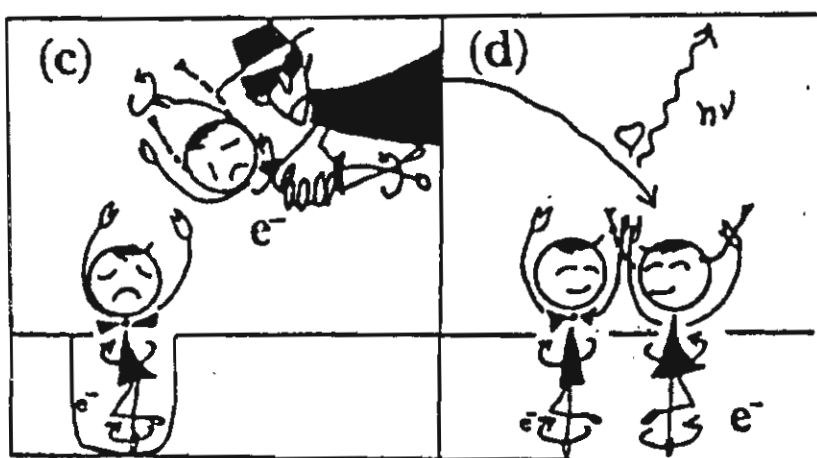
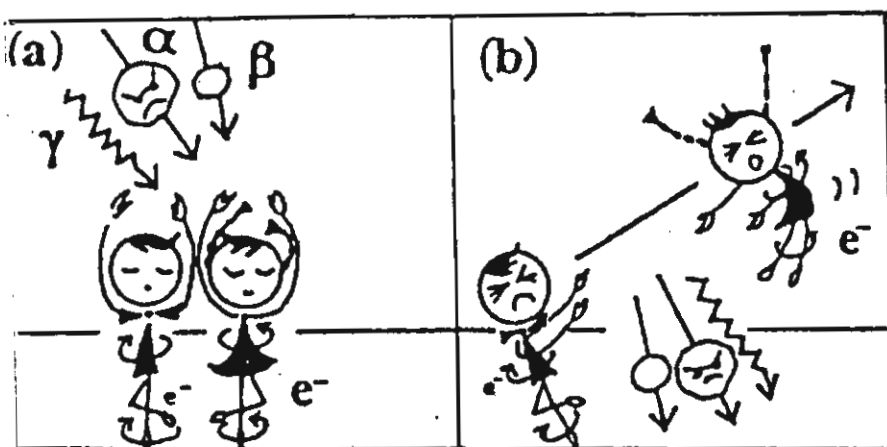
รูป 5.2 การเรืองแสงความร้อนที่แสดงด้วยระดับพลังงาน (1) การเกิดไอออน เนื่องจากผลึกรับการแผ่รังสีนิวเคลียร์ จึงเกิดอิเล็กตรอนและหลุมจากการเสียรูปไป ณ ระดับพลังงาน T และ L ตามลำดับ (2) การกักเก็บจะมีค่าน้อยมาก ช่วงอายุนี้หาได้จากความลึก E ของกับดักที่อยู่ต่ำกว่าภาวะชักนำ [สำหรับเรืองของการหาอายุ เราสนใจค่าความลึกที่มากพอ (1.5 eV) สำหรับช่วงอายุเป็นล้านปี] (3) เพื่อศึกษาภาวะการเรืองแสงความร้อน จึงต้องทำให้ตัวอย่างที่เราสนใจเกิดความร้อนจนถึงจุดหนึ่งที่สารสันของโครงร่างผลึกเนื่องจากความร้อนนี้จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา อิเล็กตรอนที่หลุดมานี้บางตัวที่เข้าไปถึงศูนย์เรืองแสง ผลก็คือเกิดมีแสงปล่อยออกมาจนช่วงเกิดการรวมตัวกันใหม่ ณ ศูนย์นั้น ในทางกลับกันอิเล็กตรอนบางตัวอาจเข้าไปถึงศูนย์ไร้การเรืองแสง (หรือศูนย์พินาศ) หรืออาจถูกกักเก็บไว้ในจุดกับดักที่ลึกมากๆ

(ซึ่งกับดักนั้นอาจเรียกได้ว่า “เล่นยาก” คืออยู่ลึกหรือ Deep) หรืออาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่ทำให้อิเล็กตรอนเกิดการปลดปล่อยออกจากผลึกแร่สูง คือ ต้องถึง 400 เซลเซียส. ในผลึกหนึ่ง ๆ มักมีกับดักได้หลายประเภทแตกต่างกัน และก็มีอุณหภูมิเฉพาะด้วย พวกกับดักที่ “เล่นง่าย” หรืออยู่ตื้น (shallow) อาจใช้เวลาเพียงไม่มากนัก (ชั่วโมงหรือน้อยกว่า) แต่ในการหาอายุด้วยวิธีนี้ใช้กับดักที่มีช่วงอายุเป็นหมื่นเป็นแสนปีเท่านั้น ซึ่งก็คือสัมพันธ์อุณหภูมิ ประมาณ 25 เซลเซียส ที่จะได้เส้นเรืองแสง(glow-curve) ที่เราสนใจ อนึ่งสำหรับเรื่อง หม้อโบราณ เราพบว่าเมื่อเรายุ่มากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็ให้กับดักมากมายหลายแบบ ผลก็คือ ทำให้ได้ยอดการเรืองแสงหลายยอดรวมกัน และได้เส้นเรืองแสงต่อเนื่องกันได้ เป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีการเรืองแสงความร้อน ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 เซลเซียส ทั้งนี้เป็นเพราะช่วงอายุกับดักสั้นเกินไป

#### 5.1.2.2 ระดับพลังงานการเรืองแสงความร้อน

วิชาที่สะดวกที่สุดในการแสดงกระบวนการเรืองแสงความร้อนได้แสดงไว้ในรูป 5.2 และ 5.3 กับดักแสดงไว้ด้วยระดับพลังงาน E ซึ่งอิเล็กตรอน (หรือประจุลบ) ต้องไปหามาจากการสั่นเพื่อหาทางหลบหนีจากอะตอม และแพร่กระจายไปในผลึก ตอนที่เกิดการแพร่กระจายอิเล็กตรอนนี้เราเรียกว่าอิเล็กตรอนอยู่ในภาวะชั้นนำ(conduction band) ก่อนที่การแผ่รังสีนิวเคลียร์จะแยกอิเล็กตรอนออกจากนิวเคลียสหรือโครงร่างผลึก อิเล็กตรอนถูกเรียกว่า อยู่ในภาพปกติ (valence band) ดังนั้นกับดักและศูนย์กลางที่เป็นผลมาจากการเสียรูปโครงร่างผลึกจึงจัดอยู่ระหว่างภาวะชั้นนำและภาวะปกติ ซึ่งอิเล็กตรอนก็สามารถหลุดแยกออกได้ตอนช่วงนี้เหมือนกัน

โดยทั่วไปหลุม ( ที่แสดงในรูป 5.2 ) มักถูกเรียกว่าเป็นตัวพาประจุ(charge carrier) ดังนั้นอะตอมที่ประจุลบโดยแยกออกมาจึงถือว่ามีหลุม และเมื่อหลุมรับอิเล็กตรอนจากอะตอมข้างเคียงมาจะถือว่า หลุมนั้นถูก “กลบ” ดังนั้นจึงมักถือว่าอะตอมนั้นเป็นตัวพาประจุบวก ปัจจุบันเชื่อกันว่าการเกิดไอออน (ionization) เป็นตัวการที่ทำให้เกิดหลุมและอิเล็กตรอน ส่วนการเรืองแสงเป็นการนำเอาประจุลบและหลุมมารวมกันใหม่ตรงศูนย์เรืองแสง แต่บางครั้งการรวมตัวกันเกิดตรงศูนย์ไร้เรืองแสง (บางครั้งเรียกศูนย์พิษมาด-killer center) ก็จะไม่มีการปล่อยแสงออกมา พลังงานส่วนเกินที่เกิดจึงออกมาในรูปพลังงานความร้อน หลุมจากถูกกักเก็บไว้ในลักษณะเดียวกับของอิเล็กตรอน และระดับพลังงานเฉพาะของกับดักหรือหลุม ใช้แทนด้วยระยะทางเหนือภาพปกติ (valence band) ที่เป็นเช่นนี้เพราะระดับพลังงานในภาวะปกติที่หลุมสามารถแพร่กระจายได้อย่างอิสระ ที่น่าสนใจก็คือ สีของแสงที่ปล่อยออกมาจากการเรืองแสงความร้อนมักไม่ได้ถูกกำหนดด้านความลึกของศูนย์ได้ภาวะชั้นนำอิเล็กตรอนเคลื่อนจากภาวะชั้นนำไปยังภาวะกระตุ้นตรงศูนย์เรืองแสง ผลก็คือพลังงานส่วนเกินถูกขับออกมา การปล่อยแสงจึงเกิดขึ้นเมื่อศูนย์ถูกหยุดกระตุ้น (de-excited) อย่างรวดเร็ว



รูป 5.3 หลักการโดยทั่วไปของการเกิดเรืองแสงความร้อน a) อิเล็กตรอนคู่หมุนรอบตัวเอง(เดินร่า) ในทิศทางตรงข้าม (ผู้ชายและ ผู้หญิง = อิเล็กตรอน) b) รังสีแอลฟา เบต้า และแกมมา (จากภายนอก) พุ่งชนอิเล็กตรอนตัวหนึ่ง (ผู้หญิง) ให้หลุดลอยไปปล่อยให้อิเล็กตรอนอีกตัว (ผู้ชาย) หมุนรอบตัวแบบเสียดหลัก (และเดิวดาย) c) อิเล็กตรอนที่อยู่ (ผู้ชาย)เหมือนถูกกักในหลุม อิเล็กตรอนอีกตัว (ผู้หญิง) ถูกผู้ร้ายจุดไปอยู่ที่อื่น และ d) ความร้อนอาจทำให้อิเล็กตรอน (ผู้หญิง) ถูกปลดปล่อยให้กลับเข้ามาอยู่ร่วมกันและหมุนหรือเดินร่าอย่างมีความสุขเช่นเดิม และเกิดการเรืองแสงออกมา TL วัดปริมาณแสงที่เรืองออกมานี้ [ส่วนอีกวิธีหนึ่ง ที่เรียกว่า ESR = Electron Spin Resonance วัดปริมาณอิเล็กตรอนที่หลุดออกไป (จาก Ikeya, 1993)]

### 5.1.2.3 การเรืองแสงความร้อน

ผลึกของแร่บางชนิด อาจได้รับแสงมากระทบ จึงเกิดการปล่อยแสงออกมาหลังจากพลังงานความร้อน เรียกว่าระชนันว่า การเรืองแสงความร้อนแรงดัน (piezo-thermoluminescence) แต่ถ้าผลึกแร่หรืออะตอมเกิดการเสียดสีกับไปมาอย่างรุนแรง อาจเกิดการเรืองแสงความร้อนขึ้นได้ หลังจากความร้อนออกมาเรียกการเรืองแสงความร้อนเสียดสี (tribo-thermoluminescence) บางครั้งการเรืองแสงความร้อนเกิดจากการถูกแสง(สว่าง) เรียก การเรืองแสงความร้อนแสงสว่าง (Photo-thermoluminescence) ถ้าปล่อยแสงทันทีขณะรับการแผ่รังสี แบบนี้เรียกว่า การเรืองแสงรังสี (radioluminescence) ถ้ารับเอาอิเล็กตรอนหรืออนุภาคเบต้าเข้ามาเรียกว่าการเรืองแสงเบต้า (cathodoluminescence) แต่ถ้าแสงยังคงปล่อยออกมาแม้จะหยุดการแผ่รังสีแล้ว เรียก การนวลแสง (phosphorescence) ซึ่งอาจเกิดจากการปล่อยอิเล็กตรอนจนกับดักที่อยู่ตื้นเพราะช่วงอายุสั้นที่อุณหภูมิห้อง หรือ เกิดปรากฏการณ์อุโมงค์ ซึ่งเรียกว่าภาวะหลังเรืองแสง (after-glow)

ในเรื่องการหาอายุ การเรืองแสงความร้อนจากการแผ่รังสี ถือว่าเป็น “สัญญาณจริง” ส่วนการเรืองแสงที่ได้จากกระบวนการอื่นที่ไม่ใช่การแผ่รังสี ถือว่า เป็นสัญญาณกระตุ้น(spurious) เช่น การเรืองแสงความร้อนเคมี (chemithermoluminescence) ซึ่งเกิดพร้อมกับความร้อนตอนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือเฟส เช่น แร่อะอาร์กไนต์เปลี่ยนแปลงไปเป็นแร่แคลไซต์ นอกจากนั้นก็อาจเป็นภาวะที่เรียกการเรืองแสงเคมี (chemiluminescence) ที่เกิดคู่กับปฏิกิริยาเคมี ณ อุณหภูมิห้อง หรือการเรืองแสงชีววิ(bioluminescence) ที่เห็นได้ในสัตว์บางชนิด เช่น ตัวหนอนเมื่อโดนแสง

## 5.2 ประเภทของตัวอย่างที่ใช้หาอายุ

ในการหาอายุวัสดุที่ต้องการทราบความแก่ก่อน โดยวิธีเรืองแสงความร้อน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

5.2.1 ตัวอย่างจากวัสดุธรรมชาติ (Natural substance) เช่น ดินตะกอนลุ่มน้ำขัง ดินตะกอนเชิงเขา หินละลายถ้ำภูเขาไฟ หินละลายปิดทับอุกกาบาต ตะกอนหรือดินลมหอบ ทราลลมหอบเป็นดิน ที่ต้องการเน้นในที่นี้ก็คือ ตัวอย่างตะกอน ซึ่งต้องพยายามไม่ให้ถูกแสงมากในขณะที่เก็บตัวอย่าง

ขนาดและปริมาณ สำหรับการเก็บตัวอย่างตะกอนเพื่อหาอายุโดยวิธี เรืองแสงความร้อนนี้ Aithier (1983) ได้เสนอว่าตัวอย่างที่เก็บควรเก็บ 2 ตัวอย่างจากระดับเดียวกัน แต่ต้องไม่ติดกันมากนัก และประมาณตัวอย่างละ 0.25 กิโลกรัม แต่ถ้าเป็นไปได้ให้เก็บประมาณ 0.5 ถึง 1 กิโลกรัม หรือขนาดความหนาของตัวอย่างแต่ละก้อนประมาณ 10 ซม เมื่อเก็บมาแล้วสำหรับตัวอย่างที่จะมาทำการหาค่ากัมมันตรังสีไม่จำเป็นต้องเก็บไว้ในที่มืดหรือไม่จำเป็นต้องปิดถุงให้แน่นเพื่อทดสอบหาความชื้นของตัวอย่าง

ลักษณะชั้นตะกอน พยายามเก็บให้ได้ตรงกลางชั้นให้มากที่สุด ชั้นตะกอน(สำหรับกรณี สมบูรณ์จริง) ควรหนาอย่างน้อย 0.5 ม. ถ้าหากว่าเป็นชั้นที่บางต้องตรวจเช็คโดยจุ่มค่ากัมมันตรังสี ว่าชั้นข้างเคียงมี กัมมันตรังสีแตกต่างกันน้อยขนาดไหน (หรือบางครั้งอาจทำได้โดยการคำนวณ) และตัวอย่างควรอยู่ลึกจากพื้นดิน อย่างน้อย 20 ซม.

การจัดแต่งตัวอย่าง ขณะที่เก็บตัวอย่างต้องไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง ไม่ควรผ่านแสง ธรรมชาติหรือแสงจากวัตถุเรืองแสงใด ๆ นานเกินกว่า 10 นาที ถ้าต้องการตรวจสอบตัวอย่าง ก่อนก็สามารถทำได้โดยใช้แสงตะเกียงหรือแสงจากไฟฉาย การปล่อยให้ตัวอย่างถูกแสงอาทิตย์ นานๆ มีผลทำให้อายุที่ได้ผิดไปมากเพราะอายุที่ได้จะเข้าใกล้อายุปัจจุบัน (คือวันที่เก็บตัวอย่าง)

ดังนั้นในทางปฏิบัติควรให้

1. ตัวอย่างที่เก็บควรจะลึกจากผิวหน้า เช่น ผนังหลุมสำรวจ (Trench wall) ประมาณอย่างน้อย 1 ซม. เพื่อมั่นใจว่าแสงธรรมชาติสอดแทรกเข้ามาถึง ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการสร้างร่มเงาใน ขณะที่เก็บตัวอย่าง(ทำให้ผู้ทำการสำรวจไม่ร้อนจากสภาพอากาศบ้านเราด้วย)

2. ขณะอยู่ในร่มเงา เก็บตัวอย่างใส่ในภาชนะที่ทึบแสงหรือกึ่งทึบแสง แล้วจึงนำภาชนะ ใส่ในถุงพลาสติกดำ เพื่อกันไม่ให้แสงเข้าอีกทีหนึ่ง และ

3. เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของตัวอย่าง จำเป็นต้องทำตัวอย่างใส่ในภาชนะที่ปิด แน่น เช่น พลาสติกที่ปิดด้วยเทปพันสายไฟ แล้วจึงนำไปใส่ในพลาสติกบาง ๆ อีกต่อหนึ่ง หากทำ ได้การวัดความชื้นของตัวอย่างสามารถกระทำได้ในภาคสนามโดยตรง (on-site measurement) เพื่อ กันปัญหาในการรั่วซึมของภาชนะที่อาจเกิดขึ้นได้ ทำให้ค่าความชื้นคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดไป ในการวัดหาค่าความชื้นของตะกอน สามารถทำได้โดยการคำนวณหาอย่างง่าย ๆ จากสมการ

$$WC = \frac{Wws}{Wds} \times 100.....(1)$$

เมื่อ Wws = Wds น้ำหนักของตะกอนขณะเปียกชื้น(N. ตำแหน่งที่เก็บ) หน่วยเป็นกรัม

Wds = น้ำหนักของตะกอนขณะแห้ง (60° ซ. ครึ่งวัน) หน่วยเป็นกรัม

WC = ปริมาณความชื้นของตะกอนหน่วยเป็นร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์

เช่น ตัวอย่างตะกอนเชิงเขาจากรอยเลื่อนแม่จัน(จ.เชียงราย) จัดปริมาณความชื้นได้ ในช่วงร้อยละ 9 ถึง 14 เฉลี่ยร้อยละ 12 ส่วนตัวอย่างตะกอนบกในรอยเลื่อนดังกล่าวได้ค่าความชื้นประมาณ ความชื้นได้ ในช่วงร้อยละ 15 ถึง 30 เฉลี่ยร้อยละ 20

5.2.2 ตัวอย่างจากวัสดุที่มนุษย์สร้างขึ้น (Artificial Substance) เช่น หม้อดินเผา พระ เครื่อง(ดินเผา) ตะกรันจากเตาหลอม เป็นต้น

ในการหาอายุเครื่องปั้นดินเผา ถ้าจำนวนชิ้นตัวอย่างมีประมาณ 6 ถึง 12 ชิ้น อาจถือได้ว่าเป็นจำนวนตัวอย่างที่พอเหมาะ สำหรับตัวอย่างฟลินท์ควรเป็นตัวอย่างที่เผาทั้งตัวอย่าง(well-burnt) ถ้าเป็นตัวอย่างจากเครื่องปั้นหลายประเภท(จากแหล่งเดียวกัน) มักให้ผลที่น่าเชื่อถือได้มากกว่า ค่าที่วัดได้จึงเป็นวันที่ทำการเผาภาชนะหรือเครื่องปั้นนั้น เพื่อป้องกันการรั่วไหลของส่วนเรืองแสง ควรขีดผิวตัวอย่างเครื่องปั้นดินเผาออกอย่างน้อย 2 มม. หากทำได้ควรเหลือนาครดตัวอย่างให้หนาอย่างน้อย 0.5 ซม. และกว้างยาวไม่น้อยกว่า 3 ซม. และควรจัดส่งตัวอย่างให้คงรูปร่างลักษณะบางส่วนที่เป็นงาน ชิ้นยังใหญ่ ค่าที่ได้จะถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

ตัวอย่างที่เก็บควรอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 20 ซม. และควรถูกกลบฝังไว้ไม่น้อยกว่า สอง ในสามนับตั้งแต่วันที่ปั้น นั่นคือถ้าจะให้ค่าที่แม่นยำขึ้นควรถูกกลบฝังอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้น ตำแหน่งตัวอย่างควรอยู่ห่างจากขอบเขตอื่น เช่น จากกำแพง พื้น หิน ขอบคู ฯลฯ อย่างน้อย 30 ซม. เพื่อลดปัญหาเรื่องการปนเปื้อนกับสิ่งที่เราไม่สนใจ

ตัวอย่างการกลบฝังในดินที่ค่อนข้างเป็นเอกพันธ์ (homogeneous & uniform) ซึ่งไม่มีการปลอมปนของสารอื่น เช่น เศษหิน เศษหอย หรือซากดึก

ถ้าตัวอย่างที่เห็นเป็นฟลินท์ (หินเหล็กไฟ) การป้องกันไม่ให้ถูกแสง (อาทิตย์หรือสารเรืองแสง) โดยบรรจุตัวอย่างลงในถุงทึบแสง แต่ถ้ากรณีเครื่องปั้นดินเผาหรือภาชนะที่ใส่ไม่สำคัญ ขอเพียงอย่าให้ถูกแสงแดดโดยตรงก็พอ ห้ามทำความสะอาดตัวอย่างโดยการนำไปต้ม หรือนำตัวอย่างผ่านแสงอัลตราไวโอเลต เอกซเรย์รังสีเบต้าแกมมา อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ส่งผ่านการไปรษณีย์หรือผ่านการตรวจด้วยเครื่องรังสีก่อนขึ้นเครื่องบิน ไม่มีผลต่อตัวอย่างเนื่องจากความเข้มแสงที่วัดอยู่ในระดับต่ำ บริเวณที่เก็บตัวอย่างต้องปราศจากสารปนเปื้อนที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ผงซักฟอก หรือสารตัวเติม (additives) ใด ๆ - สี สารบอกลี ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ต่ำ ซึ่งอาจมีน้ำขัง หรือดินตะกอนที่อืดด้วยน้ำได้ ส่วนบริเวณที่ไหลซึมของน้ำสะอาดก็ ผันคนน้อยไม่จำเป็นต้องล้างเครื่องปั้น แต่ใส่ในถุงพลาสติกได้เลย (อาจมีทั้งเศษตะกอนติดมาด้วยก็ได้) แต่ขอให้มัดถุงให้แน่นอย่างดี (เพื่อการวัดค่าความชื้น เครื่องปั้นได้ถูกต้อง) และให้ใส่ถุงชั้นนอกกันอีกชั้นโดยมัดอย่างดีเช่นกัน ถุงไม่ควรหนาเกินไปเพราะผูกให้แน่นได้ยาก

สำหรับดินที่เก็บมาพร้อมเครื่องปั้น เราต้องมั่นใจว่าได้น้ำหนักประมาณครึ่งกิโลกรัม และใส่ถุง 2 ชั้น เหมือนกัน อีกทั้งการป้องกันแสงก็ต้องทำเหมือนกัน (แม้จะไม่สำคัญก็ตาม)

อนึ่งสำหรับการหาค่าความเข้มเกมมาของดินตะกอน ผู้วิเคราะห์อาจต้องปฏิบัติการในสนามได้โดยตรง ทำการฝังแคบซูลที่ทำด้วยทองแดงเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. ยาว 3 ซม. ลงไปในดินเป็นเวลา 3 เดือน 6 เดือน หรืออาจ 1 ปี (ซึ่งอาจทำให้เสียเวลานาน) ที่ปฏิบัติกันจริง ๆ ก็คือถือเครื่องมือเกมมาสเปคโตรมิเตอร์ โดยการเจาะหลุมลึก 30 ซม. กว้าง 7 ซม. แล้วนำเครื่องมาวัด ใช้เวลานานเพียง 1 ชั่วโมง แต่เราต้องรู้ค่าความชื้นของดินด้วยขณะวัดค่าจึงต้องทำการเก็บตัวอย่างตะกอนมาวิเคราะห์ ต้องถ่ายจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างอย่างดี เพื่อให้ทราบลักษณะตำแหน่งที่ตั้ง และ

สภาพความชื้น ตลอดจนความลึก ณ จุดเก็บ (มั่นใจว่าลึกอย่างน้อย 30 ซม.) นอกจากนั้นถ้าทราบถึงระดับความลึกของน้ำใต้ดินได้ ณ ช่วงที่เก็บตัวอย่างจะเป็นการดียิ่ง ข้อมูลด้านอุทกนิยมนิยามวิทยาตลอดปี จึงเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญเพราะสามารถทราบถึงช่วงเวลาที่ควรเก็บตัวอย่าง (หลายแห่งแปรเปลี่ยนไปตามสถานที่ด้วย ดังนั้นจึงควรศึกษาล่วงหน้า)

โดยทั่วไปอายุของฟลินท์ (หรือหินเหล็กไฟ) ควรมากกว่า 10,000 ปี จึงจะได้ค่าที่แน่นอนขึ้น แต่ก็ควรอยู่ในช่วงไม่เกิน 300,000 ปี ส่วนเครื่องปั้นดินเผา ควรอยู่ในช่วงตั้งแต่ปัจจุบัน จนถึง 20,000 ปี

### 5.3 วิธีการเตรียมตัวอย่าง (Sample Preparation)

สิ่งที่สำคัญในการเตรียมตัวอย่างในขั้นนี้เพื่อให้ได้น้ำหนักตัวอย่างสะดวก (treated sample) ที่เหมาะสม คือมีปริมาณแร่ที่สามารถนำมาใช้หาอายุได้เหมาะสมหรือเป็นที่นิยมใช้ทั่วไป ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

#### 5.3.1 การหาชนิดแร่

นำตัวอย่างแห้ง(Dry sample) ที่ทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของตัวอย่างแล้วประมาณ 1/2 ซ้อนชา (ถ้ามีน้อยก็ขอให้ใช้น้อย) มาบด(ในครกบดอะเคด) เพื่อคว่ำตัวอย่างที่เราเก็บมา มีแร่ควอตซ์หรือไม่ (ดูรายละเอียดในหัวข้อถัดไป) โดยวิธี X-ray diffraction หรือ XRD

1. บดตัวอย่างประมาณ 1/2 ซ้อนชา บดในครกบดอะเคด
2. ถ่ายตัวอย่างจากครกบดลงบนแผ่นกระจกบาง(Glass slide) ที่เขียนหมายเลขตัวอย่างแล้ว
3. หยด Ethyl alcohol ปริมาณขนาดเกือบเท่าตัวอย่างลงบนตัวอย่าง (ถ้ามีอะซิโตนก็จะดี เพราะแห้งเร็ว)
4. เก็ยตัวอย่าง(Smear) ให้กระจายทั่วโดยใช้ช้อนด้านยาว(Spatula) ช่วยเก็ยให้ได้ครึ่งแผ่นกระจก ปรับผิวโดยใช้ช้อนช่วยให้ผิวหน้าเรียบเสมอกัน
5. ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง อาจใช้แสงจากโคมไฟเข้าช่วยด้วย
6. จากนั้นจึงนำตัวอย่างเข้าเครื่อง XRD เพื่อการวิเคราะห์แร่

#### 5.3.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างแห้งที่เหลือนำร่อนผ่านตะแกรง(sieve) โดยใช้ตะแกรงขนาด 60 เมช(Mesh) และ 200 เมช (วางซ้อนได้ตะแกรงร่อน 60 เมช) และตามด้วยภาชนะรองตะกอน

1. เทตัวอย่างแห้งร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 เมช (0.84 มม)ตัวอย่างเม็ดใหญ่กว่าทิ้งไป

2. แบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งประมาณ 300 กรัมใส่ในกล่องพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วปิดฝาให้สนิทโดยใช้เทปพันสายไฟให้รอบ เพื่อนำไปวัดปริมาณรังสี
3. ตัวอย่างแห้งบางครั้งเกาะกันเป็นก้อน จึงทำให้บางครั้งต้องทำให้ร่วนซุย ก่อนซึ่งอาจทำได้โดยนำตัวอย่างมาตำในครกเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม(stainless steel mortar)
4. ค่อย ๆ ตำตัวอย่างจับสาก (Pestle) เบา ๆ ใช้น้ำหนักสากให้เป็นประโยชน์ พยายามอย่ากระแทกแรง ๆ และห้ามบดตัวอย่างโดยครกตัวอย่างด้วยสากกับครกบด
5. เทตัวอย่างแห้งร่วนแล้วลงบนตะแกรงร่อน
6. ตัวอย่างบางส่วนอาจค้างบนตะแกรงร่อน ขนาด 60 เมช พิจารณาดูถ้าปริมาณตัวอย่าง (ตะกอน)ที่ผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช ค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 200 เมช มีมาก (เช่นมากกว่า 500 กรัม หรือ หนึ่งกำมือก็อาจพอ) แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลวิเคราะห์แล้วว่าปริมาณแร่ควอร์ตซ์มากน้อยเพียงใด

### 5.3.3 ขั้นตอนทำความสะอาดตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างแห้งร่วนคัดขนาดแล้วใส่ในบีกเกอร์ขนาดครึ่งลิตรหรือ 0.3 ลิตร (300 ลบ ซม.)
2. ล้างด้วยน้ำประปา (ที่สะอาดไม่มีสนิมผ่านเครื่องกรองได้ยิ่งดี) ไหลไม่แรง
3. กวนน้ำให้หมุนตัวอย่าง (สังเกตดูน้ำขุ่นมาก แร่บางตัวเช่นไม่กำจะลอยน้ำ เราไม่สนใจแร่พวกนี้ปล่อยเทออกไป)
4. เทน้ำจากบีกเกอร์ออก (อย่าเทตัวอย่างออกไปเอาเฉพาะน้ำออก)
5. ทำขั้นตอนที่ 3 และ 4 ซ้ำ ๆ กันแบบนี้ 5 -10 ครั้ง ทุกตัวอย่าง

### 5.3.4 ขั้นตอนขจัดมลทินในตัวอย่างด้วยกรดเกลือเจือจาง ประมาณ 40 ลบ ซม.

1. เทกรด 1 : 1 HCl ลงในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างล้างสะอาดแล้ว ที่จัดวางไว้ในตู้ควันและกวนตัวอย่างปนกรดให้ทั่ว โดยใช้มือหมุนฟีกเกอร์ (เตรียมกรด เทกรดชนิด 36 % ประมาณ 20 ลบ ซม ลงในหลอดแก้วมีมาตราวัด (measuring cylinder) ที่มีน้ำสะอาด 20 ลบ ซม อยู่แล้วนำมาเทลงในบีกเกอร์อีกที, ห้ามเทกรดลงไปก่อนเทน้ำ)
2. นำบีกเกอร์มาอุ่นในหม้ออุ่น (water bath) ปรับให้อุณหภูมิของน้ำในหม้ออุ่นให้อยู่ในช่วง 60° ซ ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที
3. เทน้ำกรดในตัวอย่างทิ้ง (ขอให้เทกรดสกรปกรในตัวอย่างทิ้งในบีกเกอร์พลาสติกอีกใบ หรือในท่อน้ำทิ้งในตู้ควัน)
4. นำมาล้างน้ำ เหมือนในหัวข้อ 3 ถึง 5 ของการทำความสะอาด ประมาณ 5-10 ครั้ง (ให้สังเกตดูตอนนี้ ตัวอย่างเริ่มสะอาดขึ้นมาก การกวนตัวอย่างหลายครั้งทำให้แร่แผ่น เช่นแร่ไมก้า ไปไอไทต์ คลอไรด์ มัสโคไวท์ และแร่ดินหมดไป)

5. อบตัวอย่างให้แห้งในตู้อบให้อุณหภูมิในตู้ประมาณ  $50^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  ซ. ทั้งไว้ทั้งคืน
6. นำตัวอย่างที่เหลืออยู่แบบเดียวกันจนหมด

### 5.3.5 ขั้นตอนแยกแร่ด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic separation)

นำตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนที่ 4 ที่แห้งดีมาผ่านกรรมวิธีแยกแร่โดยใช้สมบัติทางแม่เหล็ก (magnetic property)

1. ค่อย ๆ เทตัวอย่างลงบนกระดาษสะอาดเกลี่ยให้ทั่วโดยใช้กระดาษเล็กกว่าอีกแผ่น นำแม่เหล็ก (กำลังดูดแรง ๆ ก็ได้) วางบนกระดาษแผ่นเล็ก แล้วเลื่อนกระดาษแผ่นเล็กไปให้ทั่วตัวอย่าง สารแม่เหล็กจากตัวอย่าง (บางเกล็ดอาจหลุดมาจากครกที่ตำ) แยกสารที่ติดแม่เหล็กนี้ออกมา

2. นำตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอน 5.1 มาเข้าเครื่องแม่เหล็กไฟฟ้า (Frantz's Isodynamic magnetometer) ในกรณีนี้เราปรับให้มุมลาดเอียง (Slope angle) ของรางไหลตัวอย่างให้เท่ากับ  $25^{\circ}$  และมุมเอียงข้าง (Fifing) ของรางให้เท่ากับ  $0.4^{\circ}$

3. หลังจากปรับปรุงรางเสร็จแล้วเปิดเครื่องให้รางสั้นปรับกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 0.1 แอมแปร์

4. ค่อย ๆ เทตัวอย่างลงในกรวยเหนือราง ปรับให้ตัวอย่างไม่ให้ไหลเร็วจนเกินไปเพราะตัวอย่างอาจกระดอนออกนอกรางได้ (ขั้นนี้สำคัญมาก เพราะกรณีตัวอย่างเรามีน้อยมาก) ให้สังเกตว่าตัวอย่างสีดำ ๆ จะออกมาเกือบหมด

5. ทำซ้ำตามหัวข้อ 5.3 และ 5.4 โดยนำเอาเฉพาะตัวอย่างที่ตกลงในร่องตัวอย่าง) ที่มีคอว์ตปน (ชั้นที่อยู่ด้านนอกของเครื่อง) ผ่านกรวยเหนือรางใหม่ แต่คราวนี้ปรับให้กำลังกระแสไฟฟ้าเป็น 1.4 แอมแปร์ (คราวนี้ลองพิจารณาดูว่าแร่ที่ตกลงในร่องเป็นแบบใดจะเห็นว่าชั้นนอกเครื่องจะขาวขึ้นกว่าเดิม)

6. ทำความสะอาดกรวยเหนือรางและตัวรางไหลตัวอย่างให้ดี

7. ทำซ้ำ ๆ ตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 6 กับตัวอย่างที่เหลือ

### 5.3.6 ขั้นตอนละลายแร่ฟอสฟอรัสและแร่อื่นที่ค้างอยู่

1. นำตัวอย่างที่ผ่านกรรมวิธีในข้อ 5 มาสกัดด้วยกรดกัดแก้ว HF ชนิด 46.5 % ขนาด 1 : 1 (คือให้เหลือ ~ 26 %) โดยเทตัวอย่างลงในภาชนะเทฟลอน (teflon) ที่เป็นพลาสติกขาวพอประมาณคิดว่าให้ท่วมตัวอย่าง (การเตรียมกรดกัดแก้วเข้มข้นพอประมาณนี้มีหลักการทำคล้ายเตรียมกรดเกลือ 1 : 1 ในหัวข้อ 4.1 แต่ขอให้เตรียมในหลอดพลาสติกมีมาตรฐานวัดแทน เพราะกรดกัดแก้วจะกัดแก้วหมด)

2. ตั้งทิ้งตัวอย่างที่มีกรดกัดแก้วปนลงในหม้ออุ่น (water bath) ที่ตั้งไว้ประมาณ 30 นาที

3. นำตัวอย่างมาล้างโดยการเทกรดกัดแก้วออกก่อน โดยเทกรดสกลงในบีกเกอร์ อีกใบ ขนาด 1 ลิตร (ส่วนใหญ่ไม่เททิ้งลงท่อระบายน้ำในตู้ควั่นเหมือนกรดเกลือ)

4. ทำความสะอาดด้วยน้ำอีกทีเหมือนในหัวข้อ 4.3 และ 4.4 (แต่ไม่ต้องอบตัวอย่างให้แห้ง)
5. จากนั้นนำมาทำความสะอาดด้วยกรดเกลือ 1 : 1 เหมือน ข้อ 4.1 ถึง 4.6 (หลังจากเสร็จขั้นนี้แล้วตัวอย่างของเราถือว่า ประกอบด้วยแร่ควอร์ตที่สามารถใช้หาอายุได้ ส่วนแร่เฟลสปาร์และแร่อื่นถูกทำให้สลายตัวไม่เหมาะที่จะใช้ในการคำนวณหาอายุอีกต่อไป

### 5.3.7 ปรับเวลาใหม่(reset) ให้ตัวอย่าง

#### ขั้นตอนในการทำงาน

1. นำตัวอย่างที่ได้จากการทำให้บริสุทธิ์ ออกจากฟิสิกเกอร์ แล้วนำมาเทลงบนแผ่นอะลูมิเนียมที่เตรียมไว้ ใส่ชื่อตัวอย่างให้เรียบร้อย
2. ใช้ช้อนค้ำยาว (Spatula) ตักตัวอย่างประมาณ 5 ช้อนเล็ก (ประมาณ 1/2 ช้อนชา)
3. ใส่ตัวอย่างที่เตรียม 5 ช้อนเล็กนั้นลงบนแผ่นอะลูมิเนียมแผ่นเล็ก เพื่อเข้าเตาอบ กาเครื่องหมาย อย่างดีจัดลำดับหมายเลขให้เป็นระเบียบเพราะวันรุ่งขึ้นจะพบว่าด้วยอุณหภูมิสูงหมึกที่เขียนไว้จะลบออกหมด
4. ปรับอุณหภูมิเตาอบให้อยู่ที่ 330° ซ. ใส่ตัวอย่างที่เตรียมทั้งหมดในเตาและตั้งทิ้งไว้ 1 คืน
5. ในวันรุ่งขึ้น (ยังเช้ายังดี) ปิดเครื่อง อย่าเปิดเอาตัวอย่างตั้งทิ้งไว้ให้เย็น(ที่ห้องปฏิบัติการที่ Akita University นี้ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมงในการปล่อยให้เย็นแล้วจึงเปิดเอาตัวอย่างออก

### 5.3.8 เตรียมตัวอย่างสำหรับอาบรังสี (Sample preparation for irradiation)

#### ลักษณะกระบอบอกใส่ตัวอย่าง

กระบอบอกใส่ตัวอย่างทำด้วยพลาสติกอคริลิกอย่างดี(acrylic resin) โดยจะเป็นรูปร่างเป็นระเบียบจำนวน 6 แถว (รูป 5.4) แถวบน 2 แถว สำหรับใส่ตัวอย่างที่เผาแล้ว(เพื่อปรับเวลาใหม่) เพื่อให้ได้รับรังสีจากเตาปฏิกรณ์น้อยที่สุด ส่วนแถวกลาง 2 แถวสำหรับใส่ตัวอย่างธรรมชาติที่ไม่ผ่านการเผาเพื่อให้รับรังสีจากเตาปฏิกรณ์ปานกลางและมากที่สุด ตามลำดับ

#### ขั้นตอนในการใส่ตัวอย่างลงกระบอบอกใส่ตัวอย่าง

1. ตัดกระดาษแก้วขุนให้มีลักษณะคล้ายราง ใช้ช้อนตักหรือค้อน ๆ เทตัวอย่างลงในรางกระดาษที่เตรียมไว้ ะทำให้ได้ประมาณตัวอย่างเกือบ 2 ใน 3 ของ 3
2. เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อน ให้ใช้เทปพันสายไฟ ปิดช่องข้าง ๆ (ช่อง LB1, LB2, LB3, LA1 และ LA3) ช่องที่เราต้องการใส่ตัวอย่าง (LA2 ในรูป 5.4 ค)
3. ค้อน ๆ เทตัวอย่างจากรางกระดาษลงในช่องใส่ตัวอย่างที่ละช่อง

4. ใช้เศษกระดาษอุดช่องใส่ตัวอย่าง เพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวน (Insulator) (และกันไม่ให้ตัวอย่างถูกเทพ ทำให้เสียตัวอย่างไป) แต่อย่าใช้กระดาษน้อยเกินไปในการปิดช่อง เพราะจะมีปัญหาในการดึงออกทีหลัง

5. นำเทพปิดช่องใส่ตัวอย่าง (ในที่นี้คือ LA2) ให้สนิท

6. ทำซ้ำ ๆ จากข้อ 2 ถึงข้อ 5 ค่อยไปจนหมดแถว แต่ขอให้เรียงให้เป็นระเบียบ

7. ค่อยไปจึงทำแถวล่างบน (LB) จนหมดในแบบเดียวกัน และทำแถวกลาง (MA, MB) สำหรับตัวอย่างที่ต้องการให้อยู่ห่างจากเตาอบรังสี

8. หลังจากนั้นจึงใส่ตัวอย่างในแถวบน สำหรับตัวอย่างที่ปรับเวลาใหม่

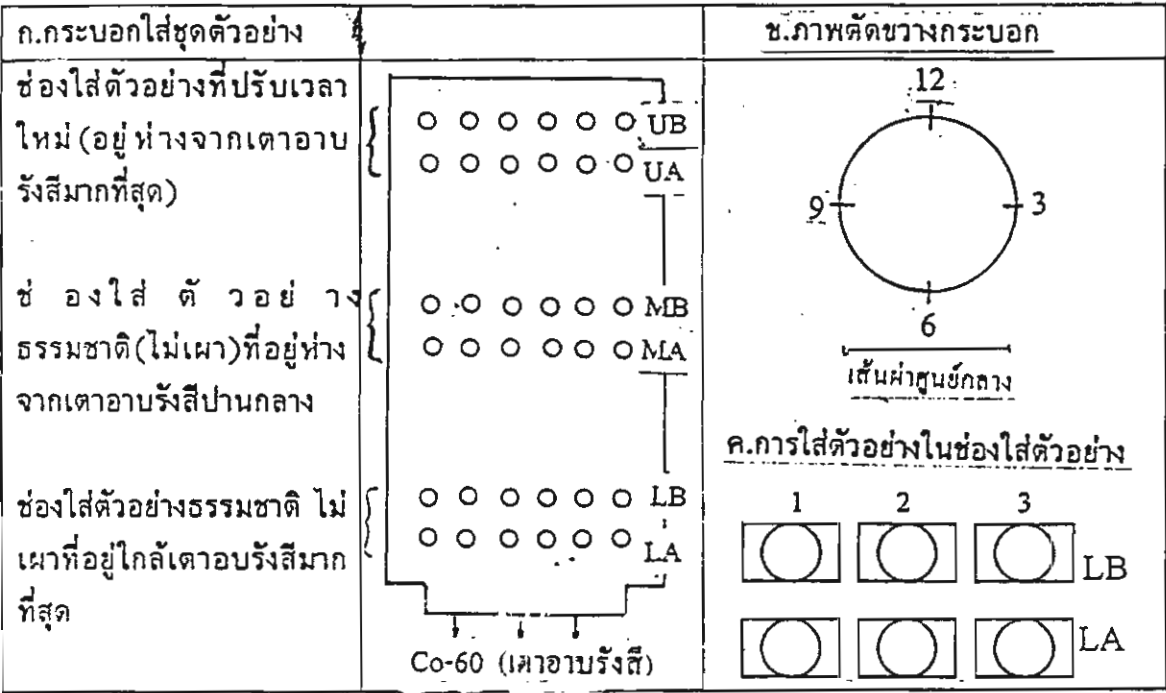
9. นำตัวอย่างไปวัด โดยอาจใช้เตาอบรังสี Co-60 (ในที่นี้ไปที่โรงพยาบาล Akita แต่ส่วนใหญ่ไปวัดที่ศูนย์ไอโซโทปรังสี (radio isotope) ที่เมือง Tsukuba ซึ่งทำงานร่วมกับกรมสำรวจธรณีวิทยาของญี่ปุ่น) โดยให้ระยะเวลาในการอบประมาณ 1 ชั่วโมง ที่ความเย็น 180 Ci และให้ฐานของกระบอกใส่ชุดตัวอย่างห่างจากเตาประมาณ 8.5 ซม. หรือห่างจาก LA ประมาณ 9 ซม. (ซึ่งคาดว่าเมื่ออบแล้วจะปล่อยรังสีออกมา 300 gr)

\* ที่โรงพยาบาล Akita รังสีที่ไปอบไม่มีปริมาณหรือกำลังแรงพอที่จะทำให้เกิดอันตราย

10. เมื่ออบเสร็จจึงนำกระบอกใส่ชุดตัวอย่างกลับมาเทออกใส่ในกระดาษอลูมิเนียม (aluminum foil) ขนาด 4x4 ซม. แล้วพันหุ้มหางให้ดีอย่าให้ตัวอย่างรั่วไหลได้

#### 5.4) วิธีการวัดค่าปริมาณรังสีธรรมชาติ (Natural Dose) และค่าปริมาณรังสีหลังอบของชุดตัวอย่าง (Dose from irradiated samples)

ทุกครั้งก่อนที่จะวัดหาค่าปริมาณรังสีบรรพกาล (Paleodose) จำเป็นต้องทำการวัดหาค่าปริมาณรังสีธรรมชาติที่ปรากฏอยู่ก่อนที่จะทำการวัดปริมาณรังสีบรรพกาล เพื่อให้ทราบค่าคร่าวๆ เสียก่อนว่า วัตถุที่เราต้องการทราบอายุนั้น (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ควอร์ต) มีปริมาณรังสีแล้วในตัวเองเท่าใด และคิดว่ามีแร่ลทินปรากฏออกมาเล็กน้อยเท่าใด (ซึ่งจริง ๆ ไม่ควรมี เช่น แร่เซอร์คอน, โมนาไซต์) ถ้าปริมาณที่วัดได้สูงอาจเป็นในกรณีดังกล่าว หรืออาจมีอายุค่อนข้างมาก จึงให้ปริมาณรังสี N ขณะนั้นมาก นอกจากนั้นยังเป็นการดีที่ทำให้เราได้ทราบถึงการทำงานของเครื่องว่าปกติหรือไม่ และการอบรังสีในปริมาณเท่าใด



รูป 5.4 กระบอกใส่ตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยแท่งพลาสติกรูปทรงกระบอก ยาวประมาณ 30 ซม และ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 ซม วงกลมเล็กๆ วางตัวเป็นแถวคือรูใส่ตัวอย่าง

#### 5.4.1 สำหรับขั้นตอนในการวัดมีดังต่อไปนี้

1) ทำการเปิดเครื่อง ปุ่ม “on” ตรงเครื่อง (แต่โดยปกติเครื่องมักจะเปิดทิ้งไว้อยู่แล้ว เครื่องที่ใช้วัดนี้เป็น Thermoluminescence Dosimeter (TLD) ทำการวัดค่าเพียงอย่างเดียวไม่สามารถถ่ายทอด ข้อมูลหรือปริมาณรังสีเข้าเครื่องได้

2) เปิดเครื่องพิมพ์ (Printer) ป้อนกระดาษเข้าเครื่อง (เนื่องจากเครื่องที่นี้เป็นเครื่องรุ่นเก่า จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ กระดาษที่ต้องการพิมพ์ให้ใช้เพียงด้านเดียว คือ เอาหน้าสีขาวออกจากตัวเรา

3) ป้อนข้อมูลเข้าเครื่อง(เครื่องวัดชนิดนี้จัดเป็นเครื่องวัดต้นฉบับ-Prototype) โดยเริ่มจากกดปุ่ม Range แล้วจึงช่องใส่ตัวอย่างออก กดปุ่ม Heating แล้วจึงเริ่มต้นป้อนข้อมูลเกี่ยวกับเวลาวัด & อุณหภูมิ โดยการกดปุ่ม 120 in (หน่วยเป็น time in second), 450 in max. temperature, 50 in start counting และ 450 in end counting จากนั้นจึงใส่ข้อมูลตัวอย่าง เช่นที่ห้องปฏิบัติการ นี้ใช้ 31/N 97/10 (ซึ่งคือหมายเลขตัวอย่าง/ชนิดรังสีที่วัด ปีที่วัด/เดือนที่วัด)

4) เอาตัวอย่างใส่ในหลอดแก้วใส่ตัวอย่าง (Sample holder) (ห้ามจับปลายหลอด เพราะ แก้วจะฉีก)

5) เปิดช่องใส่ตัวอย่าง (เป็นลิ้นชักสีขาวโลหะ)

6) ค่อย ๆ สอดแท่งตัวอย่างวางบนแท่นวัดในแนวนอนในช่องวางตัวอย่างสีดำ ค่อย ๆ เอาด้านปาก (คล้ายแตร) ซี่เข้าหาตัว แล้วสอดเข้าหาผู้ปฏิบัติการ ช่องรับตัวอย่างตรงช่องวางตัวอย่างจะรับตัวอย่างได้พอดี

7) กดปุ่ม “read” กราฟบนจอขึ้นโดยแกน X เป็นสัญญาณ (ถึง 250 cps) และแกน Y เป็นอุณหภูมิ (หน่วยเป็น เซลเซียส)

8) ในระหว่างรอพิมพ์ ให้เตรียมตัวอย่างใหม่ตรงข้อ 4 ถึง 7) ลงในหลอดแก้วใส่ตัวอย่าง

9) กดปุ่ม Y เมื่อพิมพ์ข้อมูลบนจอตามด้วยปุ่ม Return ซึ่งจะได้พิมพ์ออกจากเครื่องพิมพ์ (มั่นใจว่าเลื่อนกระดาษมาที่กราฟแสดงตัวเลข 400 เพื่อให้พิมพ์ได้ 3 กราฟ/แผ่น)

10) ดึงช่องใส่ตัวอย่างออก เอาหลอดแก้วใส่ตัวอย่างเก่าออก แล้วเอาตัวอย่างใหม่ใส่เพื่อพิมพ์กราฟออกมา

11) ให้ทำแต่ละตัวอย่างซ้ำกัน 3 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความปกติของ เครื่องมือ ชนิดตัวอย่างที่เตรียมว่าเป็นตัวอย่างเอกพันธ์ (homogeneous) ดีหรือไม่ เพื่อเปรียบเทียบค่าว่า เฉลี่ยเป็น อย่างไร สูงต่ำหรือไม่ ตรวจสอบดูว่าเส้นเรืองแสง (glow-curve) เป็นอย่างไร มีการปรับสภาพตัวอย่างอีกครั้งหรือไม่

12) ในการขึ้นตัวอย่างใหม่หลังส่งพิมพ์ (Print) ให้เอาตัวอย่างใหม่ใส่ในช่องใส่ตัวอย่างก่อน แล้วจึงกดปุ่ม Y เมื่อเครื่องถามว่า go to next step (yes or no) และกด Return จากนั้นจึงป้อนข้อมูลตัวอย่างใหม่ลงไป

## 5.5 วิธีการในการหาอายุ

### 5.5.1 การคำนวณหา Paleo Dose (PD)

นำตัวอย่างแร่ที่แยกแล้วตามธรรมชาติ (N) และตัวอย่างแร่ที่อบรังสีที่มีความเข้มต่าง ๆ กัน เช่น  $N + 18$ ,  $N + 28$ ,  $N + 38$  เป็นต้น ไปวัดความเข้ม (Intensity) ของแสง TL (ปกติจะวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง โดยใช้ตัวอย่างหนักครั้งละ 20 - 30 มิลลิกรัม) เมื่อได้ glow curve ของตัวอย่าง  $N$ ,  $N + 18$ ,  $N + 28$ ,  $N + 38$ ,..... แล้วเอาค่าความสูงของ peak - ของแต่ละตัวอย่างที่อุณหภูมิเดียวกันมา plot ลงในกระดาษกราฟ โดยเอาความสูงของ peak (ปกติจะวัดเป็น ซม.) จากตัวอย่าง  $N$  หาคลอดทุกตัวอย่าง จะได้ค่าเป็นอัตราส่วน ดังนี้

$$\frac{N}{N}, \frac{N+18}{N}, \frac{N+28}{N}, \frac{N+38}{N}, \dots$$

โดยใช้แกน Y เป็นอัตราส่วนของ Intensity ของแสง TL และให้แกน X เป็นความเข้มของกัมมันตรังสี เมื่อ plot เสร็จแล้วเชื่อมจุดต่าง ๆ เหล่านี้ไปตัดที่แกน X จะได้ค่า Paleo Dose ดังแสดงในรูป 5.4

เส้นกราฟที่ plot ได้อาจเป็นเส้นตรง (linear) หรือโค้งเล็กน้อย จะบ่งบอกค่าของ Paleo Dose นำจะถูกต้อง และอายุของหินตัวอย่างนี้ น่าจะมีอายุอ่อนหรือแก่เพียงใด

การหาค่า Paleo Dose นอกจากใช้วิธีดังกล่าวข้างต้นแล้วยังสามารถหาได้อีกวิธีหนึ่ง กล่าวคือ นำตัวอย่างแร่ธรรมชาติ (N) ไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 320 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยตัวอย่างให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเป็นการทำลายกัมมันตรังสีเดิมที่สะสมในแร่ตั้งแต่อดีต ถึงปัจจุบันให้หมดไป หรือเป็นการ reset ตัวอย่างแร่ให้เท่ากับศูนย์ก่อนที่จะนำตัวอย่างนี้ไปอบกัมมันตรังสี ควรนำตัวอย่างไปอบกัมมันตรังสีที่ความเข้มต่าง ๆ กัน อย่างน้อย 3 ตัวอย่าง เช่น  $N+18$ ,  $N+28$ ,  $N+38$ , เป็นต้น แล้วนำตัวอย่างเหล่านี้ไปวัดความเข้มของแสง TL โดยนำ peak ต่าง ๆ ที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับ peak ของตัวอย่างธรรมชาติ (N) แล้วนำไป plot ลงในกระดาษกราฟ เช่นเดียวกับวิธีแรก จะได้ค่า Paleo Dose ซึ่งเป็นการตรวจสอบผลกับวิธีแรก ในการศึกษาของเรานี้ได้ทำการตรวจสอบ(test) ทั้งสองวิธีเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด

### 5.5.2 การแปลข้อมูลในการวัดอายุโดยวิธี TL

ประกอบด้วยข้อมูลหลักอยู่ 2 ประการคือ

1. ข้อมูลในการคำนวณหา Annual Dose โดยทั่วไปผลวิเคราะห์ทางเคมีของธาตุยูเรเนียม ธอเรียม และ โปแตสเซียม ซึ่งใช้เครื่องมือชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วข้างต้น จะได้ค่าที่ใกล้เคียง ขึ้นอยู่กับความแม่นยำ (accuracy) ของเครื่องมือแต่ละชนิด และปริมาณของธาตุแต่ละชนิด เช่น เครื่อง X - ray spectrometer และเครื่อง neutron activator ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปริมาณของธาตุ

ยูเรเนียม และธอเรียม ที่มีปริมาณน้อยกว่า 1 ppm. ส่วนเครื่อง XRF. มักมีความลำบากในการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุยูเรเนียม และธอเรียมที่มีปริมาณน้อยกว่า 1 ppm. เป็นต้น ส่วนปริมาณของธาตุโปแตสเซียมจะวิเคราะห์ในรูปของสารประกอบโปแตสเซียมออกไซด์ ( $K_2O$ ) มีหน่วยเป็น % โดยใช้เครื่อง AA เครื่อง XRF. หรือ เครื่อง X - ray spectrometer เป็นต้นการคำนวณค่าของ Annual Dose โดยวิธีการแทนค่าของธาตุโปแตสเซียม ธอเรียม และโปแตสเซียม ลงในสมการ  $AD_1$  หรือ  $AD_2$  เป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวก

สำหรับค่าผิดพลาด (error) จากการวิเคราะห์ของธาตุเหล่านี้มักใช้ตัวเลขของ error ไม่เกินร้อยละ 10 ในการคำนวณ ซึ่ง error 10 % นี้จะเป็นการรวมข้อผิดพลาดทั้งหมด ตั้งแต่การเตรียมตัวอย่าง จนถึงเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

2. ข้อมูลในการคำนวณหา *Paleo Dose* ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหา *Paleo Dose* นั้นเป็นหัวใจของการวัดอายุของหินโดยวิธี TL ซึ่งวิธีการหา *Paleo Dose* นั้นได้กล่าวไว้ในบทก่อน แต่การพิจารณาใช้ glow curve หรือ peak ของแสง TL ที่วัดจากตัวอย่างแร่ธรรมชาติ และตัวอย่างแร่ที่อบด้วยกัมมันตรังสี จำเป็นต้องผ่านการตรวจสอบดังต่อไปนี้ .

1. การตรวจสอบที่เรียกว่า พลาโต (plateau test) เป็นการตรวจสอบว่า ตัวอย่างแร่ที่แยกออกมานั้นสามารถนำไปวัดอายุโดยวิธี TL ได้หรือไม่

วิธีการตรวจสอบทำได้เป็นขั้นตอนดังนี้

ก. นำตัวอย่างแร่ธรรมชาติส่วนหนึ่งไปวัดความเข้มของแสง TL ได้ glow curve ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 0 ถึง 500 องศาเซลเซียส

ข. นำตัวอย่างแร่ธรรมชาติอีกส่วนหนึ่ง (ตัวอย่างเดียวกันกับตัวอย่างข้อ ก) ไปอบด้วยกัมมันตรังสีเพียงตัวอย่างเดียว เช่น อบด้วยกัมมันตรังสีแกมมา 10 เกรย์ (Gy) เป็นต้น แล้วไปวัดความเข้มของแสง TL จะได้ glow curve ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 0 ถึง 500 องศาเซลเซียส และ

ค. นำอัตราส่วนระหว่าง glow curve ของแร่ธรรมชาติ (N) กับแร่ที่อบด้วยกัมมันตรังสี ( $N + B$ ) คืออัตราส่วน  $N/(N + B)$  ตั้งแต่ 200 องศาเซลเซียส ถึง 475 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับ glow curve ของแร่ธรรมชาติแต่ละชนิด) ไป plot ในกระดาษกราฟ โดยมีแกน Y เป็นอัตราส่วน  $N/(N+B)$  และแกน X เป็นอุณหภูมิจะพบว่าที่อุณหภูมิตั้งแต่ 300 องศาเซลเซียส ถึง 475 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับแร่แต่ละชนิด) มักจะมีค่าของอัตราส่วน  $N/(N + B)$  ที่ใกล้เคียงกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่ามีค่าคงที่ เส้นกราฟที่ได้จะมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง ขนานกับแกน X ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.4

ถ้าตัวอย่างแร่แสดงเส้นกราฟลักษณะนี้เรียกว่า plateau ซึ่งหมายความว่า แร่ชนิดนี้น่าจะมี stability ที่ดีเหมาะที่จะวัดอายุโดยวิธี TL ได้ ในทางตรงข้ามถ้าตัวอย่างแร่ไม่แสดงเส้นกราฟลักษณะ plateau หมายความว่า แร่ชนิดนี้อาจไม่เหมาะที่จะใช้วัดอายุโดยวิธี TL ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบ plateau นี้บ่งบอกถึง

ก. ค่าผิดปกติเกี่ยวกับการจางของ glow curve (anomalous fading) เนื่องจากระยะเวลา เช่น แร่เซอร์คอน และแร่ฟลูออไรต์ เมื่อเก็บตัวอย่างเหล่านี้ข้ามคืนจะให้ glow curve ของแสง TL ลดน้อยกว่าความเป็นจริง เป็นต้น จะไม่แสดงลักษณะของ plateau

ข. ตัวอย่างแร่มีค่า reset เป็นศูนย์หรือไม่ ถ้าแสดงลักษณะของ plateau หมายความว่า ตัวอย่างนั้น ๆ น่าจะ reset เป็นศูนย์

ค. บางส่วนของตัวอย่างแร่อาจได้รับการเหนี่ยวนำโดยรังสีที่ไม่ใช่มาจากสารกัมมันตรังสี ซึ่งเรียกว่า Spurious หรือ non-radiation-induced thermoluminescence ถ้าเป็น spurious จะไม่แสดงลักษณะของ plateau วิธีการแก้ spurious นั้นควรทดลองใส่แก๊สเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน หรือ อาร์กอน เข้าไปในเครื่อง heater แล้วทำการทดสอบ plateau ใหม่

ง ตัวอย่างแร่อาจมีมลทิน (contaminated) ระหว่างการเตรียมตัวอย่าง ทำให้ไม่แสดงลักษณะของ plateau

2. การเลือกจุดโค้ง (Peak selection I) ที่อุณหภูมิใดในการคำนวณ PD โดยทั่วไปต้องใช้ peak ที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งที่เหมือนกัน ทั้ง peak จากแร่ธรรมชาติและแร่ที่อาบด้วย กัมมันตรังสีมาใช้เปรียบเทียบเพื่อหาอัตราส่วนในการคำนวณค่า PD แร่ที่อาบกัมมันตรังสีที่ความเข้มต่าง ๆ กันส่วนใหญ่มักให้ peak มากกว่า 1 peak ทั้งนี้คงเนื่องจากเกิดความไม่สมดุลของแร่ หลังจากการอาบกัมมันตรังสี (artificial irradiation) ในทางปฏิบัติมักใช้ peak ที่อุณหภูมิที่สูงกว่า เนื่องจาก peak ที่อุณหภูมิสูงมี stability ดีกว่า peak ที่อุณหภูมิต่ำ ในการศึกษาของเรานี้ใช้ประมาณ อุณหภูมิ 270 - 320 เซลเซียส

3. การเลือกจุดโค้ง II (Peak selection II) ที่ขนาดความยาวคลื่นใดของแสงในการคำนวณ PD เนื่องจากขนาดความยาวคลื่นของแสงของแร่ธาตุแต่ละชนิดให้ความเข้มของแสง TL ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบโดยการทดลองใช้ฟิลเตอร์ที่มีช่วงความยาวคลื่นของแสงต่าง ๆ กัน ซึ่งบางครั้งอาจใช้เพียงฟิลเตอร์เดียว หรืออาจใช้ฟิลเตอร์ประกอบกันสองชนิดเพื่อให้ได้ขนาดความยาวของคลื่นของแสงที่เหมาะสมสำหรับแร่แต่ละชนิด

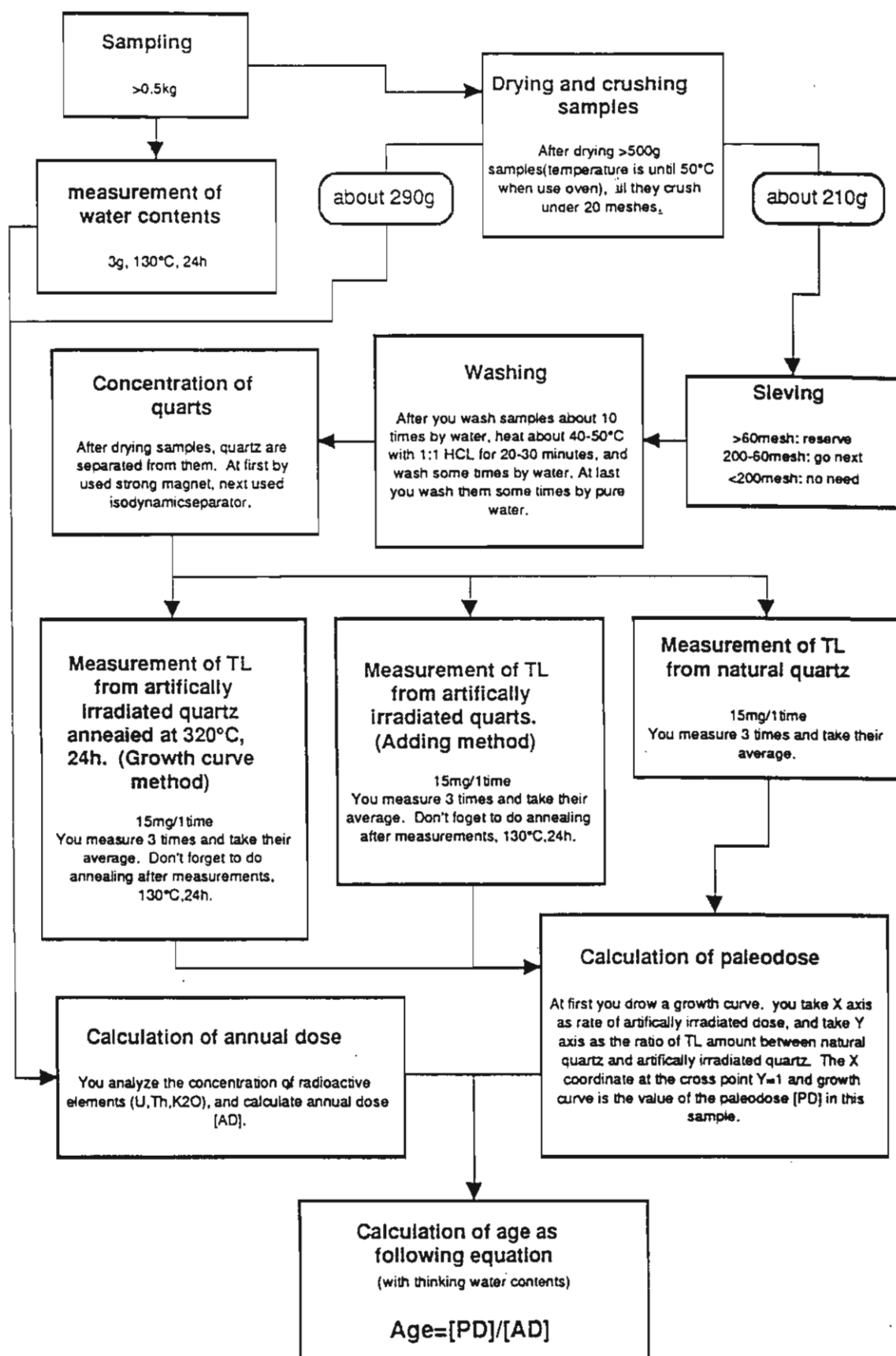
นอกจากนี้ข้อผิดพลาด (error) จากการวัดความเข้มของแสง TL ของตัวอย่างแร่ ตัวอย่างใดตัวอย่างหนึ่ง จะเป็นตัวอย่างแร่ธรรมชาติหรือตัวอย่างแร่ที่อาบกัมมันตรังสีแล้วก็ตาม โดยปกติ จะทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง ซึ่งอาจให้ความเข้ม หรือ peak ของแสง TL ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องแก้ไขข้อผิดพลาดโดยอาศัยวิชาวสถิติ โดยทั่วไปแล้วค่า error จากการวัด glow curve จะไม่เกิน 10 % จึงเป็นค่าที่น่าเชื่อถือ

ดังนั้นข้อผิดพลาดรวม (total error) ในการวัดอายุของแร่โดยวิธี TL ไม่ควรเกิน 20 % คือ error จากค่า annual dose 10 % และ error จากค่า paleo dose อีก 10 %



| สรุป                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| วิธีการในการคำนวณหาอายุ                                                                                                    |
| 1). หาค่าเฉลี่ยของยอด natural dose<br>เช่นได้ $\frac{24 + 23 + 24}{3} = 23.666$                                            |
| 2. หาค่าเฉลี่ย ของยอด ตัวอย่างที่อาบ<br>เช่นได้ 35      30      39<br>เข้าสู่สูตร $\frac{N+G}{N}$ 1.65      1.47      1.26 |

อนึ่ง แผนผังรวมบ่งบอกถึงขั้นตอนและกรรมวิธีโดยย่อในการหาอายุ โดยวิธีเรืองแสง ความร้อนได้แสดงไว้ในรูป 5.6



รูป 5.6 แผนผังของขั้นตอนการหาอายุด้วยวิธีเทอร์โมลิเนนสเซนส์ (TL – dating technique)

## บทที่ 6

### โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหว

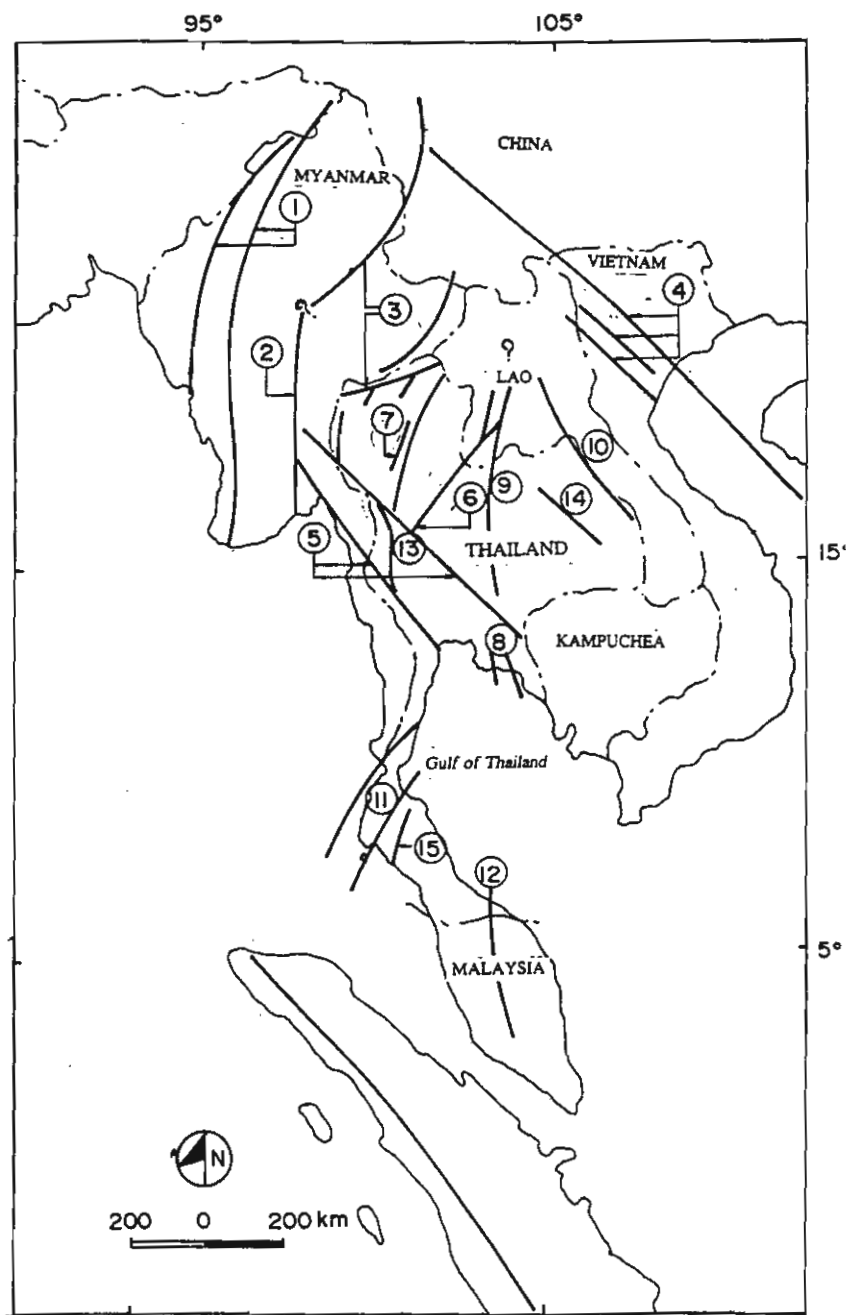
จากแนวคิดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4, 5 โดยเฉพาะในเรื่องข้อมูลแผ่นดินไหว และโครงสร้างทางธรณีวิทยาของประเทศไทย และบริเวณข้างเคียง ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายเทียม และข้อมูลธรณีวิทยาอ้างอิง ทำให้พอสรุปลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหวอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 2 บริเวณตามลักษณะการแปรสัณฐาน และภูมิศาสตร์ คือ

- 1) บริเวณที่เกิดอยู่ในทะเล
- 2) บริเวณที่เกิดอยู่บนทวีป

แผ่นดินไหวที่เกิดอยู่ในทะเลอาจเป็นผลสำคัญเนื่องมาจากการผันแปรแผ่นเปลือกสมุทร(oceanic lithosphere) ซึ่งได้แก่การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรอันดามันในบริเวณหมู่เกาะอันดามัน นิโคบาร์ และเคลื่อนผ่านกันของแผ่นสันสมุทรอันดามัน ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่แสดงรายละเอียดของบริเวณที่เกิดในทะเลเนื่องจากข้อมูลด้านธรณีวิทยามีอยู่อย่างจำกัด แต่ได้ให้ความสำคัญกับแผ่นดินไหวที่เกิดอยู่บนทวีปที่คาดคิดว่าจะจะเป็นผลมาจากการผันแปรแผ่นเปลือกทวีป(continental lithosphere) ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนใหญ่ ๆ ทั้งภายในประเทศไทย และประเทศข้างเคียง ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

- 1). กลุ่มรอยเลื่อนเทือกเขาอินโด-พม่า (Indo-Burman Ranges Fault Zone)
- 2). กลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ตวงกูย (Sagaing-Panluang-Taunggui Fault Zone)
- 3). กลุ่มรอยเลื่อนนานติง-เปาซาน-เชียงราย (Nanting-Paosan-Chiang Rai Fault Zone)
- 4). กลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง-มา-ดา (Red-Ma-Da River Fault Zone)
- 5). กลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์ (Mae Sariang-Mae Ping-Three Pagoda Fault Zone)
- 6). กลุ่มรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู-หลวงพระบาง-แพร่-เถิน-อุดรดิตถ์ (Dien Bien Fu-Luang Prabang-Phrae-Thoen-Uttaradit Fault Zone)
- 7). กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม (Mae Tha-Mae Rim Fault Zone)

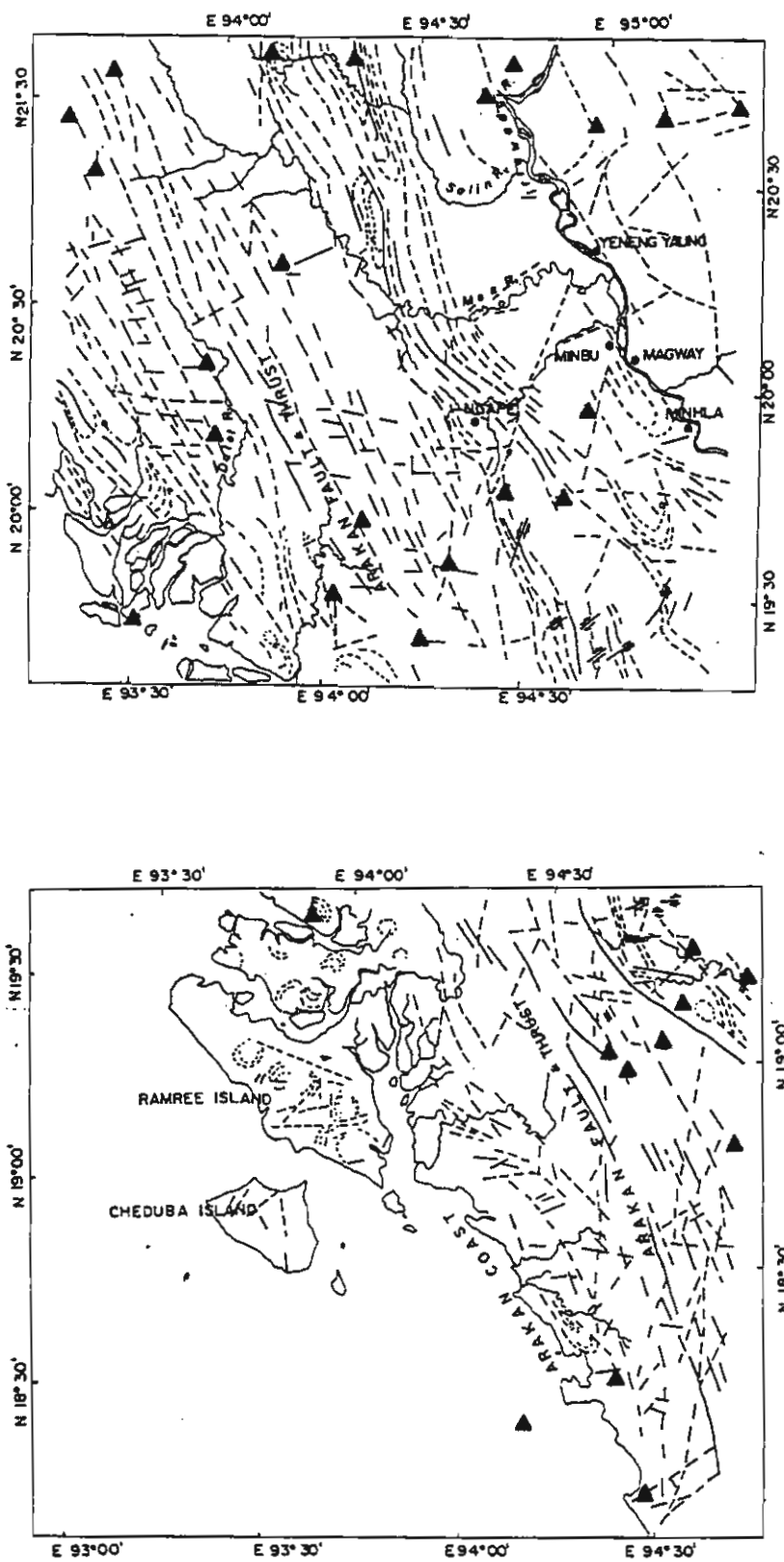
หนึ่งภาพรวม ๆ ของกลุ่มรอยเลื่อนทั้ง 7 กลุ่มนี้ได้แสดงไว้ในรูป 6.1



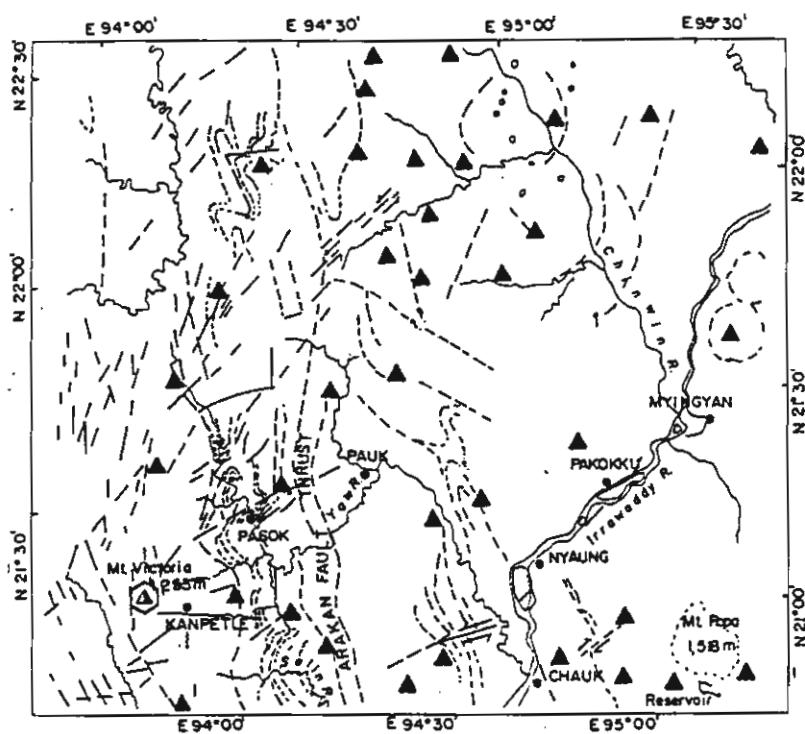
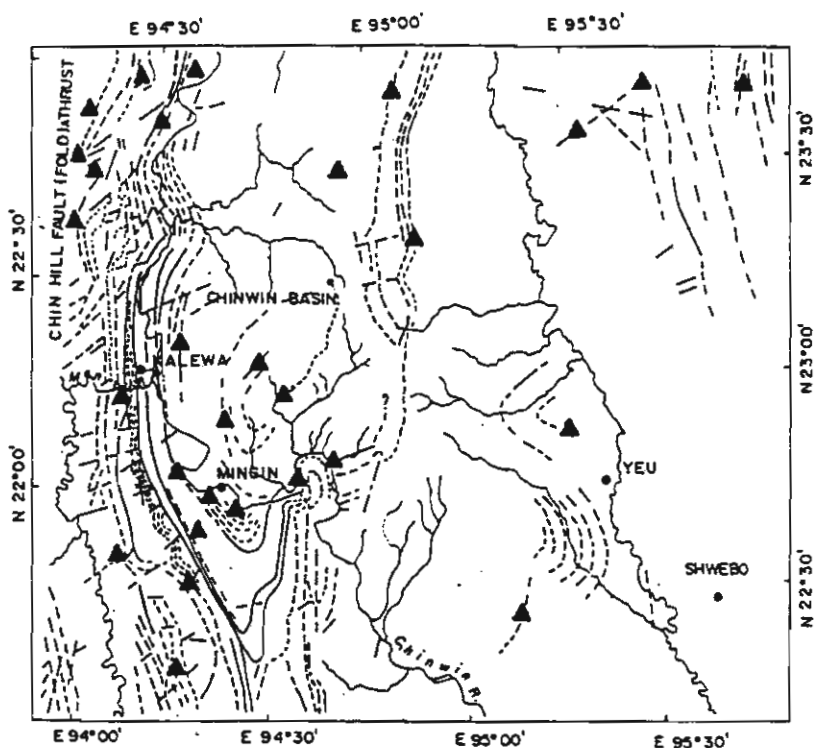
รูป 6.1 กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่ได้จากข้อมูลภาพจากดาวเทียมในการศึกษาครั้งนี้

## 6.1 กลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง

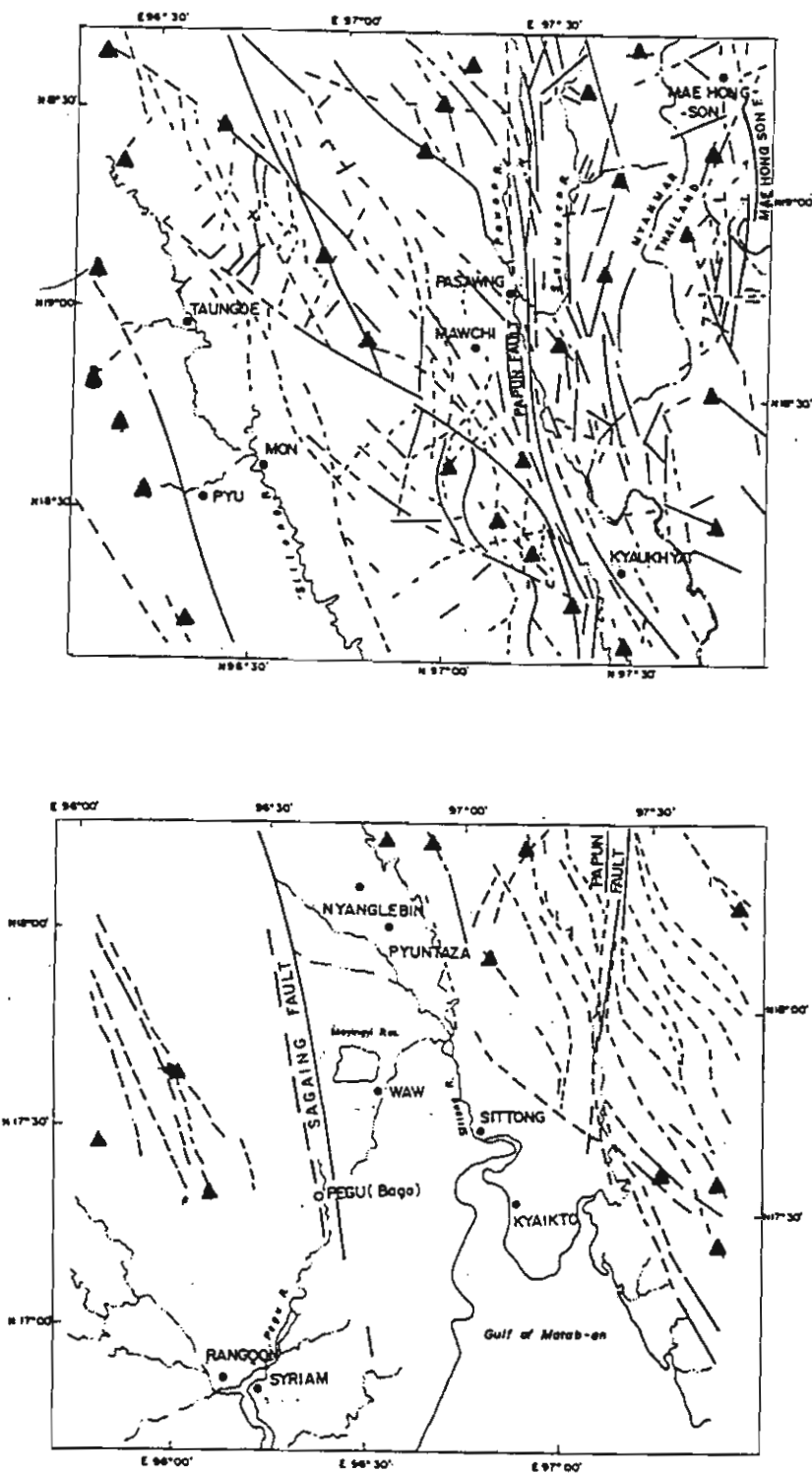
|                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1)กลุ่มรอยเลื่อนเทือกเขาคินโด-พม่า</p>     | <p>ข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป 6.2) พบว่ารอยเลื่อนย้อนกลับทิศตะวันตกของเทือกเขาซึ่งเป็นแนวยาวในทิศเหนือ-ใต้ จนถึงลุ่มน้ำอิระวดีฝั่งตะวันตกและจากข้อมูลแผ่นดินไหวรวมทั้งข้อมูลธรณีแปรสัณฐานสามารถยืนยันเป็นหลักฐานได้ว่า รอยเลื่อนนี้เป็นรอยเลื่อนมีพลัง (Active fault) โดย ที่รอยเลื่อนดังกล่าวเป็นตัวการก่อให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (6-6.9 ริกเตอร์) อย่างน้อย 13 ครั้ง และ 4 ครั้ง ที่มีขนาดใหญ่กว่า &gt;7 ริกเตอร์ เมื่อ 16 พ.ค. 2481, ขนาด 7.2, 1 ก.ค. 2500, ขนาด 7.3, และ 21 มี.ค. 2497 ขนาด 7.4, และ 8 ก.ค. 2461 ขนาด 7.6) และเมื่อรวมกับแผ่นดินไหวที่ไม่ทราบขนาดผนวกกับที่มีขนาดเล็กกว่า 6 ริกเตอร์ มีมากถึง 360 ครั้ง (ขนาด 3-6 ริกเตอร์)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>2)กลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ดวงกุด</p> | <p>ข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป 6.3) พบว่ากลุ่มรอยเลื่อนนี้เป็นรอยระนาบขวาเข้าครอบคลุมอาณาบริเวณ ตั้งแต่ฝั่งด้านตะวันออกของแม่น้ำอิระวดีซึ่งครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของที่ราบภาคกลางของพม่า จนถึงฝั่งตะวันตกของแม่น้ำสะโตง จากข้อมูลแผ่นดินไหวพบว่ามีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (&gt; 7 ริกเตอร์) อย่างน้อย 4 ครั้ง (15 พ.ค. 2473, 7.3; 3 ธ.ค. 2473, 7.3, ; 23 พ.ค. 2455, และ 12 ก.ย. 2489, 7.8) และที่มีขนาดเล็กกว่า 6 ประมาณ 74 ครั้ง และไม่ทราบขนาดอีก 15 ครั้งหรือรวมทั้งหมด 94 ครั้ง (3-6 ริกเตอร์)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>3)กลุ่มรอยเลื่อนนานติง-เปาซาน-เชียงราย</p> | <p>ข้อมูลภาพดาวเทียม (รูป 6.4) พบว่าเป็นกลุ่มรอยเลื่อนใหญ่ที่วางตัวในแนวเกือบตะวันออก-ตะวันตก จากข้อมูลแผ่นดินไหวเป็นที่คาดคิดว่าน่าจะเป็นแนวรอยเลื่อนที่ยังมีพลังอยู่ แม้ความรุนแรงของการเกิดแผ่นดิน ไหวยังไม่มากนักและปรากฏว่าที่มีความรุนแรงมาก(เกินกว่า 6 ริกเตอร์) 6 ครั้ง (16 ม.ค. 2468, 7.1 ; 29 พ.ค. 2519, 7.0 ; 2 มี.ย. 2466, 7.3 ; 6 พ.ย. 2431, 7.3 ; 26 ธ.ค. 2484, 7.0 และ 2 ก.พ. 24 93, 7.0) จากข้อมูลทางสถิติพบว่าบริเวณนี้เกิดแผ่นดินไหวทั้งหมด 75 ครั้ง และครั้งสุดท้ายก็เกิดมีความรุนแรงถึง 6.9 และการไหวตัวในครั้งนั้นทำให้มีผู้เสียชีวิตถึงสองหมื่นคน ซึ่งกลุ่มรอยเลื่อนนี้นับว่ามีความสำคัญมากที่สุดกลุ่มหนึ่งในปัจจุบันเพราะเมื่อติดตามทฤษฎีธรณีวิทยาแปรสัณฐานเมื่อแผ่นทวีปอินเดียเข้าชนแผ่นทวีปเอเชียอาจทำให้แผ่นทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เกิดการหมุนตัวตามเข็มนาฬิกา ซึ่งพบว่าแนวรอยเลื่อนบริเวณนี้เป็นจุดอ่อนตัวที่สุดของแผ่นทวีปเดิม โอกาสที่จะเคลื่อนตัวหรือไหวตัวจนเกิดการส่งผ่านคลื่นแผ่นดินไหวเป็นไปได้มาก ดังนั้นในประเทศไทยบริเวณที่ควรทำการศึกษาให้ละเอียดก็คือรอยเลื่อนเชียงราย (ซึ่งน่าจะมีการทดสอบหาอายุรอยเลื่อนนี้ด้วย)</p> |



รูป 6.2 แผนที่แนวเส้น โครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเทือกอินโด-พม่า และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)



รูป 6.2 (ต่อ) แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อน เทือกอิน  
โค-พม่า และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

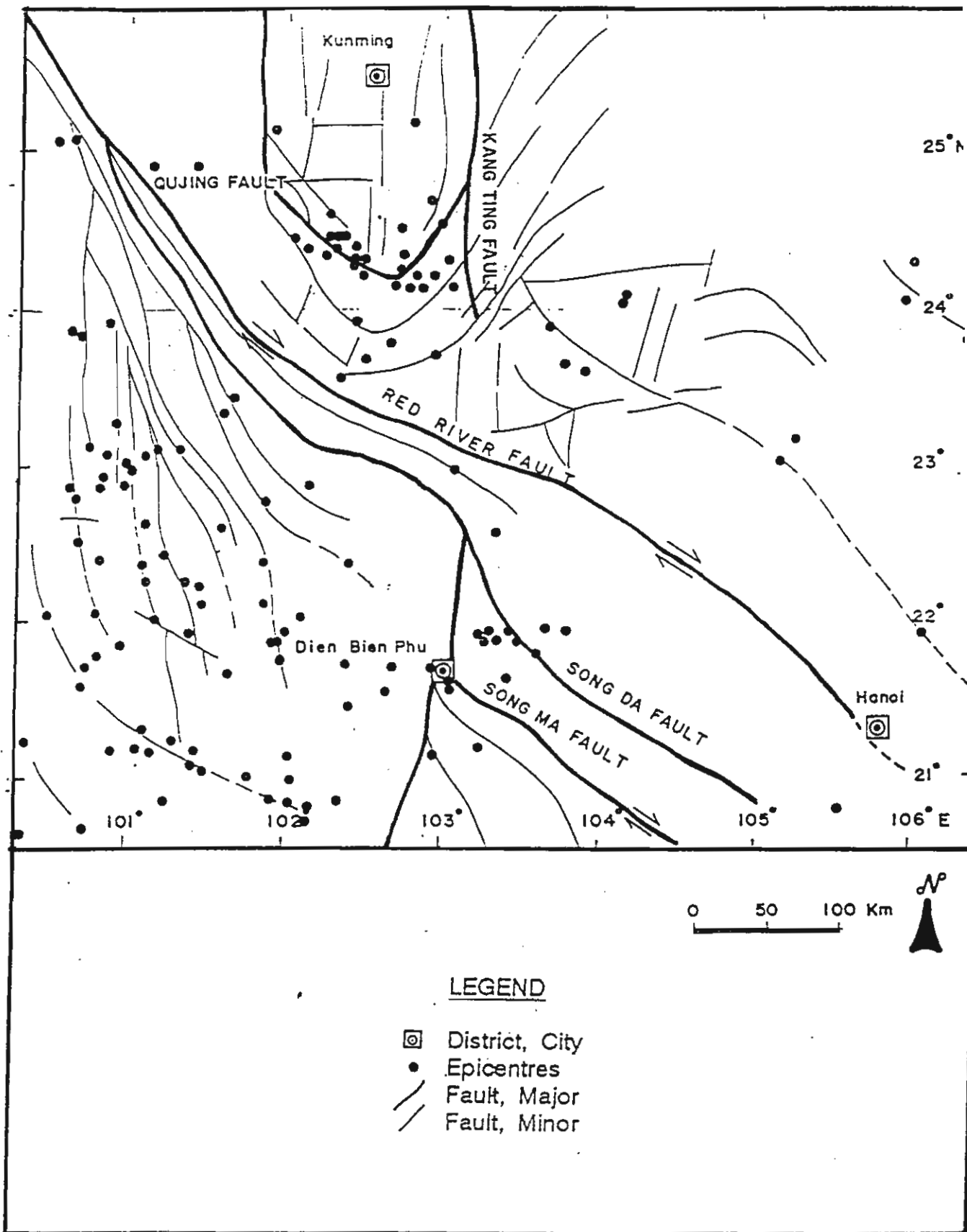


รูป 6.3 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ดวงกุด และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

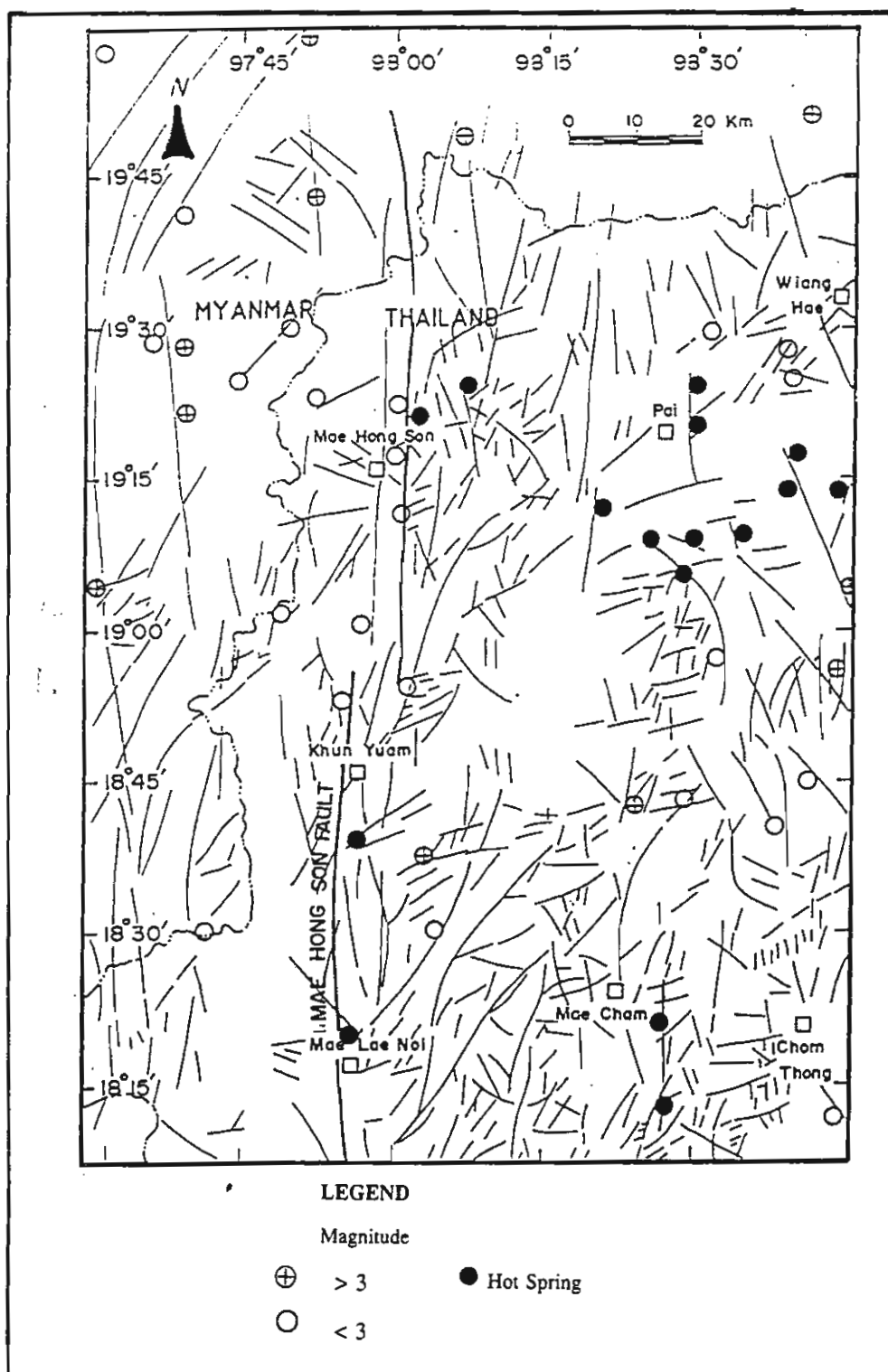




|                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>4)กลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง-น้ำมา-น้ำดา</p>               | <p>กลุ่มรอยเลื่อนทั้งสามวางตัวในแนวเดียวกัน คือ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ จากข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณกลุ่มรอยเลื่อนนี้มีความรุนแรงในส่วนตอนเหนือของรอยเลื่อนในมณฑลยูนนานมากกว่าบริเวณเวียดนามตอนเหนือ(รูป 6.5) ที่มีความรุนแรงมาก(ขนาดเกิน 7 ริกเตอร์) มีอยู่ 2 ครั้ง (21 ธ.ค. 2456, ขนาด 7.2 และ 4 ม.ค. 2473, ขนาด 7.7) และต่อโดยทั่วไปมีความรุนแรงไม่มากนักและมีการไหวตัวประมาณ 10 ครั้ง (ขนาด 6-6.9 ริกเตอร์) จากสถิติพบว่าการไหวตัวทั้งหมดประมาณ 140 ครั้ง (ขนาด 3-6 มาตราริกเตอร์) อย่างไรก็ตามในแง่ธรณีแปรสัณฐานกลุ่มรอยเลื่อนนี้มีความสำคัญเพราะเป็นบริเวณที่เป็นรอยต่อหรือตะเข็บโลก (Geosuture) ที่เกิดจากการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Indochina plate) กับแผ่นจีนใต้ (South China Plate) ในสมัยปลายไทรแอสซิก (Metcalfe, 1995) ทำให้น่าจะเป็นบริเวณที่มีความอ่อนตัวของเปลือกโลกอย่างมาก ทำให้โอกาสเกิดแผ่นดินไหวได้ง่ายเมื่อเกิดการหมุนตัวของแผ่นเปลือกโลกเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากการคั่นตัวของแผ่นทวีปอินเดีย</p>                                  |
| <p>5)กลุ่มรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์</p> | <p>กลุ่มรอยเลื่อนทั้งสามตัวนี้อยู่ทางตะวันตกและทางตะวันตกเฉียงเหนือของไทย จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม(รูป 6.6) อาจต่อเชื่อมกันได้ เริ่มจากรอยเลื่อนแม่สะเรียงซึ่งวางตัวในแนวเหนือใต้ ทอดตัวลงมาต่อเข้ากับกลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิง และรอยเลื่อนคู่ขนานด่านเจดีย์สามองค์ซึ่งทั้งสองวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ จากข้อมูลสถิติของแผ่นดินไหวพบว่ารอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน ซึ่งส่วนเหนือต่อเลยเข้าไปถึงอำเภอปายทางเหนือถึงเมืองพานทางตะวันออกของพม่าพบว่ามีแผ่นดินไหวเกิดเป็นกระจุกที่มีขนาดเล็ก (ตั้งแต่ 2-4 มาตราริกเตอร์) นับได้เกือบ 40 ครั้ง (นับตั้งแต่ 2455) ส่วนในประเทศไทยมีไม่มากนักนับได้ 12 ครั้งในขนาดเดียวกัน และขนาดใหญ่สุดในไทยมีเพียงครั้งเดียว (22 เม.ย. 25 26, 5.9 ริกเตอร์ และที่รองลงมาก็คือ 15 เม.ย. 2526, ขนาด 5.38 ; 7 ก.พ. 2518, 5.6 ริกเตอร์) และยังไม่ปรากฏที่มีขนาดใหญ่ ขนาด 6 ถึง 7 มาตราริกเตอร์(เลย) ในแง่ของอายุรอยเลื่อนจัดว่ายังเป็นรอยเลื่อนที่มีพลัง ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานทางธรณีแปรสัณฐานจึงจัดว่าน่าจะมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป</p> |



รูป 6.5 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (linearment map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแดง-มา-คา และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

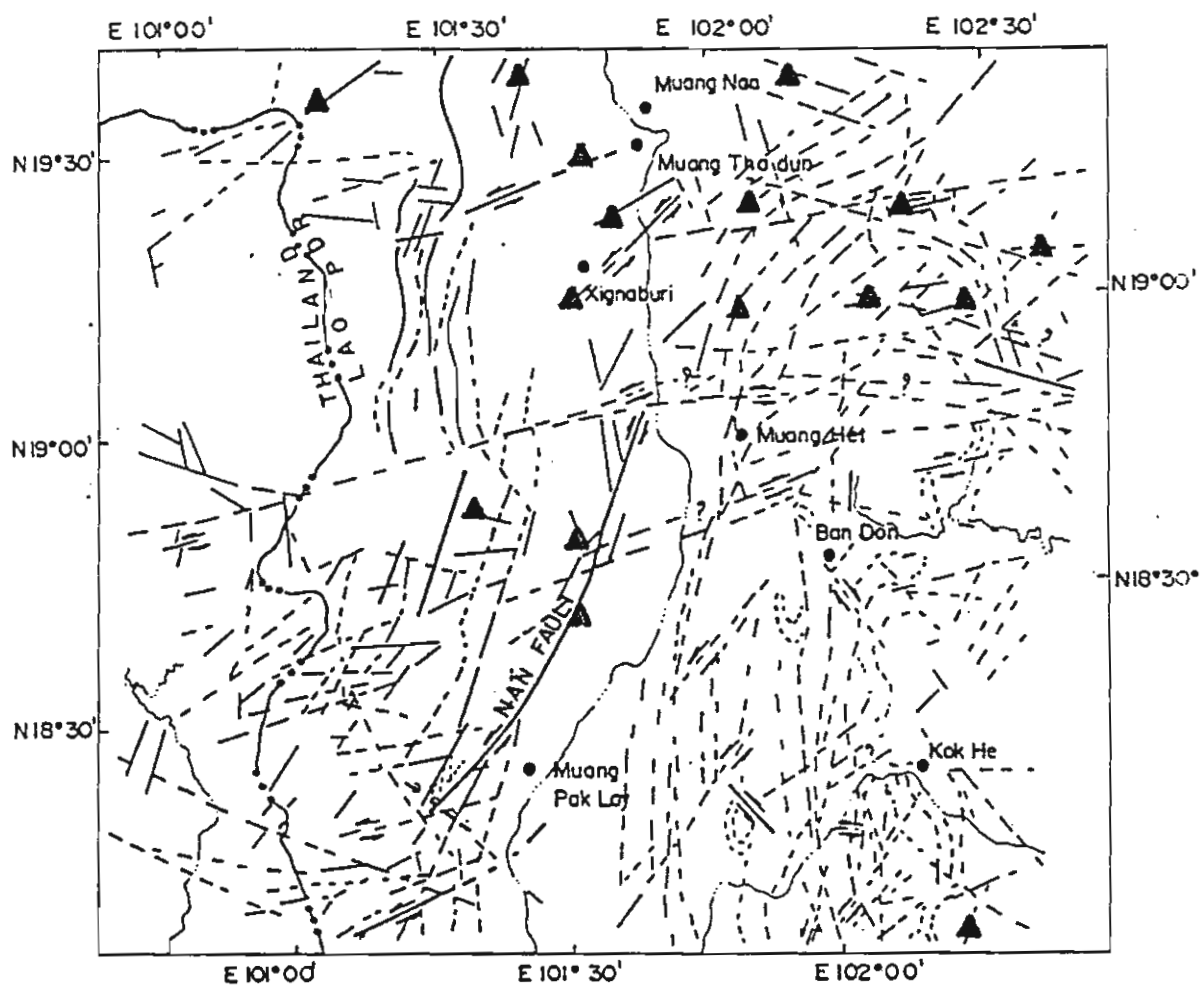


รูป 6.6 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (linearment map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

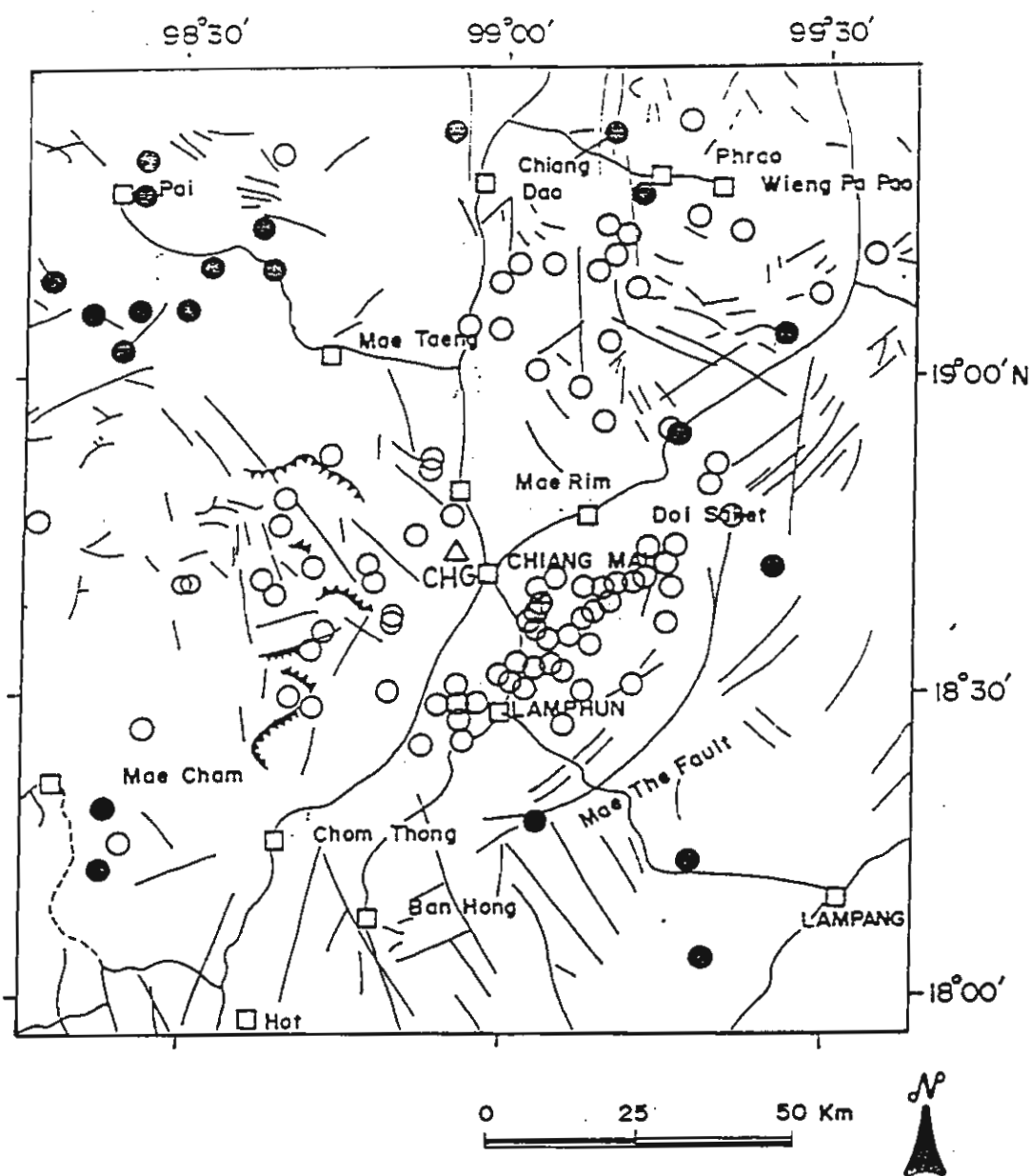
|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>6) กลุ่มรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู-หลวงพระบาง-แพร่-อุตรดิตถ์</p> | <p>กลุ่มรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีขนาดใหญ่ (6-7 ริคเตอร์) อยู่นอกประเทศไทยทั้งหมด(12 ม.ค. 77, 6.5 ; 1 ธ.ค. 78, 6.8 ; 21 ก.ย. 80, 6.0) ส่วนในประเทศไทยที่จังหวัดอุตรดิตถ์(3 ก.พ. 21, 6.0) ทำให้น่าเชื่อว่ากลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าวน่าจะยังมีพลังอยู่</p> <p>โดยเฉพาะในกลุ่มรอยเลื่อนแพร่-อุตรดิตถ์ในไทย ซึ่งมักจะเกิดมีแผ่นดินไหวขนาดเล็ก (3-4 ริคเตอร์) เกิดอยู่บ่อย ๆ จากสถิติแผ่นดินไหวพบว่าเกิดประมาณ 30 ครั้ง จนถึงปัจจุบัน ในแง่ธรณีแปรสัณฐาน เนื่องจากกลุ่มรอยเลื่อนนี้เป็นกลุ่มรอยตะเข็บโลก(geosuture) จากการชนกันระหว่างจุลทวีปชานไทยกับจุลทวีปอินโดจีน ทำให้เปลือกโลกบริเวณนี้ยังคงมีความหยุ่นตัวและอ่อนตัวได้มากโอกาสเกิดแผ่นดินไหวเป็นไปได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับการหาอายุรอยเลื่อนซึ่งพบว่าใหม่มาก ทำให้คิดว่ารอยเลื่อนดังกล่าวยังมีพลังอยู่ (ดูรูป 5.7)</p> |
| <p>7)กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม</p>                            | <p>กลุ่มรอยเลื่อน(ดูรูป 6.8)นี้มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มรอยเลื่อนป่าซาง-เชิงทราย อย่างหนึ่ง คือมีลักษณะโค้ง(curvilinear) รูปตัว S(เอส) จากข้อมูลสถิติแผ่นดินไหวส่วนใหญ่มีขนาด 3-4 ริคเตอร์ เกิดมาแล้วประมาณ 50 ครั้ง และที่มีความแรงมากที่สุดคือ ประมาณ 5 ริคเตอร์ จากการหาอายุรอยเลื่อน (ชัยยันต์ หินทอง, 2538, คิดต่อส่วนตัว) ทำให้คิดว่าน่าจะยังคงมีพลังอยู่</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

จากการรวบรวมข้อมูลสถิติแผ่นดินไหวลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาโดยเฉพาะที่เห็นได้จากภาพจากดาวเทียมและข้อมูลและแนวทิศทางธรณีแปรสัณฐาน พอสรุปได้ว่า แนวหรือกลุ่มรอยเลื่อนทั้งเจ็ดที่กล่าวมานี้ เป็นกลุ่มรอยเลื่อนที่มีพลังและน่าจะสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวมาก (potentially active fault zone) จากข้อมูลสถิติกรมอุตุนิยมวิทยา (ตาราง 6.1) ทำให้น่าคิดว่าแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในภาคเหนือของไทยน่าจะมีอิทธิพลมาจากกลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าวข้างต้น

อย่างไรก็ตามยังมีกลุ่มรอยเลื่อนอีกหลายกลุ่มโดยเฉพาะกลุ่มรอยเลื่อนในประเทศไทย เช่น รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนเถลิง ทำให้จำแนกกลุ่มรอยเลื่อนหลายกลุ่มในไทยได้ ซึ่งในที่นี้เรียก **กลุ่มรอยเลื่อนศักยภาพมีพลัง (potentially active fault zone)** และสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นประเภทย่อย ๆ ได้ อีก 2 ประเภทคือ กลุ่มรอยเลื่อนที่ในประวัติศาสตร์เคยมีการเลื่อนตัวและเคยตรวจจับได้ (historically and seismologically active fault zone) และกลุ่มรอยเลื่อนที่น่าจะเคยมีการเลื่อนตัวทางธรณีวิทยา (geologically active fault zone) สำหรับกลุ่มรอยเลื่อนที่ในประวัติศาสตร์เคยมีการไหวตัวหรือเลื่อนตัว ในที่นี้เรียกสั้น ๆ ว่า **รอยเลื่อนมีประวัติ** บางท่านเรียก **รอยเลื่อนประวัติศาสตร์** ส่วนชนิดหลังในที่นี้ขอเรียกสั้น ๆ ว่า **รอยเลื่อนนำไหว** กลุ่มรอยเลื่อนมีประวัติ(หรือเคยไหว) ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และกลุ่มรอยเลื่อนเล็ก ๆ



รูป 6.7 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเคียนเบียนฟู-หลวงพระบาง-แพร์-อุตรดิตถ์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)



รูป 6.8 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (linearment map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่มริม

ตาราง 6.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวภาคเหนือ

| วัน/เดือน/ปี<br>เวลาที่องถัน  | ศูนย์กลาง<br>แลติจูด° - ลองจิจูด° | ขนาดริกเตอร์ | บันทึกเหตุการณ์                                                                          |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 17 ก.ย. 2537                  | อ. พาน จ. เชียงราย                | 5.1          | ทำให้โรงพยาบาล,โรงเรียน,วัดเสียหาย                                                       |
| 16 ม.ค. 2538<br>12.43 น       | อ. เชียงของ<br>(20.2 -100.5)      | 3.1          | รู้สึกได้ที่ อ. เชียงของ จ.เชียงราย                                                      |
| 25 ม.ค. 2538<br>11.56 น       | พรมแดนพม่า-ลาว<br>(21.0 - 100.6)  | 5.0          | รู้สึกได้ที่ อ. เมือง จ. เชียงราย                                                        |
| 24 ก.พ. 2538<br>00.11 น       | สันทราย-สันกำแพง                  | 3.0          | รู้สึกได้ที่ อ. เมือง อ. สันกำแพง อ. สัน<br>ทรายจ. เชียงใหม่                             |
| 24 ก.พ. 2538<br>15.11 น.      | ประเทศพม่า<br>(21.8 - 99.5)       | 5.0          | รู้สึกได้ที่ อ. เมือง จ. เชียงราย                                                        |
| 25 ก.พ. 2538<br>08.50,09.03 น | อ. หางดง<br>(19.7 - 98.6)         | 2.5,3.0      | รู้สึกได้ที่ อ. เมือง อ. หางดง และ<br>อ.สันป่าดง จ. เชียงใหม่                            |
| 17 พ.ค. 2538<br>04.48 น       | ประเทศพม่า<br>(18.0 - 96.3)       | 6.0          | รู้สึกได้ที่ อ. สันทราย จ. เชียงราย และ<br>อ. แม่สะเรียง จ. แม่ฮ่องสอน                   |
| 30 มิ.ย. 2538<br>06.04 น      | ประเทศพม่า<br>(22.0 - 99.3)       | 5.5          | รู้สึกได้ที่ อ. เมือง จ. เชียงราย                                                        |
| 10 ก.ค. 2538<br>03.32 น       | ประเทศพม่า<br>(22.0 - 99.3)       | 6.6          | รู้สึกได้ที่ จ. เชียงราย จ. เชียงใหม่<br>จ. พะเยา จ. ลำปาง                               |
| 11 ก.ค. 2538<br>05.43 น       | ประเทศพม่า<br>(22.0-99.3)         | 5.4          | รู้สึกได้ที่ อ. เมือง จ. เชียงราย                                                        |
| 12 ก.ค. 2538<br>04.47 น       | ประเทศพม่า<br>(22.0-99.3)         | 7.2          | รู้สึกได้ที่ จ.เชียงราย จ. เชียงใหม่<br>จ. แม่ฮ่องสอน ภาคเหนือตอนบน และ<br>กรุงเทพมหานคร |
| 19 ก.ค. 2538                  | พม่า-จีน                          | 5.0          | รู้สึกได้ที่ จ. เชียงราย เชียงใหม่ และ<br>แม่ฮ่องสอน                                     |
| 9 ธ.ค. 2538                   | อ. ร้องกวาง                       | 5.1          | รู้สึกทั่ว จ. แพร่                                                                       |

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

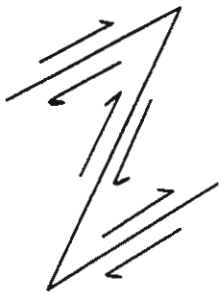
ในภาคเหนือ เช่นรอยเลื่อนฮอด แม่ริม วังเหนือ แม่จาง เป็นต้น ส่วนกลุ่มรอยเลื่อนนำไหว ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนทางใต้ เช่น รอยเลื่อนระนอง คลองมะรุ่ย อ่างลึก คลองท่อม กันตัง เบตง และยะลา-ปัตตานี รวมทั้งรอยเลื่อนทางภาคตะวันออก เช่น รอยเลื่อนแกลง เป็นต้น

## 6.2 แรงเค้นในอดีต (Paleostress)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาดูในรายละเอียดถึงแนวแรงที่ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวโดยอาศัยแนวเส้น (หรือรอยเลื่อน) ที่แปลจากภาพดาวเทียมและการสังเกตลักษณะภูมิประเทศในสนาม โดยเฉพาะบริเวณแถบเขาตะวันตก และกลุ่มรอยเลื่อน(เชิงราย), แม่ทา(แม่ริม), และแพร่-อุตรดิตถ์ ทางตอนเหนือของประเทศ จะเห็นว่ามียลักษณะคล้ายกัน คือ รอยเลื่อนใหญ่ แม่ปิง และด้านเจดีย์สามองค์และมีรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ปรากฏอยู่ข้างในกับกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา และแพร่ที่มีรอยเลื่อนเดินปรากฏอยู่ภายใน ซึ่งรอยเลื่อนภายในนี้เป็นรูปตัว S (เอส) ทั้งหมด เมื่อพิจารณาในแง่ธรณีวิทยาโครงสร้าง ถ้าให้รอยเลื่อนที่ขนานอยู่ทางทิศเหนือและทิศใต้ มีการเลื่อนตัวแบบขนาบข้าง (Strike-slip movement) เราสามารถหาทิศทางของแนวแรงเค้นในอดีต(paleostress) ได้ รูป 6.9 แสดงการเกิดรอยเลื่อนขนาบข้างและรอยแตกหรือรอยเลื่อนภายในจากการแรงเค้นคู่ขนาน ซึ่งผลที่ได้เมื่อการเคลื่อนตัวยังคงดำเนินต่อไปจนทำให้เกิดรอยเลื่อนภายในเป็นรูปตัว S (เอส) ได้

## 6.3 รอยเลื่อนกับการกักน้ำในเขื่อน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพดาวเทียมในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้(บทที่ 4) และข้อมูลของการไฟฟ้าฯ เกี่ยวกับจุดกำเนิดแผ่นดินไหวบนผิวโลก(epicenter) ที่เขื่อนเขาแหลม (สุวรรณ คล้ายพงษ์พันธ์, 2533) ปรากฏว่า ตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหว เกิดอยู่บนแนวเส้นที่วางตัวอยู่ในแนวเหนือเฉียงตะวันออก ซึ่งทำให้คาดคิดว่าถ้าตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวคงไม่สัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนใหญ่ ที่วางตัวในแนวเหนือเฉียงตะวันตกตามที่มีการคาดคิดกัน จึงอาจสรุปในขั้นนี้ได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเกิดแรงสะสมตัวไม่กว้างนักหรือประจําถิ่นที่อาจทำให้เกิดความเครียดหรือความเค้น(stress) และทำให้เกิดเป็นรอยเลื่อนเล็ก ๆ แล้วแผ่นดินไหวจึงเกิดขึ้นได้ แนวคิดดังกล่าวนี้มีลักษณะคล้ายกับที่ Chanpayom และคณะ (1986) ได้เคยเสนอไว้ ซึ่งแรงสะสมดังกล่าวอาจเกิดเนื่องจากแรงดันน้ำเป็นตัวการหรืออาจเกิดจากรอยเลื่อนจริง ๆ (ตามแนวตะวันออกเฉียงเหนือ) เมื่อนำเอาข้อมูลของ AIT (1980) เกี่ยวกับรอยเลื่อนท่ากลอย (Tha Khoei Fault) ซึ่งวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือเหมือนรอยเลื่อนที่เขาแหลม และรอยเลื่อนท่ากลอยตัดขวางรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์ (หรือรอยเลื่อนแควน้อย-แควใหญ่) แบบเหลื่อมข้างเฉียงซ้ายเข้า (oblique strike-slip fault-left lateral movement) ทำให้นึกว่าบริเวณดังกล่าวนี้ นอกจากผลการกักน้ำในเขื่อนจะทำให้เกิดแผ่นดินไหวแล้ว เปลือกโลกบริเวณดังกล่าวยังมีความอ่อนตัวสูงเนื่องจากรอยเลื่อนตัดไปตัดมาด้วย

| รูปรอยเลื่อน                                                                      | ลักษณะ             | คำอธิบาย                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|
|  | รูปตัวเอส<br>( s ) | รอยเลื่อนซ้ายเข้า<br>(Left lateral fault) |
|  | รูปตัวแซด<br>( z ) | รอยเลื่อนขวาเข้า<br>(Right lateral fault) |

รูป 6.9 การเกิดรอยเลื่อนขนานข้าง และรอยแตกภายในรอยเลื่อน ทำให้เกิดรอยเลื่อนภายในเป็น รูปตัวเอส (S) หรือรูปตัวแซด (Z)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเชื่อว่าตัวอ่างเก็บน้ำเองไม่น่าก่อให้เกิดแผ่นดินไหว แต่ตัวอ่างสามารถกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานจากแรงเค้นที่สะสมอยู่ในรูปคลื่นแผ่นดินไหวได้เมื่อถึงจุดหนึ่ง ดังนั้นการมีอ่างเก็บน้ำจึงอาจเป็นตัวเร่งขบวนการปลดปล่อยแรงเค้น(stress)จนก่อให้เกิดแผ่นดินไหวได้เร็วขึ้นกว่าที่ควรจะเกิดจากธรรมชาติ(ที่ควรเป็น) กระบวนการเร่ง(รัด)ดังกล่าวจึงนับว่ามีความสำคัญ สำหรับในบริเวณพื้นที่ที่มีแนวโน้มของแผ่นดินไหวในเกณฑ์ต่ำ อัตราการสะสมความเครียดตามธรรมชาติจะช้า และเปลือกโลกจะอยู่ในระดับความเค้นที่ใกล้จุดปลดปล่อยได้เป็นช่วงระยะเวลายาวนาน แต่ถ้ามีกระบวนการเร่งรัดดังกล่าวเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่นการกักน้ำในบริเวณที่มีการอ่อนตัวของเปลือกโลกสูงก็อาจทำให้เกิด ‘ฟางเส้นสุดท้าย’ ดังนั้น อ่างกักน้ำถึงจุดก็จะเกิดแรงดันและไหวตัวเป็น “แผ่นดินไหว” ในที่สุด

## บทที่ 7

### กรณีศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกสรรพื้นที่จากบทที่ 6 กรณีศึกษาใน 2 พื้นที่โดยให้ครอบคลุมแนวรอยเลื่อนมีพลัง (เฉพาะในประเทศไทย) ซึ่งได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนที่ 3 ซึ่งได้แก่รอยเลื่อนเชิงราย (หรือรอยเลื่อนแม่จัน) และกลุ่มรอยเลื่อนที่ 5 ซึ่งได้แก่รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ อนึ่งสำหรับรายละเอียดของกลุ่มรอยเลื่อนทั้งสองหาได้จาก ปัญญา จารุศิริ และคณะ (2541) และ Won-in (1999) ตามลำดับ ในที่นี้เป็นเพียงการสรุปเนื้อหาสาระสำคัญและผลการศึกษาเพิ่มเติมเท่านั้น

#### 7.1 กรณีศึกษาที่ 1 : รอยเลื่อนแม่จัน (เชิงราย)

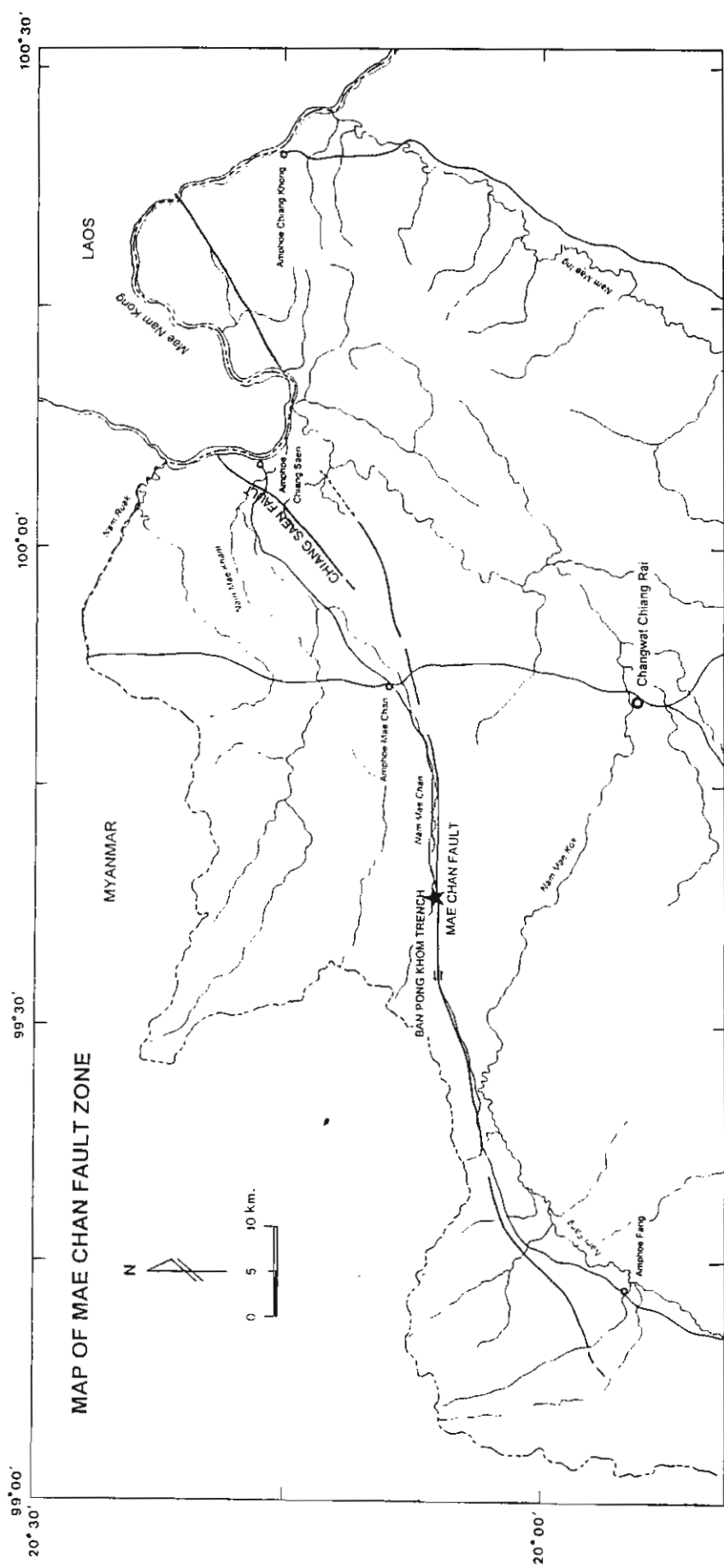
*แผ่นดินไหวและธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนแม่จัน บริเวณอำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย*

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่ จ.เชียงราย มานับหลายพันปีจนถึงปัจจุบัน เป็นนัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงควมมีศักยภาพเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนแม่จัน(รูป 7.1) การศึกษาธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนแม่จันได้อาศัยข้อมูลธรณีวิทยา(รูป 7.2) ธรณีสัณฐานวิทยา(รูป 7.3 ก และ ข) และเทคนิคการบูรณะสำรวจ ข้อมูลโทรสัมผัสของภาพจากดาวเทียม Landsat TM5 (รูป 7.4) และภาพถ่ายทางอากาศแสดงชี้ชัดถึงแนวแตกบนพื้นดินอยู่ในแนวตะวันตก-ตะวันออก ซึ่งมีทั้งแนวหลักและแนวย่อย และลักษณะของธรณีสัณฐานที่แปรไปเนื่องจากพฤติกรรมการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนไปทางด้านข้างแบบซ้ายเข้า อันยังผลให้เกิดลักษณะทางน้ำหักงอ ทะเลสาบ ผารอยเลื่อน เนินเขาปิดกั้นทางน้ำ และตะพักชั้นบันได คำนีของธรณีสัณฐานเหล่านี้แสดงว่ารอยเลื่อน แม่จัน ประกอบด้วยหลายรอยเลื่อนย่อยและมีความยาวรวมกันประมาณ 90 กม ซึ่งรอยเลื่อนย่อยที่ยาวที่สุดประมาณ 65 กม ซึ่งคำนวณได้ว่าได้เคยก่อให้เกิดแผ่นดินไหวไม่น้อยกว่า 7 ริกเตอร์ (Well and Coppersmith, 1994)

ภายในร่องสำรวจ 4 ร่อง (เช่นในรูป 7.5) จากบ้านโป่งขม อ.แม่จัน จ.เชียงราย พบรายละเอียด(รูป 7.6 ก ถึง ง) ของลักษณะชั้นตะกอนดินแสดงการเกิดแบบสะสมอยู่กับที่และตะกอนเชิงเขาที่มีความสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนย่อย 2 ชุด ในแบบ Antithetic fault กับแนวรอยเลื่อนหลักสำหรับตะกอนชนิดที่สะสมตัวในทะเลสาบ และที่เกิดจากการพัดพาของทางน้ำรวมทั้งตะกอนที่ไม่ได้เกิดตามธรรมชาติที่อยู่บนสุดเกิดขึ้นหลังจากรอยเลื่อนนี้เคลื่อนตัวแล้ว

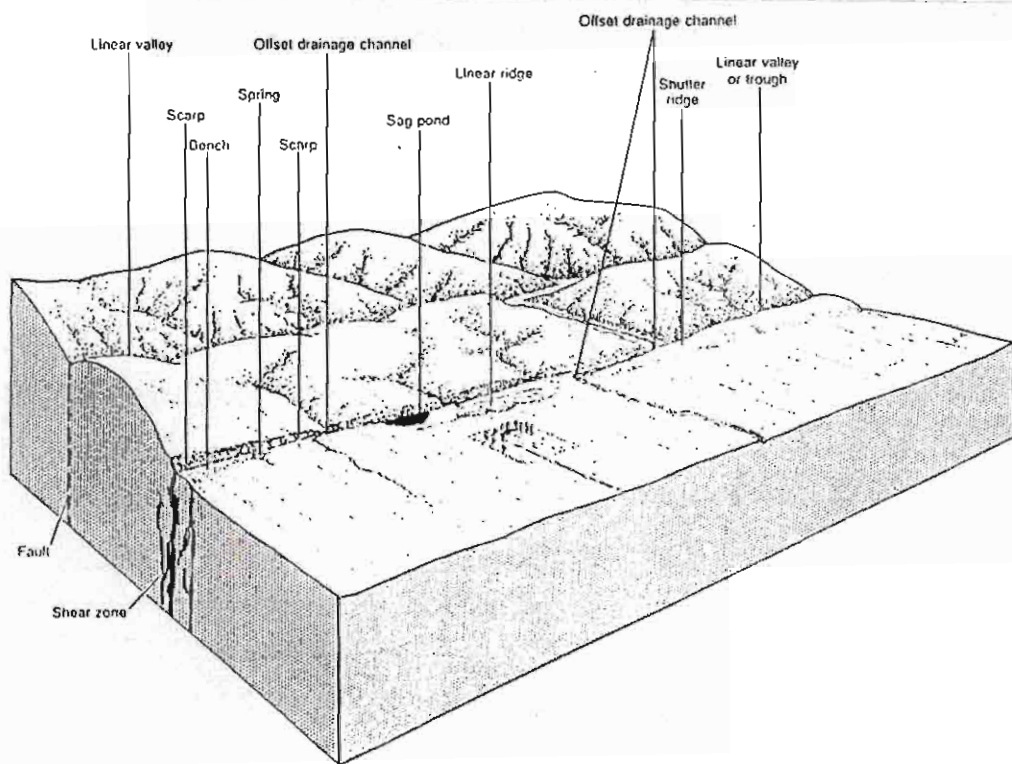
จากตัวอย่างจำนวน 22 ตัวอย่างที่ได้จากชั้นของตะกอนดินและผารอยเลื่อน(รูป 7.7) ในร่องสำรวจ และผารอยเลื่อนจากหินโคล่จากแหล่งต่างๆ(ดูตาราง 7.1 และ 7.2) เราได้นำไปหาอายุด้วยวิธี Thermoluminescence ผลการหาอายุ(เช่นรูป 7.8 ก และ ข) พบว่าชั้นตะกอนที่ดินธรรมชาติในพื้นที่

นี้มีการสะสมตัวตั้งแต่ 53,500 ปี ถึง 21,000 ปี โดยที่มีการขยับตัวของรอยเลื่อนแม่จันแนวหลัก และแนวย่อยทำให้เกิดแผ่นดินไหวเมื่อ 92,000 ปี 48,500 ปี 67,000 ปี 25,000 ปี และ 8,500 ปี ล่วงมาแล้ว และเป็นไปได้มากกว่าเกิดแผ่นดินไหวในอดีตเมื่อ 1,600 ปี จากหลักฐานการพบรอยแตกแบบแยกตัว (Extension fracture) หรือร่องระแหงยึดตัว(Tension crack) (ดูรูป 7.9) ในตะกอนชั้นบน

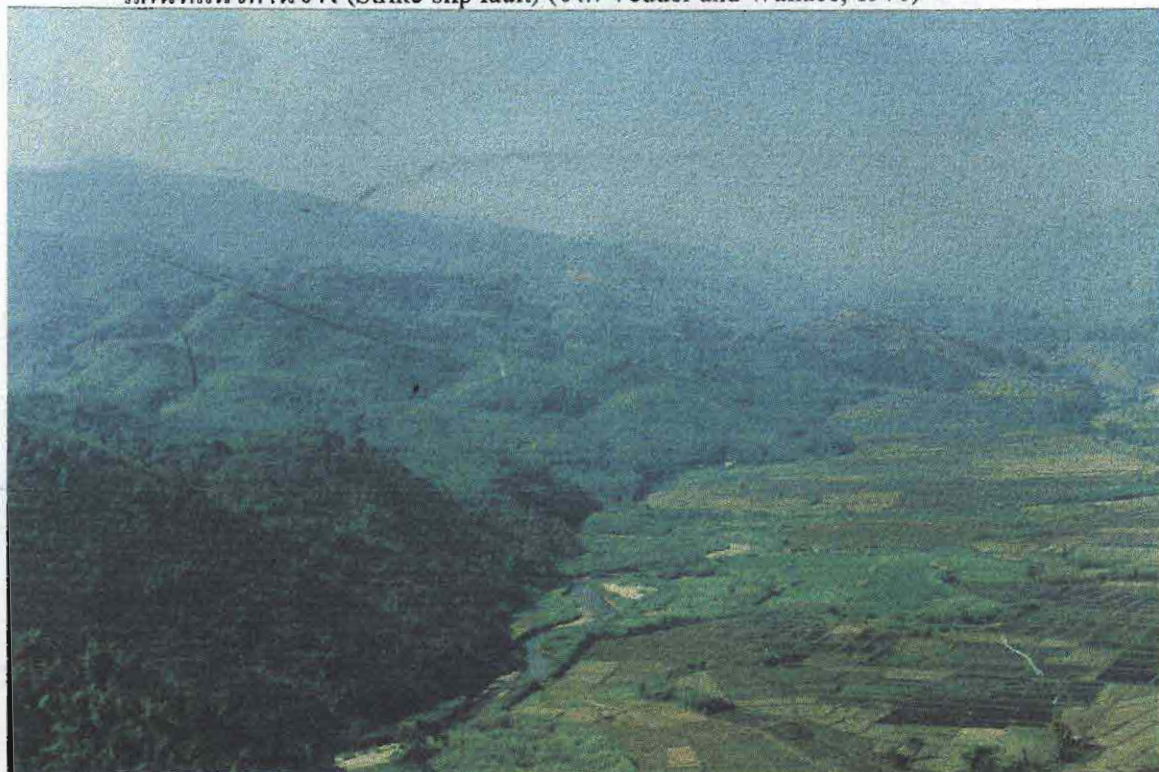


รูป 7.1 รอยเลื่อนแม่จัน(จังหวัดเชียงราย) แสดงการวางตัวในทิศเกือบตะวันออก-ตะวันตก และแยกเป็น แฉกย่อยเลื่อนเพียงสาม

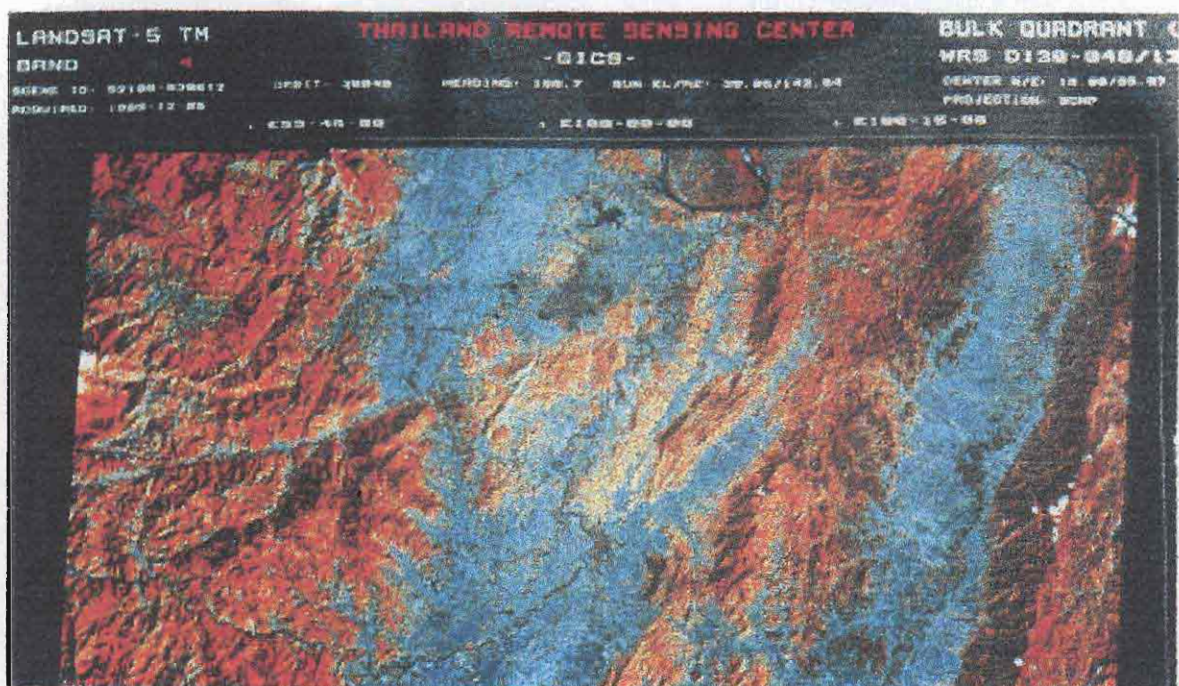
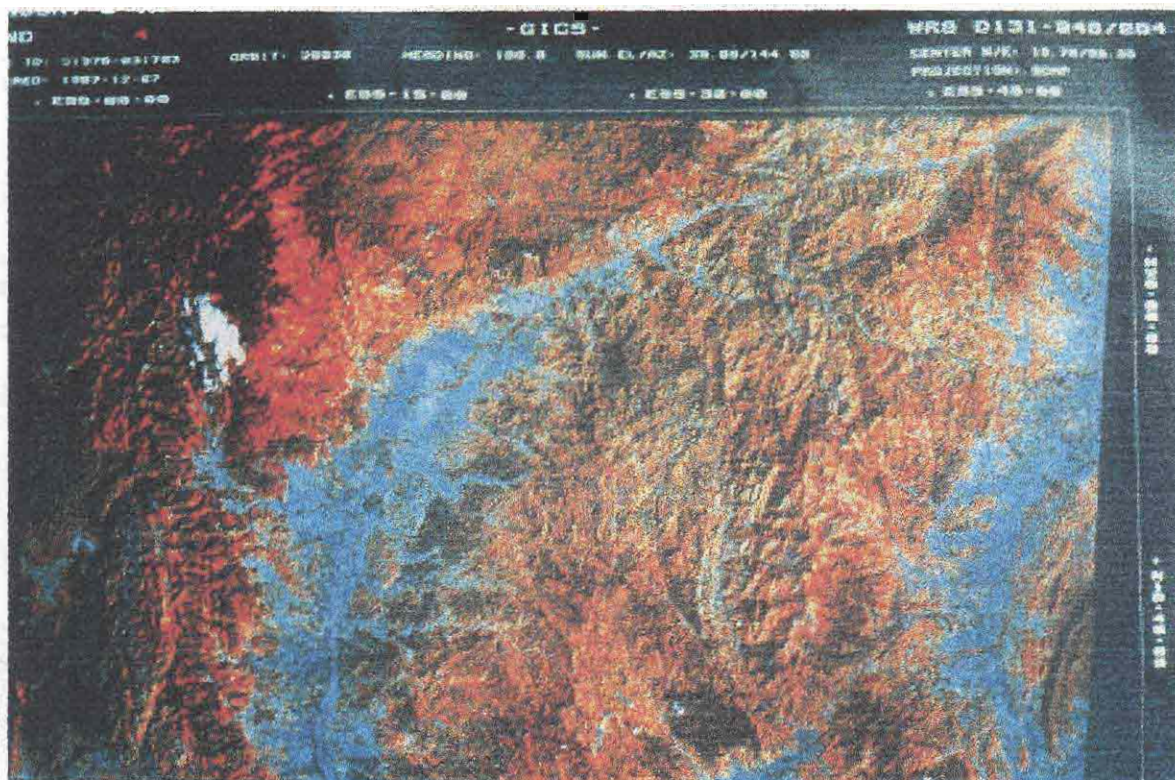




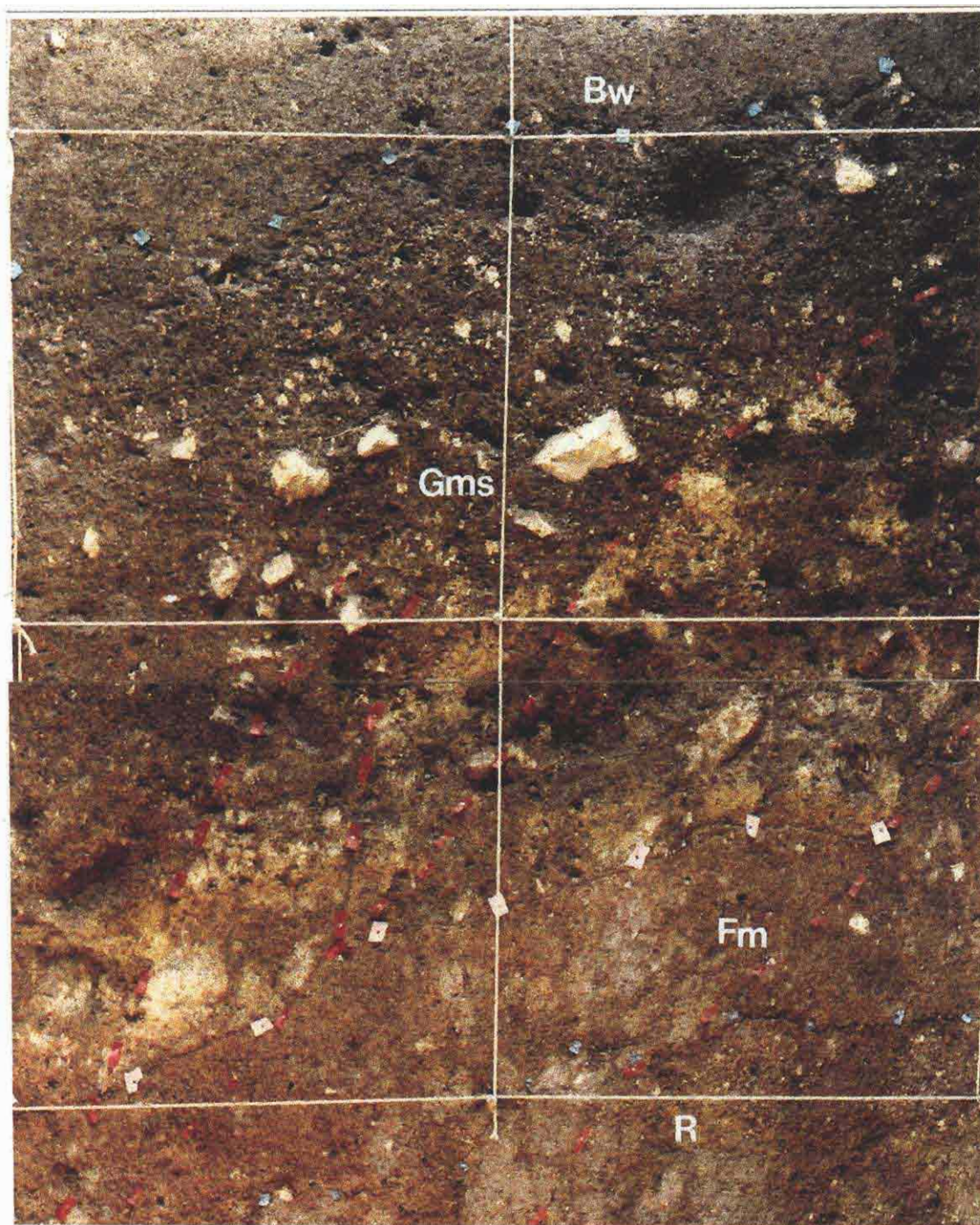
รูป 7.3ก ภาพไดอะแกรมของธรณีลักษณะที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนยุคปัจจุบัน  
แผนที่แนวค้ำข้าง (Strike-slip fault) (จาก Vedder and Wallace, 1970)



รูป 7.3ข ภาพถ่ายที่ปรากฏบนรอยเลื่อนแม่จันติดกับเขตที่ราบ บริเวณบ้านห้วยมะหินฝน  
อ. แม่จัน จ. เชียงราย

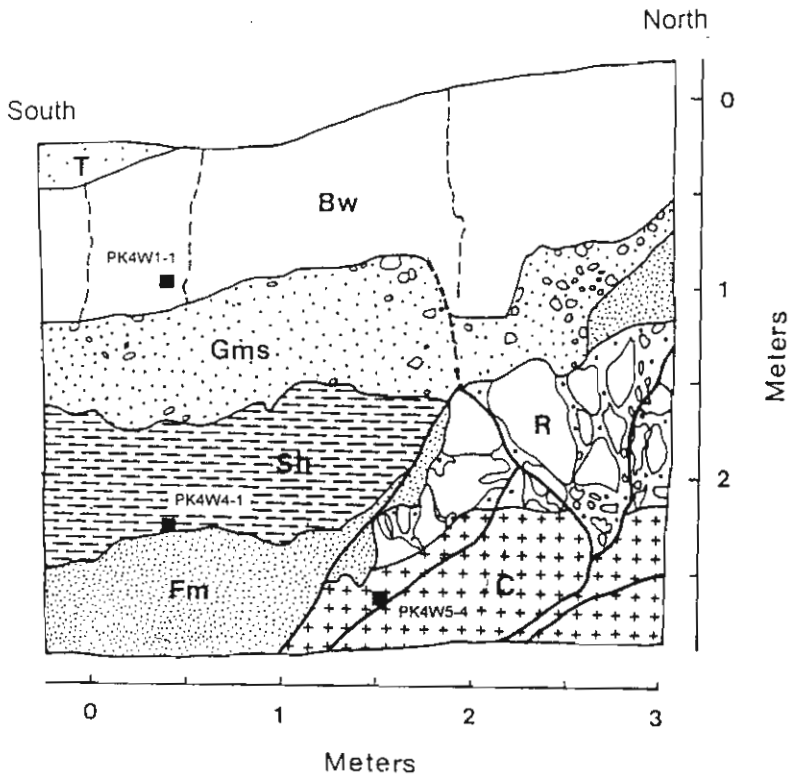


รูป 7.4 ภาพจากดาวเทียม Lansat TM5 (Band 7-5-4, น้ำเงิน-เขียว-แดง) แสดงลักษณะรอยเลื่อนแม่จัน ที่ต่อเลยเข้ามาถึงแอ่ง อ. ผ่าง จ. เชียงใหม่ (ภาพบน) และแนวที่ต่อเลยเข้าไปในประเทศลาวแถบ แม่น้ำโขง (ภาพล่าง)



รูป 7.5 แนวรอยเลื่อนตัดตะกอนหน่วย R, Fm และ Gms ในร่องสำรวจสาขาย่อยของ PK1 ผนัง  
ตะวันตก

# BAN PONG KHOM TRENCH NO.4 WEST WALL



## SYMBOLS

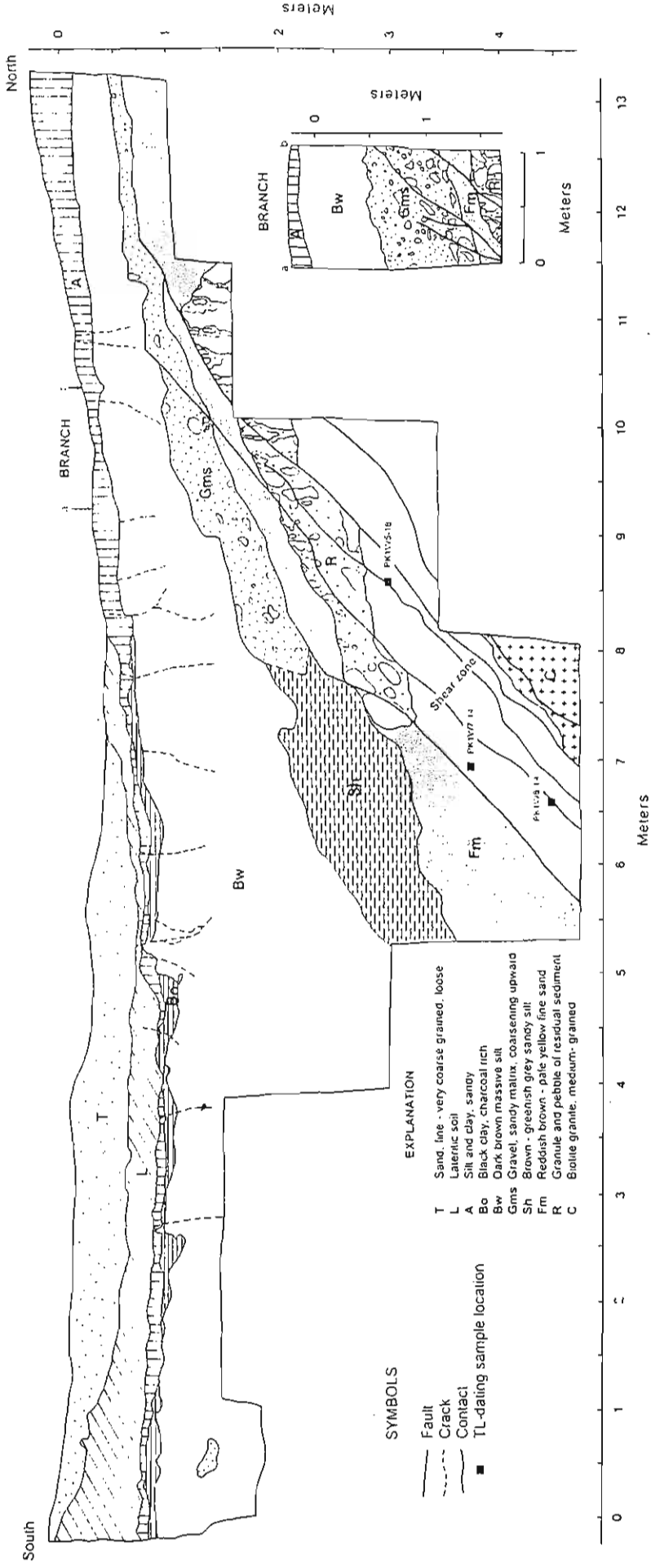
- Fault
- Crack
- Contact
- TL-dating sample location

## EXPLANATION

- T Sand, fine - very coarse grained, loose
- Bw Dark brown massive silt
- Gms Gravel, sandy matrix, coarsening upward
- Sh Brown - greenish grey sandy silt
- Fm Reddish brown - pale yellow fine sand
- R Granule and pebble of residual sediment
- C Biotite granite, medium-grained

รูป 7.6 ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉาก  
รอยเลื่อน แม่จัน และรอยที่ขนานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย  
ก. ผนังด้านตะวันตกของร่องสำรวจ PK4

BAN PONG KHOM TRENCH NO.1  
WEST WALL

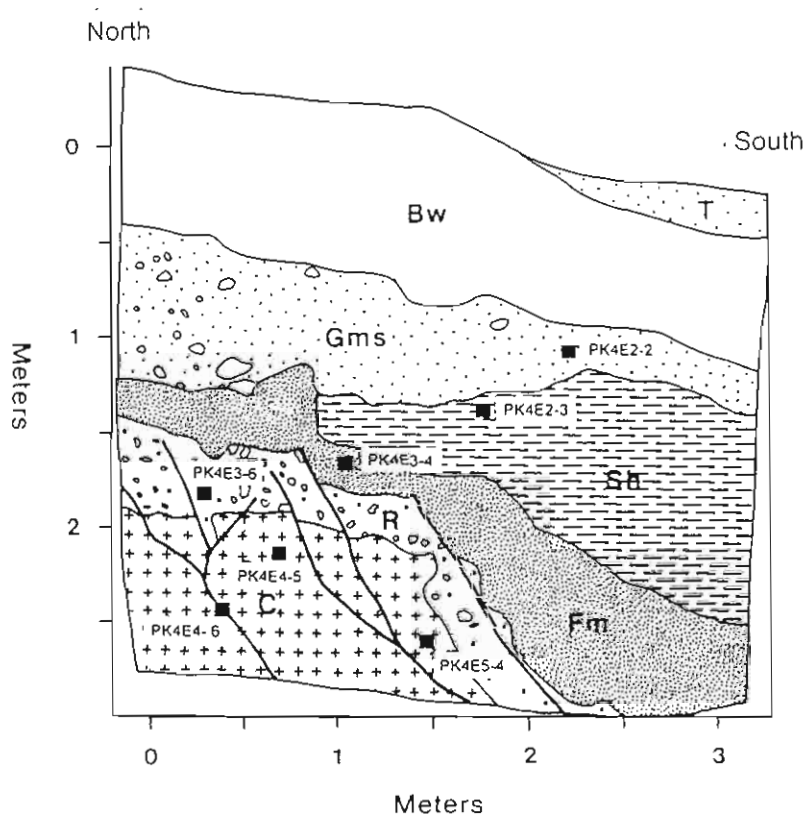


รูป 7.6(ต่อ) ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉากรอยเลื่อน แม่น้ำ และรอยที่ขนานแม่น้ำ ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน

จ. เขียวราย

ข. แผนผังตำแหน่งของร่องสำรวจ PKI

# BAN PONG KHOM TRENCH NO.4 EAST WALL



## SYMBOLS

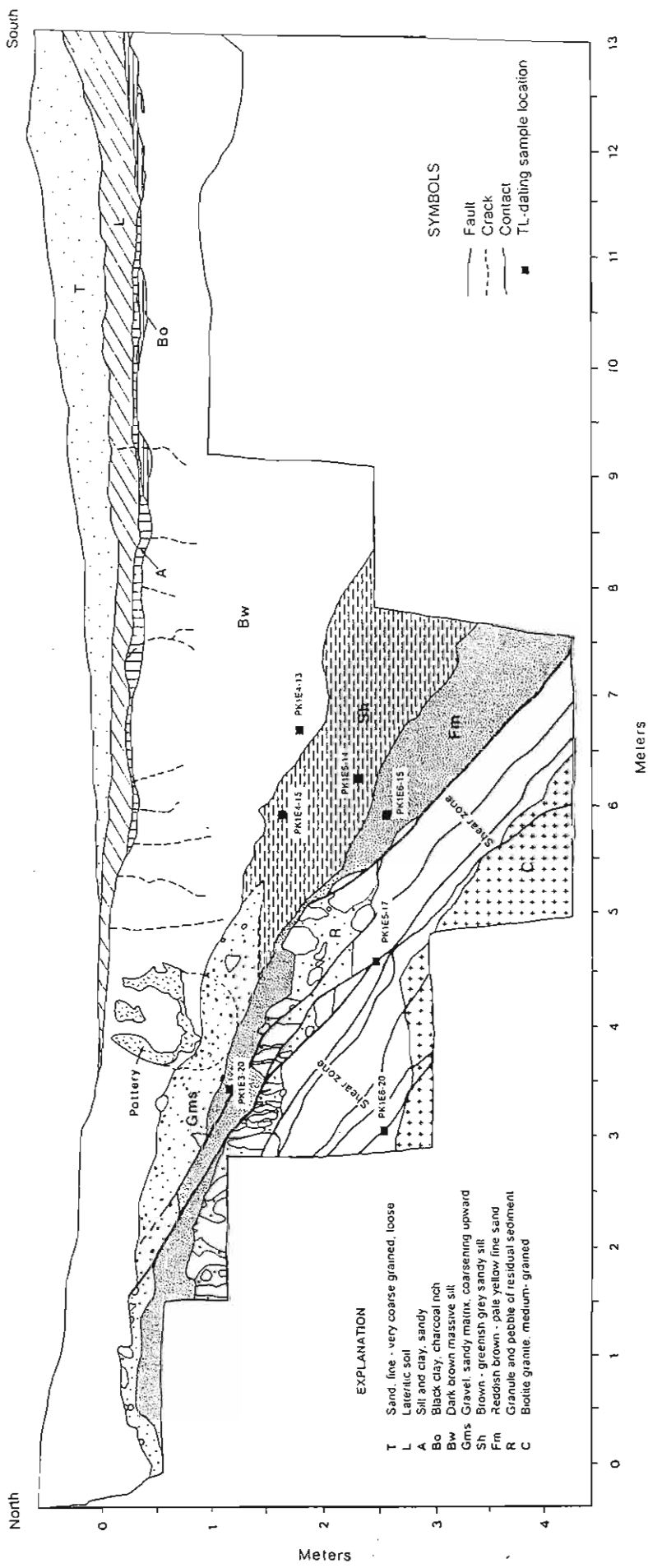
- Fault
- - - Crack
- Contact
- TL-dating sample location

## EXPLANATION

- T Sand, fine - very coarse grained, loose
- Bw Dark brown massive silt
- Gms Gravel, sandy matrix, coarsening upward
- Sh Brown - greenish grey sandy silt
- Fm Reddish brown - pale yellow fine sand
- R Granule and pebble of residual sediment
- C Biotite granite, medium-grained

รูป 7.6(ต่อ) ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉากรอยเลื่อน แม่จัน และรอยที่ขนานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย  
ค. พนักด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK4

# BAN PONG KHOM TRENCH NO.1 EAST WALL

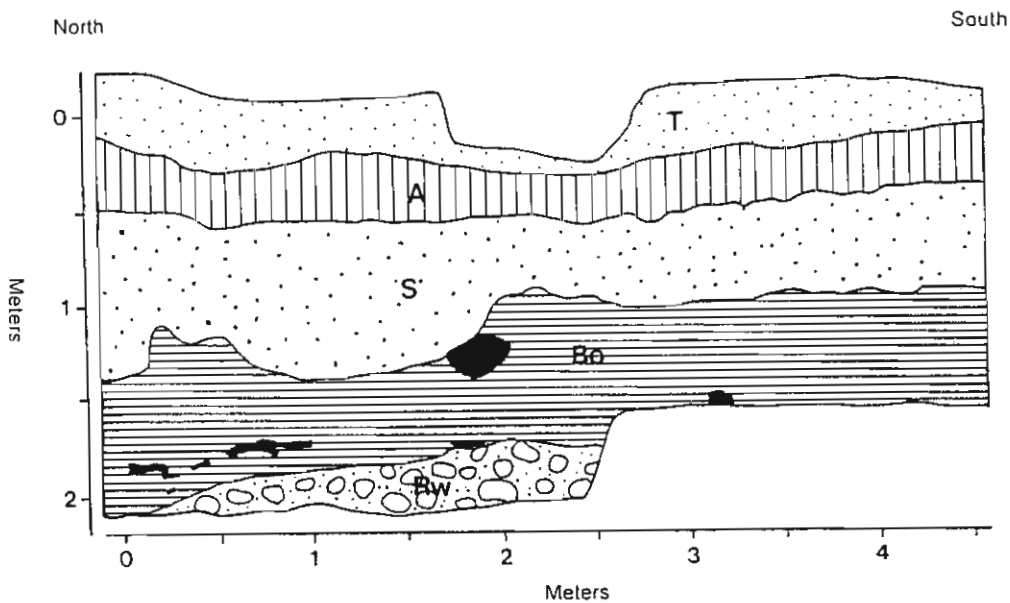


รูป 7.6(ต่อ) ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางที่เกือบตรงกลางของเนินแม่จัน และรอยพิชานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ.

เขียนราย

จ. ผนังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK1

BAN PONG KHOM TRENCH NO.2  
EAST WALL



EXPLANATION

- T Sand, fine - very coarse grained, loose
- A Silt and clay, sandy
- S Sand, medium - coarse, gravelly, fining upward
- Bo Black clay, wood and charcoal rich, sandy intercalation
- Rw Granule and pebble of transported sediment

SYMBOL

- Contact
- Woody stub

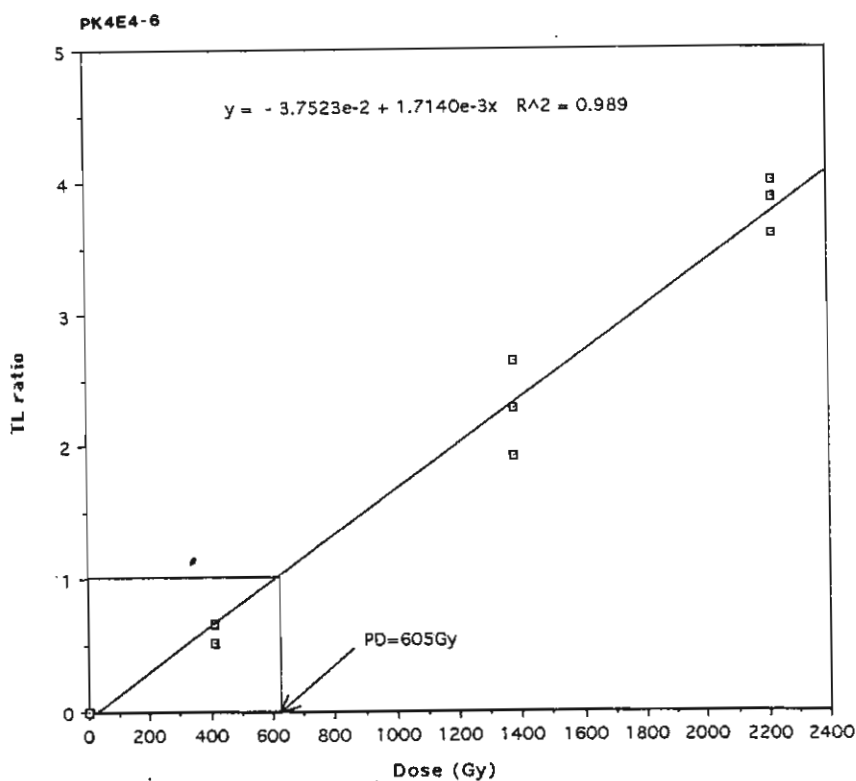
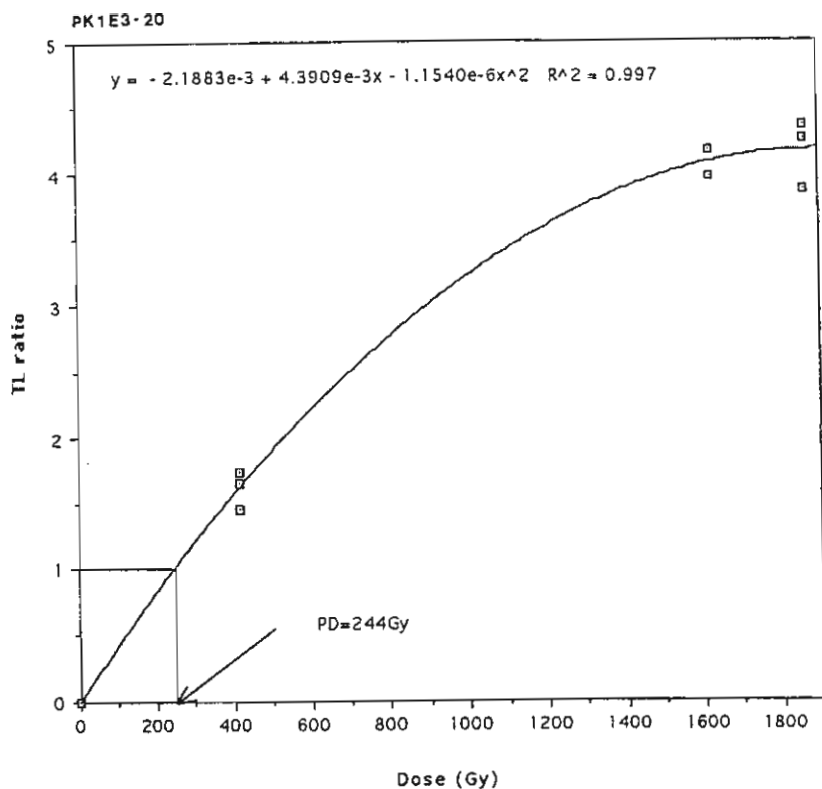
รูป 7.6(ต่อ) ลำดับชั้นตะกอนและลักษณะรอยเลื่อนที่ปรากฏภายในร่องสำรวจที่ตัดขวางเกือบตั้งฉากรอยเลื่อน แม่จัน และรอยที่ขนานแม่จัน ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย  
จ. ผนังด้านตะวันออกของร่องสำรวจ PK2



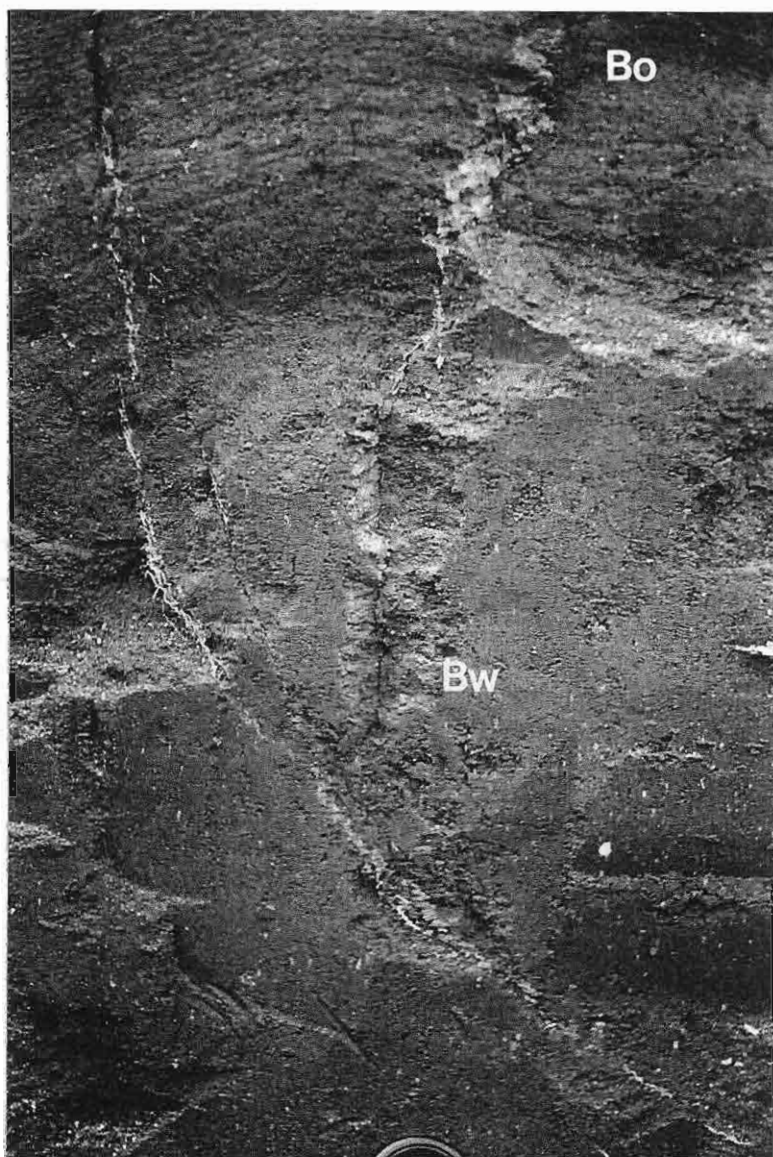
รูป 7.7 ผงรอยเลื่อนในหินแกรนิตผุมากที่ถูกรอยเลื่อนแม่จันทัดผ่านบริเวณ กม 57+000 ถนนแม่ฮาด  
- แม่จัน ในเขตจังหวัดเชียงราย



รูป 7.8ก ภาพแสดงอุปกรณ์และเครื่องมือเทอร์โมมิเนสเซนส์ ณ ห้องปฏิบัติการทีมมหาวิทยาลัย Akita ประเทศญี่ปุ่น



รูป 7.8 ข กราฟความสัมพันธ์ของอัตราส่วนค่าสูงสุดของ TL Glow Curves ของตัวอย่างที่อบรังสี ต่อตัวอย่างธรรมชาติ (TL ratio) และปริมาณความเข้มของรังสีที่ใช้อบ เพื่อหาค่า Paleo Dose อันเป็นขั้นตอนสำคัญของการหาอายุโดยวิธี TL ตัวอย่างเป็นตะกอนที่สัมพันธ์กับ รอยเลื่อน จากร่องรอยสำรวจ ณ บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย



รูป 7.9 ร่องร้าวแรงยึดตัว (Tension crack) ที่พบในตะกอนหน่วย Bo และ Bw ผนังด้านตะวันออก  
ของร่องสำรวจ PK1 บ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย

ตาราง 7.1 ผลการหาอายุของตัวอย่างตะกอนจากร่องสำรวจบ้านโป่งขม อ. แม่จัน จ. เชียงราย

| หมายเลข  | ร่องสำรวจ | หน่วย | ชนิดของตัวอย่าง        | อายุจาก TL<br>(พันปี) | อายุจาก C14<br>(พันปี) | อายุเฉลี่ย<br>(พันปี) |
|----------|-----------|-------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| PK2-8    | PK2       | Bo    | เศษไม้                 |                       | 1.60±0.20              | 1.6                   |
| PK4W1-1  | PK4       | Bw    | ทรายแป้งสีน้ำตาลเข้ม   | 21.14±4.59            |                        | 22                    |
| PK1E4-13 | PK1       | Bw    | ทรายแป้งสีน้ำตาลเข้ม   | 22.83±3.00            |                        |                       |
| PK4E2-2  | PK4       | Gms   | ทรายแป้งสีน้ำตาลเหลือง | 40.94±5.54            |                        | ?                     |
| PK1E4-15 | PK1       | Sh    | ทรายแป้งสีน้ำตาล       | 24.12±3.78            |                        |                       |
| PK1E5-14 | PK1       | Sh    | ทรายสีเทาเขียว         | 36.55±8.79            |                        | 32                    |
| PK4E2-3  | PK4       | Sh    | ทรายสีเขียวจาง         | 36.89±6.78            |                        |                       |
| PK4W4-1  | PK4       | Sh    | ทรายปนทรายแป้งสีเทา    | 32.42±5.23            |                        |                       |
| PK1E3-20 | PK1       | Fm    | ทรายสีเหลือง           | 33.56±3.81            |                        |                       |
| PK1E6-15 | PK1       | Fm    | ทรายสีเหลืองจาง        | 27.88±3.74            |                        | 38                    |
| PK4E3-4  | PK4       | Fm    | ทรายสีเหลืองจาง        | 52.04±10.67           |                        |                       |
| PK4E3-6  | PK4       | R     | ทรายปนทรายแป้งสีเหลือง | 53.46±12.14           |                        | ?                     |

ตาราง 7.2 ผลการหาอายุของผลรอยเลื่อนแม่จัน ในเขตจังหวัดเชียงราย

| หมายเลข  | ตำแหน่ง/ร่องสำรวจ         | ชนิดตัวอย่าง     | อายุจาก TL<br>(พันปี) | อายุเฉลี่ย<br>(พันปี) |
|----------|---------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|
| MC25     | กม.57+000 ถ.แม่จัน-แม่อาย | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 92.31±9.44            | 92                    |
| MC34     | บ.คอยศรีแก้ว อ.เชียงแสน   | ผงรอยเลื่อนสีดำ  | 48.46±6.61            | 48.5                  |
| PK1E6-20 | PK1                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 8.52±1.90             | 8.5                   |
| PK1E5-17 | PK1                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 20.19±2.77            |                       |
| PK1W5-18 | PK1                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 27.34±5.37            | 25.6                  |
| PK1W7-14 | PK1                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 30.77±6.00            |                       |
| PK1W8-14 | PK1                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 34.89±5.90            |                       |
| PK4W5-4  | PK4                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 51.08±1.53            |                       |
| PK4E4-5  | PK4                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 73.08±16.40           | 67                    |
| PK4E4-6  | PK4                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 77.56±11.80           |                       |
| PK4E5-4  | PK4                       | ผงรอยเลื่อนสีขาว | 100.13±23.08          | 100                   |

## 7.2 กรณีศึกษาที่ 2 : รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี)

### แผ่นดินไหวและธรณีแปรสัณฐานยุคใหม่ของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ จังหวัดกาญจนบุรี

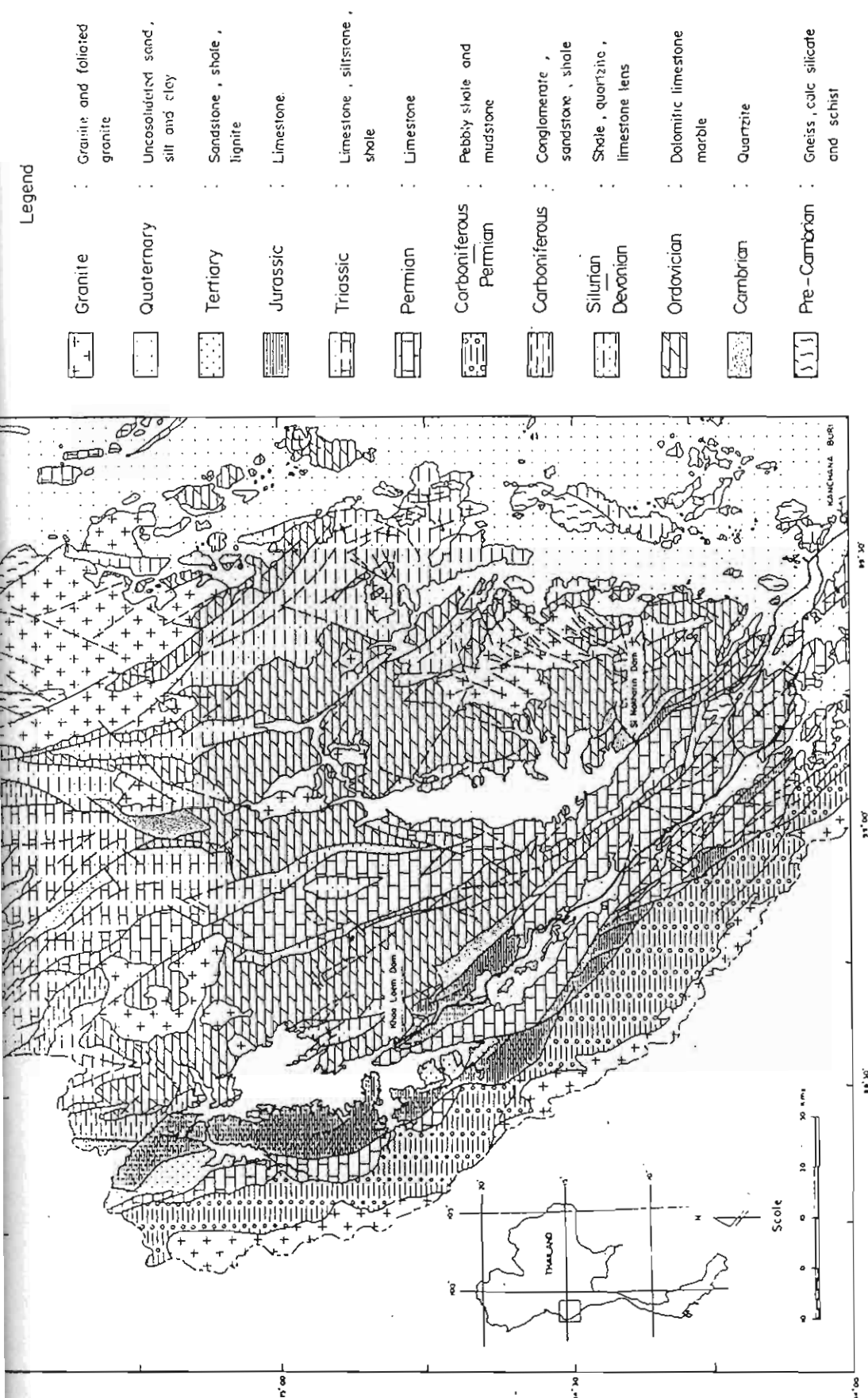
รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (TPF) อยู่ในเขตจังหวัดกาญจนบุรีตะวันตกของประเทศไทย(รูป 7.10) หลักฐานจากการสำรวจด้วยโทรมัมผัสและภาคสนามชี้ให้เห็นว่ารอยเลื่อนนี้เป็นรอยเลื่อนเลื่อนข้างทะแยง ซึ่งมีความยาวประมาณ 222 กม และเป็นรอยเลื่อนที่ต่อเนื่องจากทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศพม่า เข้ามาในประเทศไทยทางทิศตะวันตกไปสู่ภาคกลางของประเทศ ในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีการหลายรูปแบบเพื่อค้นหาหลักฐานของการแปรสัณฐานยุคใหม่ในจังหวัดกาญจนบุรี วิธีการที่สำคัญสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้แก่ การแปลความหมายจากข้อมูลภาพดาวเทียม(รูป 7.11)แผนที่แซทเทิลไลต์ 5 ดาวเทียมเจียร์เอส และรูปถ่ายทางอากาศ โดยผนวกกับข้อมูลการคำนวณอายุโดยวิธีทีแอลและอีเอสอาร์

หลักฐานจากธรณีวิทยา รูปลักษณะทางเรขาคณิต และธรณีสัณฐานวิทยาชี้ชัดว่ารอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ประกอบด้วย แนว (รอยเลื่อน) ย่อย 5 แนวด้วยกัน(รูป 7.12) ซึ่งได้แก่ แนวย่อยสังขละบุรี (ยาว 8 กม), กาญจนบุรี (ยาว 197.5 กม), ทองผาภูมิ (ยาว 65 กม), แม่น้ำน้อย (ยาว 31.5 กม) และ แควใหญ่ (ยาว 125 กม) ได้พบหลักฐานทางการแปรสัณฐานภูมิลักษณะมากมาย (เช่น รูป 7.13 ก, ข และ ค) ลำธารเลื่อนหัก, พารอยเลื่อน, สันปัดกัน, สันแนวยาว และลำธารแย่งน้ำ ลักษณะเหล่านี้แสดงถึงการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนที่มีอายุอ่อน จากการศึกษาพบว่ารอยเลื่อนและแนวเส้นโครงสร้างปรากฏอยู่ในทิศหลักๆ 4 ทิศคือ แนวเหนือ, ตะวันตกเฉียงเหนือ, ตะวันออกเฉียงเหนือ และ ตะวันออก แต่ที่เด่นที่สุดและดูเหมือนจะอ่อนกว่าแนวอื่นๆได้แก่ แนวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ สำหรับแนวย่อยแม่น้ำน้อยจัดว่าเป็นแนวที่มีอายุอ่อนกว่าแนวย่อยอื่นๆ ในทิศทางเดียวกัน

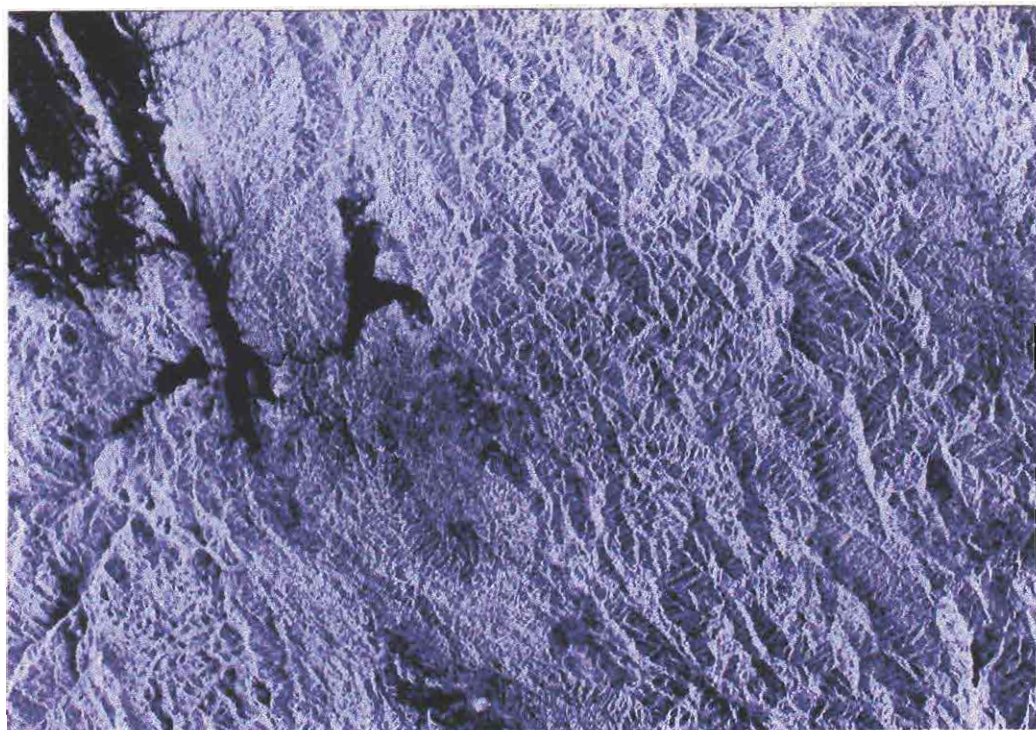
ตัวอย่างที่เลือกสรรแล้วจำนวน 9 ตัวอย่าง จากผงรอยเลื่อนและตะกอนพิคพาที่เกี่ยวข้องกับรอยเลื่อนในบริเวณแนวย่อยสังขละบุรีและแนวย่อยกาญจนบุรีได้ถูกนำมาหาอายุ ผลการคำนวณหาอายุ (ตาราง 7.3) พบว่ามีการเลื่อนตัวทั้งหมดอย่างน้อย 5 ครั้งได้แก่ช่วงเวลาประมาณ 1) 1,575,000-920,000 ปี 2) 465,000-580,000 ปี 3) 180,000 ปี 4) 140,000-145,000 ปี และ 5) 20,000-22,000 ปี ผลจากการหาอายุและหลักฐานทางโทรมัมผัสสนับสนุนการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ในช่วงยุคควอเทอร์นารี

ลักษณะการเลื่อนแบบขวาเข้าและการวางตัวของรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้สาม รดสร้างภาพอีลิปซอยแรงเค้นได้(รูป 7.14 และ 15) และสนับสนุนลักษณะแรงเครียดว่าน่าจะเข้ามากระทำในทิศเหนือ-ใต้ หลังจากการชนกันของแผ่นทวีปอินเดียกับเอเชียเมื่อ 40-45 ล้านปีมาแล้ว นอกจากนี้หลักฐานสนับสนุนอื่นๆเช่น การกระจายตัวของจุดเกิดแผ่นดินไหว, (รูป 7.16) ตำแหน่งน้ำพุร้อน(รูป 7.17) และข้อมูลกระแสไหลความร้อนยังแสดงให้เห็นว่ารอยเลื่อนเจดีย์สาม

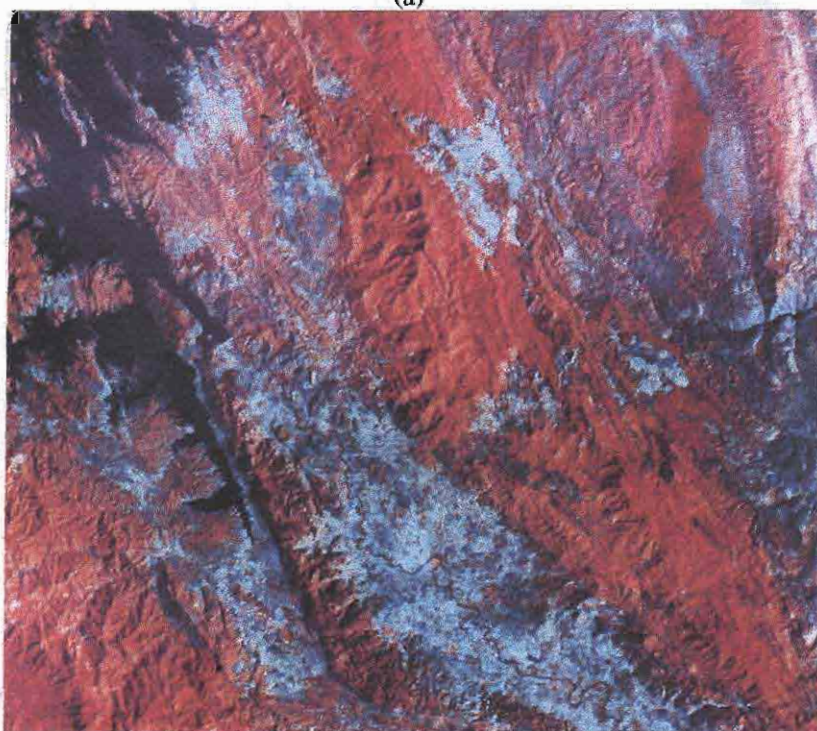
องค์ยังคงมีการเลื่อนอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามเพื่อให้รู้ตำแหน่งแน่ชัดของแนวรอยเลื่อนมีพลัง จำ  
เป็นต้องอาศัยการสำรวจทางธรณีวิทยาอย่างละเอียด โดยเฉพาะจากข้อมูลการหาอายุ



รูป 7.10 แผนที่ธรณีวิทยา แสดงการกระจายตัวของชนิดหินและรอยเลื่อนเจดีย์ตามองค์ (Raksaskulwong, 1997).



(a)

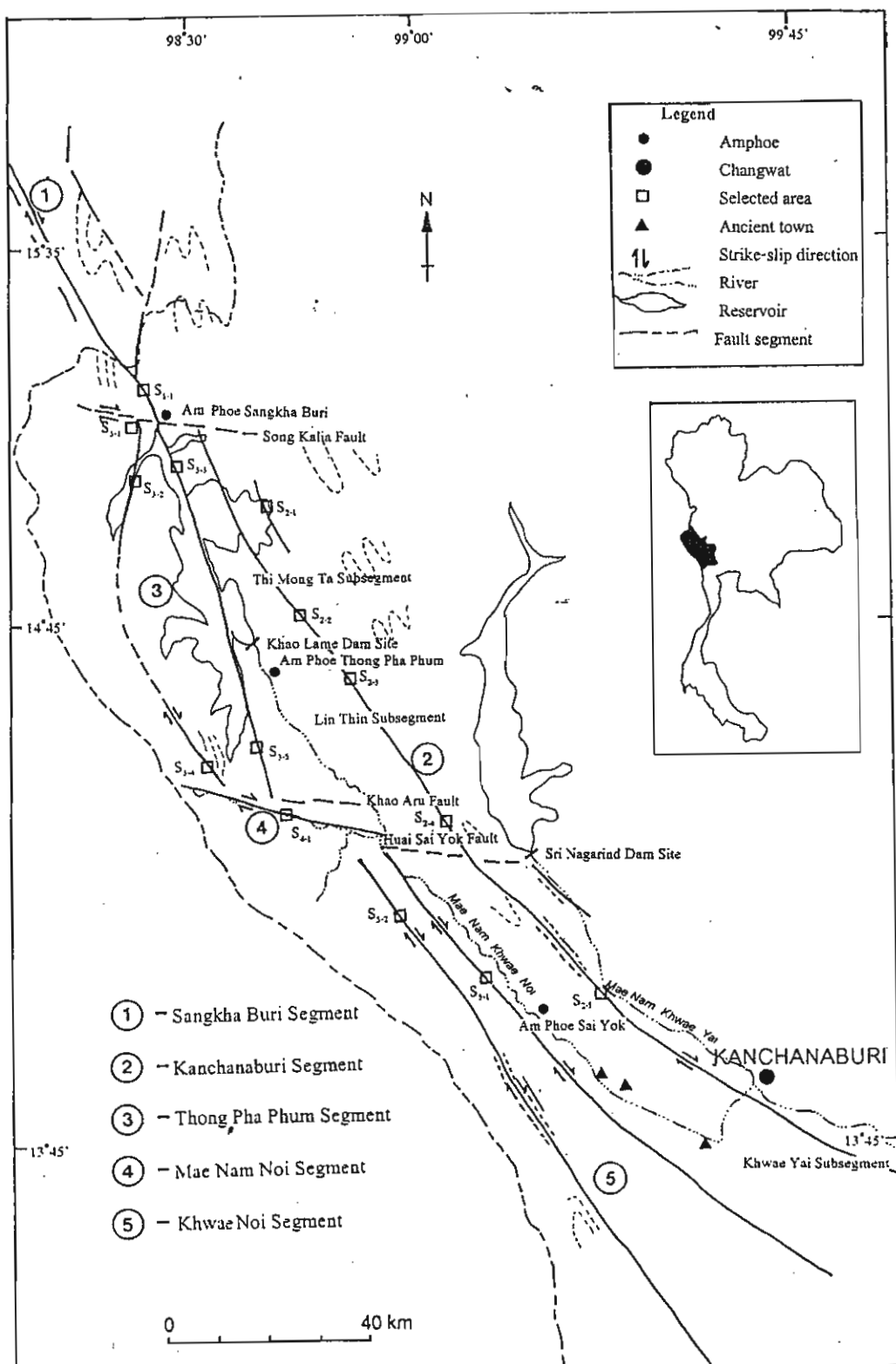


(b)

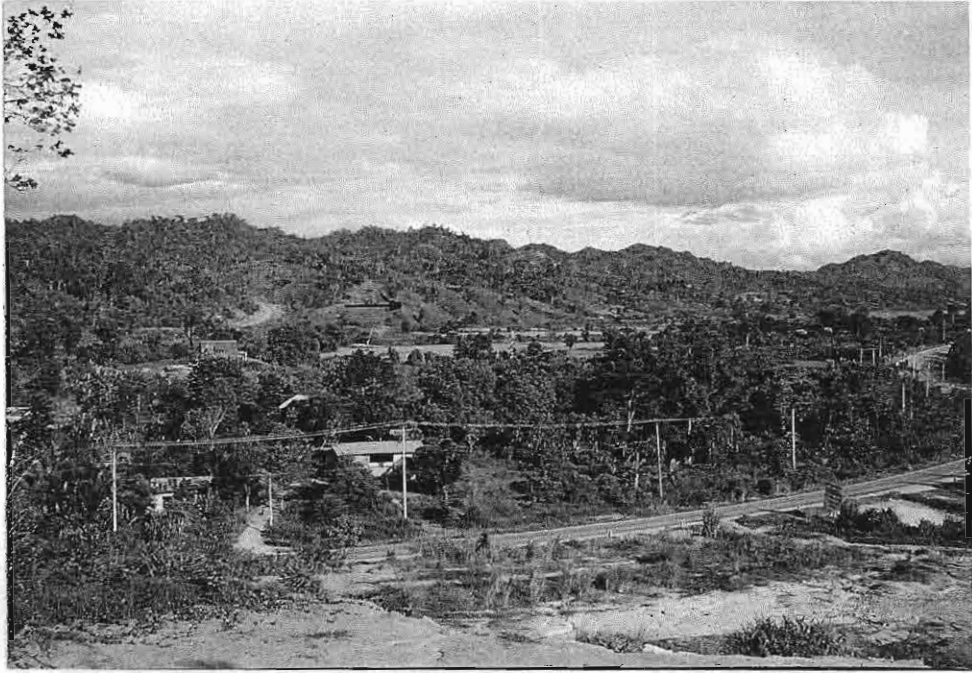
รูป 7.11 ข้อมูลภาพจากดาวเทียมแสดงตำแหน่งของรอยเลื่อนย่อยของผาภูมิ ทางตอนเหนือสุดของ  
รอยเลื่อน (หลัก) เจดีย์สามองค์

(a) ภาพส่วนตอนเหนือของรอยเลื่อนของผาภูมิจากดาวเทียม JERS ของญี่ปุ่น

(b) ภาพส่วนตอนใต้ของรอยเลื่อนของผาภูมิจากดาวเทียม Landsat (ของอเมริกา)



รูป 7.12 แผนที่แนวเส้นโครงสร้างหลัก แสดงแนวคดโค้งและแนวรอยเลื่อน(หลัก) เจดีย์สามองค์ที่ประกอบด้วยรอยเลื่อนย่อยอีก 5 แนว ข้อมูลจากภาคสนามและภาพจากดาวเทียม



รูป 7.13 ลักษณะธรณีสัณฐานที่แสดงถึงรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี)

ก) รูปบน - หน้าสามเหลี่ยมที่พัฒนาจากรอยเลื่อน

ข) รูปล่าง - ฝารอยเลื่อนที่พัฒนาเป็นลำธาร (ลูกศร)



รูป 7.13 (ต่อ) ลักษณะธรณีสัณฐานที่แสดงถึงรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี)

(ค) แนวผารอยเลื่อนที่พัฒนาตัวเองให้อยู่ในหินปูน และวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ  
ทางตะวันออกของเขาสลอบ ซึ่งในส่วนของดินเขา มีการสะสมตัวของเนินตะกอนรูป  
พัดที่เกิดจากอิทธิพลการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี)

ตาราง 7.3 ผลการหาอายุโดยวิธี TL และรายละเอียดโดยทั่วไปของตัวอย่าง ที่เก็บจากแนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี) \* Referred in Won-in's thesis (1999)

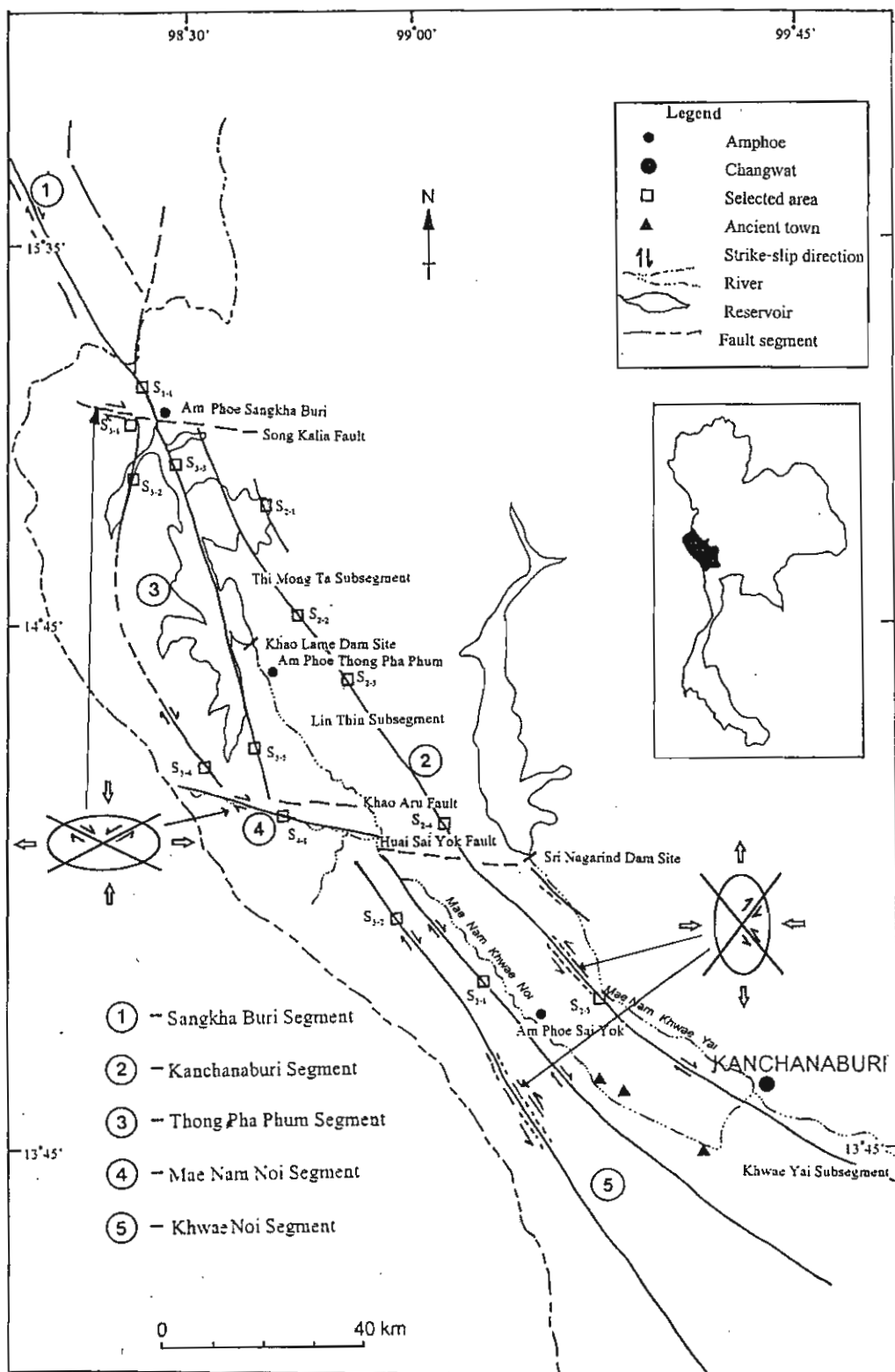
| Age (ka) | Sample no. | Dating Method | Grid Reference | Location and description                                                                                                                                                                                                                       | Figure no.* | Details of Samples                                                      | Sample materials     |
|----------|------------|---------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 143.2    | TP1        | TL            | 390-845        | Road-cut quarry (the route from Sangkhla Buri to Pra Chedi Sam Ong) at km no. 8, Amphoe Sangkhla Buri. The quarry - height 7 m and width 20 m. Outcrop - siltstone - in contact with calcareous black shale , fault plane 0/60E.               | 4.47        | Pale orange to white silty to sandy clay, semi-consolidated.            | Fault-gouge material |
| 22.2     | TP2        | TL            | 652-412        | Road-cut quarry (the route from Thong Pha Phum to Sangkhla Buri) at km no. 16, Ban Tha Madua (northern Kanchanaburi). The quarry is height 6 m and width 20 m. Outcrop - shear, strongly deformed calcareous black shale, fault plane 10/20 E. | 4.48        | Greyish black silty clay with black and white tint, semi-consolidated . | Fault-gouge material |
| 196      | TP3        | ESR           | 058-744        | Road-cut quarry at foot of Khao Wong limestone mountain (near Sai Yok water fall) Amphoe Sai Yok. Quarry - height 2 m width 100 m. Outcrop - travertine block (size 10-20 cm), with clay & silt matrix, poorly sorted, fault plane 320/75 NE.  | 4.49, 4.51  | Pale brown to pale yellow silty to sandy clay with calcareous cement.   | Colluvial deposit    |

ตาราง 7.3 (ต่อ) ผลการหาอายุโดยวิธี TL และรายละเอียดทั่วไปของตัวอย่าง ที่เก็บจากแนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี) \* Referred in Won-in's thesis (1999)

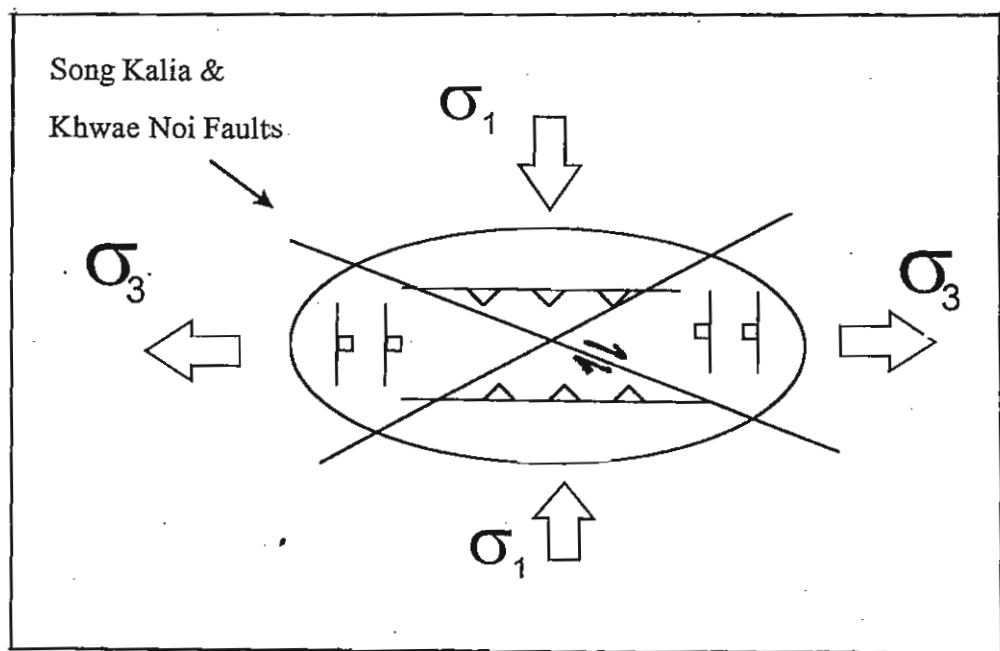
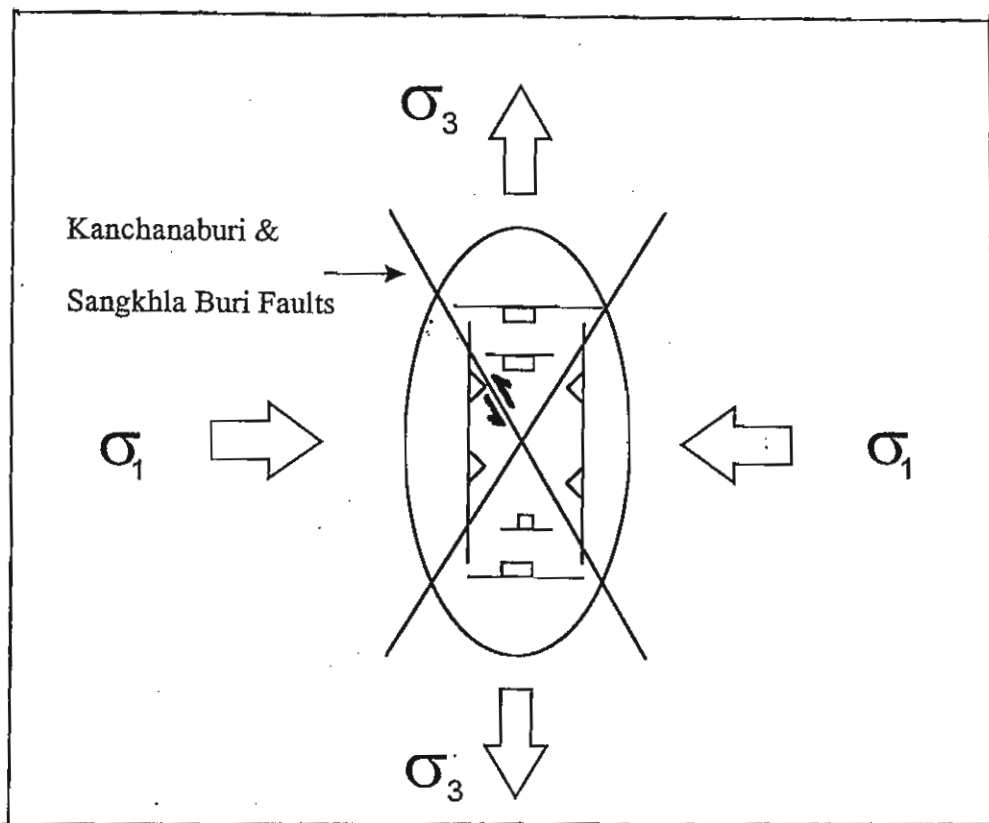
|     |       |     |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |               |                                                                                                                                   |                      |
|-----|-------|-----|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 228 | TP4-1 | ESR | 062-740 | Road-cut quarry near of banded travertines Khao Wong limestone mountain (near Sai Yok Noi water fall), Amphoe Sai Yok . The quarry - height 3 m and width 200 m. Outcrop two succeeding layers are recognized, the thinner overlying layer (1m thick) and the thicker underlying layer (2 m thick). TP4-1 was collected from the underlying layer, in the vicinity Khao Wong limestone terrain, outcrop is in contact with quartzite interbedded with mudstone, fault plane 210/80 W with right lateral. | 4.50,<br>4.51 | Stalactite with alternated layer of creamy white and pale yellowish brown colours (average individual layers 1-2 cm thick).       | Travertine deposit   |
| 183 | TP4-2 | ESR | 062-740 | Sample very close to TP4-1 sample, extracted collected about 2 m above TP4-1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.50,<br>4.51 | Stalactite with alternated bands of reddish brown to pale brown and creamy white colour (average individual layers 1-2 cm thick). | Travertine deposit   |
| 578 | TP6   | TL  | 678-285 | Road-cut steep - cliff quarry (close Huai Ong Thi reservoir), Amphoe Thong Pha Phum. The quarry - height 10 m and width 50 m. Outcrop - mainly deformed and sheared siltstone interbedded with sandstone, fault plane 30/80 SE.                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4.52          | Pale greenish yellow silt to clay, semi-consolidated.                                                                             | Fault-gouge material |
| 920 | TP8-1 | TL  | 407-740 | Song Ka Lia river rim, Amphoe Sangkhla Buri. The quarry -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4.53          | Reddish brown silty to sandy clay, semi-                                                                                          | River gravel         |

ตาราง 7.3 (ต่อ) ผลการหาอายุโดยวิธี TL และรายละเอียดโดยทั่วไปของตัวอย่าง ที่เก็บจากแนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี) \* Referred in Won-in's thesis (1999)

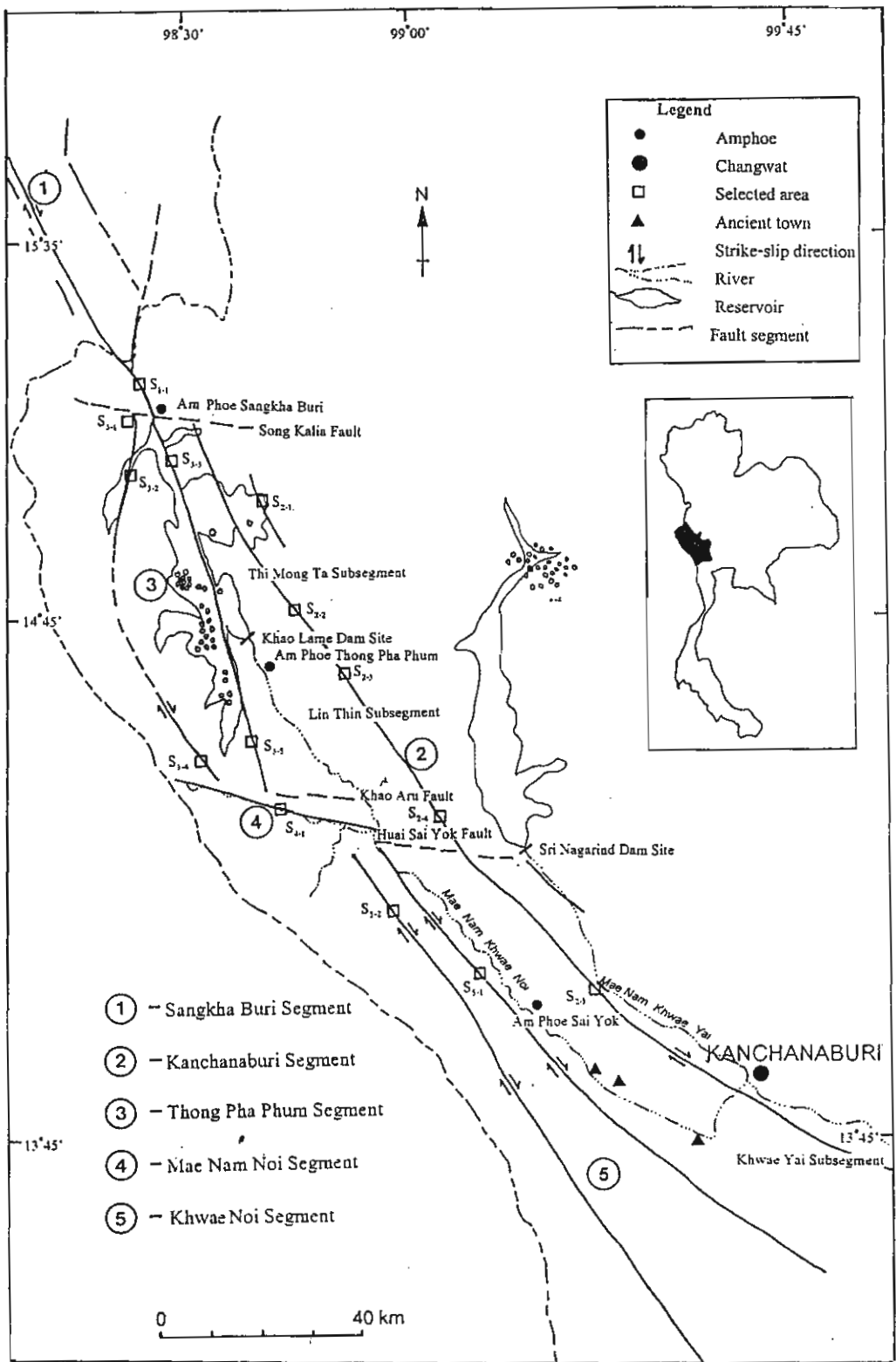
|      |       |    |         |                                                                                                                                                                                                                                                    | consolidated to unconsolidated. | deposit                                                              |
|------|-------|----|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1575 | TP8-2 | TL | 407-740 | height is 20 m and width 100 m. Outcrop - mostly gravel bed : clasts ; quartz, quartzite, and chert ; clast sizes are 0.5 - 5 cm, poorly sorted. The sample TP8-1 is located in the top bed (2 m thick).                                           |                                 |                                                                      |
| 468  | TP9   | TL | 655-259 | Lower gravel bed underlying TP8-1. Outcrop - mostly gravel bed (6 m thick) : clasts are chiefly quartz, quartzite, chert, and granite ; clast sizes are 2-20 cm, poorly sorted                                                                     | 4.53                            | Pale gray to white silty to sandy clay, unconsolidated.              |
|      |       |    |         | Road-cut quarry (close Huai Ong Thi reservoir), Amphoe Thong Pha Phum. The quarry - height 10 m and width 30 m. Outcrop are yellowish brown, thinly bedded siltstone interbedded with sandstone, bed attitude 330/38 NE, and fault plane 220/60 NW | 4.54                            | Pale orange brown silt to clay, semi-consolidated to unconsolidated. |
| 142  | TP10  | TL | 047-728 | Khvae Noi rim at Ban Wang Krachae, Amphoe Sai Yok. Gravel quarry - height 8 m and width 50 m, gravel - bed clasts are quartz, quartzite, and chert. Clast sizes are 0.2-20 cm, poorly sorted.                                                      | 4.55                            | Pale orange to pale yellow silt, unconsolidated to semi-consolidated |
|      |       |    |         |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 | River gravel deposit                                                 |



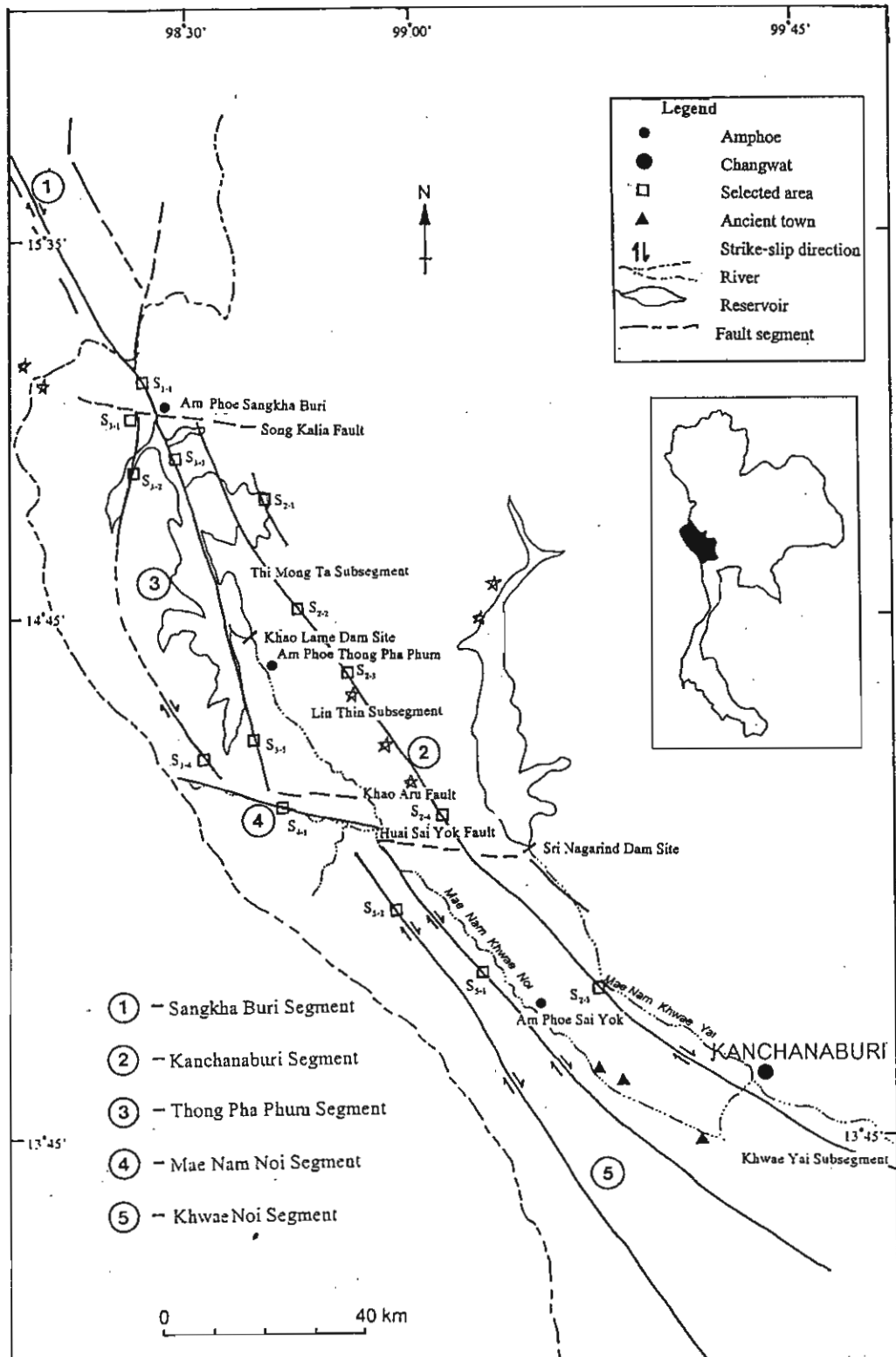
รูป 7.14 แผนที่แนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และรอยเลื่อนย่อย 5 แนว แสดงอิทธิพลของแรงเค้นที่แตกต่างกัน เมื่อแนวรอยเลื่อนย่อยอยู่คนละทิศ



รูป 7.15 รูปบน รูปแบบอีลิปซอยด์แรงเค้น เมื่อแกนแรงเครียดอยู่ในแนวตะวันออก-ตก ซึ่งคาดว่าจะเกิดในตอนช่วงแรกของการพัฒนารอยเลื่อน เช่น รอยเลื่อนย่อย กาญจนบุรี และสังขบุรี  
รูปล่าง รูปแบบอีลิปซอยด์แรงเค้น เมื่อแกนแรงเครียดอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งคาดว่าจะเกิดในตอนช่วงหลังของการพัฒนารอยเลื่อน เช่น รอยเลื่อนของการเลีย และแม่น้ำน้อย



รูป 7.16 แผนที่แนวรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (กาญจนบุรี) แสดงตำแหน่งของจุดเกิดแผ่นดินไหว (●)



รูป 7.17 แผนที่รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ แสดงตำแหน่งน้ำพุร้อน (☆) ที่ใกล้กับแนวรอยเลื่อนมาก

## บทที่ 8

### บทวิจารณ์ และสรุป

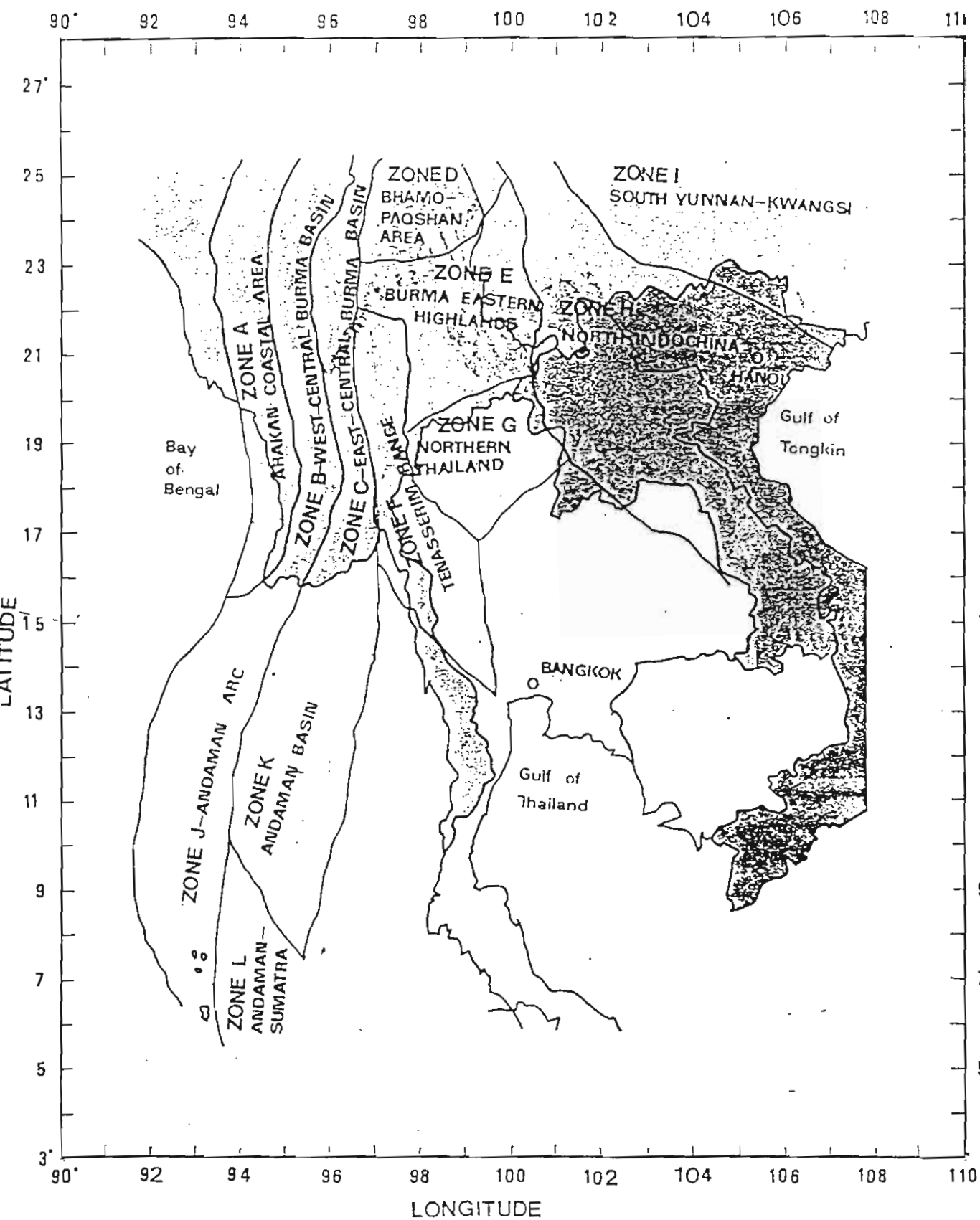
#### 8.1 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและแนวก่อเกิด

จะเห็นได้ชัดเจนว่าการศึกษาแนวทางและโอกาสการเกิดแผ่นดินไหวนั้น มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์โดยตรงกับขบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก หรือบางที่เรียกว่าขบวนการแปรสัณฐาน (plate tectonics) ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับทฤษฎีกลไกของการเกิดแผ่นดินไหว 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีการขยายตัวของเปลือกโลก (dilatation source theory) และทฤษฎีการคืนตัวของวัตถุ (elastic rebound theory) ดังกล่าวแล้วในบทที่ 2 และเชื่อว่ากลไกดังกล่าวเป็นเหตุให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานเพื่อคลายความเครียด(strain) ที่เกิดขึ้นภายในโลก ในการรักษาความสมดุลย์ของเปลือกโลกออกมาในรูปของคลื่นแผ่นดินไหว (seismic waves) จนทำให้เกิดแผ่นดินไหวขึ้นได้

การเกิดแผ่นดินไหวจึงมีผลสืบเนื่องมาจากขบวนการที่ทำให้เกิดการแปรสัณฐาน(tectonic process) พลังการเคลื่อนไหวจากการแปรสัณฐาน(tectonic activity) ซึ่งปัจจุบันยังคงมีพลังและมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา (tectonically active) และมีอิทธิพลอย่างมาก ดังนั้นปัจจัยดังกล่าวนี้จึง ทำให้เกิดแผ่นดินไหวจึงมีส่วนสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดที่สุดกับลักษณะและสภาพการแปรสัณฐาน(tectonic setting) ตลอดจนโครงสร้าง (tectonic structure)ที่ปรากฏให้เห็น

การแปรสัณฐาน(tectonic activity) นี้ได้แก่ การเคลื่อนไหวของเปลือกโลกซึ่งกำลังดำเนินอยู่ในขณะนี้ ส่วนโครงสร้างแปรสัณฐาน(tectonic structure) ที่เกี่ยวข้องมากที่สุด ซึ่งสามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้นั้น ได้แก่ รอยเลื่อนที่มีพลังหรือมีการเคลื่อนไหว(tectonic fault) และในปัจจุบันเรามักจะหมายถึงรอยเลื่อนใหม่หรือกลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง(active fault) ซึ่งเคยมีประวัติการเคลื่อนไหวหรือเลื่อนตัวมาแล้วในยุคควอเตอร์นารี (ประมาณ 2-3 ล้านปีล่วงมาแล้ว) หรือที่เคยเคลื่อนไหวหรือเลื่อนตัวมาแล้วในช่วงอายุโฮโลซีน(11,000 ปีล่วงมาแล้ว) หรือที่กำลังเลื่อนตัวจนเกิดเป็นแผ่นดินไหวในปัจจุบัน หรือที่คาดว่าจะมีโอกาสเลื่อนตัวได้อีกในอนาคต นอกจากนี้รอยเลื่อนที่สามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวก็ถือว่าเป็นรอยเอนใหม่ที่มีพลังการเคลื่อนไหว(active fault) เป็นต้น

จากปัจจัยทั้งสองนี้ ทำให้เกิดมีการศึกษาและกำหนดขอบเขตของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic Source Zone) ขึ้น เพื่อแสดงขอบเขต(Zone) หรือศักยภาพที่สามารถบ่งบอกว่าเป็นบริเวณที่มีแนวโน้มและโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวในขนาดต่าง ๆ กัน โดยอาศัยการประมวลข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งได้แก่ลักษณะธรณีวิทยาสภาพการแปรสัณฐาน รวมทั้งข้อมูลและประวัติการเกิดแผ่นดินไหวประกอบกันสร้างเป็นแผนที่ธรณีแปรสัณฐานแผ่นดินไหว(seismo-tectonic map) จนสามารถกำหนดขอบเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวได้ (ดูรูป 8.1)



รูป 8.1 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (จาก Nutalaya, และคณะ, 1985)

## 8.2 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic Source Zones) และเขตพื้นที่เสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหว

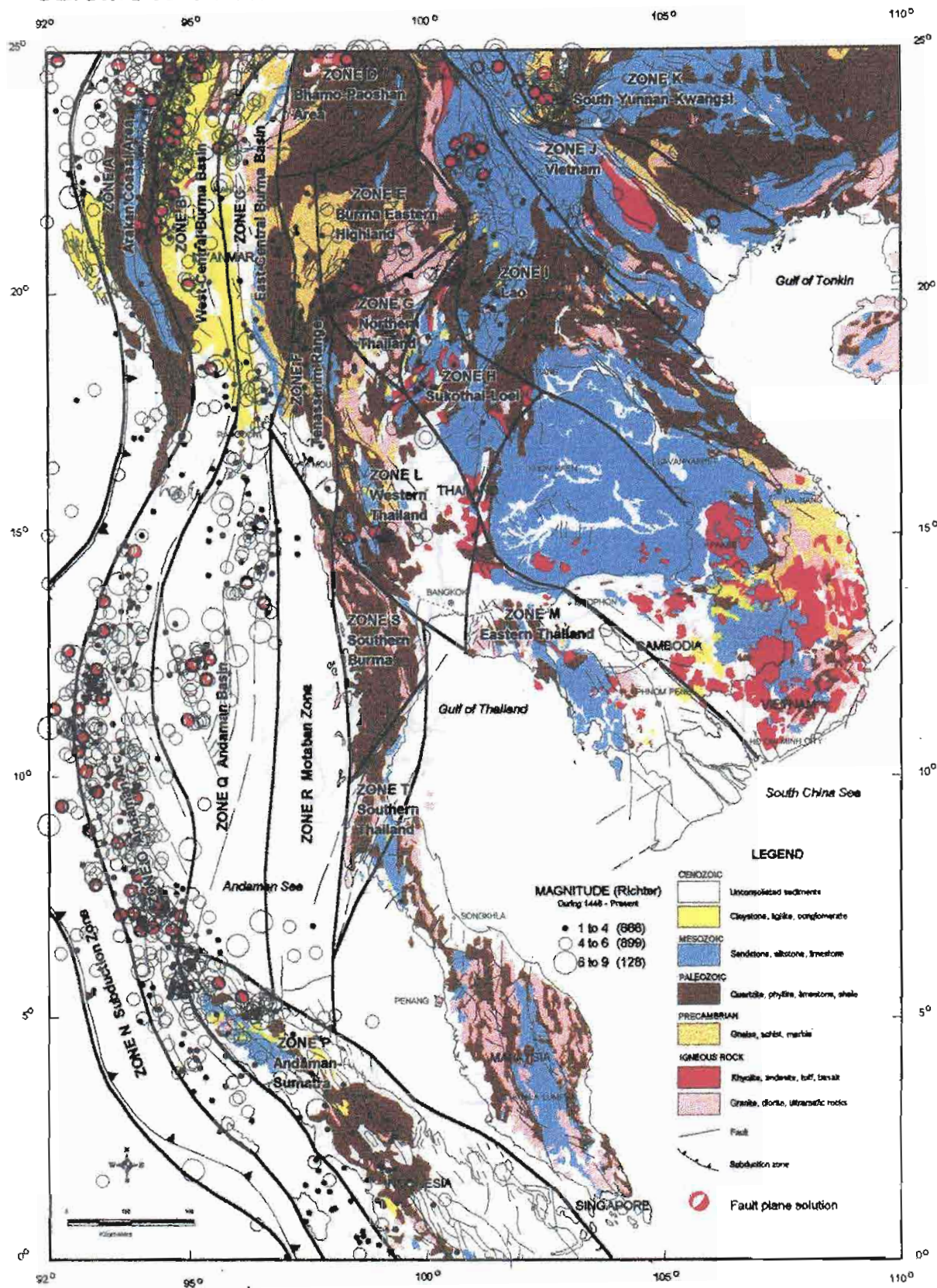
ได้มีการศึกษาและวิจัยเพื่อกำหนดขอบเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวสำหรับพื้นที่ประเทศไทย และผ่านพื้นที่โดยรอบ ปรีญญา นุตาลัย (Nutalaya และคณะ, 1985) ซึ่งครอบคลุมบริเวณระหว่างละติจูด  $5^{\circ}$  ถึง  $25^{\circ}$  น. กับลองจิจูด  $90^{\circ}$  ถึง  $110^{\circ}$  อ. (ดูรูป 8.1) อันได้แก่บริเวณประเทศไทยแหลมอินโดจีน และบางส่วนของประเทศพม่า และประเทศจีนและจากการศึกษาดังกล่าวสามารถแบ่งเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ได้ 12 เขต ซึ่งมีชื่อเรียกเขตต่าง ๆ เป็น A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K และ L พร้อมชื่อแต่ละเขต ตามรูปที่ 6.1 ดังนี้ คือ เขตอาระกัน, เขตตะวันตกของแอ่งที่ราบภาคกลางพม่า, เขตตะวันออกของแอ่งที่ราบภาคกลางพม่า, เขตพื้นที่บาโม-ปาซาน, เขตที่ราบสูงทางตะวันออกของพม่า เขตแนวตะนาวศรี, เขตตอนเหนือของประเทศไทย, เขตอินโดจีนตอนเหนือ, เขตยูนนาน-กวางสีตอนใต้, เขตหมู่เกาะอันดามัน, เขตแอ่งคันดามัน และเขตพื้นที่อันดามัน-สุมาตรา ตามลำดับ แต่จากการศึกษาของคณะผู้วิจัยโดยใช้ข้อมูลสภาพแวดล้อมเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างธรณีแปรสัณฐานกับข้อมูลแผ่นดินไหว พบว่าเขตกำเนิดแผ่นดินไหวใหม่มีความแตกต่างไปจากเดิมบ้าง ดังแสดงในรูป 8.2

โดยที่ในแต่ละเขตมักมีปรากฏการณ์แผ่นดินไหวเกิดขึ้นมากน้อย และที่ระดับต่าง ๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพ และโครงสร้างธรณีวิทยา, สภาพลักษณะทางการแปรสัณฐาน (tectonic setting) และโครงสร้าง (tectonic structure) ที่มีอิทธิพลในแต่ละเขตนั้นเป็นตัวกำหนดที่สำคัญ ซึ่งได้แก่แนวมุดตัว (subduction zone) แนวแยกตัว (spreading ridge) ของแผ่นเปลือกโลกที่ยังมีการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะในทะเลอันดามัน และรอยเลื่อน (faults) ต่าง ๆ โดยเฉพาะที่เป็นรอยเลื่อนใหม่ที่ยังมีการเคลื่อนตัว หรือมีโอกาสเคลื่อนตัว (active faults) เป็นต้น รายละเอียดลักษณะของแต่ละเขตจะขอเว้นไม่กล่าว อย่างไรก็ตาม รอยเลื่อนสะเทียงเพียงรอยเดียวที่ได้ชื่อว่าเป็นรอยเลื่อนใหม่ที่ยังมีการเคลื่อนตัวอยู่และมีส่วนเกี่ยวข้องกับ การเกิดแผ่นดินไหวในอดีตจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตามเมื่อประมวลแนวคิดดังกล่าวข้างบนนี้ทำให้สามารถคาดคิดได้ว่าพื้นที่ใดบ้างมีความเสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวได้มาก หรือน้อยจนสามารถนำมาทำเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวได้ (ดูรูป 8.3)

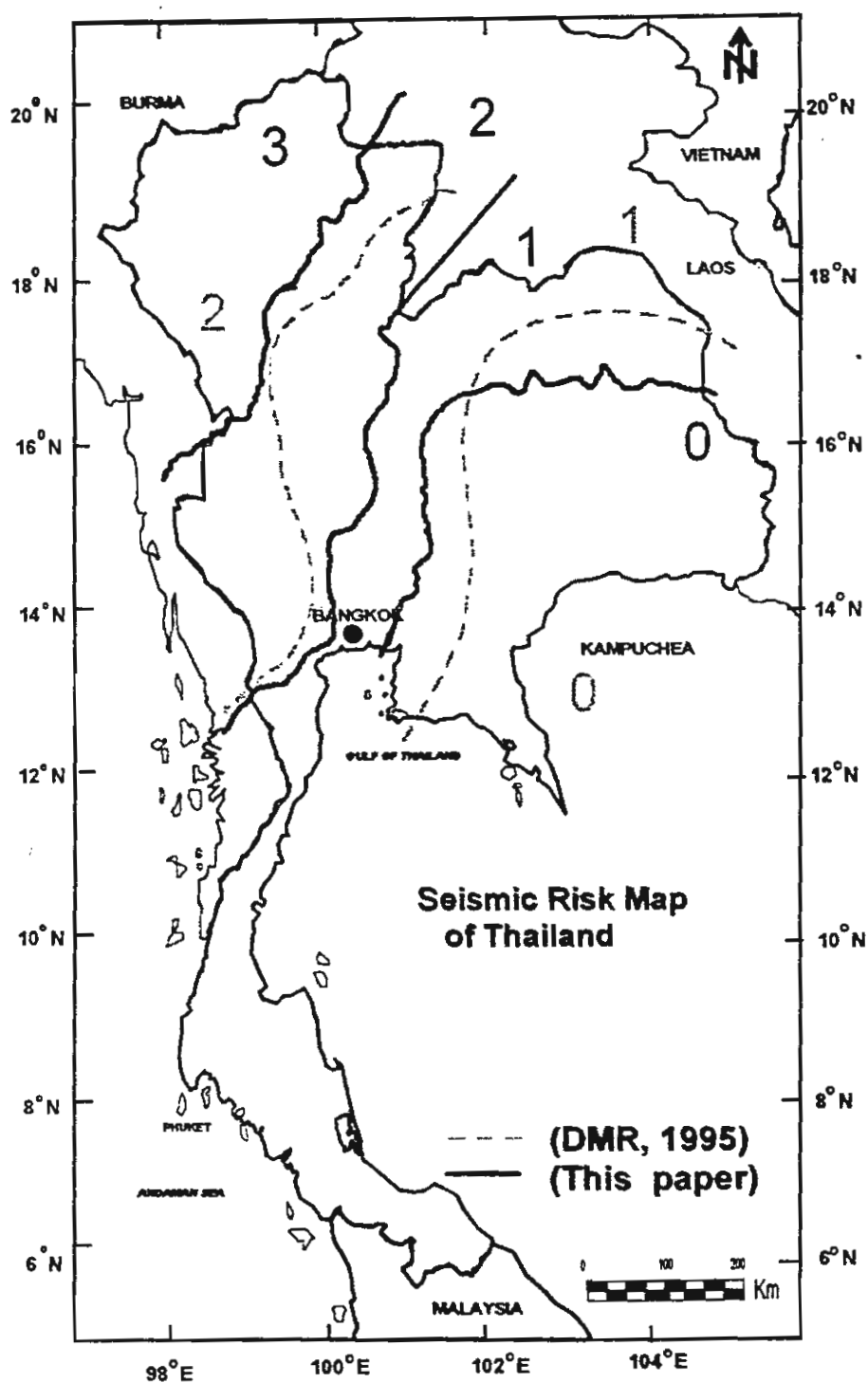
## 8.3 โอกาสเกิดแผ่นดินไหวซ้ำ

จากการศึกษาของศาสตราจารย์ปรีญญา นุตาลัย และคณะในช่วงปี 2523-2527 (ดู Nutalaya และคณะ, 1985) พบว่าในเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแต่ละเขตจะมีความน่าเชื่อถือของข้อมูลแตกต่างกัน กล่าวคือบางพื้นที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบ่งได้ชัดเจนเนื่องจากตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหวเข้ากันได้ดีกับแนวรอยเลื่อนซึ่งเรารู้จักกันดี หรือเข้ากันได้ดีกับรอยเลื่อนก่อแผ่นดินไหว (seismogenic fault)

# SEISMOTECTONIC MAP OF THAILAND AND SE ASIA MAINLAND



รูป 8.2 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากการศึกษาครั้งนี้



รูป 8.3 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในเขตนี้นั้นมีรอยเลื่อนมากหรือมีเขตนี้นั้นก็ลงตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวผิดไปอย่างไรก็ตามในการศึกษาโอกาสของการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำ จะต้องอนุมานว่าคลื่นแผ่นดินไหวเหมือนกันหมดตลอดพื้นที่ ซึ่งข้อมูลอื่น ๆ จะเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

สถิติจำนวนเหตุการณ์การเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งจำแนกประเภทตามระดับความลึกของจุดเกิดในเขตต่าง ๆ เปรียบเทียบกันระหว่างที่เกิดในปี พ.ศ. 2455-2502 และ 2503-2526 ส่วนที่บันทึกขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น และจากการศึกษาสถิติข้อมูลเหล่านี้ทำให้เราพอจะประเมินข้อมูลเพื่อเป็นแนวที่บอกให้เราทราบถึงโอกาสการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำได้ของแต่ละรอยเลื่อน นอกจากนั้นความถี่ของจำนวนครั้งของการเกิดแผ่นดินไหวแต่ละขนาดในแต่ละเขตแผ่นดินไหว สามารถทำให้เรากำหนดของเขตพื้นที่เสี่ยงภัยการเกิดแผ่นดินไหวได้ (รูป 8.3) โดยประมาณ

อย่างไรก็ตามเท่าที่มีข้อมูลสถิติที่บันทึกได้ พบว่าความสัมพันธ์ด้านการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำยังไม่สามารถสร้างให้เห็นได้ชัดเจนนัก ทั้งนี้เนื่องจากบันทึกเหตุการณ์ในอดีตยังไม่เพียงพอเท่าที่ควรประการหนึ่ง และอีกประการมีบันทึกต่าง ๆ จากเครื่องมือเพิ่มขึ้นอย่างกระชั้นชิดหลังจากปี พ.ศ. 2503 เมื่อมีสถานีและการติดตั้งเครื่องมือวัดและตรวจสอบแผ่นดินไหว รวมทั้งขยายเครือข่ายขึ้น อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเบื้องต้นของ Fenton และคณะ (1997) ได้เสนอว่าการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำในแต่ละรอยเลื่อนที่มีพลังในภาคเหนือ ทำได้ในช่วงประมาณ 1.7 - 2.5 พันปี (1,700 - 2,500 ปี) จนถึง 12 - 15 พันปี (12,000 - 15,000 ปี) โดยใช้อัตราการเลื่อนตัวในช่วงประมาณ 0.1 ถึง 0.6 มม ต่อปี หรือประมาณ 1 เมตร ถึง 1.5 เมตร ต่อครั้ง

ดังนั้นเรื่องของการพยากรณ์แผ่นดินไหว ปัจจุบันจึงยังไม่สามารถกระทำได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และเป็นไปตามหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุนี้จำเป็นต้องการศึกษาวิจัย รวบรวมสร้างทฤษฎี ตรวจสอบวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่อไปในอนาคต พารามิเตอร์ซึ่งเกิดขึ้นก่อนแผ่นดินไหวเช่น วัดการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก วัดค่า Stress และ Strain ของเปลือกโลก วัดก๊าซเรดอน วัดสนามแม่เหล็กโลก วัดค่าความโน้มถ่วง วัดคลื่นความถี่วิทยุ หรือตรวจวัดอายุรอยเลื่อนให้มากที่สุดเหล่านี้เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- จดหมายเหตุ, 2506. พงสาวดาร มอญ-พม่า, สำนักพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ ฉบับที่ 1, 336 หน้า.
- จดหมายเหตุ, 2507. พงสาวดาร ดาราศาสตร์, สำนักพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ ฉบับที่ 8, 267 หน้า.
- จดหมายเหตุ, 2508. ฉบับที่ 11-12, สำนักพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ, 320 หน้า.
- จดหมายเหตุ, 2508. ฉบับที่ 13-14, สำนักพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ, 331 หน้า.
- จดหมายเหตุ, 2512 ฉบับที่ 61-62, สำนักพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ, 298 หน้า.
- ชัยยันต์ หินทอง, 2534. ความสัมพันธ์ระหว่างธรรมเนียมประเพณีกับแผ่นดินไหว, เอกสารเผยแพร่, กอง  
ธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ, 25 หน้า.
- ทองใบ แดงน้อย, 2536. แผนที่ภูมิศาสตร์ (มัธยมศึกษาต้น & ปลาย), สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช,  
กรุงเทพฯ, 123 หน้า.
- บุญช่วย ศรีสวัสดิ์, 2503. เชียงใหม่และภาคเหนือ, สำนักพิมพ์กรุงวิทยา, กรุงเทพฯ, 240 หน้า
- ประชุมพงสาวดาร, 2506. พงสาวดารไทย ฉบับหอสมุดแห่งชาติ, เล่ม 4, สำนักพิมพ์ข้าวนา, กรุงเทพฯ,  
หน้า 108-161.
- ประชุมพงสาวดาร, 2516. พงสาวดารไทย เล่ม 2, สำนักพิมพ์กรุงวิทยา, กรุงเทพฯ, 640 หน้า.
- ประชุมศิลาจารึก, 2515, หลักที่ 1 สุโขทัย, สำนักพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ, 214 หน้า.
- ปัญญา จารุศิริ, 2532. ธรณีวิทยาเบื้องต้น, เอกสารประกอบการสอน, ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร 410 หน้า (ไม่ได้ตีพิมพ์)
- ปัญญา จารุศิริ, 2535. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรอยแตกของหินและการกำเนิดแหล่งแร่ในแถบ  
บริเวณแม่น้ำเมยและแม่น้ำปิง ของบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอนและตาก : รายงาน  
การวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร, 94 หน้า
- ปัญญา จารุศิริ, วสันต์ พงศาพิชญ์และสุภาภ อัมสมุท, 2536. ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา หิน  
แกรนิตและการเกิดแนวแร่บริเวณพื้นที่ระหว่างจังหวัดเชียงรายและลำปาง : รายงานผลการวิจัย  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุนรัชดาภิเษกสมโภช , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพมหานคร,  
128 หน้า
- ปัญญา จารุศิริ, บุญศิริ จารุศิริ, สุภาภ อัมสมุท, สนธยา โชคเศรษฐกิจ, รัศมี สุวรรณวีระกำธร และ  
มาละดี ทัญคุปต์, 2537. โครงสร้างทางธรณีวิทยา ชนิดของหินแกรนิตและแนวแร่ในบริเวณ  
ระหว่างขุนตาล และเวียงป่าเป้า ภาคเหนือของประเทศไทย, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์  
เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ, กรุงเทพ, 72 หน้า. (ไม่ได้ตีพิมพ์)

- สุมาลี ประจวบ, 2533. แผ่นดินไหวที่กาญจนบุรี, เอกสารการวิจัย, กองการศึกษา และวิจัย, กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ, 24 หน้า.
- สภาวิจัยแห่งชาติ, 2537. ตำแหน่งกลางภาพดาวเทียม, ฝ่ายบริการข้อมูล, กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ดัวยดาวเทียม, เอกสารเผยแพร่, 4 หน้า (ไม่ได้ตีพิมพ์).
- หลวงประเสริฐ อักษรนิตย, 2510. จดหมายเหตุกรุงเก่า, สำนักพิมพ์กรุงวิทยา, กรุงเทพฯ, 466 หน้า
- AGI, 1974. *Glossary of Geology*, Amerigan Geological Institute, Washington, D.C., 805 p.
- Algermissen, S.T., Perkins, D.M., Thenhaus, P.C., Hanson, S.L. and Bender, B.L., 1982. Probabilistic estimates of maximum acceleration and velocity in rock in the contiguous United States : *USGS, Open-File Report 82-1033*, 99 p.
- Barr, S.M. and Macdonald, A.S., 1987. Nan River suture zone, northern Thailand : *Geology*, v. 5, p. 987-910.
- Brown, J.C., 1914. The Burma earthquake of May 1912 : *Memoirs of the Geological Survey of India*, vol. 42, part 1, p. 1-147.
- Bunopas, S., 1976. Geology and Mineral Resources of Pitsanulok Quadrangle: Royal Thai Department of Mineral Resources, *Report of Investigation* no. 16, 217 p.
- Bunopas, S., 1981. *Paleogeographic History of Western Thailand and adjacent parts of Southeast Asia : A Plate Tectonic Interpretation* : An Unpublished Ph.D. Thesis, Victoria University of Wellington, New Zealand, 810 p. reprinted 1982, Geological Survey Paper, no.5, Geological Survey Division, Royal Thai Department of Mineral Resources, Bangkok.
- Bunopas, S. and Vella, P., 1983. Tectonic and geologic evolution of Thailand : *Proceedings of Workshop on Stratigraphic Correlation of Thailand and Malaysia*, Haad Yai, Thailand, September 1983, p. 307-327.
- Bender, F., 1983, *Geology of Burma* : Gebruder Borntrager, Berlin, 293 p.
- Bott, J., Wong, I., Prachaub, S., Wechbunthung, B., Hinthong, C., and Sarapirome, 1997. Contemporary seismicity in Northern Thailand and its tectonic implication : A paper submitted to *International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific*, Bangkok, Thailand, 19-24 August, 1997, 22 p.
- Chhibber, H.J. 1934. *The geology of Burma* : Macmillan and Co., Ltd, London, 538 p.

- Cobbing, E.J., Mallick, D.I.J., Pitfield, P.E.J., and Teol, L.H., 1986. The granites of SE Asian tin belts, *Journal of the Geological Society of London*. v. 143, p. 537-550.
- Curry, J.R. and Moore, D.G., 1974. Sedimentary and tectonic processes in the Bengal deep sea fan and geosyncline : In *Continental Margins*, edited by C.A. Burk and C.L. Darke, Springer-Verlag, New York, p. 617-627.
- Curry, J.R., Moore, D.G., Lawver, L.A., Emmel, F.J., & Raitt, R.W., 1979. Tectonics of the Andaman Sea and Burma : In Watkins, J., Montadert, L., and Dickenson, P.W., (eds.), *Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins*, AAPG Memoir, v. 29, p. 189-198.
- Curry, J.R., Emmel, F.J., Moore, D.G. and Raitt, R.W., 1982. Structure, Tectonics, and geological history of the Northeastern Indian Ocean : In Alan E.M. Nairn and F.G. Stehli, (eds.) *The Ocean Basins and Margins*, Vol. 6, p. 399-450.
- Charusiri, P., 1989. *Lithophile Metallogenic Epochs of Thailand : A Geological and Geochronological Investigation* : Unpublished Ph.D. Thesis, Queen's University, Kingston, ONT, Canada, 819 p.
- Charusiri, P., Clark, A. H. and Farrar, E., 1991a. Geochronological and fluid-inclusion studies of the tin and tungsten mineralization of the Mae Lama-tae Song Yang area, northern Thailand: *Proceedings of the Annual Technical Meeting 1989 and IGCP 246*, Department of Geological Sciences, Chiang Mai University, Thailand, Feb, 1990, Sp. Pub. no. 9, p. 7-16.
- Charusiri, P., Clark, A.H. and Farrar, E., 1991b. Miocene (-Oligocene) events in Thailand : Evidences from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and K-Ar geochronology : *Proceedings of the Annual Technical Meeting 1989 and IGCP 146*, Department of Geological Sciences, Chiang Mai University, Thailand, Feb. 1990, Sp. Pub. no. 9, p. 245-262.
- Charusiri, P., Pongsapich, W. and Khantaprab, C., 1992. Granite Belts in Thailand : New Evidences form  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating *Mineral Resources Gazette*, v. 36, no. 1, p. 43-62 (in Thai).
- Charusiri, P. Charusiri, B., Pongsapich, W., Suwawerakantorn, R., 1994. Application of Enhanced Satellite-Borne Images to the Relationships between Fractures and Mineralization in the Nam Mae Moei-Nam Mae Ping Area, Northern Thailand : *Nonrenewable Resources*, v.3, No. 1, p. 46-59.
- Chaturongkananich, S., 1989. *Report on the training course of TL dating method in Japan: An open File Report of the Geological Survey Division*, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, 14 p. (in Thai).

- Chuaviroj, S., 1992. Outline of the Tectonic Evolution of Thailand : In Charusiri et al. (eds.), *Proceedings of the Development Geology for Thailand into the year 2000*, Chulalongkorn University, Bangkok, 12-14 December, 1990, p. 19-28.
- Fenton, C., Charusiri, P., Hinthong, C., Lumchuan, A., and Mangkornkarr, B., 1997. Late Quaternary Faulting in northern, Thailand : A paper submitted to *International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific*, Bangkok, Department of Mineral Resources, Thailand, 19-29 August, 1997, 18 p.
- Fitch, T.J., 1972. Plate convergence, transcurrent faults, and internal deformation adjacent to Southeast Asia and the Western Pacific, *J. Geophysic. Res.*, Vol. 77, No. 23, p. 4432-4460.
- Ganse, R.A. and Nelson, J.B., 1981. Catalogue of significant earthquakes 2000 B.C.-1979 including quantitative casualties and damage : World Data Center A for Solid Earth Geophysics, Report SE-27, 154 p.
- Garson, M.S., Young, B., Mitchell, A.H.G. and Tait, B.A.R., 1975. *The Geology of the Tin Belt in Peninsula Thailand around Phuket, Phang Nga and Takua Pa*: Institute of Geological Sciences, Overseas Memoir no. 1, 112 p.
- Helmcke, D. and Lindenberg, H.G., 1983. New Data on the Indosinian orogeny from central Thailand : *Geologische Rundschau*, v. 72/1, p. 317-328.
- Helmcke, D., 1985. The Permo-Triassic "Paleotethys" in mainland southeast Asia and adjacent parts of China : *Geologische Rundschau*, v. 74, p. 318-328.
- Hinthong, C., 1991. *Role of Tectonic Setting in Earthquake Events in Thailand* : A paper presented at Asean-EC Workshop on Geology and Geophysics, Jakarta, Indonesia, 7-11 October, 1991, 16 p.
- Hinthong, C., Siribhakdi, K., Klaipongpun, S., and Chitrakarn, P., (eight contributors), 1992. *Study on Geology, Earthquake, and Mineral Resources of the Nam Yuam River Basin Project* : A Report prepared on behalf of the EGAT-DMR Joint Research.(unpublished)
- Hutchison, C.S., 1989. Geological Evolution of South East Asia : Oxford University Press. Oxford Monograph on Geology and Geophysics, 13, 368 p.

- Itarrison, J.B.J., McFadden, L., & Weldon, R.J., (1990) Spatial soil variability in the Cajon Pass chromosequences Impl. for the Use of Soils as a geochron. *torl Geomorphology*, 3 p. 399-416
- JICA (1989), *Feasibility Study on Nam Yuam River Basin Integrated Hydroelectric Development Project* : An unpublished report submitted to the Electricity Generating Authority of Thailand, Kingdom of Thailand by Japan International Cooperation Agency.
- Klaipongpan, S., Chakramanont, V., Pinrode, J. and Chittrakarn, P., 1991, Geological and seismicity evaluation of Srinagarind Dam: *in* Proceedings of the Second International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, p. 1,357-1,363.
- Koesirikulkit, N., 1992. *The Proposed Seismic-Source Zones in Thailand* : An Unpublished Senior Project submitted to the Department of Geology, Chulalongkorn University, Bangkok, Vol I and Vol II, 510 p.
- Lee, W.H.K., Wu, F.T. and Jacobson, C., 1976. A catalogue of historical earthquakes in China compiled from recent Chinese publications : *Bulletin Seismological Society of America*, v. 66, no. 6, p. 2003-2016.
- Le Dain, A.Y., Tapponier, P. and Molnar, P., 1984. Active faulting and tectonics of Burma and surrounding region : *Journal Geophysical Research*, v. 89, p. 453-472
- Lukkunaprasit, P., Upathambhakul, W., and Teerajetgul, W., 1996. Recorded Peak Ground Acceleration and Building Motions in Bangkok. From Long Distance Earthquake : Earthquake Engineering and Vibration Research Laboratory, *Department of Civil Engineering, Chulalongkorn University, An Open-file Report*, 70 p.
- Mitchell, A.H.G., 1981. Phanerozoic plate boundaries of mainland SE Asia, the Himalayas and Tibet : *Journal of the Geological Society of London*, 138, p. 109-122.
- Mitchell, A.H.G., 1984. Post-Permian events in the Zangbo "suture" zone, Tibet : *Journal of the Geological Society of London*, 141, p. 129-136.
- Mitchell, A.H.G., 1985. Collision-related fore-arc-and back-arc evolution of the northern Sunda arc : *Tectonicphysics*, v. 16, p. 323-334.

- Mitchell, A.H.G., 1993. Cretaceous-Cenozoic events in the western Myanmar(Burma)-Assam region : *Journal of the Geological Society*, London, 150, p. 1089-1102.
- Nutalaya, P. and Ruo. J. L., 1984, Structural framework of the Chao Phraya Basin, Thailand : in Thanasutipitak et al. (eds.) *Proceeding of the Symposium on Cenozoic Basins of Thailand : Geology and Resources*, October, 1984, Chiangmai University.
- Nutalaya, P., Sodsri, S., and Arnold, E.P., 1985, Series on Seismology, Volume II - Thailand : Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering, 403 p.
- Pascoe, E.H., 1927. A gas eruption on Ramri Island, off the Arakan Coast of Burma, in July, 1926 : *Records of the Geological Survey of India*, vol. 60, part 2, pp. 153-156.
- Polachan, S. and Satayarak, N., 1989. Strike-slip tectonics and the development of Tertiary basins in Thailand : *Proceedings of the International Symposium on Intermontane Basin : Geology and Resources*, Chiang Mai, Thailand, 30 Jan - 2 Feb 1989, p. 243-253
- Press, F. and Siever, R., 1974, *Earth* (3rd edition), Freeman company, San Francisco, 613 p.
- Prachaub, S., 1990. Dam and earthquake in western Thailand : Meteorological Department, Technical Document no. 550. 341-03-1990, 44 p.
- Raksaskulwong, M. and Thienprasert, A., 1991, Heat flow studies and geothermal energy development in Thailand ; *Journal of Thai Geosciences*, v. 2, p. 111-123.
- Raksasakulwong, L., 1997. Geological Map of Kanchanaburi area Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand (A map with explanation)
- Ramingwong, T., Ratanasthien, B., Wattananikorn, K., Tantisukrit, C., Lerdthusnee, S., Thansuthipitak, T., and Pitragool, S., 1980. Geothermal resources of Northern Thailand : San Kampaeng, Fang and Mae Chan geothermal systems : Final Report submitted to the Electricity Generating Authority of Thailand, 244 p.
- Ramingwong, T., Ratanasthien, B., Wattananikan, K., Tantisukrit, C., Lerdthusnee, S., Thanasuthipitak, T. and Pitragool, S., 1980. : Geothermal resources of northern Thailand : San Kampaeng, Fang and Mae Chan Geothermal Systems : A Final Report submitted to the Electricity Generating Authority of Thailand, 244 p.
- Siribhakdi, K., 1986. Seismogenic of Thailand and peripherie : *Proceedings of the first Workshop on Earthquake Engineering and Hazard Mitigation*, p. 151-158.

- Skinner, B.J. and Porter, S.C., 1987. *Physical Geology*, New York, John Wiley & Sons, Inc., 750 p.
- Suensilpong, S., 1977. The role of plate collision in tin mineralization in Thailand : In The 7th Circum-Pacific Plutonic Project Meeting, Japan, 14 p.
- Tapponnier, P. and Molnar, P., 1977. Active faulting and tectonics in China : *Journal of Geophysical Research*, Vol. 82, No. 20, pp. 2905-2930.
- Tapponnier, P., Peltzer, G., and Armijo, R., 1986. On the mechanics of collision between India and Asia : In Coward, M.P. and Ries, A.C. (eds.), *Collision Tectonics*, Journal of the Geological Society of London, Special Publication, 19, p. 115-157.
- Takashima, I., 1991. *Result of analyses of datings of some faults from Thailand : Preliminary TL age data from fault samples of Thailand : an unpublished and preliminary data personally conveyed to DMR staff*, Nov. 1991, 16 p. (unpublished)
- Thenhaus, P.C., Algermissen, S.T. and Perkins, D.M., 1982a. A new seismic source zone map for the conterminous United States (abs.) : Geological Society of America Abstracts with Programs, Vol. 14, No. 7, pp. 630.
- Vedder, J. and Wallace, R.E., 1970. Map showing recently active breaks along the San Andreas and related faults between Cholame Valley and Tejon Pass, California. U.S. Geological Survey Misc. Geol. Investigation Map I-574, scale 1:24,000 (2 sheets)
- Win Swe, 1981. A major strike-slip fault in Burma : *Contributions to Burmese Geology*, vol. 1, no. 1, p 63-75.

## Research Output

ปีที่ 1 (1997-1998)

### Proceedings

1. Charusiri, P., Galong, W., and Kosuwan, S., 1997. Application of Enhanced Airborne Radiometric Data for Geological Mappings in Khanom Area, Southern Thailand : In Proceedings of the ASEA Geophysical Conference and Exhibition, Sydney, Australia, 18 p.
2. Kosuwan, S., and Charusiri, P., 1997. Structural Geology of the Khanom Gneessic Complex, Nakhon Si Thammarat province, southern Thailand : In Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific, 19-24 August 1997, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, p. 729-739.
3. Charusiri, P., Kosuwan, S., and Imsamut, S., 1997. Tectonic evolution of Thailand : From Bunopas (1981)'s to a new scenario : In Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific, 19-24 August 1997, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, p. 414-420.

### Abstracts

1. Chutakositkanon, V., Hisada, K., Ueno, K., and Charusiri, P., 1997. New suture and terrane deduced from detrital chromian spinel in sandstones of the Nam Duk Formation, north-central Thailand : A preliminary report : In Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific, 19-24 August 1997, Department of Mineral Resources, Thailand, p. 368.
2. Assavapatchara, S., Charusiri, P., and Khantaprab, C., 1997. The Permian carbonate rocks in Thailand : In Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific, 19-24 August 1997, Department of Mineral Resources, Thailand, p. 139.
3. Bunyongkul, T., Triamsantipap, S., and Charusiri, P., 1997. Geology and mineralization of Zn deposits in Vang Viang area, Vientiane, Lao PDR : A preliminary study. In Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of South East Asia and the South Pacific, 19-24 August 1997, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, p. 662.

## ปีที่ 2 (1998-1999)

### Proceedings

1. Tulyatid, C., and Charusiri, P., 1999. "The ancient Tethys in Thailand as indicated by nationwide airborne geophysical data" Proceedings of the International Symposium on Shallow Tethys (ST)5, Chaing Mai, Thailand, pp. 336-352.

### Abstract

1. Kosuwan, S., Charusiri, P., Takashima, I., and Lamchuan, A., 1998. Active tectonics of the Mae Chan Fault, northern Thailand. In Proceedings of the Ninth Congress on Geology, Mineral, and Energy Resources of Southeast Asia-GEOSEA'98 and IGCP 383, 17-19 August 1998, Geological Society of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 234. (Paper 6).
2. Charusiri, P., Imsamut, S., Clark, A. H., Archibald, D., and Hisada, K., 1998. Thailand - new sutures and new terranes : A new geological synthesis. In Proceedings of the Ninth Congress on Geology, Mineral, and Energy Resources of Southeast Asia-GEOSEA'98 and IGCP 383, symposium 17-19 August 1998, Geological Society of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 46-47. (Paper 17).
3. Hisada, K., Chutakosikanon, V., Charusiri, P., 1998. New suture zone deduced from detrital chromian spinels : Loei suture zone in Thailand. In Proceedings of the Ninth Congress on Geology, Mineral, and Energy Resources of Southeast Asia-GEOSEA'98 and IGCP 383, symposium 17-19 August 1998, Geological Society of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, p. 49-50. (Paper 19) (extended abstracts).

### Proceedings

1. Takashima, I., Charusiri, P., Kosuwan, S., and Won-in, K., 1999. TL - age dating results on the Mae Chan segment of the Mae Chan Fault, northern Thailand : Constraints for Quaternary faulting. In Proceedings of the International Workshop GPA'99 - Tectonics, Geodynamics, and Natural Hazards in West Pacific - Asia, 6-15 November 1999, Department of Geology and Minerals of Vietnam, Hanoi, Vietnam, p. 275-286.
2. Kosuwan, S., Hinthong, C., and Charusiri, P., 1999. The preliminary use of MAPINFO programme to earthquake Hazard Assessment in Thailand and Mainland SE Asia. In Proceedings of the International Workshop GPA'99 - Tectonics, Geodynamics, and Natural Hazards in West Pacific - Asia, 6-15 November 1999. Department of Geology and Minerals of Vietnam, Hanoi, Vietnam, p. 174-178.

### Abstracts and Extended Abstracts

1. Charusiri, P., Hisada, K., Arai, S., Chutakosikanon, V., and Daorerk, V., 1999. Chromian spinel : An Indicator mineral to tectonic setting of Thailand - A preliminary synthesis. In Proceedings of the Symposium on Mineral, Energy, and Water Resources of Thailand : Toward the Year 2000, 28-29 October 1999, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, p. 217-220 (extended abstract).
2. Chutakositkanon, V, Hisada, K., Charusiri, P., Arai, S., and Charoentittrat, T., 1999. Characteristics of detrital chromian spinels from the Nam Duk Formation : Implication for the occurrence of mysterious Ultramafic and volcanic rocks in central Thailand. In Proceedings of the symposium on Mineral, Energy, and Water Resources of Thailand : Toward the Year 2000, 28-29 October 1999, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, p. 604-606 (extended abstract).

### **Papers submitted for publication in the year 2000**

1. Won-In, K., and Charusiri, P., 2000, Application of ESIPP computer program to the enhancement of satellite images in the Cho Dien area, northern Vietnam. ITC Journal, the Netherlands.
2. Charusiri, P., Kosuwan, S., Fenton, C.H., Lumjuan, A., Takashima, T., and Wechbunthung, B., 2000. Thailand active fault zones and Earthquake analysis. A manuscript submitted to Journal of Asian Earth Sciences.
3. Charusiri, P., Auasirisak, Ss., Napattaloong, A., Pum-Im, S., and Srikulwong, S., 2000. Cenozoic Tectonic Evolution of Major Sedimentary Basins in Northern Thailand and the Gulf of Thailand . A manuscript submitted to CCOP Bulletin.
4. Srisaskulrat, N., Charusiri, P., Wongwanich, T., 2000. Lithostratigraphy of Ordovician Limestone, Thiwang area, southern Thailand: Implication for paleoenvironments and tectonic setting. A manuscript submitted to the Journal of Geological Society of Thailand.
5. Charusiri, P., Chaturongkavanich, S., Takashima, I., Kosuwan, S., Won-In, K., and Ngo Ngoc Cat, 2000. Application of Geothermal Resources of Thailand, Vietnam, and Myanmar to tectonic settings. A paper submitted to the Proceedings of the World Geothermal Congress, Kyush-Tohoku, Japan, organized by International Geothermal Association, May 28-June 10, 2000
6. Pongorapin, S., and Charusiri, P., 2000. Application of Kringging Estimation to Sin Pun Quality Modeling, southern Thailand. A paper submitted to the Journal of Asian Earth Sciences.
7. Charusiri, P., Assavapatchara, S., Charoentitirat, T., Xu, X., Daorerk, V., Ueno, K., 2000. Lithostratigraphy of Permian rocks in Thailand: Implication for depositional environments and tectonic settings. A paper submitted to "Permian of SE Asia".
8. Bunyongkul, T., and Charusiri, P., 2000. Geology and mineralization of Zn prospects in Vang Viang district, Vientiane, Laos, PDR: A preliminary synthesis for Late-Paleozoic to Early Mesozoic Tectonic Setting. A paper submitted to Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University.

9. Imsamut, S., Charusiri, P., Daorerk, V., Zhuang, Z., Maranate, S., and Xu, X., 2000. Paleomagnetism of the Cretaceous Sandstones, Khorat Group, Northern Thailand: Implication for tectonic plate movement of Indochina Block. A paper submitted to Journal of Asia Earth Sciences

ภาคผนวก

- ၂၀၁၇ ခုနှစ် -

## บันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในประวัติศาสตร์ไทย : การศึกษาเบื้องต้น

| ปี                                                                              | วัน                                                                                                                | เวลา | ตำแหน่งที่เกิด                                                        |                   |                       | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | เอกสารอ้างอิง                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                 |                                                                                                                    |      | สถานที่                                                               | ละติจูด องศาเหนือ | ลองจิจูด องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                           |
| ไม่ปรากฏศักราช (เรื่องจากตำนาน)                                                 | ไม่ปรากฏ                                                                                                           |      | เมืองแกลง (สันนิษฐานว่า อยู่บริเวณเมือง เดียนเบียนฟู ในเวียดนามเหนือ) |                   |                       |      |            | ดูราสปริสทั้งหลาย ดังเรารู้ว่ามีใน กาลเมื่อก่อนแต่มาแล้วมาเป็นปราชยาสืบ ๆ มาว่าดังนี้<br>กาลเมื่อก่อนนั้น ก็เป็นดินเป็นหญ้า เป็นฟ้าเป็นแดน ฟ้าและคนเที่ยวไปมาหากัน บ่ขาด<br>เมื่อนั้นยังมีขุนใหญ่ 3 คน ผู้หนึ่งชื่อขุนดาน อยู่สร้างบ้านเมืองลุ่มกินปลาเส็ดนาเมืองลุ่มกินข้าว เมื่อนั้นแดนจึงใช้ให้มา กล่าวแก่คนทั้งหลายว่า ในเมืองลุ่มนี้กินข้าวให้บอกให้หายกิน แลงกินงายก็ให้บอกแก่แดน ได้กินขึ้นก็ให้สั่งเขา ได้กินปลาก็ให้ส่งรอยแก่แดน เมื่อนั้นคนทั้งหลายก็อพยพตามแดน เมื่อนั้นใช้มาบอกสองที่สามที่บึงหันแด<br>แต่นั้น แดนจึงให้น้ำท่วมเมืองลุ่ม สิดเสียดท่วมเมืองเพียงละลาย คนทั้งหลายก็ลืมหายมามากนักจะแล<br><br>แผ่นดินไหวหัวน้ำฟุ้งร้องดอยตางมาก นักบุญอัครราชองค์มิ่งดุ๊กคุณแล | “พงศาวดารล้านช้าง” ประชุมพงศาวดาร เล่ม 2. องค์การค้า ของคุรุสภา : พระนคร, 2506. หน้า 137. |
| พ.ศ. 480 (มหัศจรรย์ 67 ตัวปีเมิง ได้ เดือน 10 หุติยเพ็ญ วันพฤหัสบดี ยมรุ่งแจ้ง) | วันพฤหัสบดี เดือน 8 ขึ้น 15 ค่ำ ครั้งที่ 2 ปีมะเส็ง เวลารุ่งอรุณ (เดือน 10 ไทยฝ่ายเหนือ เท่ากับเดือน 8 ไทยฝ่ายใต้) |      | โยนกนคร หรือ เมืองนาคพันธุ สิงหนวัตินคร                               |                   |                       |      |            | “พงศาวดารเมืองเงินยางเชียงแสน” ประชุมพงศาวดารภาคที่ 61 ประชุมพงศาวดาร เล่ม 33 องค์การค้าของคุรุสภา : พระนคร, 2512. หน้า 284.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                           |

| ปี                                                                                    | วัน เวลา                                                      | ตำแหน่งที่เกิด       |                      |                          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | เอกสารอ้างอิง                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                       |                                                               | สถานที่              | ละติจูด<br>องศาเหนือ | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                   |
| พ.ศ. 481<br>(มหาศักราช 68 ค่ำปีเมิก<br>ใช้ เดือน 8 เพ็ญวันศุกร์<br>ยามรุ่งแจ้ง)       | วันศุกร์ เดือน 6<br>ขึ้น 15 ค่ำ ปี<br>มะเส็ง เวลารุ่ง<br>อรุณ | โยนกนคร              |                      |                          |      |            | แผ่นดินไหวฟ้าร้องดอยคาง ผ่นคก<br>น้ำใหญ่น้ำน้อยเป็นอัศจรรย์มากนัก<br><br>และสมเด็จพระเจ้าอภัยตามมิมิราชใช้<br>ให้เสนาอำมาตย์สร้างพระมหาปราสาท<br>จึงให้เกณฑ์เอาชาวบ้านมาทำไม้ ตั้ง<br>เสาพระมหาปราสาท และพระนางนั้นก็<br>ต้องเกณฑ์มากากไม้ จึงเอาฤกษ์นั้น<br>เข้ามาไว้ด้วย และร้อนด้วยรัศมีพระ<br>อาทิตย์ พรามันจึงเอากุมารเข้ามาไว้<br>ในร่มพระมหาปราสาท ๆ ก็โอนไป<br>เป็นหลายที่ พระยาเห็นก็กลัวพระทัย | “พงศาวดารเมืองเงินยางเชียงแสน”<br>ประชุมพงศาวดารภาคที่ 61<br>ประชุมพงศาวดาร เล่ม 33 องค์การคำ<br>ครุสภา : พระนคร 2512. หน้า 284.  |
| พ.ศ. 500<br>(ปีมะโรง สัมฤทธิศก<br>จ.ศ. 86 ปีกุน)                                      |                                                               | หริภุญไชย<br>(ลำพูน) |                      |                          |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | “พงศาวดารเหนือ” ประชุมพงศาวดารเล่ม<br>1. องค์การคำของครุสภา พระนคร. 2512<br>หน้า 9.                                               |
| พ.ศ. 510<br>(มหาศักราช 97 ค่ำปีไม้<br>เม็งใต้ เดือน 10 เพ็ญ<br>วันจันทร์ยามก่อนรุ่ง)  | วันจันทร์ ขึ้น 15<br>ค่ำ เดือน 8 ปี<br>มะเส็ง เกือบสว่าง      | โยนกนคร              |                      |                          |      |            | แผ่นดินไหววันวันฟ้าร้องดอยคาง<br>สามทีนี้แล                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | “พงศาวดารเมืองเงินยางเชียงแสน”<br>ประชุมพงศาวดารภาคที่ 61<br>ประชุมพงศาวดารเล่ม 33<br>องค์การคำครุสภา : พระนคร 2512.<br>หน้า 284. |
| พ.ศ. 515<br>(มหาศักราช 102 ค่ำปี<br>เตาเสด เดือน 8 ออก 14<br>ค่ำ วันอังคารยามตูดซ้าย) | วันอังคาร ขึ้น 14<br>ค่ำ เดือน 6 ปีจอ<br>ร่วมบ่า              | โยนกนคร              |                      |                          |      |            | แผ่นดินไหววันวันฟ้าร้องดอย<br>คางเป็นมหาปางอันใหญ่ป่วนอัศจรรย์ใจ<br>กว่าทุกทีทั้งหลายแล ท่านตั้งเมืองมา<br>ได้ 57 ปี นี้ แผ่นดินไหวใหญ่ 4 ครั้ง                                                                                                                                                                                                                                                          | “พงศาวดารเมืองเงินยางเชียงแสน”<br>ประชุมพงศาวดารภาคที่ 61<br>ประชุมพงศาวดารเล่ม 33<br>องค์การคำครุสภา : พระนคร                    |

| ปี                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | วัน                                                              | เวลา | ตำแหน่งที่เกิด |         |          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | เอกสารอ้างอิง                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------|----------------|---------|----------|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                  |      | สถานที่        | ละติจูด | ลองจิจูด |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| พ.ศ. 1558<br>(ศักราชได้ 467 ตัวปีเมือง<br>มี ศาสนาพระพุทธรเจ้า<br>ล่วงไปได้ 1003 ปี)<br>ศักราช 467 คือ จ.ศ. 467<br>นายมนิต วัลลิโกดม<br>สอบได้ว่า ที่ถูกคือ<br>จ.ศ.376 ตรงกับปีเถาะ<br>พ.ศ. 1558 ศาสนาพระ<br>พุทธเจ้าหมายถึงระยะ<br>เวลาที่พระยาพันธิติน<br>พระชนม์ไป และจำนวน<br>1003 ปี ที่ถูกเป็น 998 ปี | วันเสาร์ แรม 7 ค่ำ<br>เดือน 5<br>(เดือน 7 แรม 7<br>ค่ำ วันเสาร์) |      | โยนกนคร        |         |          |      |            | สุริยาทิตย์ก็ตกไปแล้ว ก็ได้ขึ้นเสียง<br>เหมือนดังแผ่นดินดังสนั่นหาวันไหว<br>ประจวบดังว่าเวียงโยนกนครหลวงที่นี้จัก<br>เคลื่อนจักพังไปนั้นแล แล้วก็หายไป<br>ครึ่งหนึ่ง ครั้นถึงมัจฉิมยามก็เข้าดงมา<br>เป็นคำรบสองแล้วก็หายนั้นแล ถึงบัว<br>ฉิมยาม ก็เข้าดงมาเป็นคำรบสาม หน้าที่<br>สามนี้ดังยิ่งกว่าทุกครั้งทุกคราวที่ได้ขึ้น<br>มาแล้ว กาลนั้นเวียงโยนกนครหลวงที่<br>นั้นก็ถูกจมลงเกิดเป็นหนองอันใหญ่<br>ขามนั้นคนทั้งหลายอันมีในเวียงนั้น มี<br>พระมหากษัตริย์เป็นประธานก็วินาส จิบ<br>หายตกไปในน้ำที่นั้นสิ้น ยังเหลืออยู่แต่<br>เรือนขามแม่หม้ายเล่าหลังเดียวนั้นแล<br>ศักราชได้ 376 ตัวปีเมืองมี เดือน 8<br>ออก 7 ค่ำ วันอังคาร (= วันอังคาร ขึ้น<br>7 ค่ำ เดือน 6 พ.ศ. 1558) เขาทั้งหลายก็<br>พร้อมกันสร้างเวียงลูกหนึ่งริมฝั่งน้ำของ<br>ลำตะวันตก มีหนตะวันออก เวียงโยนก<br>นครเก่า คือ เวียงเวียงอันจมไปแล้ว<br>ครั้นสร้างบริบูรณ์แล้ว ก็ให้ขุนคลังตั้ง<br>อยู่เป็นใหญ่ แก่บ้านเมืองแห่งเขา แล้ว<br>ก็เรียกว่า เวียงปรีกษา นั้นแล | “พงศาวดารเมืองเงินยางเชียงแสน”<br>ประชุมพงศาวดารภาคที่ 16<br>ประชุมพงศาวดารเล่ม 31<br>องค์การคำของครูสภา : พระนคร, 2512.<br>หน้า 44-48 และมนิต วัลลิโกดม.<br>ตำนานสิงหนวัติกุมาร ฉบับสอบค้น.<br>โรงพิมพ์สำนักทำเนียบนายกรัฐมนตรี<br>กรุงเทพฯ, 2516. หน้า 94-98. |

| ปี                         | วัน         | เวลา | ตำแหน่งที่เกิด |                      |                          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | เอกสารอ้างอิง                                                                                                                    |
|----------------------------|-------------|------|----------------|----------------------|--------------------------|------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |             |      | สถานที่        | ละติจูด<br>องศาเหนือ | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                  |
| พ.ศ. 1860<br>(ศักราช 1246) | สมัยพญาลิไท |      | สุโขทัย        |                      |                          |      |            | เมื่อพญาลิไทตั้งจิตอธิษฐานออกผนวชมีจรีร์กล่าวอธิษฐานดังนี้แล้ว จึงรับสรณคมต่อพระอุปัชฌาย์ ขณะนั้นแผ่นดินไหวทั่วทุกทิศเมืองสุโขทัย ครั้นทรงผนวชแล้ว เสด็จลงมาจากพระมหาสุวรรณเทมปราสาท ทรงไม่เพ้อเจ้อจรดลดด้วยพระบาทสมเด็จพระราชดำเนินไปป่ามะม่วง ขณะประทับฐานฝ่าพระบาทลงยังพื้นธรณี ปฐพีก็หวั่นไหวทั่วทุกทิศหินสาธเข้าพระมาวันนั้นจึงเสด็จออกเสวยพระโหตรศ ขณะนั้นไม่ครวเลยสรรพ ไม่เสวยเสพยมนาอากาศคายสุริยเมฆมาจันทรปรายต์กับดาราฤกษ์ ทั้งปวงยิ่งกว่าทุกวันนี้ด้วยฉะนั้น จึงเสด็จบรรพชาเป็นภิกษุในระหว่างพัทธสิมานัน ขณะนั้นนาคราชตนหนึ่งอยู่โดยบูรพทิศ เมืองสุโขทัยนั้น ยกพังพานขึ้นสูงพันคนแปรรดาไปเลาะป่ามะม่วงนั้น เห็นรอยผลุดปลั่งกลางอากาศลงต่อแผ่นดินอนึ่งเวลานั้นได้ยินเสียงระฆังดนตรีดุริยางค์ ไพเราะ ไกล่ไสตสของชนเป็นอันมาก จะพรรณานับมิได้ แต่บรรดามหาชนที่มาสโมสรสนับนิตในสถานที่นั้น ขอมเห็นการอัศจรรย์ประจักษ์ทุกคน เหตุด้วย | “คำแปลหลักศิลาเมืองสุโขทัยทั้ง 2 ซึ่งจารึกเป็นอักษรขอมโบราณ ประชุมพงศาวดาร เล่ม 1 องค์การค้าของคุรุสภา : พระนคร, 2521. หน้า 180. |

| ปี                                  | วัน                                                        | เวลา | ตำแหน่งที่เกิด |                      |                          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | เอกสารอ้างอิง                                                                                                 |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|------|----------------|----------------------|--------------------------|------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     |                                                            |      | สถานที่        | ละติจูด<br>องศาเหนือ | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| พ.ศ. 2068<br>(ศักราช 887 ระกาศก)    | สมัยสมเด็จพระ<br>รามาธิบดีที่ 2                            |      | หลายเมือง      |                      |                          |      |            | <p>เสด็จออกทรงบำเพ็ญพระบารมี เมื่อทำอภัยทานดิถีศีล เมื่อฤดูคิมหันต์ไม่มีฝน ด้วยอำนาจศีลและความอริยฐานพระบารมีด้วย ปถวิกิจประวัติกับปนาทหวาดหัวน้ำเหว เพทธาราวิรุณหกกัตกลงมาในฤดูแล้ง แสดงอัศจรรย์สรเสรีอุในการสร้างพระบารมี</p> <p>น่านน้อยข้าวนี้อยู่สิ้นทั้งปวง อนึ่งแผ่นดินไหวนทุกเมือง แล้วและเกิดอุบาทว์หลายประการ ครั้นรุ่งขึ้นศักราช 888 จยศก (พ.ศ. 2069) ข้าพแพงเป็น 3 พนาณ ต่อเพื่อเบียดเปรี้ยว เกียบหนึ่งเป็นเงินชั่งหกตำลึง</p> | “พระราชพงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐอักษรนิติ์” ประชุมพงศาวดารเล่ม 1 องค์การคำของคุรุสภา : พระนคร, 2512. หน้า 141. |
| พ.ศ. 2089<br>(ศักราช 908 มะเมียศก)  | สมัยสมเด็จพระ<br>ยอดฟ้า เดือน 6                            |      | อยุธยา         |                      |                          |      |            | สมเด็จพระไชยราชาธิราชเจ้าหนาทานจึงสมเด็จพระเจ้ายอดฟ้า พระราชกุมารท่านเสวยราชสมบัติพระนครศรีอยุธยาในปีนั้นแผ่นดินไหว                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | “พระราชพงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐอักษรนิติ์” ประชุมพงศาวดารเล่ม 1 องค์การคำของคุรุสภา : พระนคร, 2512. หน้า 143. |
| พ.ศ. 2103<br>(ปีเถาะ จุลศักราช 922) | สมัยเจ้าพระยา<br>หน่อคำเสด็จรัช<br>สงครามเป็นเจ้า<br>เมือง |      | น่าน           |                      |                          |      |            | อนึ่ง ด้วยเจ็ดหลวงท้าวอ้ายยามสร้าง นัน สูง 17 วา กว้าง 10 วา นับที่เป็นที่ที่ทุกฝั่ง ดันด้านคือบัลลังก์ด้านเหนือมนเเล พระยาหมอบอกคำเสด็จรัชสงคราม ได้เป็นเจ้าแสวงเมืองน่านแล้วท่านก็พร้อมกันด้วยพระสังฆเจ้าทั้งหลาย                                                                                                                                                                                                                        | “พงศาวดารเมืองน่าน” ประชุมพงศาวดารเล่ม 1 องค์การคำของคุรุสภา : พระนคร, 2506. หน้า 317.                        |

| ปี                                | วัน เวลา                                                        | ตำแหน่งที่เกิด        |                      |                          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                         | เอกสารอ้างอิง                                                                                                        |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |                                                                 | สถานที่               | ละติจูด<br>องศาเหนือ | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                                                    |                                                                                                                      |
| พ.ศ. 2111<br>(สุโขทัย 930 ปี)     | วันอังคาร เดือน 7<br>ขึ้น 9 ค่ำ                                 | เมืองย่างกุ้ง<br>พม่า |                      |                          |      |            | หมายถึงมหาสารคาม เจ้ากัลยาไน วัศศิริ<br>บุญเรืองเป็นเต้าและชาวบ้านชาวเมืองทั้ง<br>มวลพากันรื้อสร้างสร้างซ่อมก่อนก่อ<br>บัลลังก์ หือตั้งบมดังเก่า                   | “พงศาวดารมอญพม่า” ประชุม<br>พงศาวดาร เล่ม 2 องค์การคำคุณุสกา :<br>พระนคร, 2506. หน้า 44.                             |
| พ.ศ. 2127<br>(สุโขทัย 946 วรรคคก) | วันพุธ เดือน 5<br>แรม 9 ค่ำ (สมัย<br>สมเด็จพระ<br>นเรศวรมหาราช) | เมืองกำแพง<br>เพชร    |                      |                          |      |            | บังเกิดแผ่นดินไหว พระเจดีย์เมืองร้าง<br>กึ่งทะเลสาบมาเพียงชั้นกลาง พระเจ้าหง<br>สาวดีจึงตรัสสั่งให้ขุนนางผู้ใหญ่เป็นนาย<br>การกะเกณฑ์กันทำให้ปกติตั้งเก่า          | “พระราชพงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐ<br>อักษรบริดี” ประชุมพงศาวดารเล่ม 1<br>องค์การคำคุณุสกา : พระนคร, 2506.<br>หน้า 152. |
| พ.ศ. 2131<br>(สุโขทัย 950 วรรคคก) | วันจันทร์ เดือน 12<br>แรม 8 ค่ำ                                 | อยุธยา                |                      |                          |      |            | เสด็จออกตั้งทัพขับขับลัดขุม ท้าย<br>เมืองกำแพงเพชร ในวันนั้นแผ่นดิน<br>ไหวแล้วจึงยกทัพหลวงเสด็จไปตั้งเมือง<br>แครง แล้วจึงทัพหลวงเสด็จกลับคืนมา<br>พระนครศรีอยุธยา | “พระราชพงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐ<br>อักษรบริดี” ประชุมพงศาวดารเล่ม 1<br>องค์การคำคุณุสกา : พระนคร, 2506.<br>หน้า 152. |
| พ.ศ. 2132<br>(สุโขทัย 951 วรรคคก) | วันเสาร์ เดือน 2<br>แรม 7 ค่ำ                                   | อยุธยา                |                      |                          |      |            | แผ่นดินไหว                                                                                                                                                         | “พระราชพงศาวดารฉบับหลวงประเสริฐ<br>อักษรบริดี” ประชุมพงศาวดารเล่ม 1<br>องค์การคำคุณุสกา : พระนคร, 2506.<br>หน้า 152. |

| ปี                                            | วัน                                                      | เวลา | ตำแหน่งที่เกิด        |                      |                          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                   | เอกสารอ้างอิง                                                                                        |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------|-----------------------|----------------------|--------------------------|------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               |                                                          |      | สถานที่               | ละติจูด<br>องศาเหนือ | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                              |                                                                                                      |
| พ.ศ. 2172<br>(ศักราช 991)                     | วันเสาร์ เดือน 3<br>แรม 6 ค่ำ เพลาค่ำ<br>แล้วนาคิกาหนึ่ง |      | เมืองย่างกุ้ง<br>พม่า |                      |                          |      |            | เกิดอิศขรย์แผ่นดินไหว จัทรยศพระเจดีย์ร้างทุ่งหกดกลลงในทิศอาคนะย์ (ตะวันออกเฉียงใต้) ภายหลังพระเจ้าแผ่นดินนั้น ได้ยกขึ้น ได้เป็นปกติดังกล่าว  | “พงศาวดารมอญพม่า” ประชุมพงศาวดาร เล่ม 2 องค์การค้าของคุรุสภา : พระนคร, 2506. หน้า 51.                |
| พ.ศ. 2247<br>(ศักราช 1066 ปีวอก<br>ฉศก)       | เดือน 10<br>ขึ้น 10 ค่ำ                                  |      | เชียงแสน              |                      |                          |      |            | ฝนตกหนักภูเขาพัง และยอดเจดีย์หักพังหลายแห่ง                                                                                                  | “พงศาวดารตอนเขียนใหม่ขึ้นพม่า” ประชุมพงศาวดาร เล่ม 3. พระนคร : องค์การค้าของคุรุสภา, 2506. หน้า 268. |
| พ.ศ. 2258<br>(ศักราช 1077 ปีมะเมีย<br>สัปตศก) | เดือน 7 ขึ้น 6 ค่ำ<br>ยามใกล้รุ่ง                        |      | เชียงแสน              |                      |                          |      |            | แผ่นดินไหวหนัก พระเจดีย์วิหารหักพังหลาย 4 ตำบล แผ่นดินไหวอยู่ในเดือนนั้นหึ่งเดือน ครั้นต่อมาถึงเดือน 9 แรม 4 ค่ำ แผ่นดินไหวหนักอีกครั้งหนึ่ง | “พงศาวดารตอนเขียนใหม่ขึ้นพม่า” ประชุมพงศาวดาร เล่ม 3. พระนคร : องค์การค้าของคุรุสภา, 2506. หน้า 269. |
| พ.ศ. 2260<br>(ศักราช 1079 ปีระกานพศก)         | -                                                        |      | เชียงแสน              |                      |                          |      |            | น้ำแม่โขงนองหนักท่วมเมืองเชียงแสนลึก 3 ศอก วัดต้นตอ วัดต้นแก้ว วัดบุญขึ้น วัดพระบาท ขุมจอมลงทั้ง 4 วัด                                       | “พงศาวดารตอนเขียนใหม่ขึ้นพม่า” ประชุมพงศาวดาร เล่ม 3. พระนคร : องค์การค้าของคุรุสภา, 2506. หน้า 269. |
| พ.ศ. 2300<br>(ศักราช 1119)                    | วันศุกร์ เดือน 9<br>แรม 5 ค่ำ                            |      | เมืองหงสาวดี          |                      |                          |      |            | เกิดแผ่นดินไหว จัทรยศพระเจดีย์มูตาในเมืองหงสาวดีหักลงมา องค์พระเจดีย์บนทลายลงมาเพียงครึ่งหนึ่ง                                               | “พงศาวดารมอญพม่า” ประชุมพงศาวดาร เล่ม 2. พระนคร : องค์การค้าของคุรุสภา, 2506. หน้า 115.              |
| พ.ศ. 2335<br>(ปีชวด ศักราช 1154)              | -                                                        |      | เมืองหลวง<br>พระบาง   |                      |                          |      |            | อนึ่งเทพารักษ์ภูเขาพรางก็ปลุกธงแดงขึ้นบนยอดเขา ให้ปรากฏแต่ตาคนทั้งหลาย อนึ่งพระยานาคสองหัวออกมาว่ายน้ำโขงแข่งกันอยู่หน้าเมืองถึง 7 วัน       | “พงศาวดารเมืองหลวงพระบาง” ประชุมพงศาวดารคุรุสภา, 2507. หน้า 213-219.                                 |

| ปี                                                | วัน เวลา                                      | ตำแหน่งที่เกิด                                   |                      |                          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | เอกสารอ้างอิง                                                                                               |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   |                                               | สถานที่                                          | ละติจูด<br>องศาเหนือ | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                             |
| พ.ศ. 2336<br>(จุลศักราช 1155 ตัวยี่กา<br>เป้า)    | วันพฤหัสบดี<br>เดือน 9 ขึ้น 11 ค่ำ<br>ยามรุ่ง | บ้าน                                             |                      |                          |      |            | อนึ่ง พอเวลาจะย่ำค่ำปีศาจไม่มีศีรษะ<br>ออกมากรรือร้นน้ำใจ ทำได้ขึ้นหน้า<br>เมืองหลายวัน อนึ่งน้ำในแม่น้ำโขงพุ่ง<br>ขึ้นแต่ศีรษะเมืองตลอดลงไปจนท้าย<br>เมือง ดังเหมือนเสียงปืนใหญ่ อาศ<br>บอกเหตุบอกกลางดงนี้ จึงเรียกกรุงศรี<br>สัตนาคณหุตล้านช้าง ร่มเขาหลวงพระ<br>บางให้แก่มืองเวียงจันทร์<br><br>เมื่อคืนนั้น ไม่หาจำลองอันเป็นมูเจ้า<br>หงอันสำหรับหมากบุญเพียงแต่แห่ง<br>แต่เมื่อพระสัพพัญญูมาอุปมาไว้เกิดธาตุ<br>นั้น อันพระมหาอันตรเจ้าธาตุพระ<br>พุทธเจ้ามาหอยนั้น ก็หักโค่นแต่ลำลง<br>มาพาเดินมหาธาตุตั้งแต่หัวอ่าวลงมา<br>จับกายสามก็แตกบางไปสามกายลงมา<br>จับแท่นสี่เล่มตั้งปากันหลวง ก็ปลดพัง<br>ลงมาจับแท่นบัลลังก์หลวงตั้งธรณีอัน<br>ถ้วนต้นก็แตกพังลงแล อนึ่งวิหารน้อยที่<br>สถิตสำหรับ พระเจ้าทันใจ ห้องหน้าก็ลง<br>ฟ้าดีได้ก็โค่น ด้านคฤหังไปเสียเท่า<br>วันไว้ที่พระเจ้าอยู่หัวนั้นแล<br><br>แผ่นดินที่รื้อองค์รางสนั่นวันไหวมาก<br>นัก แล้วหีบใส่ยอดพระธาตุเจ้าภูเพียง<br>แซ่แห่งนั้นก็พอสะเด็นตกลงมา ยอด<br>พระธาตุเจ้าสุเทพเพ็ชรไผ่ และ | “พงศาวดารเมืองน่าน”<br>ประชุมพงศาวดาร เล่ม 10. พระนคร :<br>องค์การการค้าของจุฬาลงกรณ์, 2507.<br>หน้า 28-29. |
| พ.ศ. 2344<br>(จุลศักราช 1163 ตัวยี่<br>สว่างเล็ก) | เดือนยี่ ขึ้น 10 ค่ำ<br>ยามมืดมืด             | บ้าน, เชียงใหม่,<br>ลำพูน, ลำปาง,<br>แพร่, พะเยา |                      |                          |      |            | “พงศาวดารเมืองน่าน”<br>ประชุมพงศาวดาร เล่ม 10. พระนคร :<br>องค์การการค้าของจุฬาลงกรณ์, 2507. หน้า 35.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                             |

| ปี                                         | วัน | เวลา | ตำแหน่งที่เกิด |                      |                          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | เอกสารอ้างอิง                                                                                                |
|--------------------------------------------|-----|------|----------------|----------------------|--------------------------|------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            |     |      | สถานที่        | ละติจูด<br>องศาเหนือ | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                              |
| พ.ศ. 2363<br>(จุลศักราช 1182<br>ตัวปีกดสี) |     |      | น่าน           |                      |                          |      |            | <p>ยอดพระฤๅษีเจ้าพูน และยอดพระธาตุเจ้า ลำปางนคร แลวยอดพระธาตุเร้าชัยแด่ เมืองแพร่และชื่อพระวิหารหลวงเมืองพะเยา ที่พระเจ้าตนหลวงอยู่ที่นี่ก็ สะดุดตาคงได้เดียวกันในขณะเสวยแล ในเดือนเดือนนี้ ยอดแรม 14 ค่ำ ก็เข้า ไหว้แถมที่หนึ่ง เจริญเดือน 3 ท่านลูกเวียงสาขึ้นมานิมิตต์ พระแถมที่ได้จักแห่ง แดกนั้น ท่านก็หยุดยา ช่อมแซมเสียหอดีแล้ว ท่านก็คืนลงไปเวียงสา</p>                                                                                                                                                                           | “พงศาวดารเมืองน่าน”<br>ประชุมพงศาวดาร เล่ม 10. พระนคร : องค์การการค้าของกรุงสุทสา, 2507. หน้า 57.            |
|                                            |     |      | หลวงพระบาง     |                      |                          |      |            | <p>แผ่นดินไหววันนั้น ยอดมหาธาตุเจ้า ภูเวียงแช่แห้ง ก็หักลงห้อยอยู่แล้ว</p> <p>อนึ่งหินผาแห่งใหญ่ ประมาณ 4 อังค สูง ประมาณ 5 ศอกเศษ เคลื่อนออกจากที่ ตกลงน้ำไป อนึ่งหินศิลาอยู่กลางไร่ พวกบ้านปากหลั่งใหญ่ประมาณ 3 อังค สูงประมาณ 3 ศอกเศษ ราษฎรปลักข้าว ล้อมไว้ หินศิลาถูกนบั้งเอิญให้เลื่อนลง มาอยู่นอกไร่ แต่ต้นข้าวที่จมไว้นั้นหา เป็นอันตรายไม่ อนึ่งครกตำข้าวอยู่บ้าน ช้างฆ้องถูกหนึ่งอยู่ข้างบน ลูกหนึ่งอยู่ข้างล่าง ลูกที่อยู่ข้างล่างกลิ้งขึ้นไปโดน เอาจุกที่อยู่ข้างบนกลิ้งลงมา เพพเจ้า อาเภทำให้เห็นประหลาดเป็นนิมิตดังนี้ๆ</p> | “พงศาวดารเมืองหลวงพระบาง”<br>ประชุมพงศาวดาร เล่ม 10. พระนคร : องค์การการค้าของกรุงสุทสา, 2507. หน้า 224-225. |

| ปี                                            | วัน                 | เวลา | ตำแหน่งที่เกิด |                      |                          | ขนาด | ความรุนแรง | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | เอกสารอ้างอิง                                                                                                |
|-----------------------------------------------|---------------------|------|----------------|----------------------|--------------------------|------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               |                     |      | สถานที่        | ละติจูด<br>องศาเหนือ | ลองจิจูด<br>องศาตะวันออก |      |            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                              |
| พ.ศ. 2382<br>(จุลศักราช 1201 ปีถุน)           |                     |      | กรุงเทพฯ       |                      |                          |      |            | แผ่นดินไหว 3 ครั้ง ถัดกันในแม่น้ำลำคลองกระฉ่อน ต้นเดิมไหวในเมืองพม่า                                                                                                                                                                                                                                                         | “จดหมายเหตุของหมอบรัดเล”<br>ประชุมพงศาวดาร เล่ม 10. พระนคร :<br>องค์การการค้าของกรุงสุโขทัย, 2507. หน้า 296. |
| พ.ศ. 2422<br>(จุลศักราช 1241<br>ตัวปีกัฒเม้า) | เดือนยี่ ขึ้น 8 ค่ำ |      | น่าน           |                      |                          |      |            | ถึง ๗ วันเดือนยี่ ขึ้น 8 ค่ำนั้น ท่านก็กระทำพุทธานุญช์ ๖ กัณฑ์ ตลอดทั้งธรรม กระทำบุญหื้อทาน ตั้งแต่วันนั้นไป ครบถึง เดือนยี่ ลงค่ำ 1 จึงเป็นเลิกบริบวรณ์นั้นแล ท่านฉลองทานธรรมในครั้งนั้น แผ่นดินไหว ในวันเดือนยี่ ขึ้น 8 ค่ำ นั้นแล ไหวลูกหน่นือมาก่อนแล ท่านหื้อทานในครั้งนั้นก็เป็นมหาพวยอันหนึ่งแล เป็นครั้งจันวัน 5 แลฯ | “ พงศาวดารเมืองน่าน”<br>ประชุมพงศาวดารเล่ม 10 พระนคร<br>องค์การการค้ากรุงสุโขทัย, 2507. หน้า 104-105.        |

ภาคผนวก ข

เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีผลกระทบต่อประเทศไทย

| วัน เดือน ปี                                       | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                                               |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 624 ปี ก่อน ค.ศ.<br>วันพฤหัสบดี เดือน 10           | โยนก                           | VI MM               | ยามรุ่งแจ้ง แผ่นดินไหว พำร้อง                                                                                 |
| 623 ปี ก่อน ค.ศ.<br>วันศุกร์ เดือน 8               | โยนก                           | VI MM               | แผ่นดินไหว พำร้อง ฝนตก                                                                                        |
| 594 ปี ก่อน ค.ศ.<br>วันจันทร์ เดือน 10             | โยนก                           | VI MM               | ยามค่อนข้าง แผ่นดินไหว พำร้อง                                                                                 |
| 589 ปี ก่อน ค.ศ.<br>ขึ้น 14 ค่ำ เดือน 8            | โยนก                           | VI MM               | ยามเช้า แผ่นดินไหว พำร้อง                                                                                     |
| พ.ศ. 1003<br>วันเสาร์ เดือน 7<br>แรม 7 ค่ำ กลางคืน | โยนก                           | XII MM              | แผ่นดินไหวสนั่นหวั่นไหว ครั้งหนึ่งก็หายไป<br>ถึงสามหน ทำให้โยนกนครยุบจมลงเกิดเป็น<br>หนองน้ำใหญ่ (กว๊านพะเยา) |
| พ.ศ. 1077<br>ขึ้น 8 ค่ำ เดือน 7                    | โยนก                           | VIII MM             | ยามเช้า แผ่นดินไหว ยอดเจดีย์หัก 4 แห่ง                                                                        |
| พ.ศ. 1905<br>แรม 8 ค่ำ เดือน 12                    | สุโขทัย                        | VI MM               | แผ่นดินไหว มีเสียงดัง                                                                                         |
| พ.ศ. 1909<br>แรม 8 ค่ำ เดือน 11                    | สุโขทัย                        | V MM                | แผ่นดินไหวทั่วทุกทิศ                                                                                          |
| พ.ศ. 2025                                          | เชียงใหม่                      | VI MM               | แผ่นดินไหวตอนเช้า มีเสียงดัง                                                                                  |
| พ.ศ. 2048                                          | อยุธยา                         | VI MM               | แผ่นดินไหว                                                                                                    |

| วัน เดือน ปี                       | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                             |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------------|
| พ.ศ. 2070                          | อยุธยา                         | VI MM               | แผ่นดินไหว                                  |
| พ.ศ. 2088                          | เชียงใหม่                      | VII MM              | ยอดเจดีย์หลวงสูง 86 ม. หักพังลงมาเหลือ 60 : |
| พ.ศ. 2089                          | อยุธยา                         | VI MM               | แผ่นดินไหว                                  |
| พ.ศ. 2127<br>แรม 9 ค่ำ เดือน 5     | อยุธยา                         | VI MM               | แผ่นดินไหว                                  |
| พ.ศ. 2131<br>แรม 8 ค่ำ เดือน 12    | อยุธยา                         | VI MM               | แผ่นดินไหว                                  |
| พ.ศ. 2228                          | อยุธยา                         | V MM                | แผ่นดินไหวเวลากลางคืน                       |
| พ.ศ. 2232                          | อยุธยา                         | VI MM               | แผ่นดินไหวเวลากลางคืน                       |
| พ.ศ. 2258<br>ขึ้น 6 ค่ำ เดือน 7    | เชียงใหม่                      | VII MM              | แผ่นดินไหว วัดและเจดีย์ 4 ตำบลถูกทำลาย      |
| พ.ศ. 2258<br>แรม 4 ค่ำ เดือน 9     | เชียงใหม่                      | VI MM               | แผ่นดินไหวซ้ำ                               |
| พ.ศ. 2311<br>แรม 4 ค่ำ เดือน อ้าย  | กรุงเทพฯ                       | VI MM               | แผ่นดินไหว                                  |
| พ.ศ. 2312<br>ขึ้น 2 ค่ำ เดือน 5    | กรุงเทพฯ                       | V MM                | แผ่นดินไหวประมาณสองยามแต่น้อยกว่าครั้งก่อน  |
| พ.ศ. 2317<br>ขึ้น 12 ค่ำ เดือน ยี่ | เชียงใหม่                      | V MM                | แผ่นดินไหวสามยามเศษ                         |

| วัน เดือน ปี                      | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| พ.ศ. 2342<br>ขึ้น 14 ค่ำ เดือน 8  | กรุงเทพฯ                       | V MM                | แผ่นดินไหวค่อนข้างรุนแรง                                                                                                                                                                                                             |
| พ.ศ. 2342<br>ขึ้น 10 ค่ำ เดือน 12 | กรุงเทพฯ                       | V MM                | แผ่นดินไหวเวลาสองทุ่มเศษอีกครั้ง                                                                                                                                                                                                     |
| พ.ศ. 2375<br>ขึ้น 7 ค่ำ เดือน 3   | กรุงเทพฯ                       | V MM                | แผ่นดินไหวเวลาทุ่มเศษ                                                                                                                                                                                                                |
| พ.ศ. 2376<br>ขึ้น 10 ค่ำ เดือน 12 | กรุงเทพฯ                       | V MM                | แผ่นดินไหวเวลาสองยามเศษ                                                                                                                                                                                                              |
| พ.ศ. 2376<br>ขึ้น 13 ค่ำ เดือน 1  | กรุงเทพฯ                       | VI MM               | แผ่นดินไหวเวลาสองทุ่มเศษ                                                                                                                                                                                                             |
| พ.ศ. 2378<br>ขึ้น 3 ค่ำ เดือน 10  | กรุงเทพฯ                       | V MM                | แผ่นดินไหวแม่น้ำกระชอก ประมาณยามเศษ                                                                                                                                                                                                  |
| พ.ศ. 2382<br>ขึ้น 7 ค่ำ เดือน 5   | กรุงเทพฯ                       | VII MM              | แผ่นดินไหวคนตกใจว่าทุกครั้ง เวลาสามยาม<br>ผู้ที่อยู่ทั้งบนเรือนและแพ้รู้สึกแผ่นดินไหว คนตื่น<br>ตกใจทั้งแผ่นดิน น้ำในแม่น้ำกระชอก มีแผ่นดิน<br>แยกที่พม่า ที่กรุงเทพฯ ไหวไปทั่วลำน้ำบางปะก<br>ฝั่งตะวันตก ส่วนฝั่งตะวันออกไม่รู้สึกร |
| พ.ศ. 2384<br>ขึ้น 14 ค่ำ 9.00 น   | กรุงเทพฯ                       | V MM                | แผ่นดินไหว                                                                                                                                                                                                                           |
| พ.ศ. 2403<br>ขึ้น 17 ค่ำ เดือน 4  | กรุงเทพฯ<br>19.16 น.           | V MM                | แผ่นดินไหว โคมแกว่ง                                                                                                                                                                                                                  |

| วัน เดือน ปี                      | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| พ.ศ. 2417<br>ขึ้น 3 ค่ำ เดือน 3   | กรุงเทพฯ                       | V MM                | แผ่นดินไหว                                                                                                                                                                                                                                                     |
| พ.ศ. 2429<br>ขึ้น 14 ค่ำ เดือน 2  | กรุงเทพฯ<br>17.32 น.           | VI MM               | แผ่นดินไหว หลังคาสัน โคมและสิ่งของแกว่ง                                                                                                                                                                                                                        |
| พ.ศ. 2429<br>ขึ้น 15 ค่ำ เดือน 12 | กรุงเทพฯ<br>11.06 น.           | VI MM               | แผ่นดินไหวจนเรือโยก                                                                                                                                                                                                                                            |
| พ.ศ. 2430<br>ขึ้น 15 ค่ำ เดือน 12 | กรุงเทพฯ<br>13.35 น.           | V MM                | แผ่นดินไหว                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 23 พ.ศ. 2455<br>09 24 06 น.       | พม่า<br>21.0 97.0              | 7.9                 | รู้สึกได้ที่กรุงเทพฯ ประมาณ 3-4 วินาที                                                                                                                                                                                                                         |
| 24 พ.ศ. 2455                      | เชียงราย                       | V MM                | รู้สึกได้ที่เชียงรายในตอนเช้า                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5 พ.ศ. 2473<br>20 45 58 น.        | พม่า (Pegu)<br>17.3 96.5       | 7.3<br>IX MM        | รู้สึกได้ในภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทย รวมถึงกรุงเทพฯ อยุธยา จันทบุรี พิษณุโลก ราชบุรี นครชัยศรี และปราจีนบุรี                                                                                                                                              |
| 4 ธ.ศ. 2473<br>01 51 51 น.        | พม่า<br>18.2 96.4              | 7.3                 | รู้สึกได้ที่กรุงเทพฯ เวลาประมาณตี 2 ของวันที่ 4 ธ.ศ. ในจังหวัดภาคตะวันตกเฉียงเหนือ รู้สึกได้ 3 ครั้ง เมื่อเวลา 23.30 น. 24.00 น. และ 01.50 น. ครั้งแรกและครั้งที่สองนาน 1 นาที ครั้งที่สามนาน 3 นาที นอกจากนั้นยังรู้สึกได้ในภาคเหนือ ภาคกลาง รวมถึงปราจีนบุรี |

| วัน เดือน ปี                | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                                        |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 พ.ค. 2476<br>08 12 28    | สุมาตราตอนบน<br>7.0 96.5       | 6.5                 | รู้สึกได้ที่จังหวัดสุราษฎร์ฯ พังงา นานประมาณ<br>30 วินาที และเวลา 08.32 น. รู้สึกได้ที่<br>จังหวัดตรัง |
| 23 ก.ย. 2476                | อ.แม่สอด จ.ตาก                 | -                   | เวลาประมาณตีสอง รู้สึกได้ที่ อ.แม่สอด จ.ตาก<br>นานประมาณ 1 นาที                                        |
| 21 มี.ค. 2502               | กาญจนบุรี                      | -                   | เวลาประมาณ 14.00 น. แผ่นดินไหวพายุฟ้าคะ<br>นามีเสียงดัง แผ่นดินแยกที่กาญจนบุรี                         |
| 22 ก.ย. 2508<br>11 24 43.4  | พม่า<br>20.75 99.26            | 5.3 Mb              | รู้สึกได้ที่ อ.ปาง ถึง จ.เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน<br>เชียงราย ลำปาง และลำพูน                               |
| 14 ก.พ. 2510<br>08 36 04.7  | อันดามัน<br>13.7 96.5          | 5.6 Mb              | รู้สึกได้ถึงกรุงเทพฯ                                                                                   |
| 12 เม.ย. 2510<br>11 51 41.8 | สุมาตราตอนบน<br>5.16 96.31     | 6.1 Mb              | รู้สึกได้ที่ จ.สตูล ภูเก็ต และสงขลา                                                                    |
| 28 เม.ย. 2514<br>22 32 00.9 | พม่า-จีน<br>22.98 101.02       | 5.6 Mb              | รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่                                                                               |
| 17 ก.พ. 2518<br>10 38 19.8  | พม่า-ไทย<br>17.638 97.902      | 5.6 Mb              | รู้สึกได้ทั้งภาคเหนือและภาคกลาง รวมถึง<br>กรุงเทพฯ มีความเสียหายเล็กน้อย                               |
| 13 ก.ย. 2518<br>06 07 44.3  | พม่า<br>20.761 99.139          | 4.0 Mb              | รู้สึกได้ที่ จ.เชียงราย                                                                                |
| 29 ก.ย. 2518<br>20 42 47.1  | พม่า<br>18.297 96.367          | 5.1 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ลำปางนาน 2 วินาที สายไฟฟ้า<br>แกว่ง รู้สึกสั่นไหวที่อาคารกรุงเทพประกันภัย ชั้น         |

| วัน เดือน ปี                | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก       | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                            |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 26 พ.ค. 2521<br>06 22 29.1  | อ.พร้าว จ.เชียงใหม่<br>19.279 99.066 | 4.8 Mb              | เสียหายเล็กน้อยที่ อ.พร้าว รู้สึกสั่นไหวนาน<br>15 วินาที ที่ จ.เชียงราย เชียงใหม่ และลำปาง |
| 27 พ.ค. 2521<br>14 05 21.8  | อ.พร้าว จ.เชียงใหม่<br>19.51 99.63   | 3.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.พร้าว 3 ครั้ง เมื่อเวลา<br>14.05, 14.16 และ 15.03 น.                    |
| 30 พ.ค. 2521<br>05 26 23.0  | อ.พร้าว จ.เชียงใหม่<br>19.24 99.07   | 3.4 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.พร้าว                                                                   |
| 18 มิ.ย. 2521<br>23 44 26.0 | อ.พร้าว จ.เชียงใหม่<br>19.2 99.2     | 1.6 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.พร้าว                                                                   |
| 21 มิ.ย. 2521<br>04 05 31.4 | อ.พร้าว จ.เชียงใหม่<br>19.38 99.21   | 3.1 3.2 MI          | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.พร้าว 2 ครั้ง เมื่อเวลา<br>03.45 และ 04.05 น.                           |
| 24 มิ.ย. 2521<br>02 59 02.2 | พม่า<br>20.98 99.53                  | 3.7 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมืองแสน และ อ.แม่สาย<br>จ.เชียงราย นานประมาณ 3-5 วินาที                |
| 29 มิ.ย. 2521<br>00 42 27.0 | พม่า<br>21.0 99.6                    | 3.9 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เชียงแสน อ.แม่สาย<br>จ.เชียงราย                                         |
| 24 ก.ค. 2521<br>04 34 37.1  | ตาก<br>17.19 99.30                   | 4.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.สามเงา อ.อุ้มผาง และ<br>อ.แม่สอด จ.ตาก                                  |
| 2 ส.ค. 2521<br>14 45 52.0   | ลาว<br>20.5 100.7                    | 5.1 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เชียงของ จ.เชียงราย                                                     |
| 1 ก.ย. 2521<br>11 55 16.8   | ลาว<br>20.44 100.62                  | 4.9 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงราย นาน 2-3 วินาที                                                 |

| วัน เดือน ปี                | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 22 ม.ค. 2522<br>14 34 58.8  | ลาว<br>20.344 100.745          | 4.5 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงราย                                                    |
| 26 ก.พ. 2522<br>01 53 50.5  | พม่า-ไทย<br>18.0 97.5          | 4.2 MI              | แผ่นดินไหว                                                                     |
| 18 มี.ค. 2522<br>13 41 0.0  | ไทย-ลาว<br>20.9 102.0          | 4.5 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงราย                                                    |
| 10 ก.พ. 2523<br>09 17 52    | เชียงใหม่<br>19.35 99.23       | 4.2 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่ นาน 5 วินาที                                      |
| 10 ก.ย. 2523<br>09 21 00.5  | เชียงใหม่<br>18.87 99.25       | 3.6 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่ นาน 2-3 วินาที                                    |
| 22 ธ.ค. 2523<br>14 55 50.7  | แพร่<br>18.03 100.09           | 4.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.แพร่                                                        |
| 23 ธ.ค. 2523<br>07 55 46.4  | แพร่<br>18.12 99.92            | 3.7 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.แพร่                                                        |
| 20 มิ.ย. 2525<br>20 20 40.1 | เชียงใหม่<br>18.92 99.18       | 4.3 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน<br>และลำปาง มีเสียงดังคล้ายฟ้าร้อง |
| 4 เม.ย. 2526<br>09 51 34.3  | สุมาตราตอนบน<br>5.723 94.722   | 6.6 Mb              | รู้สึกสั่นไหวบนชั้น 22 ของตึกโชคชัย                                            |
| 15 เม.ย. 2526<br>16 23 58.8 | กาญจนบุรี<br>14.908 99.087     | 5.5 Mb              | รู้สึกแผ่นดินไหวชัดเจนใน กทม.                                                  |

| วัน เดือน ปี                              | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก          | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22 เม.ย. 2526<br>07 37 37.0<br>10 21 40.5 | กาญจนบุรี<br>14.93 99.0<br>14.93 99.076 | 5.9 Mb 5.2 Mb       | รู้สึกแผ่นดินไหวตลอดภาคกลาง และภาคเหนือ<br>หลายคนตื่นตระหนก เสียหายเล็กน้อยแก่อาคาร<br>ใน กทม. รู้สึกสั่นไหว 2 ครั้ง เมื่อเวลา<br>07.37 และ 10.21 น. |
| 24 มิ.ย. 2526<br>14 15 22.1               | จีน-เวียดนาม<br>21.71 103.28            | 6.1 Mb              | รู้สึกสั่นไหวบนอาคารสูงใน กทม.                                                                                                                       |
| 18 ก.ค. 2526<br>00 48 10.3                | กาญจนบุรี<br>15.205 99.021              | 4.7 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี                                                                                                                |
| 30 ส.ค. 2526<br>05 09 57.2                | กาญจนบุรี<br>14.919 99.15               | 4.2 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.กาญจนบุรี                                                                                                                         |
| 24 เม.ย. 2527<br>05 29 58.3               | พม่า-จีน<br>22.044 99.147               | 5.9 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงราย                                                                                                                          |
| 29 พ.ค. 2527<br>11 36 09.0                | สุมาตราตอนบน<br>3.565 97.138            | 5.8 Mb              | รู้สึกได้ที่ชั้น 11 ของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์                                                                                                        |
| 25 มี.ค. 2528<br>18 56 30.5               | อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี<br>14.88 98.69  | 3.5 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่เขื่อนเขาแหลม                                                                                                                        |
| 15 ก.ค. 2528<br>17 38 50.1                | พม่า<br>19.238 97.308                   | 5.0 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่                                                                                                                         |
| 18 ต.ค. 2528<br>15 37 44.3                | ลาว<br>18.305 104.788                   | 4.7 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.นครพนม สกลนคร                                                                                                                     |

| วัน เดือน ปี               | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                              |
|----------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|
| 25 ธ.ค. 2528<br>06 04 08.0 | พม่า<br>18.413 97.296          | 4.2 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน                   |
| 18 ก.ย. 2529<br>02 57 15.7 | พม่า<br>20.160 97.975          | 4.4 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่                                 |
| 30 ม.ค. 2530<br>05 09 02.9 | เชียงราย<br>18.98 98.96        | 3.8 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่                                 |
| 19 ก.พ. 2531<br>01 38 42.3 | เชียงใหม่<br>18.869 99.168     | 4.2 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่                                 |
| 25 ก.ค. 2531<br>04 51 35.0 | พะเยา<br>19.08 100.05          | 4.2 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่                                 |
| 6 ส.ค. 2531<br>07 36 24.6  | พม่า-อินเดีย<br>25.149 95.127  | 6.8 Mb              | รู้สึกสั่นไหวบนอาคารสูงใน กทม.<br>มีผู้เสียชีวิตในพม่า 3 คน  |
| 6 พ.ย. 2531<br>20 03 19.3  | พม่า-จีน<br>22.789 99.611      | 6.1 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงราย เชียงใหม่ และ<br>อาคารสูงใน กทม. |
| 29 พ.ย. 2531<br>06 59      | กาญจนบุรี<br>15.05 99.8        | 4.5 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ศรีสวัสดิ์ และ อ.ทองผาภูมิ<br>จ.กาญจนบุรี |
| 1 มี.ค. 2532<br>10 25 07.8 | พม่า<br>21.728 97.936          | 5.1 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ภาคเหนือตอนบน                                |
| 8 เม.ย. 2532<br>04 45 18.6 | ลาว<br>20.576 100.586          | 4.6 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงราย                                  |

| วัน เดือน ปี | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                 |
|--------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 20 ส.ค. 2532 | พม่า-ไทย                       |                     | รู้สึกสั่นไหวที่ภาคเหนือตอนบน                                   |
| 11 36 59.0   | 20.263 99.163                  | 4.3 Mb              |                                                                 |
| 11 42 35.8   | 20.273 99.322                  | 4.6 Mb              |                                                                 |
| 27 ส.ค. 2532 | พม่า-ไทย                       | 4.5 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ภาคเหนือตอนบน                                   |
| 22 20 45.7   | 20.357 98.813                  |                     |                                                                 |
| 29 ก.ย. 2532 | พม่า-ไทย                       | 5.4 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ภาคเหนือตอนบน                                   |
| 04 52 17.0   | 20.329 98.822                  |                     |                                                                 |
| 1 ต.ค. 2532  | พม่า-ไทย                       | 5.3 Mb              | รู้สึกสั่นไหวทั่วภาคเหนือตอนบน หลายคนตกใจดี                     |
| 01 19 23.3   | 20.236 98.848                  |                     | เสียหายเล็กน้อยแก่อาคารที่ จ.เชียงใหม่ และ<br>เชียงราย          |
| 29 พ.ย. 2532 | เชียงใหม่                      | 3.5 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมือง อ.สันป่าตอง และ<br>อ.หางดง จ.เชียงใหม่ |
| 08 17        | 18.5 98.9                      |                     |                                                                 |
| 15 ธ.ค. 2532 | กาญจนบุรี                      | 4.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี                       |
| 00 28        | 14.9 99.8                      |                     |                                                                 |
| 9 ม.ค. 2533  | อันดามัน                       | 5.2 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.ระนอง                                        |
| 22 35 49.0   | 11.59 95.02                    |                     |                                                                 |
| 29 พ.ค. 2533 | กาญจนบุรี                      | 4.2 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี                       |
| 18 23        | 14.9 99.8                      |                     |                                                                 |
| 14 ก.ค. 2533 | พม่า-ลาว                       | 4.5 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.แม่สาย จ.เชียงราย                            |
| 10 51 55.8   | 20.53 100.67                   |                     |                                                                 |

| วัน เดือน ปี                | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|
| 21 ก.ค. 2533<br>08 50       | เชียงราย<br>19.8 100.2         | 3.2 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมือง จ.เชียงราย                        |
| 11 ก.ย. 2533<br>16 27       | แพร่<br>18.0 99.8              | 3.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวในรัศมี 20 กม. รอบศูนย์กลาง                   |
| 12 ต.ค. 2533<br>19 27       | เพชรบูรณ์<br>16.9 101.0        | 4.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.หล่มสัก อ.หล่มเก่า<br>จ.เพชรบูรณ์       |
| 23 ต.ค. 2533<br>03 38 53.8  | พม่า-ไทย<br>20.38 97.6         | 4.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน                      |
| 3 พ.ย. 2533<br>21 15        | กาญจนบุรี<br>15.3 98.9         | 4.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี                  |
| 15 พ.ย. 2533<br>09 34 32.4  | สุมาตราตอนเหนือ<br>3.91 97.46  | 6.1 Mb              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.ภูเก็ต จ.สงขลา และ<br>บนอาคารสูงใน กทม. |
| 5 ม.ค. 2534<br>21 57 11.5   | พม่า<br>23.613 95.901          | 6.2 Mb              | รู้สึกสั่นไหวบริเวณภาคเหนือ และบนอาคาร<br>สูงใน กทม.       |
| 1 เม.ย. 2534<br>10 53 04.5  | พม่า<br>15.651 95.698          | 6.5 Mb              | รู้สึกสั่นไหวได้ทั่วไปบนอาคารสูงใน กทม.                    |
| 12 มิ.ย. 2534<br>10 05 21.2 | อันดามัน<br>14.853 96.313      | 5.0 Mb              | รู้สึกสั่นไหวบนอาคารสูงบางแห่งใน กทม.                      |
| 13 ก.ค. 2534<br>04 57       | เพชรบูรณ์<br>17.3 101.2        | 3.5 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เพชรบูรณ์ และ จ.เลย                     |

| วัน เดือน ปี                | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                          |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 4 ต.ค. 2534<br>19 22        | เชียงใหม่<br>18.5 98.5         | 3.7 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่                                     |
| 5 พ.ย. 2534<br>09 11        | แม่ฮ่องสอน<br>18.8 97.7        | 4.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ และ<br>อ.ขุนยวม จ.แม่ฮ่องสอน        |
| 23 เม.ย. 2535<br>21 18 38.9 | พม่า<br>22.341 98.845          | 6.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย และ<br>พะเยา                       |
| 15 มิ.ย. 2535<br>09 48 56.1 | พม่า<br>23.989 95.894          | 5.7 Mb              | รู้สึกสั่นไหวบนอาคารสูงใน กทม.                                           |
| 25 ก.ค. 2535<br>02 18       | นครราชสีมา<br>15.0 101.0       | 3.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา                                  |
| 28 ต.ค. 2535<br>14 02       | พม่า<br>18.3 96.8              | 6.0 MI              | รู้สึกสั่นไหวที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย<br>แม่ฮ่องสอน และบนอาคารสูงใน กทม. |
| 20 ม.ค. 2536<br>09 03 55.0  | สุมาตราตอน<br>03.1 97.7        | 6.2 Mb              | รู้สึกบนอาคารสูง อ.หาดใหญ่ สงขลา                                         |
| 21 พ.ย. 2536<br>20.56       | พรมแดนไทย-พม่า<br>19.7 97.3    | 4.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.แม่ฮ่องสอน และ จ.เชียงใหม่                                |
| 17 ม.ค. 2537<br>04.37       | ชายฝั่งตอนใต้พม่า<br>11.8 98.7 | 4.7 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง อ.ปะทิว จ.ชุมพร<br>นาน 15-20 วินาที                 |
| 8 พ.ค. 2537<br>02.56        | จ.เชียงใหม่<br>18.3 99.2       | 4.5 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่<br>จ.ลำปาง จ.ลำพูน                      |

| วัน เดือน ปี                 | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก        | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                                                  |
|------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 พ.ค. 2537<br>01.06        | จ.เชียงใหม่<br>19.1 99.6              | 3.5 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง อ.ฝาง จ.เชียงใหม่                                                                           |
| 29 พ.ค. 2537<br>21.12        | ประเทศพม่า<br>20.9 94.2               | 6.2 MI              | รู้สึกได้ที่อาคารสูง อ.เมือง จ.เชียงใหม่                                                                         |
| 20 ส.ค. 2537<br>04.03        | ประเทศพม่า<br>16.8 97.0               | 6.0 MI              | รู้สึกได้ที่บริเวณภาคเหนือ                                                                                       |
| 11 ก.ย. 2537<br>03.34. 08.31 | อ.แม่สรวย<br>จ.เชียงราย<br>19.46 99.6 | 3.0, 5.1 MI         | รู้สึกได้ที่ จ.เชียงราย<br>มีความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้างใกล้ศูนย์กลาง<br>เช่น โรงพยาบาลพาน วัดและโรงเรียน เป็นต้น |
| 16 ม.ค. 2538<br>12.43        | อ.เชียงของ<br>20.2 100.5              | 3.1 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เชียงของ จ.เชียงราย                                                                               |
| 25 ม.ค. 2538<br>11.56        | พรมแดนพม่า-ลาว<br>21.0 100.6          | 5.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงราย                                                                                  |
| 24 ก.พ. 2538<br>00.11        | สันทราย-สันกำแพง<br>18.9 99.0         | 3.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง อ.สันกำแพง<br>อ.สันทราย จ.เชียงใหม่                                                         |
| 24 ก.พ. 2538<br>15.11        | ประเทศพม่า<br>21.8 99.5               | 5.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงราย                                                                                  |
| 25 ก.พ. 2538<br>8.50, 9.03   | อ.หางดง<br>19.7 98.6                  | 2.5, 3.0 MI         | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง อ.หางดง<br>และ อ.สันป่าตอง                                                                  |
| 17 พ.ค. 2538<br>04.48        | ประเทศพม่า<br>18.0 96.3               | 6.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่<br>และ อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน                                              |

| วัน เดือน ปี           | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                                                |
|------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30 มิ.ย. 2538<br>06.04 | ประเทศพม่า<br>22.1 98.8        | 5.5 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงราย                                                                                |
| 10 ก.ค. 2538<br>03.32  | ประเทศพม่า<br>22.1 99.0        | 6.6 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ และ<br>อ.เมือง จ.เชียงราย                                                     |
| 21 ก.ค. 2538<br>04.47  | ประเทศพม่า<br>22.0 99.2        | 7.2 Mb              | รู้สึกได้ที่ บริเวณภาคเหนือตอนบน<br>และอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร<br>มีความเสียหายเล็กน้อยต่ออาคารและสิ่งก่อสร้าง |
| 7 ส.ค. 2538<br>10.27   | ประเทศพม่า<br>22.0 99.3        | 5.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงราย                                                                                |
| 17 ต.ค. 2538<br>03.56  | อ.ปาย แม่ฮ่องสอน<br>19.8 98.8  | 4.3 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่                                                                               |
| 5 พ.ย. 2538<br>06.57   | อ.ฝาง จ.เชียงใหม่<br>19.8 98.8 | 4.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่                                                                                 |
| 8 พ.ย. 2538<br>14.15   | ทะเลอันดามัน<br>1.87 95.08     | 6.9 Mb              | ศูนย์กลางอยู่บริเวณทะเลอันดามันด้านชายฝั่ง<br>ตะวันตกของเกาะสุมาตรา รู้สึกได้บนอาคารสูง<br>อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา   |
| 15 พ.ย. 2538<br>01.30  | อ.เมือง จ.พะเยา                | 3.0 MI              | รู้สึกได้บริเวณ อ.เมือง จ.พะเยา ทางทิศตะวันออก<br>เฉียงเหนือของ สถานีตรวจแผ่นดินไหวเชียงใหม่<br>ประมาณ 110 กม. |
| 9 ธ.ค. 2538<br>20.26   | อ.ร้องกวาง จ.แพร่<br>18.2 99.8 | 5.1 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง<br>พะเยา แพร่ อุตรดิตถ์ และน่าน เสียหายเล็กน้อย<br>ที่ จ.แพร่    |

| วัน เดือน ปี                | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก         | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21 ธ.ค. 2538<br>23.30       | อ.พร้าว จ.เชียงใหม่<br>19.7 99.0       | 5.2 MI              | รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย พะเยา ลำปาง<br>ลำพูน และแม่ฮ่องสอน มีผู้เสียชีวิตที่ อ.เมือง<br>จ.เชียงใหม่ 1 คน เนื่องจากมีอายุมากล้มศีรษะ<br>กระแทกพื้น มีความเสียหายเล็กน้อยที่บริเวณ<br>ใกล้ศูนย์กลาง |
| 5 ม.ค. 2539<br>11.14, 11.29 | พม่า-จีน<br>20.8 99.6                  | 4.2, 4.1 MI         | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงราย                                                                                                                                                                             |
| 31 มี.ค. 2539<br>03.36      | อ.หางดง-อ.สันป่าตอง<br>18.4 98.5       | 3.5 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง อ.หางดง อ.สันป่าตอง<br>จ.เชียงใหม่                                                                                                                                                     |
| 2 เม.ย. 2539<br>22.23       | อ.ไชยปราการ จ.เชียงใหม่<br>19.72 99.29 | 3.0 MI              | อ.ไชยปราการ จ.เชียงใหม่                                                                                                                                                                                     |
| 10 เม.ย. 2539<br>05.01      | ลุ่มแม่น้ำสาละวิน พม่า<br>20.4 98.5    | 5.0 MI              | อ.เมือง และบริเวณรอบ ๆ จ.เชียงใหม่                                                                                                                                                                          |
| 22 เม.ย. 2539<br>02.59      | อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่                | 3.0 MI              | อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่                                                                                                                                                                                     |
| 15 ก.ค. 2539<br>12.28       | พรมแดนจีน-พม่า<br>22.0 99.3            | 5.0 MI              | รู้สึกได้ที่หอบังคับการบิน อ.เมือง<br>จ.เชียงราย                                                                                                                                                            |
| 9 พ.ย. 2539<br>10.40 น.     | พรมแดนจีน-พม่า<br>22.0 99.3            | 5.0 MI              | รู้สึกการสั่นสะเทือนได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงราย                                                                                                                                                               |
| 11 พ.ย. 2539<br>16.22 น.    | บริเวณพม่า<br>18.5 95.6                | 6.5 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ และ<br>อ.เมือง จ.เชียงราย                                                                                                                                                  |

| วัน เดือน ปี              | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก     | ขนาด/<br>ความรุนแรง | บันทึกเหตุการณ์                                                                     |
|---------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 22 ธ.ค. 2539<br>00.51 น.  | พรมแดนไทย-ลาว<br>20.4 100.1        | 5.5 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ และ<br>มีความเสียหายเล็กน้อยที่ อ.เมือง จ.เชียงราย |
| 15 ม.ค. 2540<br>08.26 น.  | บริเวณประเทศพม่า<br>18.5 95.6      | 4.6 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่                                                    |
| 2 ก.พ. 2540<br>19.35 น.   | บริเวณ อ.สอง จ.แพร่<br>18.4 99.9   | 4.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.สอง จ.แพร่                                                           |
| 6 มี.ย. 2540<br>18.06 น.  | บริเวณพรมแดนไทย-พม่า<br>20.0 99.0  | 4.0 MI              | รู้สึกการสั่นสะเทือนได้ที่ อ.เมือง จ.เชียงราย                                       |
| 20 ส.ค. 2540<br>14.18 น.  | บริเวณเกาะสุมาตราตอนบน             | 6.5 MI              | รู้สึกสั่นไหวบนอาคารสูงใน จ.สงขลา                                                   |
| 21 ก.ย. 2540<br>20.19 น.  | บริเวณประเทศพม่า<br>20.8 99.0      | 4.5 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.แม่ฮาด อ.ฝาง จ.เชียงใหม่                                             |
| 23 พ.ค. 2541<br>11.43 น.  | พรมแดนไทย-พม่า<br>19.7 98.7        | 4.8 MI              | รู้สึกได้ที่ จ.แม่ฮ่องสอน จ.เชียงราย จ.เชียงใหม่                                    |
| 25 มี.ย. 2541<br>19.45 น. | อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์<br>17.8 100.6 | 2.3 MI<br>2.8 MI    | รู้สึกได้ที่ อ.ท่าปลา อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์                                           |
| 26 มี.ย. 2541<br>05.39 น. | อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์<br>17.8 100.6 | 3.0 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์                                                    |
| 30 มี.ย. 2541<br>20.19 น. | พรมแดนไทย-พม่า<br>19.7 98.7        | 3.1 MI              | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน                                                   |

| วัน เดือน ปี                         | ศูนย์กลาง/<br>ตำแหน่งที่รู้สึก                                                                               | ขนาด/<br>ความรุนแรง  | บันทึกเหตุการณ์                                         |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|
| 13 ก.ค. 2541<br>09.20 น.<br>12.56 น. | อ.ฝาง จ.เชียงใหม่<br>19.7 99.1<br>19.6 99.1                                                                  | 4.1 MI<br><br>3.5 MI | รู้สึกได้ที่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่<br>และ จ.เชียงราย        |
| 17 ส.ค. 2541<br>20.41 น.             | อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา<br>19.3 99.0                                                                              | 3.9 MI               | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา                 |
| 14 พ.ย. 2541<br>03.30 น.             | อ.เมือง จ.ลำพูน<br>18.5 99.1                                                                                 | 3.0 MI               | รู้สึกได้ที่ อ.เมือง จ.ลำพูน และ<br>อ.สารภี จ.เชียงใหม่ |
| 31 มี.ค. 2542<br>10.19 น.            | ใกล้พรมแดนไทย-ลาว<br>19.4 101.3                                                                              | 4.8 MI               | รู้สึกได้ที่ จ. น่าน                                    |
| 3 เม.ย. 2542<br>07.47 น.             | ใกล้พรมแดนไทย-พม่า<br>20.5 99.8                                                                              | 3.2 MI               | รู้สึกได้ที่ อ.เชียงแสน จ.เชียงราย                      |
| 29 มิ.ย. 2542<br>06.38 น.            | อยู่ในเขตประเทศพม่า<br>21.0 100.5                                                                            | 5.6 MI               | รู้สึกได้ที่ จ.เชียงราย                                 |
| 15 ส.ค. 2542<br>23.19 น.             | บริเวณตอนใต้ของพม่า<br>18.1 97.0                                                                             | 5.6 Mb               | รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่                                |
| 17 ส.ค. 2542<br>23.39 น.             | บริเวณทะเลอันดามัน<br>ระยะทางห่างประมาณ 10 กม.<br>ไปทางทิศตะวันออกค่อนทางใต้<br>เล็กน้อยของท่าอากาศยานภูเก็ต | 2.1 MI               | รู้สึกได้ที่ จ.ภูเก็ต และ จ.พังงา                       |
| 29 ส.ค. 2542<br>07.41 น.             | บริเวณทะเลอันดามัน<br>ระยะทางห่างประมาณ 10 กม.<br>ไปทางทิศตะวันออกค่อนทางใต้<br>เล็กน้อยของท่าอากาศยานภูเก็ต | 2.1 MI               | รู้สึกได้ที่ จ.ภูเก็ต และ จ.พังงา                       |

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา